

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abdelhamid Ibn Badis –Mostaganem

Faculté des sciences de la nature et de la vie

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN AGRONOMIE

Spécialité : Productions végétales

Par :

-Ben Bekkar Manel

-Boubakri Nesrine

**IMPACT DE L'ACIDE SALICYLIQUE ET DES SELS SOULUBLES
SUR LA GERMINATION ET LA CROISSANCES DES PLANTULES
DES *VICIA FABA* ET *PISUM SATIVUM***

Soutenu publiquement, le 30 / 06 / 2026, devant le jury composé de :

Mr. Benguendouz Abdenour	U. Mostaganem	Président
Mme Homrani Monia	U. Mostaganem	Examineur
Mme Hamza Lahouaria	U. Mostaganem	Encadrent

Année Universitaire

2025/2026

Remerciements

Avant tout, je remercie mon Dieu tout puissant qui m'a donné la patience, la

Volonté, le courage et le savoir pour accomplir ce travail.

J'adresse mes plus vifs remerciements au membre de jury :

✓ Président de jury : Dr Benguendouz Abdenour

✓ Examineur de jury : Dr Homrani Monia

Pour avoir accepté d'évaluer ce mémoire, ainsi que pour leurs observations et suggestions enrichissantes.

Je souhaite remercier sincèrement Dr HAMZA Lahouaria, mon encadrant, pour sa disponibilité, ses conseils précieux, son encadrement rigoureux ainsi que sa bienveillance tout au long de ce mémoire.

. Je remercie également toutes les personnes qui, de près ou de loin m'ont aidé à Réaliser ce manuscrit.

Je remercie mes enseignants du département d'agronomie de l'université Abd el Hamid ben Badis du Mostaganem.

Benbekar Manel

Boubakri Nesrine

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

- Mes très chers parents, pour tous les sacrifices qu'ils consentirent pour que je réussisse dans mes études.
- Mes très chers sœur et frères, pour les encouragements qu'ils me portent pour que je réussisse.
- Pour tous mes amis.
- Tout ce qui a contribué de près ou loin à la réalisation de ce travail.
- Enfin à tous ceux et toutes celles qui m'ont apporté un soutien moral et conseils.

Benbekar Manel
Boubakri Nesrine

Sommaire

Remerciements

Dédicace

Sommaire

Listes des abréviations

Listes des figures

Listes des tableaux

Résumé

Mots clés

Introduction	1
Chapitre I Recherche bibliographique	4
1.1. Les légumineuses :	4
1.1.1. Systématique	4
1.1.2. Classification botanique des légumineuses	5
1.1.3. Biologie des légumineuses	6
1.1.4. Morphologie des légumineuses	6
1.1.5. Cycle de développement	10
1.1.6. Germination	11
1.1.6.1. Germination des légumineuses	11
1.1.6.2. Germination de la fève	12
1.1.6.3. Germination du pois	13
1.1.7. Croissance	13
1.1.7.1. Croissance des légumineuses	13
1.1.7.2. Croissance de la fève	14
1.1.7.3. Croissance du pois	14
1.1.8. Intérêt agronomique et environnemental	15
1.2. Généralités sur La salinité	17
1.2.1. Origine de la salinité	18
1.2.2. Le stress salin	18
1.2.2.1. Les sels solubles	19
1.2.2.2. Les principaux sels solubles	19

1.2.3. Effet sur la plante	20
1.2.3.1. Effet de la salinité sur la germination	20
1.2.3.4. Effet de la salinité sur la croissance	22
1.2.3.5. Effets de la salinité sur la morphologie (tige, racine, feuille)	22
1.2.3.6. Effet de la salinité sur les processus physiologiques de la plante	23
1.2.3.6.1. Effet des sels sur la germination et la croissance des légumineuses	23
1.2.3.6.2. Effet des sels sur la germination légumineuse	23
1.2.3.6.3. Effet Sur la croissance des légumineuses	23
1.3. Acide Salicylique	25
1.3.1. Biochimie de l'acide salicylique	25
1.3.2. Rôle de l'acide salicylique	26
1.3.3. Propriétés physiques	27
1.3.3.1. Effet de l'acide salicylique sur la germination	27
1.3.3.2. Effet de l'acide salicylique sur la croissance	28
1.3.4. Relation entre l'acide salicylique avec la salinité	28
Chapitre II Matériel et méthodes	31
2.1. Matériel et méthodes	31
2.2. Matériel végétal	31
2.3. Acide salicylique	32
2.4. Les sels utilisés	32
2.5. Protocole expérimentale	33
2.6. Préparation des graines	34
2.6.1. Préparation des boîtes de pétri	34
2.7. Paramètres étudiés :	35
2.7.1.1. Taux de germination (TG)	35
2.7.1.2. Coefficient de vitesse	36
2.7.2. Paramètres de croissance des plantules	36
Chapitre III Résultats et discussion	39
3. Résultats	39
3.1. Germination	39

3.1.1.1. Taux quotidien de germination de fève sous traitements à l'acide salicylique	39
3.1.1.2. Taux quotidien de germination de pois sous traitements à l'acide salicylique	40
3.1.1.3. Taux quotidien des graines germées de fève stressées sous concentrations croissantes en NaCl.	41
3.1.1.4. Taux quotidien des graines germées de pois stressées sous concentrations croissantes en NaCl.	42
3.1.1.5. Taux quotidien des graines germées de fève stressées sous concentrations croissantes en CaCl ₂	43
3.1.1.6. Taux quotidien des graines germées de pois stressées sous concentrations croissantes en CaCl ₂	44
3.1.1.7. Taux quotidien des graines germées de fève stressées sous concentrations croissantes en Na ₂ SO ₄	45
3.1.1.8. Taux quotidien des graines germées de pois stressées sous concentrations croissantes en Na ₂ SO ₄	46
3.1.2.1. Effet de différentes concentrations de l'acide salicylique sur le taux de germination finale de fève	47
3.1.2.2. Effet de différentes concentrations de l'acide salicylique sur le taux de germination finale de pois	48
3.1.3.1. Effet combiné de différentes concentrations de NaCl + acide salicylique sur le taux de germination finale de fève	49
3.1.3.2 Effet combiné de différentes concentrations de NaCl + acide salicylique sur le taux de germination finale de pois	51
3.1.3.3. Effet combiné de différentes concentrations de CaCl ₂ + acide salicylique sur le taux de germination finale de fève.	53
3.1.3.4Effet combiné de différentes concentrations de CaCl ₂ + acide salicylique sur le taux de germination finale de pois	55
3.1.3.5. Effet combiné de différentes concentrations de Na ₂ SO ₄ +acide salicylique sur le taux de germination finale de fève	57

3.1.3.6. Effet combiné de différentes concentrations de Na ₂ SO ₄ +acide salicylique sur le taux de germination finale de pois	59
3.1.4.1. Effet combiné de différentes concentrations de NaCl + acide salicylique sur le CVG de germination de fève et de pois	61
3.1.4.2. Effet combiné de différentes concentrations de CaCl ₂ +acide salicylique sur le CGV de fève et de pois	63
3.1.4.3. Effet combiné de différentes concentrations de Na ₂ SO ₄ +acide salicylique sur le CGV de fève et de pois	65
3.2. Croissance des jeunes plantules	67
3.2.1. Effet de l'acide salicylique sur la croissance des jeunes plantules de fève et pois	67
3.2.2. Effet du NaCl sur la croissance des jeunes plantules de fève et pois	68
3.2.3. Effet du CaCl ₂ sur la croissance des jeunes plantules de fève et pois	69
3.2.4. Effet du Na ₂ SO ₄ sur la croissance des jeunes plantules de fève et pois	70
3.2.5. Effet de l'acide salicylique sur le taux de la matière fraîche et matière sèche des jeunes plantules de fève et de pois	71
3.2.6. Effet des sels solubles sur le taux de la matière fraîche et matière sèche des jeunes plantules de fève	72
3.2.7. Effet des sels solubles sur le taux de la matière fraîche et matière sèche des jeunes plantules de pois	73
3.2.8. Effet combiné des sels solubles +l'acide salicylique sur la croissance des jeunes plantules de fève et pois	74
3.2.8.1. Effet combiné du NaCl + l'acide salicylique	74
3.2.8.2. Effet combiné du CaCl ₂ +l'acide salicylique	79
3.2.8.3. Effet combiné du Na ₂ SO ₄ +l'acide salicylique	84
Discussion	89
Conclusion	96
Références bibliographiques	

Listes des abréviations :

AS : Acide salicylique

C° : degré Celsius

CaCl₂ : chlorure de calcium.

Cm : centimètre.

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.

g: gramme.

ISTA: International Seed Testing Association

ITPS: Intergovernmental Technical Panel on Soils.

Méq/l : milliéquivalent/litre.

MF : Matière fraîche

Mg : Milligramme.

Mm : millimètre.

mM/l : Mili mol/litre.

mmol : milli mol

ml : mili litre

MS : Matière Sèche

NaCl : chlorure de sodium.

Na₂So₄ : sulfate de sodium

% : pourcentage.

TG : Taux de Germination final

Tm : temps moyen de germination.

V : volume.

Listes des figures :

Figure 1 : Tige de *Vicia Faba* (A ; B) (Boucif. 2024).

Figure 2 : Les principaux caractères morphologiques des feuilles chez les légumineuses (Doré, 2000).

Figure 3 : Racines de *Pisum sativum* (Originale. 2024).

Figure 4: Description d'une fleur de légumineuse (*Faboideae*) (Crémer, 2014).

Figure 5: Les fruits chez les *Fabacée* (Allen, 1981).

Figure 6 : Graines de *Pisum sativum* L. var Onward et *Vicia faba* L., var Reina Mora.

Figure 7: Principales étapes du cycle de développement du pois (d'après Boyeldieu, 1999) .

Figure 8 : Origines de la salinisation (IPTRID, 2006) .

Figure 9 : Relation entre le taux de germination et le temps après l'imbibition des semences à différents niveaux de salinité (Läuchli Grattan 2007) .

Figure 10 : Présentation des deux phases de croissance des plantes sous stress salin (Munns, 2005).

Figure 11 : La synthèse de l'acide salicylique par la réaction de Kolbe (Chen *et al.*, 1991).

Figure 12 : Graines de *Pisum sativum* L. var Onward.

Figure 13 : Graines de *Vicia faba* L., var Reina Mora.

Figure 14 : Stérilisation des graines.

Figure 15 : préparations des boîtes de pétri.

Figure 16 : Arrosage des graines.

Figure 17 : Effet de différentes concentrations d'acide salicylique(mM) sur le % de germination des graines de fève.

Figure 18 : Effet de différentes concentrations d'acide salicylique(mM) sur le % de germination des graines de pois.

Figure 19 : Effet des différentes concentrations de NaCl (mM) sur le % de germination des graines de fève.

Figure 20 : Effet de différentes concentrations de NaCl (mM) sur le % de germination des graines de pois.

Figure 21 : Effet des différentes concentrations de CaCl_2 (mM) sur le % de germination des graines de fève.

Figure 22 : Effet de différentes concentrations de CaCl_2 (mM) sur le % de germination des graines de pois.

Figure 23 : Effet de différentes concentrations de Na_2SO_4 (mM) sur le % de germination des graines de fève.

Figure 24 : Effet de différentes concentrations de Na_2SO_4 (mM) sur le %de germination des graines de pois.

Figure 25 : Effet de différentes concentrations de l'acide salicylique (mM) sur le taux de germination finale de fève.

Figure 26 : Effet de différentes concentrations de l'acide salicylique (mM) sur le taux de germination finale de pois.

Figure 27 : Effet combiné de différentes concentrations de NaCl (50,100 et 200 mM) +acide salicylique (0.25,0.5,0.75,1 et 1.5 mM) sur le taux de germination finale de fève.

Figure 28 : Effet combiné de différentes concentrations de NaCl (50,100 et 200 mM) +acide salicylique (0.25,0.5,0.75,1et1.5 mM) sur le taux de germination finale de pois.

Figure 29 : Effet combiné de CaCl_2 différentes concentrations de (50,100 et 200 mM) +acide salicylique (0.25,0.5,0.75,1 et 1.5 mM) sur le taux de germination finale de fève.

Figure 30 : Effet combiné de CaCl_2 différentes concentrations de (50,100 et 200 mM) +acide salicylique (0.25,0.5,0.75,1et1.5 mM) sur le taux de germination finale de pois.

Figure 31 : Effet combiné de différentes concentrations de Na_2SO_4 (50,100 et 200 mM) +acide salicylique (0.25,0.5,0.75,1 et 1.5mM) sur le taux de germination finale de fève.

Figure 32 : Effet combiné de différentes concentrations de Na_2SO_4 (50,100 et 200 mM) +acide salicylique(0.25,0.5,0.75,1et1.5mM) sur le taux de germination finale de pois.

Figure 33 : Effet combiné de différentes concentrations de NaCl (50,100 et 200 mM) + acide salicylique (0.25,0.5,0.75,1 et 1.5 mM) sur la vitesse de germination de fève et de pois.

Figure 34 : Effet combiné de différentes concentrations de CaCl_2 (50,100 et 200 mM) + acide salicylique (0.25,0.5,0.75,1 et 1.5 mM) sur la vitesse de germination de fève et de pois.

Figure 35 : Effet combiné de différentes concentrations de Na_2SO_4 (50,100 et 200 mM) + acide salicylique (0.25,0.5,0.75,1 et 1.5 mM) sur la vitesse de germination de fève et de pois.

Listes des tableaux

Tableau 1 : Les stades phénologiques de la plante de la fève et le petit pois (Brink et Belay,2006).

Tableau 2 : Propriétés physiques de l'acide salicylique.

Tableau 3 : Effet de l'acide salicylique sur la longueur de la tige, la longueur des racines et le nombre de racines des jeunes plantules de fève et pois.

Tableau 4 : Effet du NaCl sur la longueur de la tige, la longueur des racines et le nombre de racines des jeunes plantules de fève et pois.

Tableau 5 : Effet du CaCl₂ sur la longueur de la tige, la longueur des racines et le nombre de racines des jeunes plantules de fève et pois.

Tableau 6 : Effet du Na₂SO₄ sur la longueur de la tige, la longueur des racines et le nombre de racines des jeunes plantules de fève et pois.

Tableau 7 : Effet de l'acide salicylique sur le taux de la matière fraîche et matière sèche des jeunes plantules de fève et de pois.

Tableau 8 : Effet des sels solubles sur le taux de la matière fraîche et matière sèche des jeunes plantules de fève.

Tableau 9 : Effet des sels solubles sur le taux de la matière fraîche et matière sèche des jeunes plantules de pois.

Tableau 10 : Effet combiné du NaCl + l'acide salicylique sur la longueur de tige des jeunes plantules de fève et pois.

Tableau 11 : Effet combiné du NaCl + l'acide salicylique sur la longueur de racine (Cm) des jeunes plantules de fève et pois.

Tableau 12 : Effet combiné du NaCl + l'acide salicylique sur le nombre des racines des jeunes plantules de fève et pois.

Tableau 13 : Effet de NaCl + acide salicylique sur le taux de la matière fraîche (g) des jeunes plantules de pois et de fève.

Tableau 14 : Effet de NaCl + acide salicylique sur le taux de la matière sèche (%) des jeunes plantules de pois et de fève.

Tableau 15 : Effet combiné du CaCl₂ + l'acide salicylique sur la longueur de tige (Cm) des jeunes plantules de fève et pois.

Tableau 16 : Effet combiné du CaCl_2 +l'acide salicylique sur la longueur de racine(Cm) des jeunes plantules de fève et pois.

Tableau 17 : Effet combiné du CaCl_2 +l'acide salicylique sur le nombre de racine des jeunes plantules de fève et pois.

Tableau 18 : Effet des CaCl_2 +acide salicylique sur le taux de la matière fraîche(g) des jeunes plantules de pois et de fève.

Tableau 19 : Effet des CaCl_2 + acide salicylique sur le taux de la matière sèche (%) des jeunes plantules de pois et de fève.

Tableau 20 : Effet combiné du Na_2SO_4 +l'acide salicylique sur la longueur de tige (Cm)des jeunes plantules de fève et pois.

Tableau 21 : Effet combiné du Na_2SO_4 +l'acide salicylique sur la longueur de racine (Cm) des jeunes plantules de fève et pois.

Tableau 22 : Effet combiné du Na_2SO_4 + l'acide salicyliques sur le nombre des racines des jeunes plantules de fève et pois.

Tableau 23 : Effet de Na_2SO_4 +acide salicylique sur le taux de la matière fraîche(g) des jeunes plantules de pois et de fève.

Tableau 24 : Effet de Na_2SO_4 + acide salicylique sur le taux de la matière sèche (%) des jeunes plantules de pois et de fève.

Résumé

L'étude a porté dans un premier temps sur la germination des graines sous effet des concentrations croissantes en sels solubles NaCl, CaCl_2 et Na_2SO_4 (50, 100, et 200 mM et l'acide salicylique (0,25, 0,5, 0,75, 1 et 1.5mM) et sur un second essai sur la croissance des jeunes plantules de deux variétés des légumineuses fève et pois.

Les résultats montrent que la germination est affectée par NaCl à une concentration de 200 mM et l'apport de l'acide salicylique à 1.5mM a inhibé complètement la germination des graines. Des faibles doses de NaCl et de Na_2SO_4 et de CaCl_2 associé avec 0.25 et 0.5 mM d'acide salicylique, stimulent nettement le taux de germination chez la fève.

Le traitement de NaCl 200 + 1.5 mM d'acide salicylique semble affecter sévèrement la germination du pois, aucune germination ne se manifeste durant toute l'expérimentation. Une rapidité dans la germination aux faibles concentrations du sel et de l'acide salicylique.

Pour l'effet de l'acide salicylique sur la croissance des jeunes plantules de fève et pois, les résultats montrent que la longueur de la tige, la longueur des racines et le nombre de racines diminuent avec l'augmentation des doses d'acide salicylique.

La longueur de tige et la racine diminue avec l'augmentation des doses de NaCl et de l'acide salicylique cependant pour un traitement de 1.5 mM d'acide salicylique et une concentration de 50, 100 et 200 mM en sels, la variété de fève ne présente aucune croissance des racines.

Il semble que l'affectation des paramètres germinatifs et de croissance mesurés soit, dans l'ensemble, proportionnelle aux concentrations du des sels et de l'acide salicylique.

Mots clés : Fève ; pois, sels solubles, acide salicylique, germination, croissance.

Abstract

This study initially investigated seed germination under increasing concentrations of soluble salts NaCl, CaCl₂, and Na₂SO₄ (50, 100, and 200 mM) and salicylic acid (0.25, 0.5, 0.75, 1, and 1.5 mM). A second trial examined the growth of young seedlings of two legume varieties: broad bean and pea.

The results show that germination is affected by NaCl at a concentration of 200 mM. The application of salicylic acid at 1.5 mM completely inhibited seed germination. Low doses of NaCl, Na₂SO₄, and CaCl₂, combined with 0.25 and 0.5 mM salicylic acid, significantly stimulated germination rates in broad bean. Salicylic acid appears to severely affect pea germination; no germination was observed throughout the experiment. Germination was rapid at low concentrations of salt and salicylic acid. Regarding the effect of salicylic acid on the growth of young broad bean and pea seedlings, the results show that stem length, root length, and the number of roots decrease with increasing salicylic acid doses.

Stem and root length decrease with increasing doses of NaCl and salicylic acid; however, for a treatment of 1.5 mM salicylic acid and salt concentrations of 50, 100, and 200mM, the broad bean variety exhibited no root growth.

It appears that the effect of the measured germination and growth parameters is, overall, proportional to the concentrations of the salts and salicylic acid.

Keywords: Broad bean; pea; salts soluble, salicylic acid, germination, growth.

Introduction

Introduction

L'agriculture moderne est confrontée à de nombreux défis environnementaux, parmi lesquels la salinité. Ce phénomène touche environ 20 % des terres irriguées dans le monde, affectant la productivité des cultures dans de nombreuses régions arides et semi-arides (FAO, 2015). Mais la salinité des sols représente un défi mondial majeur, affectant environ 20 % des terres cultivées et 33 % des terres irriguées, soit environ 62 millions d'hectares. Les régions touchées augmentent de 10 % par an, avec une prévision d'augmentation de 50 % d'ici 2050 (FAO, 2021).

La salinité est l'accumulation de sels solubles dans le sol (Nasri, 2014), ou dans les eaux utilisées pour l'irrigation (Mahrouz, 2013). Une forte salinité est généralement due à des concentrations élevées d'ions de sodium (Na^+) et le chlorure (Cl^-) (Hussain *et al.*, 2015), le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}), le potassium (K^+), le sulfate (SO_4^{2-}) et les carbonates (HCO_3^- , CO_3^{2-}) (Marlet et Job, 2006).

L'excès de sel dans le sol affecte la germination, la croissance des plantules et leur vigueur, la phase végétative, la floraison et la fructification à des degrés variables conduisant à terme à des baisses de rendement et de qualité des productions (Lachhab *et al.*, 2013).

Le stress salin freine la germination et la croissance des plantes, en particulier celle des légumineuses, en perturbant divers processus physiologiques et morphologiques, réduisant ainsi directement la productivité de ces cultures (Misra *et al.*, 2006).

Les *fabacées* constituent une famille très importante de plantes à fleurs, herbacées ou arborées, qui occupe une place primordiale au niveau des agrosystèmes, vu leurs intérêts agronomiques, économiques et nutritionnels.

La fève et le pois sont des cultures très appréciées par les agriculteurs car elle constitue une source importante de protéines aussi bien pour l'alimentation humaine qu'animale et permet une économie de la fertilisation azotée

L'acide salicylique (AS) est une phytohormone de nature phénolique synthétisée dans les plantes exposées aux stress biotiques, En effet, l'acide salicylique joue un rôle important à la réponse des plantes au stress salin (Borsani *et al*, 2001).

Dans le cadre de cette approche, l'objectif de cette étude est d'étudier les effets de l'application de phytohormone (l'acide salicylique à différentes concentrations) et l'effet de différentes concentrations de trois sels solubles NaCl, Na₂SO₄, CaCl₂ combinés à l'acide salicylique aux différentes concentrations afin d'identifier son impact sur la germination et la croissance des graines de fève et du pois.

Recherche bibliographique

Chapitre I Recherche bibliographique

1.1. Les légumineuses :

Les légumineuses ou *Fabaceae* représentent la troisième plus grande famille chez les plantes supérieures après les *Orchidaceae* et les *Asteraceae*, avec plus de 720 genres et 20000 espèces comptant des espèces herbacées et des arbres (Cronk *et al.*, 2006). Les légumineuses alimentaires jouent un rôle important dans les systèmes de culture et dans le régime alimentaire des populations y compris pour la population algérienne (Sinclair et Vadez, 2012).

Les légumineuses à graines contribuent pour 33% aux besoins azotés de l'alimentation humaine, avec par ordre d'importance le haricot (*Phaseolus vulgaris*), le pois chiche (*Cicer arietinum*), le pois d'Angole (*Cajanus cajan*), le pois à vache (*Vigna unguiculata*) et la lentille (*Lens culinaris*) (Graham et Vance, 2003).

La fève (*Vicia faba L.*) est une ancienne culture domestiquée adaptée à une énorme gamme de latitudes et d'altitudes, cultivée pendant les saisons d'hiver et de printemps, et avec une diversité d'utilisations alimentaires et fourragères (Duc *et al.*, 2008).

Le pois (*Pisum sativum L.*) appartient à la famille des légumineuses à graines principalement cultivé pour ses graines sèches, riches en protéines représentant 20 à 25 % de son poids sec total, il est également connu sous le nom de pois protéagineux

1.1.1. Systématique :

La systématique, s'intéresse à la classification méthodique, des organismes en différents groupes taxonomiques, qui sont : le règne, l'embranchement, la classe, l'ordre, la famille, le genre et l'espèce. La classification des végétaux, a été étudiée à différents niveaux, en se basant sur des caractères morphologiques, biochimiques, cytologiques et moléculaires (El Alami, 2018).

Les légumineuses, classées parmi les *Angiospermes* Eu dicotylédones à gousses, constituent la troisième plus grande famille des *Angiospermes* en termes de nombre d'espèces, juste après les *Orchidaceae* et les *Asteraceae*. Cependant, elles forment le deuxième groupe le plus diversifié parmi les plantes supérieures, après les *Poaceae*,

Chapitre I Recherche bibliographique

avec environ 727 genres et près de 20 000 espèces (Guignard et Dupont, 2005 ; Cronk et al, 2006).

Cette famille se divise en trois sous-familles principales : les *Mimosoideae*, les *Caesalpinioideae* et les *Papilionoideae*. La sous-famille des *Papilionoideae* regroupe la majorité des légumineuses cultivées, notamment celles produisant des graines. Ces dernières sont réparties en deux grands groupes : les *Galegoïdes* et les *Phaseoloïdes*, à l'exception de l'arachide, qui appartient au groupe des *Aeschynomeneae*. Parmi les espèces cultivées les plus importantes à l'échelle mondiale figurent le soja (*Glycine max*), le haricot (*Phaseolus vulgaris*), le pois (*Pisum sativum*), la luzerne (*Medicago sativa*), l'arachide (*Arachis hypogaea*), le pois chiche (*Cicer arietinum*) et la fève (*Vicia faba*).

Les *Galegoïdes* sont majoritairement cultivés dans des zones tempérées, tandis que les *Phaseoloïdes* se développent plutôt dans des régions tropicales (Broughton et al, 2003).

1.1.2. Classification botanique des légumineuses :

➤ La classification des légumineuses, selon USDA, 2008 :

- **Règne** : *Plantae* (Plantes).
- **Sous-règne** : *Tracheobionta* (plantes vasculaires).
- **Embranchement** : *Spermatophyta* (plantes à graines).
- **Sous Embranchement** : *Magnoliophyta* (: Angiospermes, Phanérogames ou plantes à fleurs).
- **Classe** : *Magnoliopsida* (Dicotylédones).
- **Sous-classe** : *Rosidae*.
- **Ordre** : *Fabales*.
- **Famille** : *Fabaceae* : *fabacées*, *papilionacées* ou légumineuses
- **Genre** : *Vicia*
- **Espèces** : *Vicia faba* L,
- **Genre** : *Pisum*
- **Espèce** : *Pisum sativum*

1.1.3. Biologie des légumineuses

Les *Fabaceae* (légumineuses) constituent l'une des plus grandes familles de plantes à fleurs et se distinguent par leur capacité unique à établir une symbiose racinaire avec des bactéries fixatrices d'azote du genre *Rhizobium*. Cette relation mutualiste permet la formation de nodules racinaires spécialisés, où l'azote atmosphérique (N_2) est transformé en ammonium assimilable par la plante.

Grâce à cette capacité, les légumineuses réduisent fortement leur dépendance aux engrais azotés, ce qui leur confère un avantage écologique et agronomique considérable (Sprent, 2001).

1.1.4. Morphologie des légumineuses :

- **Tige**

La tige, généralement droite, creuse et de forme quadrangulaire, atteint habituellement une hauteur comprise entre 80 cm et 1,20 m selon Chaux et Founy (1994). On observe également la présence d'un ou plusieurs rameaux à la base, témoignant d'une croissance indéterminée, comme le soulignent Duc (1997) ainsi que Brink et Blay (2006).

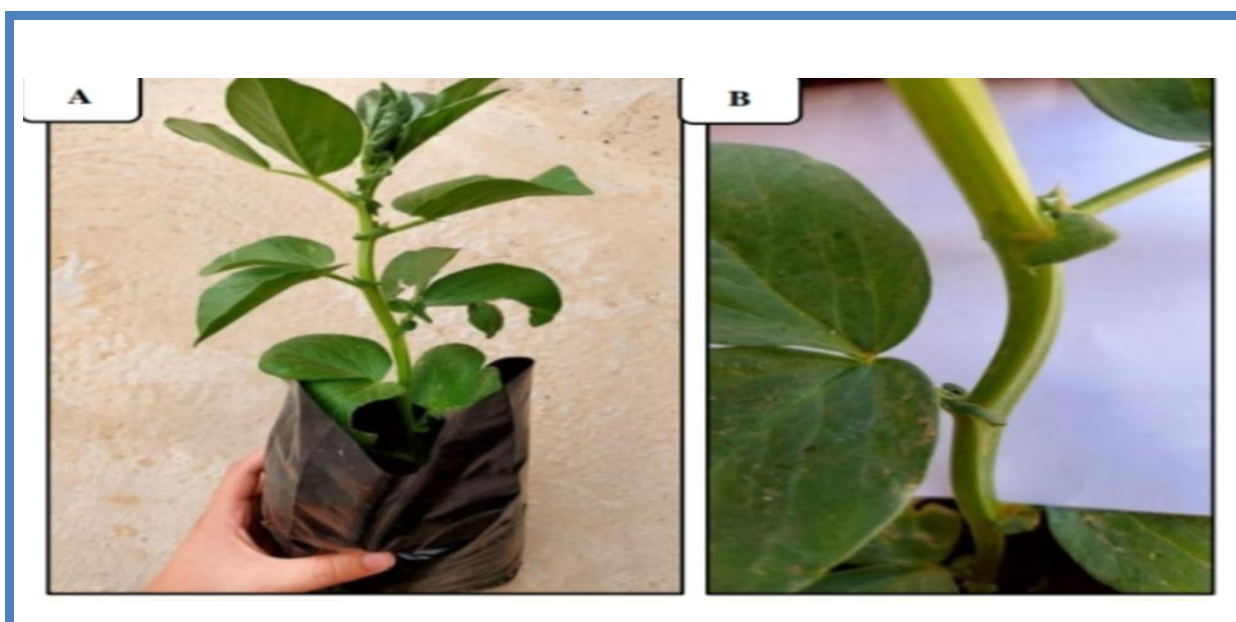


Figure 1 : Tige de *Vicia Faba* (A ; B) (Boucif. 2024).

• Les feuilles

Les feuilles sont pour la plus grande partie alterne, pennées, habituellement Trifoliées et parfois simples. (Spichiger *et al.* 2004) avec des folioles terminales Des fois des vrilles et de larges marges. Les feuilles sont encore visibles. (Dupont et Guignard, 2015) et les vrilles de la tige sont modifiées car la plante.

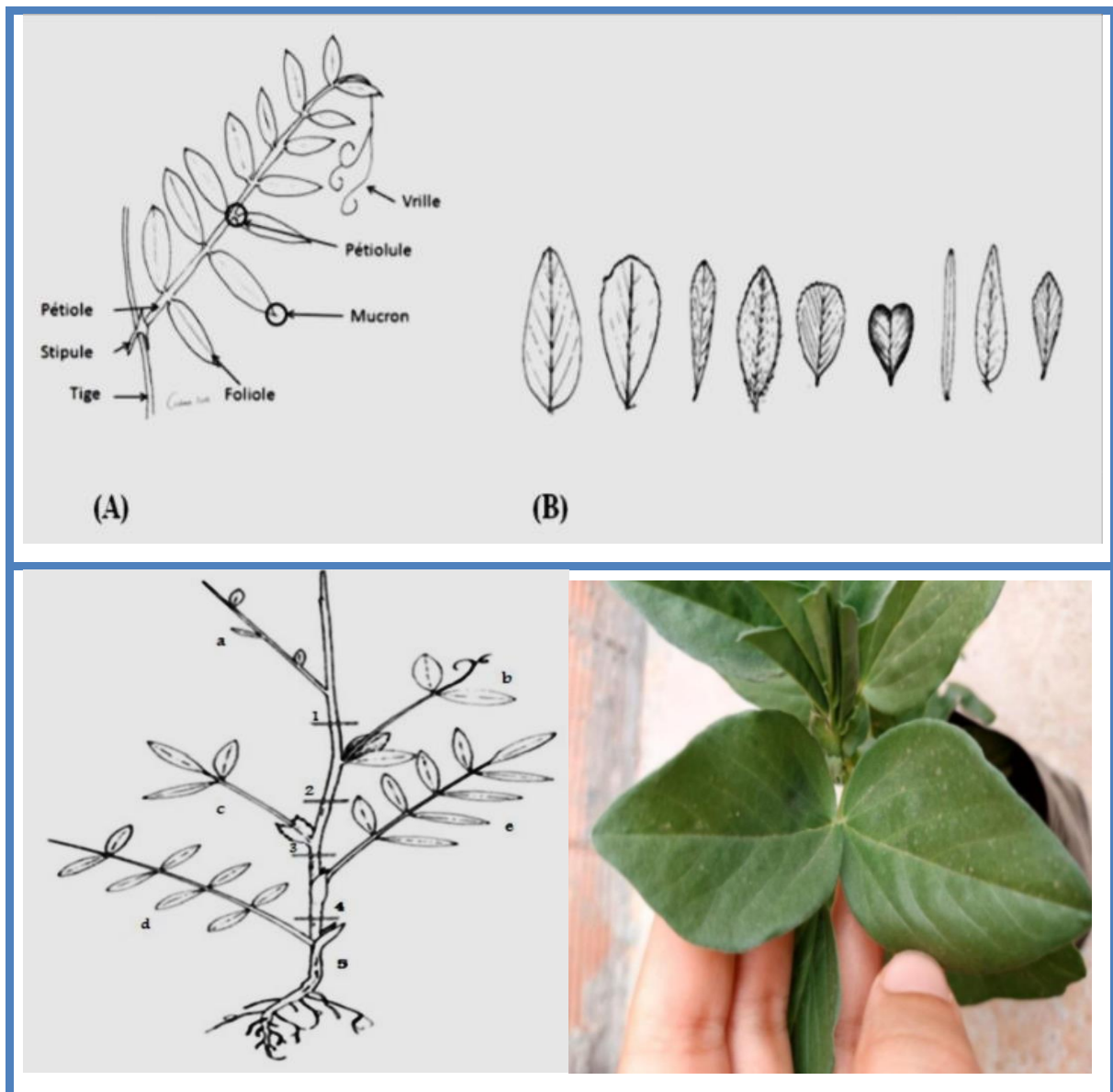


Figure 2 : Les principaux caractères morphologiques des feuilles chez les légumineuses (Doré, 2000).

- **Les racines**

Toutes les plantes de cette famille disposent des nodosités racinaires qui Servent d'abri aux bactéries fixatrices d'azote de l'air, possédée au genre *Rhizobium*, d'où leur valeur économique grâce à sa richesse en protéines. (APM., 2015).

Les légumineuses sont caractérisées par des nodules sur les racines et les tiges (Benaïche, 2008).



Figure 3 : racines de *Pisum sativum* (Originale. 2026).

- **Fleur**

Des fleurs en forme de papillon pour la majorité des espèces cultivées. (Schneider Huyghe., 2015).

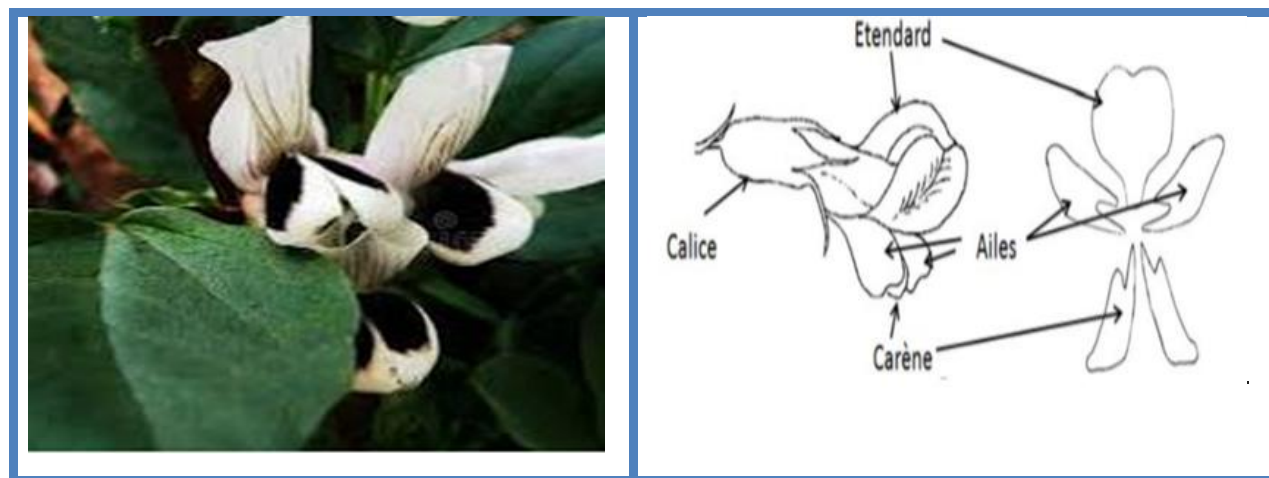


Figure 4 : Description d'une fleur de légumineuse (*Faboideae*) (Crémer, 2014).

• Fruit

Les fruits sont des gousses monocellulaires sèches ou charnues, plats ou comprimées, ailées, avec coloration verte ou claire, de 30 cm de diamètre. (Benaïche, 2008).

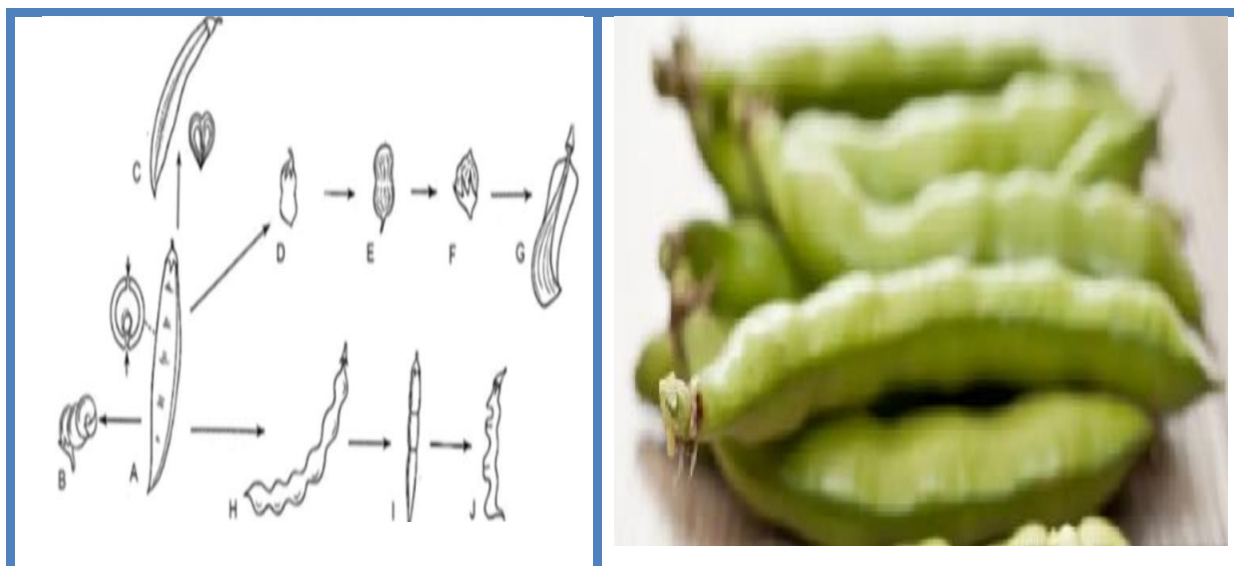


Figure 5 : Les fruits chez les *Fabacée* (Allen, 1981).

A : La gousse typique B : gousse spiralée C : gousse à intraflexion D : gousse bis perm
E : gousse paucisémine F : gousse uniséminee J : gousse articulée H : gousse lomentacée
I : gousse articulée G : gousse monosperme

• Graines

Les graines de fève se distinguent par leur forme ovale à oblongue, avec des tailles variables, bien que généralement plus grandes que celles de nombreuses autres légumineuses. Leur couleur peut aller du blanc au beige, en passant par le brun et même le noir, selon la variété. La surface des graines peut être lisse ou légèrement rugueuse, là encore en fonction de la variété. Sur le plan nutritionnel, elles constituent une excellente source de protéines, de fibres alimentaires, de glucides complexes et contiennent divers micronutriments essentiels comme le fer, le calcium et le potassium (Ellis et Poyser, 2002).



Figure 6 : Graines de *Vicia faba* var Reina Mora et de *Pisum sativum* var Onward.

1.1.5. Cycle de développement :

La fève (Brink et Blay., 2006) et le pois (Munier *et al.*, 2005) sont des plantes annuelles. Leur cycle de développement peut être divisé en plusieurs phases distinctes : la germination, la levée, le développement végétatif, la floraison, le remplissage des graines, la maturité physiologique sénescence de la gousse et sénescence de la tige.

Tableau 1 : Les stades phénologiques de la plante de la fève et le petit pois (Brink et Belay ,2006).

Stades de développement	Définition	Période
Stade de levée	Correspond à la sortie de la première paire de feuilles	Novembre
Stade deux feuilles	Apparition de deux paires de folioles	Décembre
Début de floraison C	Ce stade correspond à l'apparition des bouquets floraux	Février-Mars
Stade de pleine floraison	C'est le début de laformation des gousses	Mars-Avril
Maturité	C'est le grossissement des gousses	Mai
La récolte	C'est la récolte des gousses sèches	Début juin

1.1.6. Germination

1.1.6.1. Germination des légumineuses

Dans la littérature scientifique, le terme « germination » peut varier selon une perspective physiologique/biologique ou technique. Du point de vue de la transformation et des aspects techniques, la différence entre la germination et la levée peut sembler minime.

Cependant, il est crucial de distinguer ces deux processus pour permettre une comparaison équitable des facteurs comparables, car ils peuvent présenter des différences au niveau des propriétés des graines et de leur activité métabolique. En revanche, d'un point de vue physiologique/biologique, la germination et la levée sont distinctes. Par exemple, la germination débute par l'absorption d'eau par la graine et se termine par l'élongation de la radicule après la rupture du tégument.

Chapitre I Recherche bibliographique

Une fois cette phase terminée, la germination est achevée et la croissance de la plantule est marquée par des événements post-germinatifs tels que la mobilisation et la dilution des principales réserves (Rajjou *et al.* 2012). Les légumineuses germées conservent les propriétés de la graine, qui nécessite un traitement supplémentaire, tel que la cuisson, le séchage ou la torréfaction avant consommation (Benincasa *et al.*, 2019).

Les Légumineuses sont réputées être des espèces à germination difficile (Sanogho,1977). Leurs graines sont classées parmi les graines dites « dures ». En effet, elles possèdent des téguments coriaces (endocarpe lignifié) qui constituent une véritable entrave au phénomène d'imbibition, facteur important dans le processus de la germination.

A l'état naturel (sans aucun traitement), la moyenne de temps de latence minimal observé durant nos travaux a été de $13 \pm 2,13$ jours voire plus.

Cependant, dans les faits, eu égard à des problèmes de dormance, il n'est pas rare de constater des germinations tardives même chez des graines ayant subi un traitement. Dans ses expériences sur les Légumineuses, (De La Mensbruge,1966) a rapporté la première germination après 6 semaines de semis. Certaines germinations, sans traitement au préalable des graines, peuvent alors survenir des mois voire des années après semis.

Selon Ouattara, (2006), la forme de la graine, du fait de la quantité de sa réserve nutritive, peut influencer le pourcentage, mais surtout la durée de germination lors du semis.

1.1.6.2. Germination de la fève

La fève est une plante annuelle. Toutefois, elle peut être semée dès la fin de l'automne, ce qui est recommandé pour la production de semences.

La germination de la fève est hypogée : les cotylédons restent sous terre (Caracuta *et al.*, 2015). Le stade de la levée est atteint quand la jeune pousse émerge de la surface du sol. Son cycle complet de la graine à la graine est environ 5 mois (Chaux et Foury, 1994).

Chapitre I Recherche bibliographique

D'après l'International Seed Testing Association (ISTA) (2017), la germination dure maximum 14 jours. Selon Hickman et Canevari (2012), elle dure entre 7 à 14 jours.

D'après Brink et Blay (2006), le développement de la fève est caractérisé par 5 stades principaux : germination et levée, développement végétatif, développement reproductif, sénescence de la gousse et sénescence de la tige.

1.1.6.3. Germination du pois

La faculté germinative de la plante Pois est de 2 à 6 ans selon les variétés et les conditions de conservation la levée est en six à dix jours.

1.1.7. Croissance

1.1.7.1. Croissance des légumineuses

Multiplication, synthèse d'ADN et élongation des axes embryonnaires. L'extension de la racine à travers les structures entourant l'embryon met fin à la germination et marque le début de la croissance de la plantule (phase III, post-germination) (Bewley, 1997 ; Turner, 2010).

Après la germination, visible par l'apparition de la racine, l'embryon se développe pour former une plantule capable de photosynthèse. Cette dernière étape est caractérisée par une transition métabolique hétérotrophe-autotrophe, accompagnée de la dilution et de la conversion des composés de réserve de la graine en métabolites plus simples (sucres, acides aminés et acides gras libres, par exemple), qui migrent rapidement et alimentent les nouvelles cellules pour le développement des tissus (Ha *et al.*, 2017).

Chez les légumineuses après une germination rapide, les premières feuilles (cotylédons) apparaissent puis les suivantes qui sont généralement trifoliolées. Au stade rosette 7-8 feuilles, une deuxième tige se forme. Des bourgeons à la base des tiges et des feuilles assurent le développement végétatif ou la repousse après une coupe. Chaque pied

développe alors plusieurs tiges. La racine pivotante emmagasine des réserves en fin de saison pour le printemps suivant (Doligez 2017).

1.1.7.2. Croissance de la fève

La durée du cycle varie selon les variétés et les conditions de croissance. Elle est de 90 à 240 jours pour les cultures destinées à la production de graines sèches bien qu'il existe des variétés précoces de 60 jours, une durée de 50 à 100 jours pour la culture destinée pour la récolte de gousse vert (Brahimi, 2017).

Chez la plupart des variétés de fève, la floraison est déclenchée par l'allongement de la durée du jour (George, 2009). Toutefois, ce n'est pas le cas des variétés les plus précoces qui ne sont pas sensibles à la photopériode. Par ailleurs, une vernalisation, par une exposition prolongée à des températures inférieures à 14 °C, peut accélérer l'apparition des fleurs.

D'après Smither-Koppler (2019), la floraison intervient entre 40 et 70 jours après le semis. Cette durée varie en fonction de la température et de la variété. Enfin, d'après Hickman et Canevari (2012), la maturité en vue de la récolte de semences est atteinte en 4 à 5 mois.

1.1.7.3. Croissance du pois

Le pois est une plante annuelle sans dormance, qui peut être semée sans besoin de vernalisation. Son cycle de développement peut être divisé en plusieurs phases distinctes : la levée, le développement végétatif, la floraison, le remplissage des graines (correspondant à l'accumulation des protéines de réserve) et la maturité physiologique (Munier-Jolain *et al.*, 2005).

D'un point de vue cultural, on distingue deux types de pois protéagineux, le pois de printemps qui se sème entre février et mars et se récolte en juillet, et dont le cycle de développement est de 90 à 140 jours, et le pois d'hiver qui se sème début novembre et se récolte fin juin.

Chapitre I Recherche bibliographique

Le pois d'hiver a l'avantage d'avoir un cycle de culture plus long (en moyenne 240 jours) permettant d'améliorer le rendement mais également d'éviter les stress de fin de cycle tels que le stress thermique ou hydrique.

La température favorable à la croissance du pois est entre 18 et 23° le jour entre 7 et 10 la nuit.

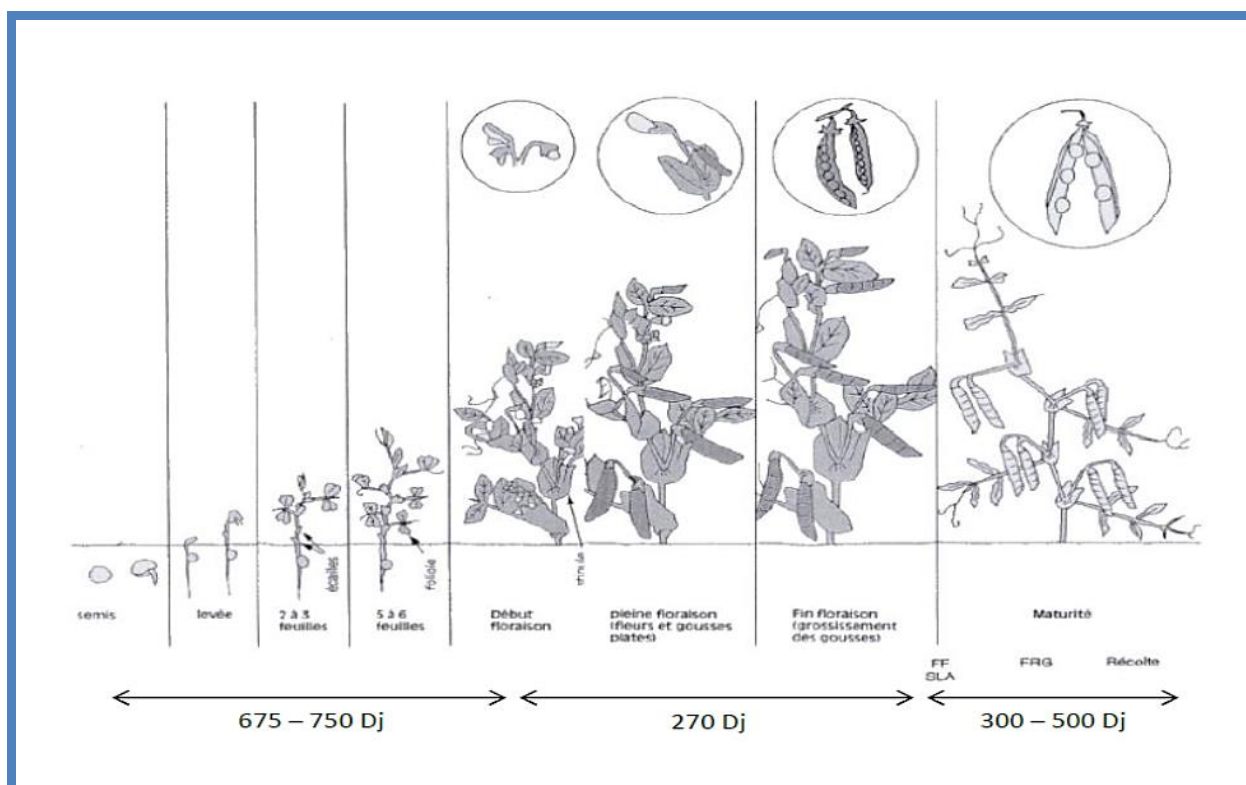


Figure 7 : Principales étapes du cycle de développement du pois (d'après Boyeldieu, 1999)

Les degrés jour (Dj) indiqués correspondent à une moyenne obtenue pour le pois de printemps.

FF : fin de floraison, SLA : stade limite d'avortement, FRG : fin de remplissage des graines

1.1.8. Intérêt agronomique et environnemental

Les légumineuses jouent un rôle crucial sur les plans nutritionnel, agronomique et écologique, c'est pourquoi l'ONU a proclamé l'année 2016 comme Année internationale des légumineuses. Face à l'augmentation constante de la population mondiale, garantir

Chapitre I Recherche bibliographique

une production alimentaire suffisante au moyen d'une agriculture plus durable constitue un enjeu sociétal majeur. Contrairement aux cultures céréalières, qui exigent de grandes quantités d'intrants azotés, les légumineuses agricoles ont la capacité de prospérer sans avoir recours à des fertilisants azotés coûteux.

De ce fait, des cultures telles que le pois chiche, le pois, le haricot, la fève et les lentilles occupent une place importante dans de nombreuses régions économiquement défavorisées et constituent un pilier central de l'alimentation humaine. Pour plusieurs communautés, ces légumineuses représentent une source essentielle de protéines d'origine végétale dans leur alimentation. Elles sont également utilisées pour l'alimentation animale sous forme de fourrage ou encore pour la production de bois. Par ailleurs, leur contribution à l'amélioration de la structure et de la qualité des sols, notamment au niveau des teneurs en azote et en matière organique, permet de garantir une productivité durable des systèmes agricoles tout en limitant les coûts (Chianu *et al.* 2011).

Une co-inoculation de *rhizobia* et de champignons mycorhiziens dans un sol pauvre en azote et en phosphore a démontré qu'elle pouvait améliorer les rendements des plantes hôtes ou celles cultivées en rotation ou en association dans les systèmes agricoles céréaliers (Wahbi *et al.* 2012). Cette fixation symbiotique de l'azote réduit le besoin en engrais azotés chimiques tout en maintenant des niveaux adéquats de fertilité azotée pour assurer une productivité satisfaisante, et ce, dans le cadre de méthodes agricoles durables (Dwivedi *et al.* 2015).

1.2. Généralités sur La salinité

La salinité, qu'elle concerne les sols ou l'eau, constitue un problème crucial dans de nombreuses régions du monde. Elle est identifiée comme l'un des principaux facteurs abiotiques limitant la productivité des cultures et les rendements agricoles (Bouassaba et Chougui, 2018).

Actuellement, la salinité des sols représente un enjeu mondial de grande ampleur, touchant environ 20 % des terres cultivées et 33 % des surfaces irriguées, soit près de 62 millions d'hectares. La progression des zones affectées s'accélère à un rythme annuel d'environ 10 %, avec une projection d'augmentation de 50 % d'ici à 2050 (FAO, 2021). La salinité correspond à l'accumulation de sels solubles dans le sol ou à sa surface (Nasri, 2014). Elle se définit plus précisément comme une concentration excessive de ces sels au sein de la matrice du sol ou dans les eaux utilisées pour l'irrigation (Mahrouz, 2013). Bien que ces sels soient variés, tels que les sulfates, carbonates et bicarbonates, ils se manifestent principalement sous forme de NaCl et Na₂SO₄ (Beghin, 2019). Ce phénomène impacte le potentiel hydrique du sol, réduisant considérablement la quantité d'eau réellement accessible aux plantes. Ainsi, malgré la présence physique de l'eau, celle-ci devient inatteignable pour les racines, provoquant une situation qualifiée de "sécheresse physiologique" (Bassou, 2019).

Selon la FAO et l'ITPS (2015), la forte concentration de sels solubles tels que NaCl, Na₂SO₄ et KCl affecte de manière significative la croissance et le développement des cultures. Il convient de différencier la salinité, correspondant à la présence globale de sels solubles, de la sodicité, qui est spécifiquement liée à un excès d'ions sodium (Na⁺). Ce problème n'est pas à prendre à la légère à l'échelle mondiale : plus de 800 millions d'hectares, soit environ 6 % de la surface terrestre totale, seraient actuellement touchés par la salinité (FAO, 2008).

On distingue généralement deux types de salinité : la salinité primaire et la salinité secondaire. La première est liée à une accumulation naturelle de sels dans le sol ou les nappes phréatiques, tandis que la seconde provient des apports en sels contenus dans l'eau d'irrigation (Farissi *et al.*, 2014).

1.2.1. Origine de la salinité :

La salinisation des sols peut être d'origine primaire ou naturelle, résultant de l'accumulation de sel par des processus naturels dus à une teneur élevée en sel du matériau d'origine ou des eaux souterraines. Elle peut également être secondaire ou anthropique, causée par la mauvaise qualité de l'eau d'irrigation, la surirrigation, un drainage inapproprié qui entraîne la remontée des sels à la surface du sol, ainsi que la sur exploitation des eaux souterraines dans les régions côtières (Yuvaraj *et al.*, 2021).

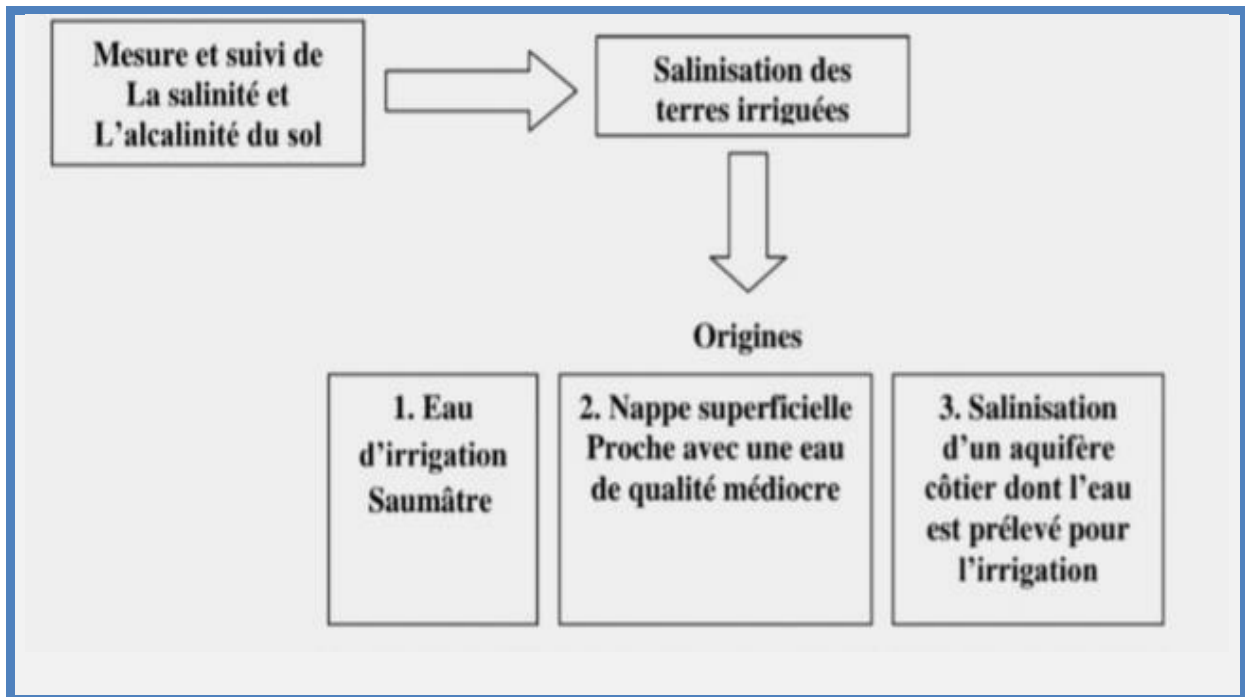


Figure 8 : Origines de la salinisation (IPTRID, 2006).

1.2.2. Le stress salin :

Le stress salin constitue l'une des principales contraintes abiotiques limitant la productivité agricole à l'échelle mondiale, en particulier dans les régions à climat aride et semi-aride (Djerah et Oudjehih, 2016).

Selon Hopkins (2003), le stress se définit comme toute pression majeure exercée par un facteur environnemental perturbant le fonctionnement normal d'une plante. Par ailleurs, la réaction des végétaux dépend d'un ensemble de paramètres, notamment le type de contrainte, son intensité, sa durée, ainsi que des caractéristiques génétiques, telles que l'espèce et le génotype.

Le stress salin, qui correspond à une concentration excessive en sels, se manifeste principalement par un excès d'ions tels que le sodium (Na^+) et le chlorure (Cl^-).

1.2.2.1. Les sels solubles :

En pédologie, les sels solubles désignent l'ensemble des composés minéraux inorganiques qui se dissolvent facilement dans l'eau sous des conditions normales de température et de pression. Ces substances résultent de la combinaison d'acides et de bases, et se trouvent sous forme libre dans la solution du sol. Elles se composent principalement de cations tels que le sodium, le calcium, le magnésium et le potassium, associés à des anions tels que les chlorures, les sulfates, les carbonates et les bicarbonates (Mathieu et Lozet, 2022).

L'origine de ces sels est souvent liée aux dépôts sédimentaires d'origine marine, où d'importantes quantités sont mises en circulation par les écoulements, donnant ainsi aux eaux un caractère chimique dominé par les chlorures de sodium. Leur accumulation est fréquemment observée dans des environnements tels que les bassins endoréiques ou les régions arides, où le climat favorise les mécanismes de concentration. On les retrouve également dans les zones basses des bassins versants caractérisés par un drainage naturel insuffisant (Marlet et Job, 2006).

1.2.2.2. Les principaux sels solubles :

Dans l'étude des sols salins, on regroupe généralement les sels solubles en trois grandes catégories : les chlorures, les carbonates et les sulfates (Boutelli, 2012).

- Les chlorures

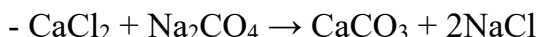
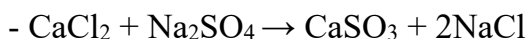
Les chlorures représentent la famille de sels la plus impliquée dans la formation des sols salins. Leur contribution est déterminante en raison de leur très haute solubilité et de leur toxicité élevée envers la végétation. Parmi les plus couramment rencontrés, on distingue :

- Chlorure de sodium (NaCl) : C'est le sel le plus répandu dans la nature. Sa solubilité particulièrement importante est associée à une phytotoxicité marquée, ce qui le rend nocif pour les plantes.

Chapitre I Recherche bibliographique

- Chlorure de magnésium (MgCl_2) : Bien qu'il soit moins courant que le NaCl , il reste significatif dans certains sols salins.

- Chlorure de calcium (CaCl_2) : Ce sel est plus rare dans les profils de sols (pédologiques). Sa rareté relative s'explique par sa capacité à réagir avec d'autres sels, comme le sulfate de sodium (Na_2SO_4) ou le carbonate de sodium (Na_2CO_3), pour former du gypse (CaSO_4) ou du calcaire (CaCO_3) via les réactions suivantes :



- Les sulfates

Les sulfates se retrouvent dans des proportions variables selon les types de sols. Parmi les plus importants, on note :

- Sulfate de magnésium (MgSO_4) : Communément présent dans les sols salins ainsi que dans les nappes phréatiques, ce sel est fortement soluble, ce qui entraîne une toxicité notable pour les cultures.

- Sulfate de sodium (Na_2SO_4) : Souvent observé dans les sols salins, ce sel est caractérisé par une solubilité pouvant atteindre 300 g/L. Sa présence peut fortement compromettre la croissance des végétaux.

1.2.3. Effet sur la plante :

La salinité pose un problème dès l'instant où l'accumulation de sel dans la zone racinaire atteint une concentration qui provoque une baisse de rendement et ralentit la croissance des végétaux (Menacer, 2009).

Les plantes sont exposées à des changements dans leur comportement morphologique et physiologique en présence de la salinité.

1.2.3.1. Effet de la salinité sur la germination :

La germination des graines est le stade le plus sensible au stress salin et hydrique (Boulghalagh *et al.*, 2006). La présence excessive des sels solubles peut causer une inhibition de la germination des graines (Belkhodja et Bidai, 2001).

Selon Rejili *et al.* (2006), les semences exposées à un stress salin réagissent par une diminution du taux de germination, ainsi qu'un retard significatif dans le déclenchement du processus germinatif. L'un des mécanismes expliquant cette inhibition réside dans

les perturbations de l'équilibre hormonal, provoquées par la présence excessive de sels dans le milieu.

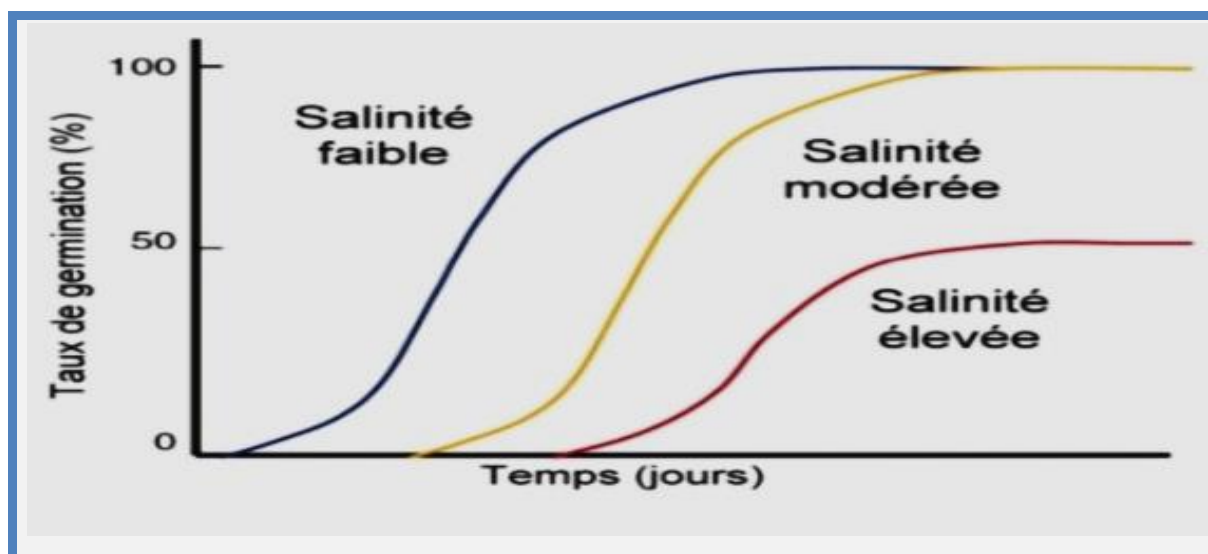


Figure 9 : Relation entre le taux de germination et le temps après l'imbibition des semences à différents niveaux de salinité (Läuchli Grattan 2007).

1.2.3.2. Effet osmotique :

Le stress osmotique survient lorsque la concentration élevée de sels dans le sol limite l'absorption d'eau par les racines des plantes. Cette difficulté à acquérir l'eau entraîne une diminution de la croissance et du développement, en particulier pendant les premiers stades de la plante (Etesami *et al.*, 2023).

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 l'absorption de l'eau nécessaire au déclenchement des processus métaboliques impliqués dans la germination (Hajlaoui *et al.*, 2007)

1.2.3.3. Effet toxique :

La toxicité ionique causée par l'accumulation excessive d'ions tels que le sodium (Na) et le chlorure (Cl), limite l'absorption d'eau et provoque une toxicité ionique qui nuit à l'homéostasie ionique, entraîne des dommages aux membranes cellulaires (Tanveer et Yousaf, 2020 ; Hoque *et al.*, 2023).

1.2.3.4. Effet de la salinité sur la croissance :

La salinité réduit la hauteur, la longueur des racines et la biomasse, entraînant une maturation précoce, une diminution de la surface foliaire et un flétrissement des feuilles (El Sabagh *et al.*, 2021).

L'accumulation excessive de Na^+ et Cl^- peut également causer une phytotoxicité, entraînant des brûlures foliaires, des nécroses, un ralentissement de la croissance, et parfois la mort de la plante (Hoque *et al.*, 2023).

Le stress salin résulte aussi une diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines (Chartzoulakis et Klapaki, 2000). Les sels solubles peuvent empêcher les racines d'absorber l'eau et les éléments nutritifs et, ainsi, restreindre la croissance des plantes cultivées, d'où un rendement plus faible (Wiebe, 2001).

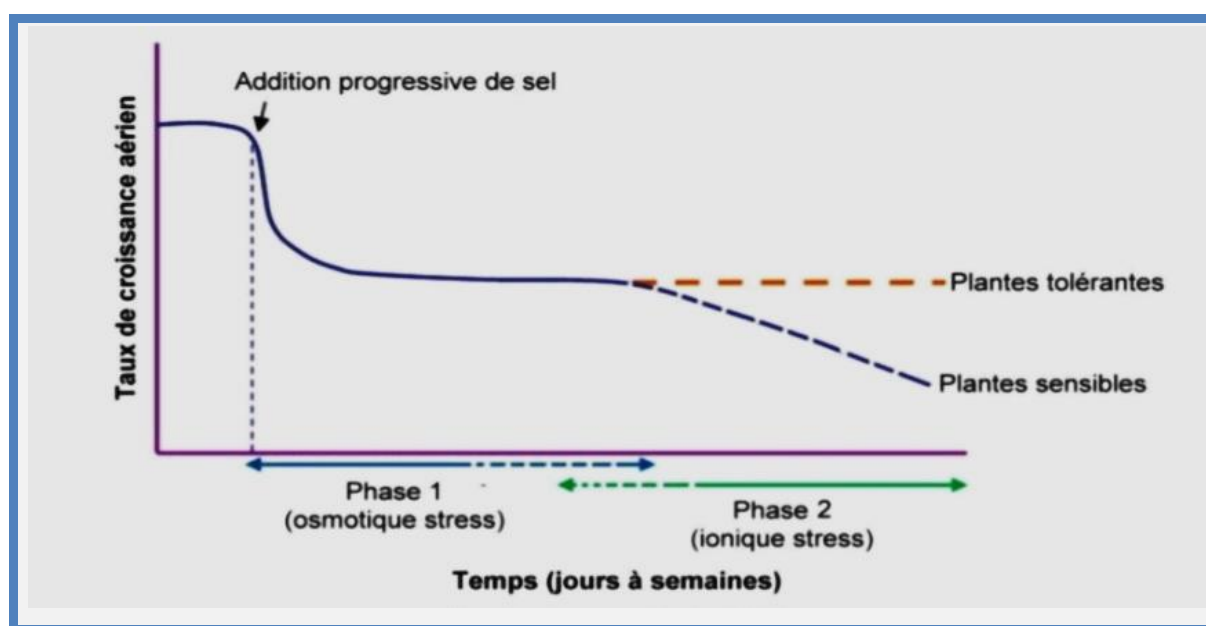


Figure 10 : Présentation des deux phases de croissance des plantes sous stress salin (Munns, 2005).

1.2.3.5. Effets de la salinité sur la morphologie (tige, racine, feuille)

Selon l'étude menée par Kouadria *et al.* (2019), une corrélation significative et positive a été observée entre la surface foliaire et certains paramètres racinaires, notamment la longueur des racines. Ces résultats confirment l'effet régulateur des racines sur la partie aérienne, en particulier à travers la production de composés chimiques tels que l'acide

abscissique (ABA), qui joue un rôle inhibiteur au niveau foliaire, modulant ainsi à la fois la surface des feuilles et la transpiration.

1.2.3.6. Effet de la salinité sur les processus physiologiques de la plante

Le stress salin manifeste chez la plante une difficulté du captage de l'eau par les racines et/ou par une toxicité due à l'accumulation des sels dans la plante (Rai, 2017). La diffusion du CO₂ à l'intérieur des stomates devient alors limitée et sa fixation au niveau des chloroplastes diminue. Le photosystème I (PSI), le photosystème II (PSII) et le transport d'électrons sont significativement diminués sous 150 mM de NaCl chez *Arabidopsis*. De plus, l'excès de Cl conduit à la dégradation de la chlorophylle et à la chlorose en périphérie des feuilles (Amirjani *et al.*, 2011).

1.2.3.6.1. Effet des sels sur la germination et la croissance des légumineuses

Le stress salin est d'autant plus perceptible chez les légumineuses dont l'activité symbiotique est affectée et la fixation de l'azote est considérablement limitée (Ben Khaled *et al* 2003). En effet, la salinité agit sur la survie et la prolifération des rhizobiums au niveau du sol et la rhizosphère, inhibe le processus d'infection et affecte directement le fonctionnement des nodules au niveau des racines, affectant ainsi la croissance des plantes, la photosynthèse et la demande en azote (Farissi *et al* 2014).

1.2.3.6.2. Effet des sels sur la germination légumineuse :

Le stress salin affecte de manière significative les légumineuses, exerçant des effets négatifs, notamment sur la germination des graines (Rezaei *et al.*, 2023). Certaines études ont néanmoins mis en avant les potentialités de *Melilotus indicus* en tant qu'espèce alternative face à ces conditions défavorables. En effet, cette espèce démontre une réduction modérée de sa capacité de germination, limitée à 30 % sous une concentration de 300 mM en NaCl (Rogers *et al.*, 2011).

1.2.3.6.3. Effet Sur la croissance des légumineuses :

Le stress salin freine la croissance des plantes, en particulier celle des légumineuses, en perturbant divers processus physiologiques et morphologiques, réduisant ainsi directement la productivité de ces cultures (Misra *et al.*, 2006). En conditions stressantes, les plantes peuvent réagir en mettant en œuvre des mécanismes

Chapitre I Recherche bibliographique

physiologiques et biochimiques impliquant une activité enzymatique (Chaffei *et al.*, 2004).

La croissance de la majorité des plantes est réduite ou inhibée quand la concentration en sel dans l'environnement racinaire s'élève au-dessus de 100 mM NaCl. Chez les légumineuses, l'effet dépressif du sel se manifeste à partir d'un seuil critique de concentration, spécifique à l'espèce et à la variété (Farissi *et al* 2013).

Le stress salin exerce un impact négatif sur la croissance et la survie des souches *rhizobiales* dans le sol. Cependant, la capacité des rhizobia à se développer sous des conditions salines varie selon les espèces et les types de sels impliqués (El Sheikh et Wood, 1990). Ce stress peut également perturber certains processus physiologiques de la symbiose légumineuse-rhizobia ainsi que le développement des nodules. Ne réduction de la production de l'hémoglobine par les nodules (López *et al.*, 2008).

1.3. Acide Salicylique :

L'acide salicylique (SA) est un composé phénolique dont la forme acétylée est largement reconnue pour ses propriétés antalgiques. Considéré comme une phytohormone, il joue un rôle clé dans les mécanismes de défense des plantes (Locke et Gran, 2007). L'acide salicylique, molécule synthétisée par la plante, semble être impliquée dans la signalisation et l'établissement des mécanismes de résistance à plusieurs contraintes environnementales (Korkmaz *et al.*, 2007).

L'acide salicylique est considérée comme une molécule de signalisation importante impliquée dans la résistance à la maladie locale et endémique dans les plantes en réponse à diverses agressions pathogènes (Alvers, 2000). Son application exogène à des plantes sous différents stress a été étudiée par plusieurs chercheurs et son rôle dans l'activation de la germination, de la croissance sous stress salin a été signalé chez le blé (Arfan *et al.*, 2006), l'orge (El tayeb., 2005) et le maïs (Gunes *et al.*, 2005). Cette molécule joue un rôle important dans la défense des plantes contre les deux conditions de stress biotiques et abiotiques (Unlu *et al.*, 2009).

L'acide salicylique est une substance semblable à une hormone végétale et est considéré comme l'un des antioxydants qui peuvent jouer différents rôles dans le métabolisme des plantes. Il peut également jouer des rôles importants dans l'atténuation d'un large éventail de stress biotiques et abiotiques (Rady *et al.* 2017). Ainsi, l'acide salicylique serait impliqué dans l'inhibition de la dégradation du H_2O_2 , favorisant ainsi les réactions de défense dépendantes du H_2O_2 (Calatayud *et al.*, 2013).

1.3.1. Biochimie de l'acide salicylique :

Chimiquement, l'acide salicylique appartient à un groupe de composés phénoliques qui possèdent un anneau aromatique et un groupe hydroxyle. C'est une petite molécule de 138,1g de poids moléculaire, peu soluble dans l'eau, soluble dans des solvants organiques (Dihazi, 2012).

Nom : Acide salicylique

Désignation commerciale : Acide salicylique (grades pharmaceutique, purifié et industriel)

Nom chimique (IUPAC) : 2-hydroxybenzoic acid.

Formule chimique : $C_7H_6O_3$

Structure moléculaire :

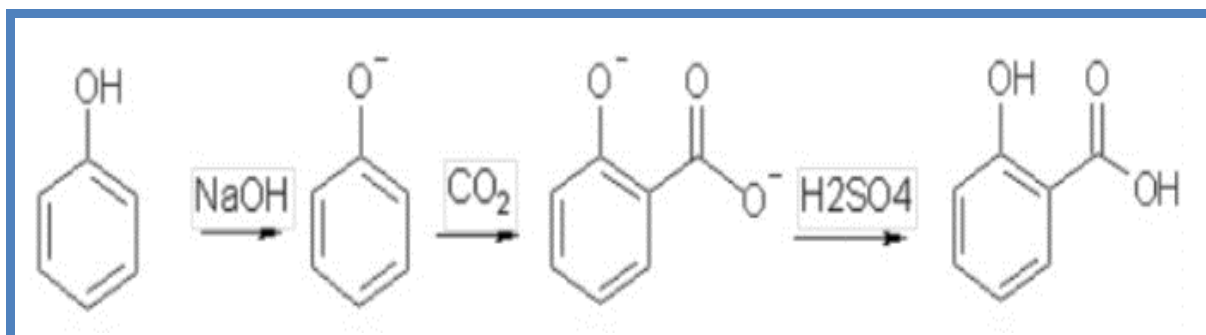


Figure 11 : La synthèse de l'acide salicylique par la réaction de Kolbe (Chen *et al.*, 1991).

1.3.2. Rôle de l'acide salicylique

L'acide salicylique joue un rôle essentiel en tant que molécule clé dans la voie de transduction du signal impliquée dans la réponse au stress biotique. Son implication a été largement démontrée, mais il participe également à la signalisation des réponses aux stress abiotiques, le déficit hydrique (Bezrukova *et al.*, 2001), et prévient la réduction du contenu en auxine et les cytokinines ce qui réduit l'inhibition du développement induit par le stress (Sakhabutdinova *et al.*, 2003). L'AS aussi augment la résistance de la tomate et la fève à la baisse et l'augmentation des température (Senaratna *et al.*, 2000). Il existe généralement une bonne corrélation entre la capacité de résistance de la plante et sa teneur en acide salicylique (Gozzo, 2003).

Les mécanismes moléculaires par lesquels l'acide salicylique agit sur l'induction des gènes de résistance ont pu être en partie appréhendés grâce à l'utilisation d'analogues fonctionnels, en particulier l'acide 2,6- dichloroisonicotinique qui mine son action comme messenger intracellulaire.

L'acide salicylique apparaît donc comme un signal qui est à l'origine d'une cascade de transduction intracellulaire aboutissant à l'expression de nombreux gènes (Klessig *et al.*, 2000). Dans la plupart des cas étudiés, la présence d'acide salicylique reste indispensable aux endroits où s'exprime la SAR, qu'il provienne du transport phloémien ou d'une biosynthèse directe au niveau de ces organes cibles. Par opposition, certains exemples montrent cependant l'existence de voies de transduction indépendantes de l'acide salicylique, dans lesquelles l'éthylène et l'acide jasmonique joueraient le rôle essentiel pour l'expression des mécanismes biochimiques de résistance (Kunkel et Brooks, 2002)

1.3.3. Propriétés physiques :

L'acide salicylique se présente sous la forme d'une poudre inodore de couleur blanche. Il est peu soluble dans l'eau (2,24 g/L à 25 °C), mais miscible à de nombreux solvants organiques (acétone, alcools, éthers, benzène. (ECHA ,2021)

Tableau 2 : Propriétés physiques de l'acides salicylique

Nom Substance	Détails	
Acide Salicylique	Formule	C ₇ H ₆ O ₃
	N° CAS	69-72-7
	Etat Physique	Solide
	Masse molaire	138,12 g/mol
	Point de fusion	158 °C à 160 °C
	Point d'ébullition	211 °C
	Densité	1,44 à 20 °C
	Densité gaz / Vapeur	4,8 (air = 1)
	Pression de vapeur	0,02 Pa à 25 °C
	Point d'éclair	157 °C (coupelle fermée)
	Température d'auto-inflammation	540 à 570 °C
	Coefficient de partage n-octanol / eau (log pow)	2,26

1.3.3.1. Effet de l'acide salicylique sur la germination :

L'acide salicylique joue un rôle important dans la tolérance des plantes au stress abiotique en augmentant leur résistance à la salinité comme il peut aider à l'amélioration de la germination en neutralisant l'excès des radicaux d'oxygène (Ben Amor *et al.* 2005). En outre, d'après plusieurs auteurs, Ozdener et Kutbay (2008) et Singh *et al.*, (2010), la concentration de l'AS appliquée constitue un facteur déterminant dans l'amélioration de la germination des graines. En revanche, très peu d'informations sont disponibles sur l'effet de cet acide sur la germination de graines sous stress salin.

1.3.3.2. Effet de l'acide salicylique sur la croissance :

Chapitre I Recherche bibliographique

C'est un régulateur important de plusieurs processus physiologiques, y compris la réponse immunitaire des plantes (Vlot *et al.*, 2009), qui entre dans les réactions de stress et de développement et permet l'identification des mécanismes de plante consacrée à maintenir un juste équilibre entre la croissance et de la défense de la plante (Mariana et Javier, 2011). Un intérêt considérable a été suscité par le pouvoir de l'acide salicylique à produire des effets protecteurs sous l'action des facteurs de différentes natures de stress abiotique, ainsi des données obtenues indiquent que l'induction de l'acide salicylique augmente la résistance des semis du blé à la salinité (Shakirova et Bezrukova, 1997) et le déficit hydrique (Bezrukova *et al.*, 2001).

1.3.4. Relation entre l'acide salicylique avec la salinité

La corrélation observée entre la concentration d'acide salicylique (FAO, 1994) Cultures marginalisées. Une autre perspective. Production végétale et protection des plantes, et la résistance de la plante laisse supposer aux auteurs que l'acide salicylique est une molécule de signal commune à la plante, et responsable d'inciter sa tolérance à un certain nombre de stress biotiques et abiotiques (Nicole *et al.*, 1998).

L'application externe d'acide salicylique affecte un large éventail de processus physiologiques sous conditions, Il a été prouvé dans de nombreuses études que l'acide salicylique participe à la régulation de nombreuses voies métaboliques et physiologiques, mais son mécanisme d'action n'est pas encore clair et fait toujours l'objet d'étude en l'ajoutant à l'irrigation ou pulvérisation foliaire, l'acide salicylique joue dans certaines plantes, et sous différentes conditions climatiques. Le rôle de la signalisation moléculaire pour induire la résistance ou la tolérance des plantes au stress salin (Shakirova *et al.*, 2003).

A présent, un intérêt considérable a été suscité par le pouvoir de l'acide salicylique à produire des effets protecteurs sous l'action des facteurs de différentes natures de stress abiotique, ainsi, L'application appropriée de l'acide salicylique peut fournir une protection contre plusieurs contraintes environnementales mais il peut causer un stress oxydatif, partiellement lors de l'accumulation du peroxyde d'hydrogène. Mais une concentration basse de peroxyde d'hydrogène ainsi améliore la capacité anti oxydative des plantes et stimule la synthèse des composés protecteurs qui mène à accroître la tolérance aux Stress abiotiques (Hara *et al.*, 2012).

Matériels

Et

méthodes

Chapitre II Matériel et méthodes

2.1. Matériel et méthodes

L'objectif principal de ce travail est d'évaluer l'effet de l'acide salicylique à des concentrations de (0,25 ; 0,5 ; 0,75 ; 1 et 1,5 mM) et des sels solubles (NaCl, Na₂SO₄ et CaCl₂) à des concentrations 0, 50, 100 et 200 mM et leurs combinaisons sur la germination et la croissance de deux légumineuses "*Vicia faba* L. et "*Pisum sativum* L. "

L'ensemble de ces essais a été conduit au sein du laboratoire de biologie végétale de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, à l'Université de Mostaganem.

2.2. Matériel végétal :

Le matériel végétal utilisé dans notre expérimentation est la variété locale de Fève (Reina Mora) (*Vicia faba* L.) et la variété de pois importée de New Zélande « Onward » (*Pisum sativum* L.), toutes deux appartenant à la famille des *Fabacées*.



Figure 12 : Graines de *Pisum sativum* L.
Var Onward.



Figure 13 : Graines de *Vicia Faba* L.,
Var Reina Mora

2.3. Produits chimiques

Acide salicylique :

Nom	Formule chimique	Masse molaire	0.25	0.5	0.75	1	1.5
Acide salicylique	C ₇ H ₄ O ₃	138.12 g/mol	0.03453 g/l	0.06906 g/l	0.10359 g/l	0.13812 g/l	0.20718 g/l

2.4. Les sels utilisés :

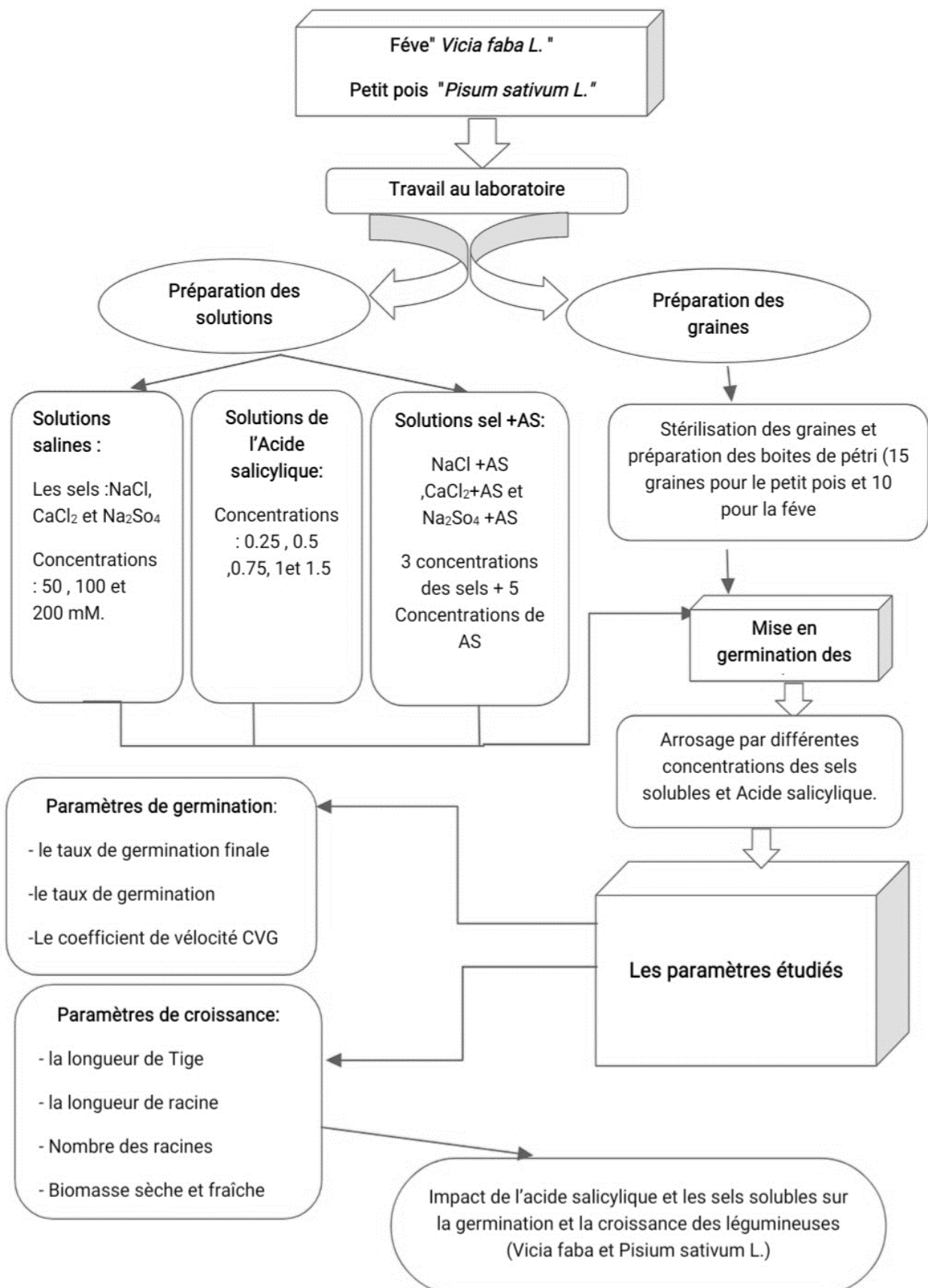
Le premier sel utilisé est le chlorure de sodium (NaCl). Il est généralement le sel soluble prédominant dans les eaux d'irrigation et dans nos sols affectés par les sels (Snoussi et Halitim, 1998).

se trouve abondants dans les zones arides et sub-arides (Servant, 1978).

Le troisième CaCl₂ : Le calcium est un élément indispensable aux processus de croissance et de survie des plantes en conditions de stress (Epstien, 1998). Il joue également un rôle important dans le maintien de l'intégrité et de la sélectivité membranaire (Xiong et al., 2006)

Sel	Nom	50mmol/l	100mmol/l	200mmol/l
NaCl	Chlorure de Sodium	2.925 g/l	5.85 g/l	11.7 g/l
CaCl ₂	Chlorure de calcium	5.549 g/l	11.098 g/l	22.196 g/l
Na ₂ SO ₄	Sulfate de sodium	7.102 g/l	14.204 g/l	28.408 g/l

2.5. Protocole expérimentale



2.6. Préparation des graines :

Chapitre II Matériel et méthodes

Les grains nettoyés manuellement, ensuite désinfectés par un traitement de 15min d'hypochlorite de sodium dilué 5 fois, puis 5 min dans l'alcool à 70° dilué 3 fois, enfin un rinçage avec l'eau distillée.



Figure 14 : Stérilisation des graines.

2.6.1. Préparation des boîtes de pétri :

Les boîtes de Pétri utilisées sont des boîtes stériles, dans chaque boîte 10 graines pour la fève et 20 pour le pois sont disposées sur du coton imbibé de l'eau distillée et d'autre part de solutions de différentes concentrations, le nombre de répétitions 03 boîtes pour chaque traitement Les boîtes de Pétri sont placées dans des conditions où les principaux paramètres sont assurés pour un bon environnement de culture.



Figure 15 : préparations des boîtes de pétri

Les boîtes de pétri recevaient, tous les deux jours, 10 ml d'eau d'arrosage correspondant à la concentration testée. L'expérience a été suivie durant 20 jours.

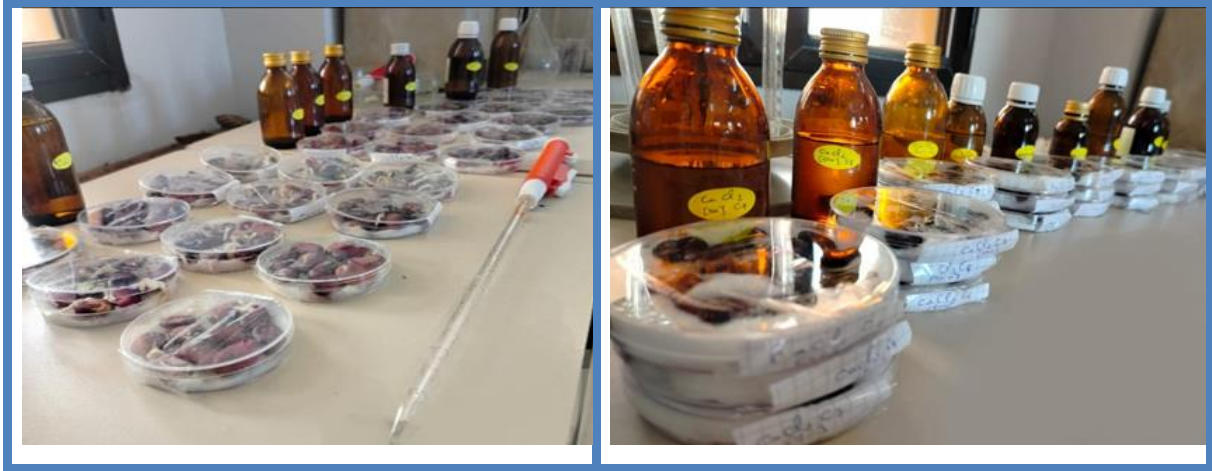


Figure 16 : Arrosage des graines.

2.7. Paramètres étudiés :

2.7.1.1. Taux de germination (TG)

Le taux de germination ou TG est exprimé par le rapport du nombre de graines germées (L) sur le nombre total de graines testées (S) rapporté à 100% (Côme, 1970).

La relation de taux de germination :

$$G\% = L/S \times 100$$

(G) : Pourcentage de germination.

(L) : Nombre de graines germées.

(S) : Nombre total des graines

2.7.1.2. Coefficient de vélocité

$$CVG = \frac{100(n1+n2+\dots+nx)}{n1t1+n2t2+\dots+nxtx}$$

N1 : nombre de graines germées au jour T1.

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

2.7.2. Paramètres de croissance des plantules

Pour déterminer l'effet du stress salin et Acide salicylique sur la croissance nous avons mesuré :

- La longueur de la tige
- Longueur de la racine
- Nombre de racines

Avant prélèvement de matériel végétal nous avons mesuré la hauteur de la tige et racine en centimètres (cm) à l'aide d'une règle graduée. On a choisi cinq plantules représentatives de chaque traitement. Les valeurs données sont les moyennes obtenues des cinq plantes parmi trois répétitions.

- **Taux de Matière fraîche**

Après 20 jours de l'expérience où les plants, on a pesé les plantules de chaque traitement, avec élimination des graines non germées.



Teneur en matière sèche (MS) :

La teneur en MS est déterminée à partir d'une prise d'essai de 10 grammes à l'étuve à 105°C jusqu'à poids constant (AFNOR, 1982). La teneur en matière sèche est donnée par la relation.



La relation de la teneur en matière sèche (MS) :

$$MS = (p2 / p1) \times 100$$

Où : **P1** : Poids de l'échantillon frais en gramme.

P2 : Poids de l'échantillon après dessiccation en gramme.

Résultats

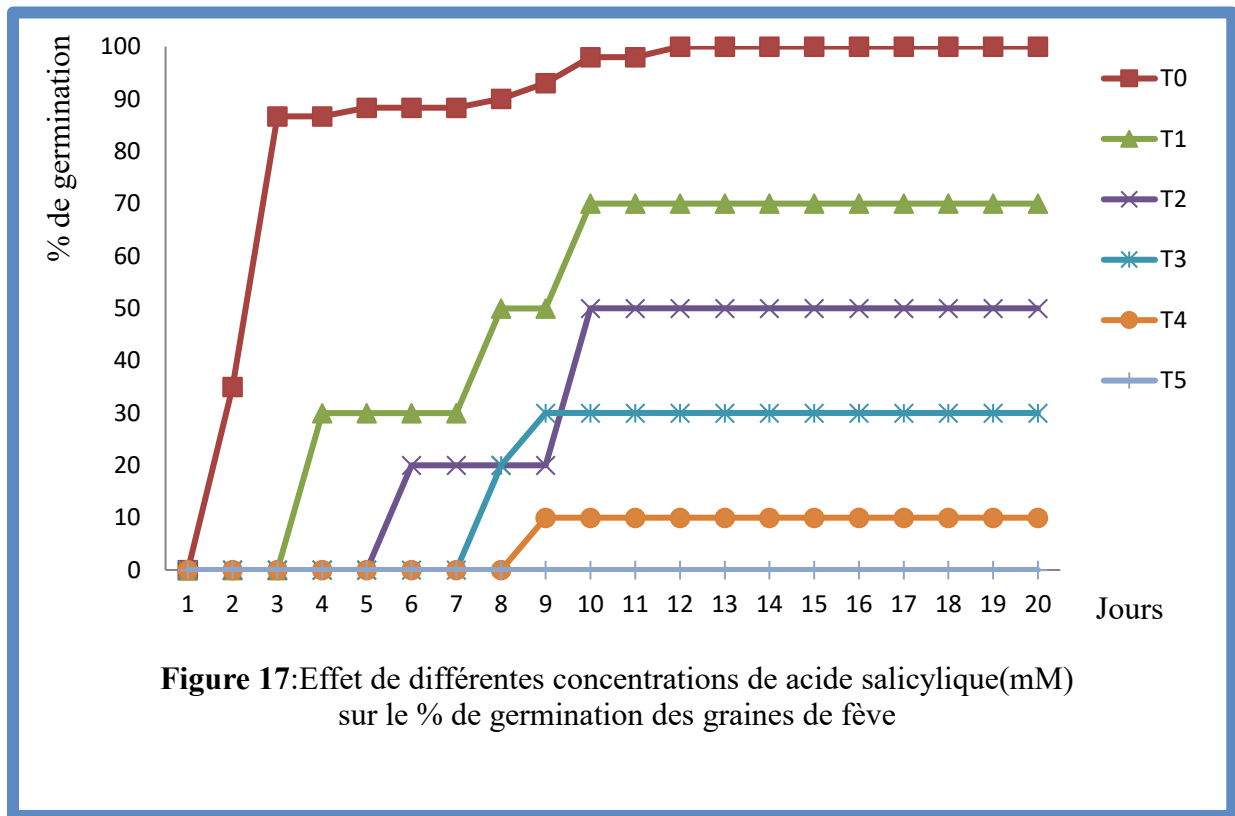
Et

discussion

3. Résultats

3.1. Germination

3.1.1.1. Taux quotidien de germination de fève sous traitements à l'acide salicylique



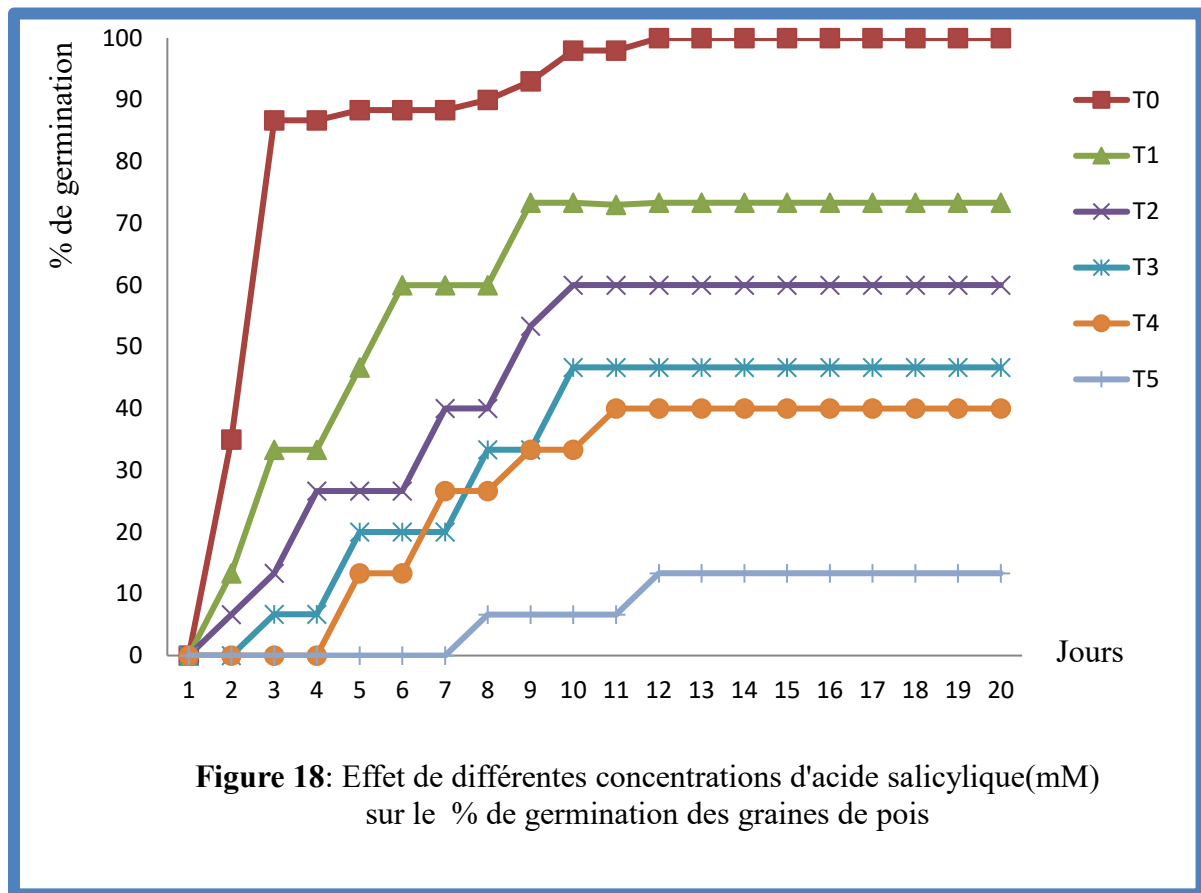
T0 : témoin T1 :0.25mM T2 :0.5mM T3 :0.75mM T4 :1mM T5 :1.5mM

Selon figure (17), les graines de fève traitées l'acide salicylique à des concentrations de 0.5 à 1mM n'ont commencé qu'à germer qu'après 5 à 8 jours.

L'apport de l'acide salicylique à 1.5 mM a inhibé complètement la germination de graines.

On remarque que la germination des graines dans l'eau distillée est la plus élevée, on enregistre 100 % de germination le douzième jour comparativement aux autres traitements testés.

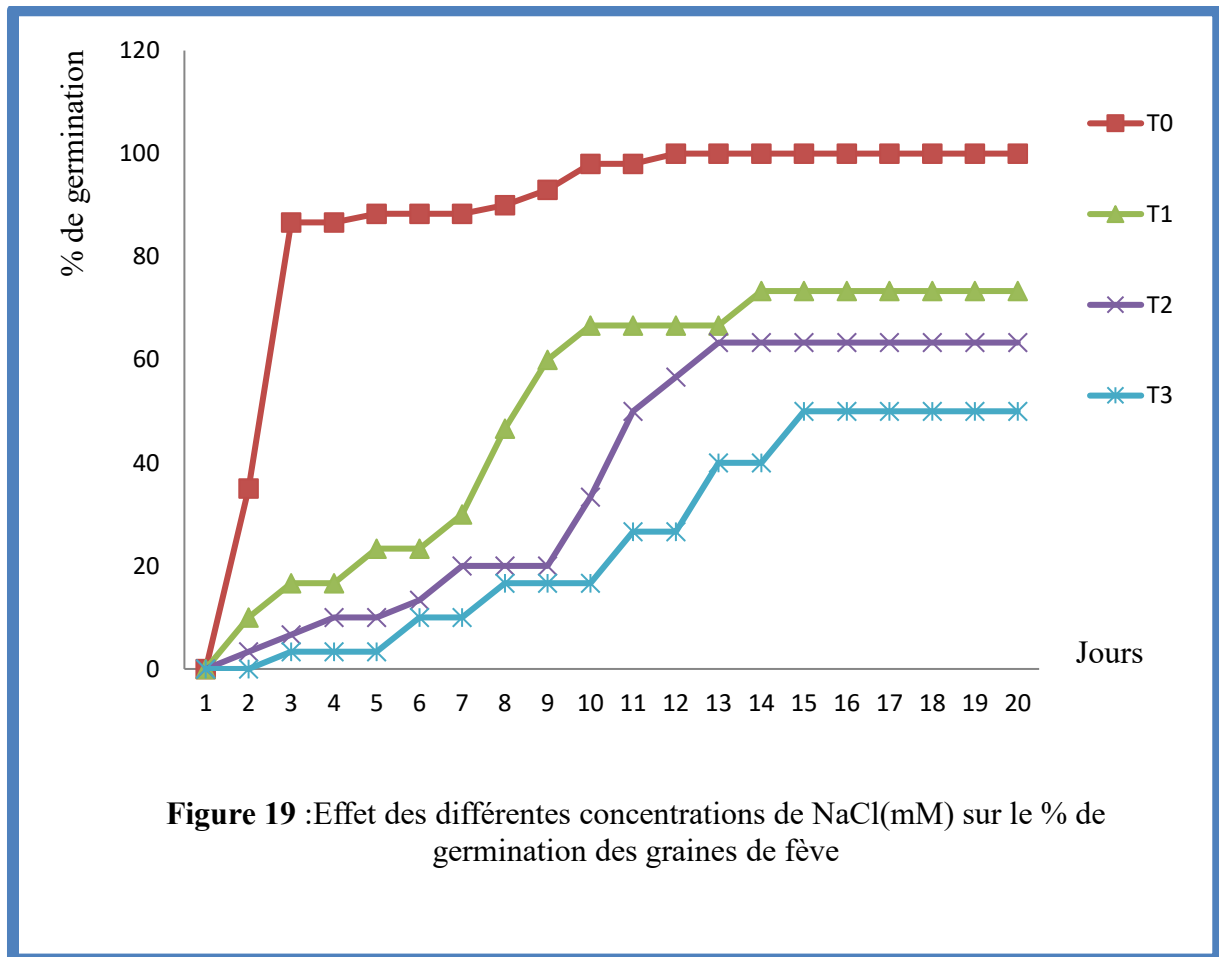
3.1.1.2. Taux quotidien de germination de pois sous traitements à l'acide salicylique



T0 : témoin T1 :0.25mM T2 :0.5mM T3 :0.75mM T4 :1mM T5 :1.5mM

D'après la figure 18, la germination des graines dans l'eau est la plus élevée (100%) enregistré douzième jour comparativement aux autres traitements testés ou enregistre a 0.75 mM ;1 mM et 1.5 mM des pourcentages de 46.67 ,40 % et seulement de 13,33%. Les graines de pois traités l'acide salicylique a une concentration de1.5 mM n'ont commencé à germer qu'après 7 jours.

3.1.1.3. Taux quotidien des graines germées de fève stressées sous concentrations croissantes en NaCl.



T0 : témoin

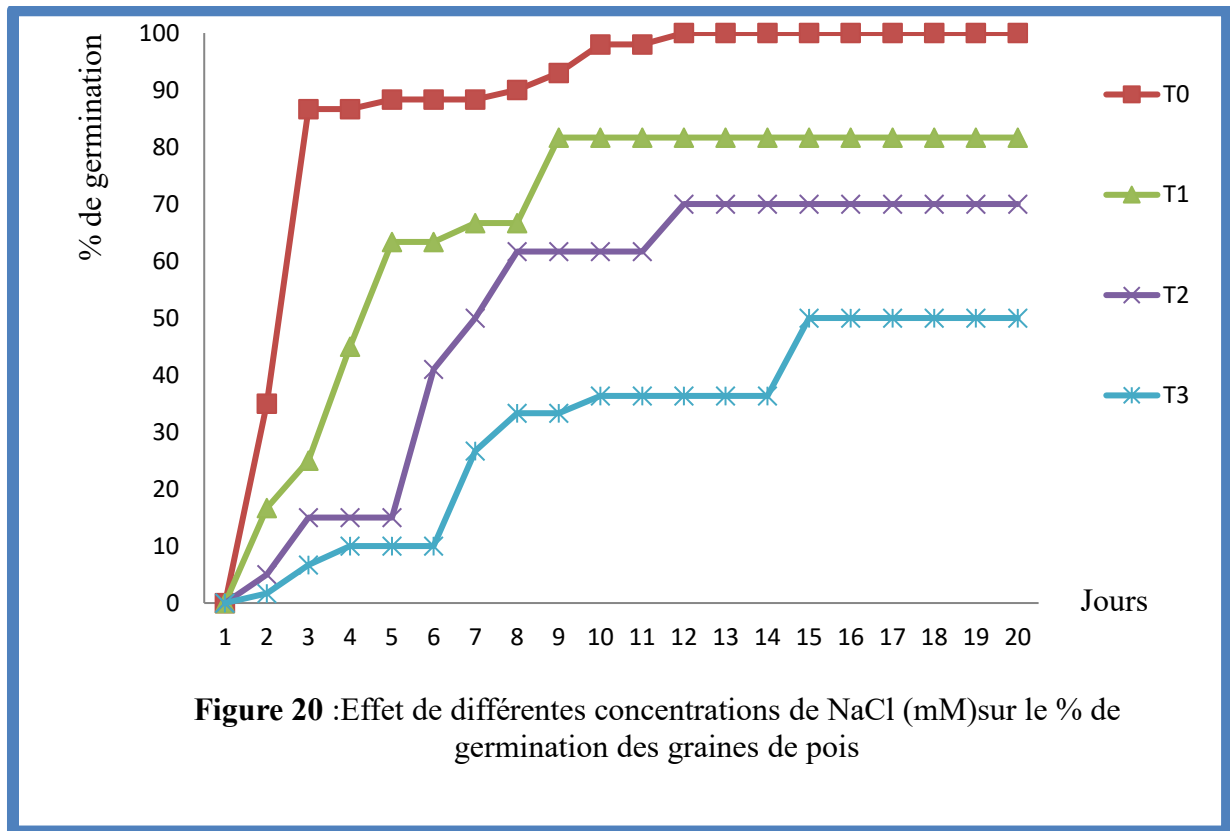
T1 : 50 mM

T2 : 100 mM

T3 : 200Mm

Les résultats observés dans la figure 19 montrent que la germination est affectée par le stress salin a une concentration de 200 mM ou on enregistre un taux de 50% par contre a une concentration de NaCl de 50 et 100 mM le taux de germination est de 63.33 et 73.33 %.

3.1.1.4. Taux quotidien des graines germées de pois stressées sous concentrations croissantes en NaCl.



T0 : témoin

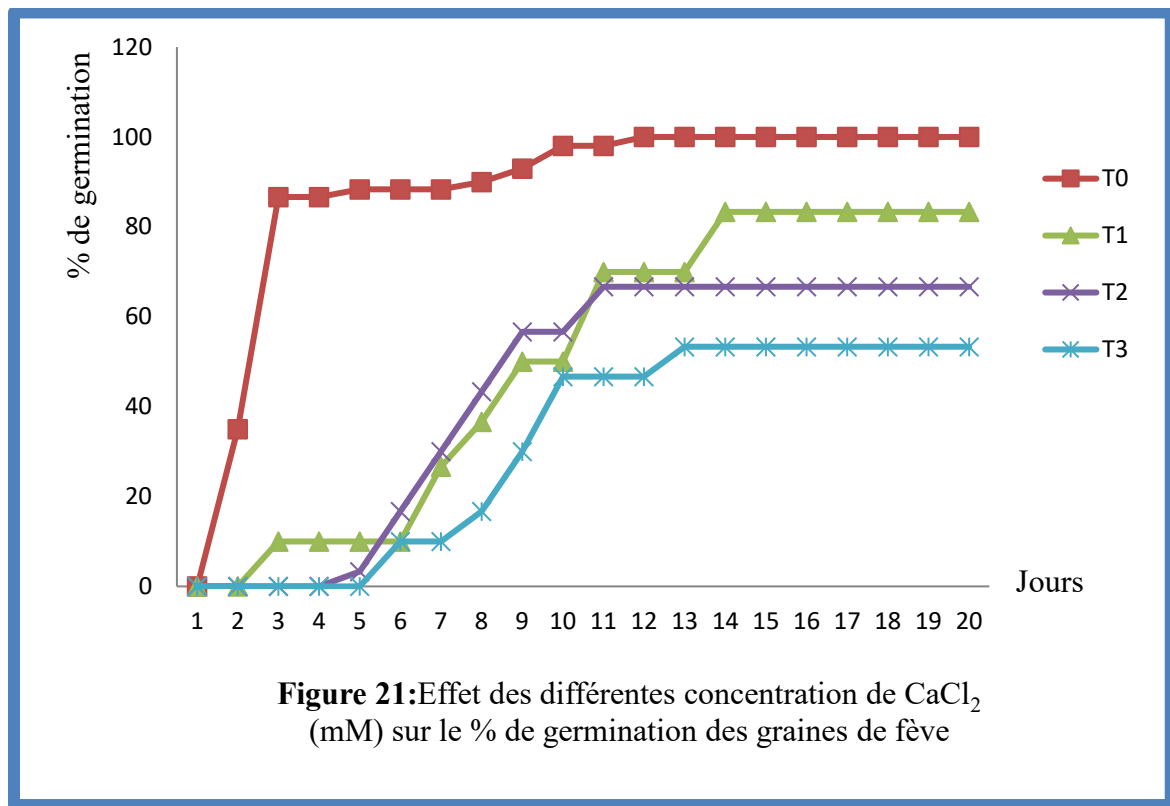
T1 : 50mM

T2 : 100mM

T3 : 200mM

Les résultats observés dans la figure 20 montrent que les traitements NaCl T1 et T2 (50 et 100 mM) n'ont aucun effet sur le taux de germination puisque on marque des taux supérieurs à 50% (70 % et 81.55 %) par contre une diminution dans le taux de germination a été remarquée chez le traitement de 200mM avec seulement 50% de germination.

3.1.1.5. Taux quotidien des graines germées de fève stressées sous concentrations croissantes en CaCl_2



T0 : témoin

T1 : 50 mM

T2 : 100 mM

T3 : 200 mM

La figure 21 montre que la germination a été affectée par les différentes concentrations de CaCl_2 50 mM, 100 mM et 200 mM.

Par contre on remarque un retard dans la germination de 5 jours à une dose élevée 200 mM de CaCl_2 .

3.1.1.6. Taux quotidien des graines germées de pois stressées sous concentrations croissantes en CaCl_2

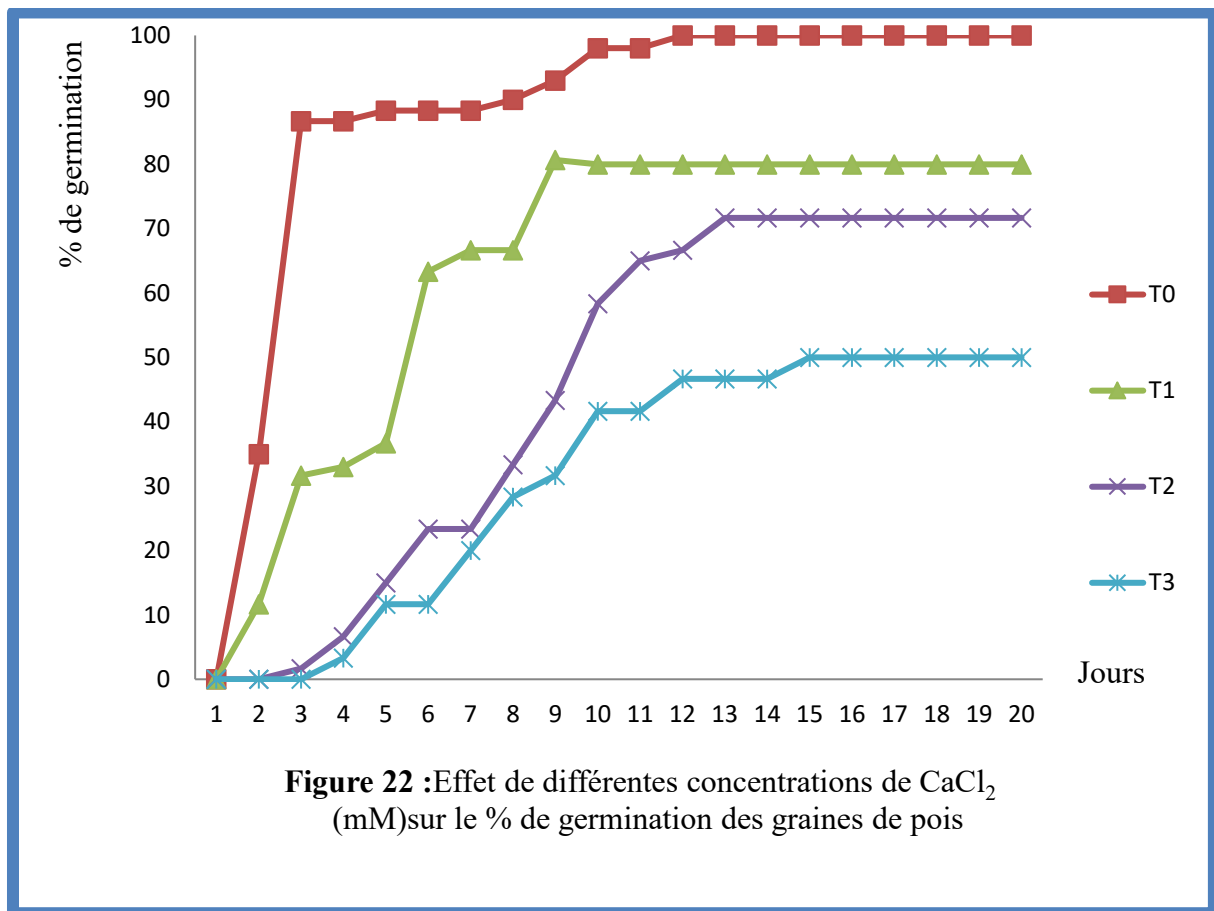


Figure 22 : Effet de différentes concentrations de CaCl_2 (mM) sur le % de germination des graines de pois

T0 : témoin

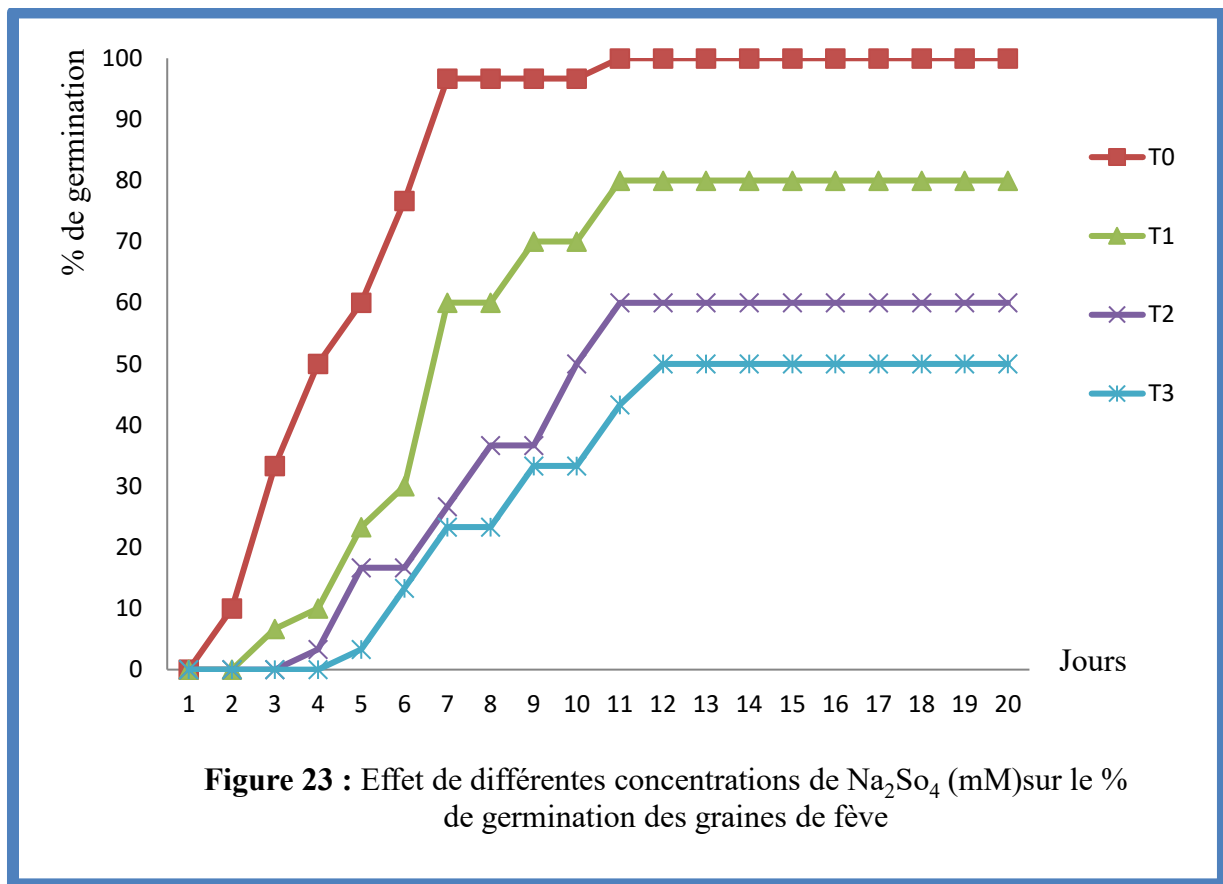
T1 : 50 mM

T2 : 100 mM

T3 : 200 Mm

D'après la figure 22 on remarque que la germination est affectée par des concentrations élevées en CaCl_2 de 200 mM, le taux de germination est de 50 % avec un retard de trois jours, on remarque aussi un retard de deux jours pour la concentration de 100 mM en CaCl_2 .

3.1.1.7. Taux quotidien des graines germées de fève stressées sous concentrations croissantes en Na_2SO_4



T0 : témoin

T1 : 50 mM

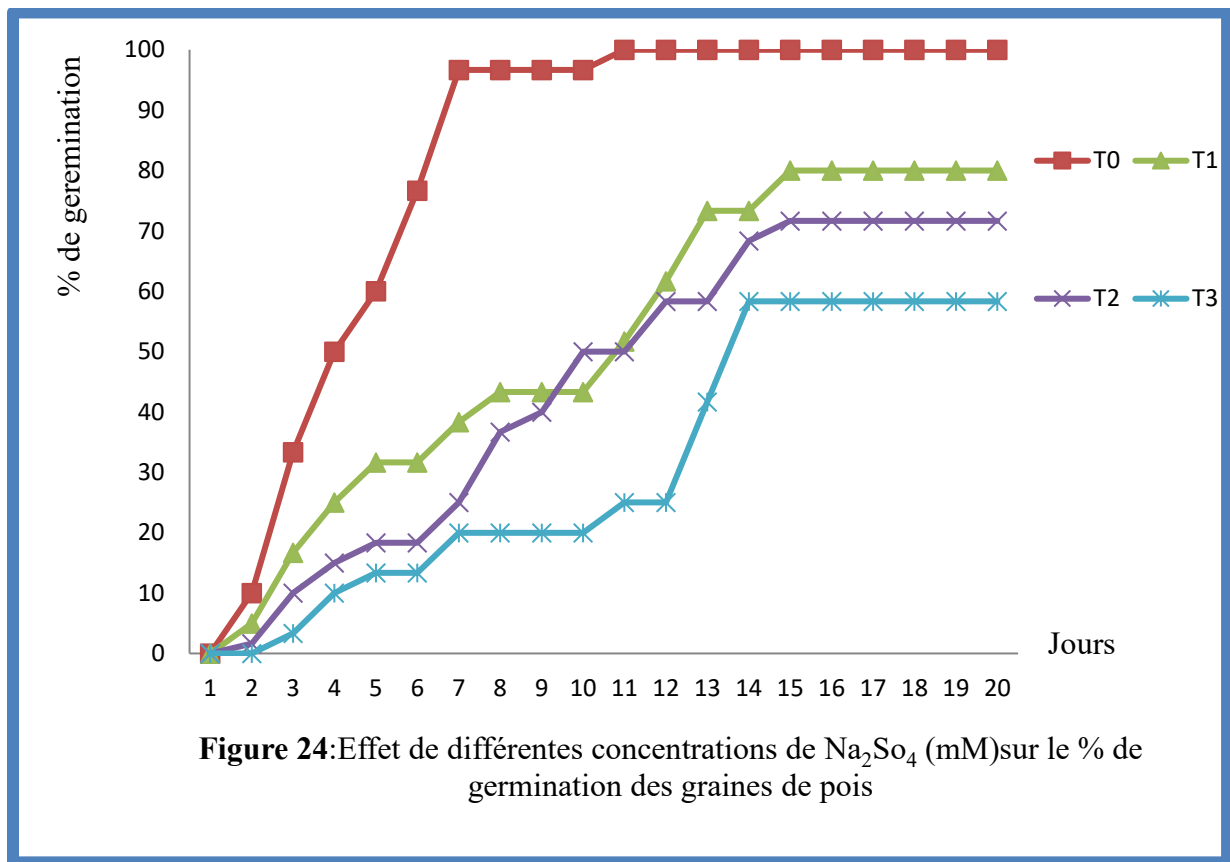
T2 : 100 mM

T3 : 200 mM

D'après la figure 23 la germination de la fève est affectée par Na_2SO_4 à des concentrations élevées de 200 mM ou on enregistre un taux de seulement 50%.

On remarque un retard dans la germination de 3 jours et de 4 jours pour les graines traitées avec une concentration de 100 et 200 mM de Na_2SO_4 .

3.1.1.8. Taux quotidien des graines germées de pois stressées sous concentrations croissantes en Na_2SO_4



T0 : témoin

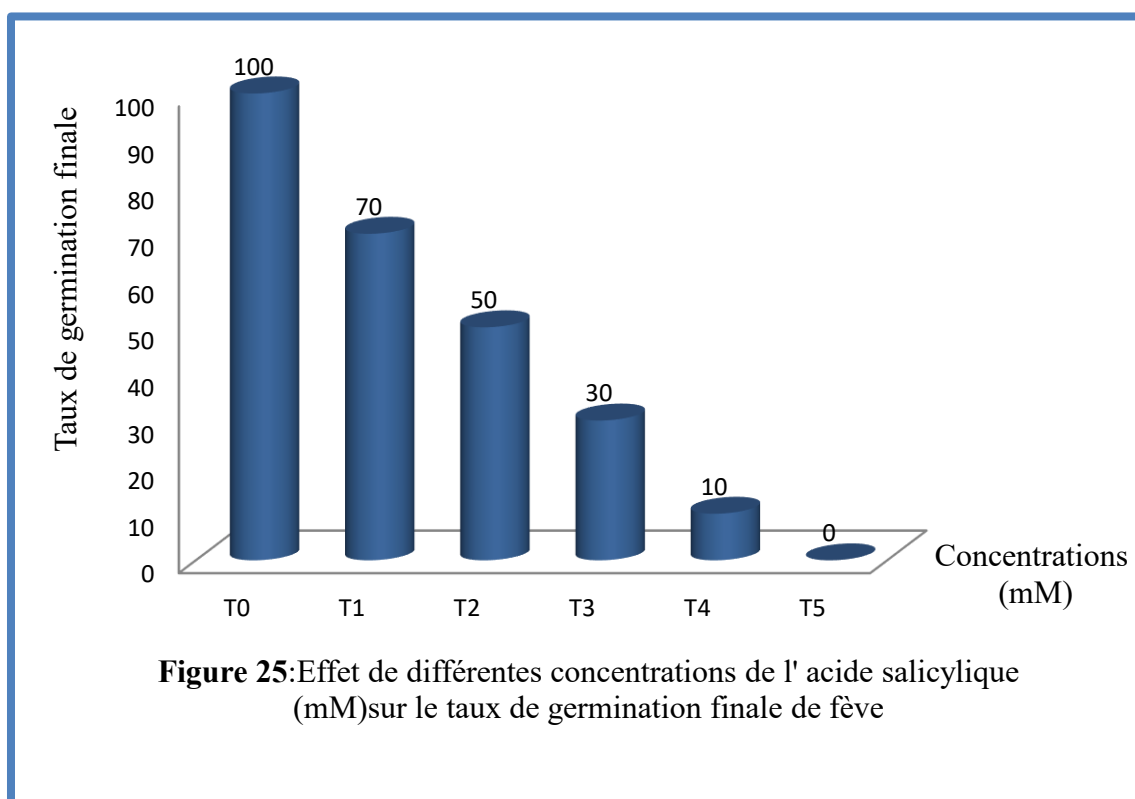
T1 : 50mM

T2 : 100 mM

T3 : 200 mM

La figure 24 montre que le taux de germination n'a pas été affecté par les différentes concentrations de Na_2SO_4 , le taux de germination varie entre 58.33 et 80.71%. On a observé un retard de germination de deux jours pour la concentration Na_2SO_4 de 200mM.

3.1.2.1. Effet de différentes concentrations de l'acide salicylique sur le taux de germination finale de fève

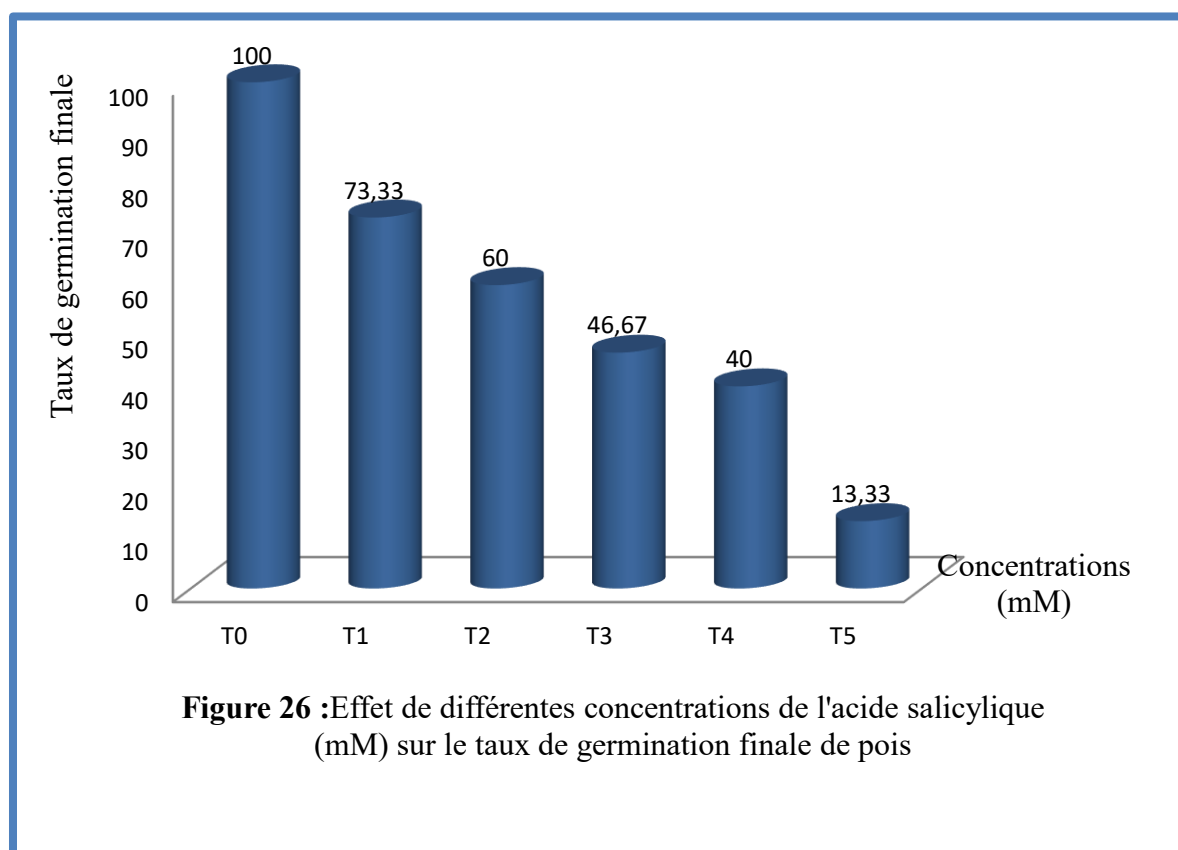


T0 : Témoin T1 : 0,25 mM T2 mM : 0,5 T3 mM : 0,75 T4 mM : 1 T5 : 1,5 Mm

Selon la figure 25 on remarque aucune germination des graines a une concentration en acide salicylique de 1.5 mM. Le taux de germination finale est moins de 50% (30,10 et 0%) pour les concentrartions T3 (0.75mM), T4 (1mM) et T5(1.5mM).

Le traitement 1.5 mM d'acide salicylique semble affecté sévèrement la germination, aucune germination ne se manifeste durant toute l'expérimentation.

3.1.2.2. Effet de différentes concentrations de l'acide salicylique sur le taux de germination finale de pois

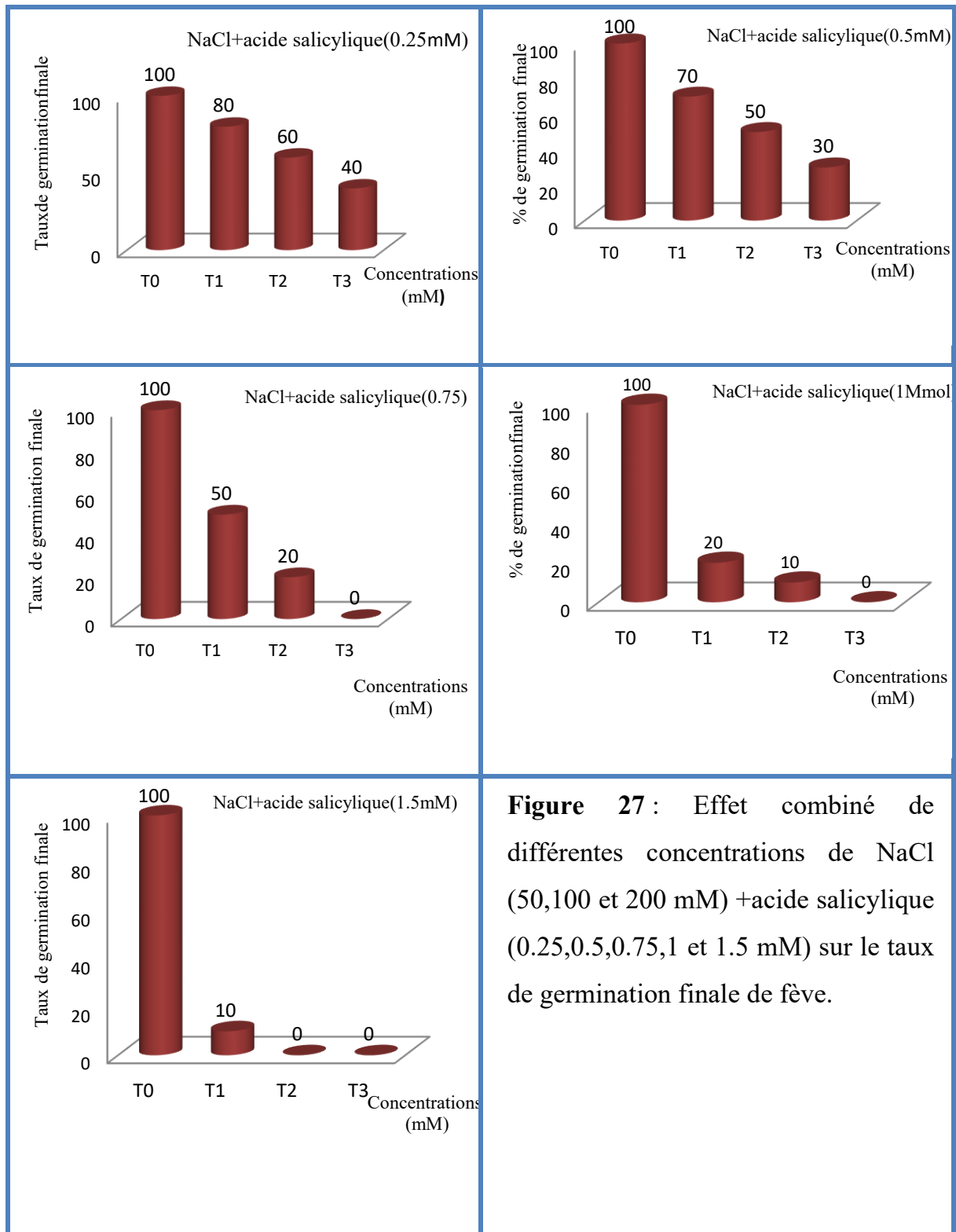


T0 : Témoin T1 : 0,25 mM T2 : 0,5 mM T3mM : 0,75 T4 : 1 mM T5 : 1,5 Mm

La figure 26 nous montre une diminution dans le taux de germination finale provoqué par les concentrations 1 et 1.5 mM d'acide salicylique, avec un pourcentage de 40 et 13.33 %.

A une concentration d'acide salicylique de 1.5mM, le taux de germination est de seulement 13.33 %. Un taux de germination de 100% a été enregistré pour le témoin.

3.1. 3.1. Effet combiné de différentes concentrations de NaCl + acide salicylique sur le taux de germination finale de fève



Les résultats obtenus Figure 27 montrent que les traitements avec des faibles doses de NaCl associé avec 0.25 et 0.5 mM d'acide salicylique, stimulent nettement le taux de germination chez la fève, par contre le taux le plus faible 10% est enregistré chez le traitement NaCl + acide salicylique (1.5 mM).

Les traitements de NaCl 200 +(0.75 et 1mM d'acide salicylique) et NaCl 100 et 200+ 1.5 mM d'acide salicylique semble affecté sévèrement la germination, aucune germination ne se manifeste durant toute l'expérimentation.

3.1.3.2 Effet combiné de différentes concentrations de NaCl + acide salicylique sur le taux de germination finale de pois

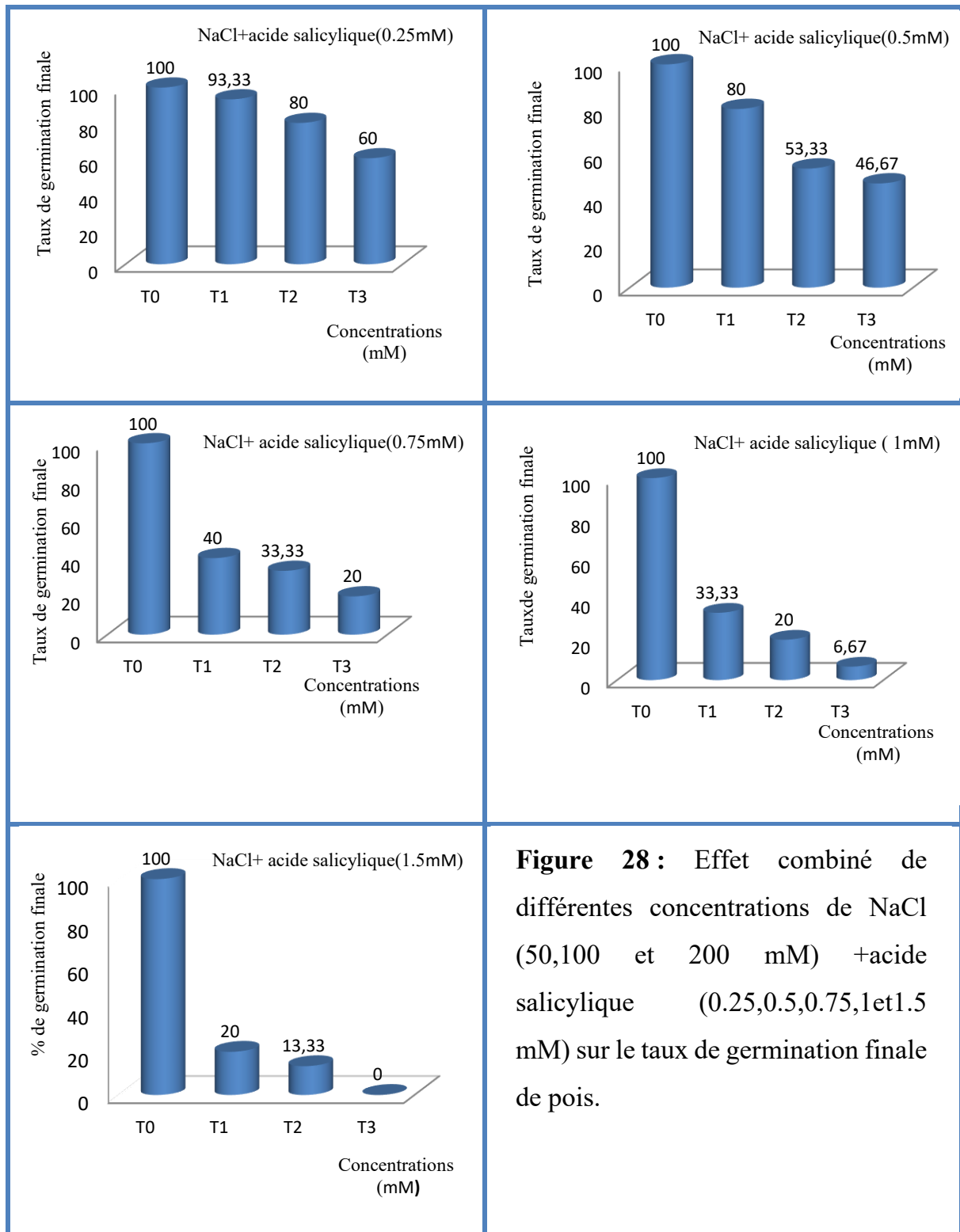


Figure 28 : Effet combiné de différentes concentrations de NaCl (50,100 et 200 mM) +acide salicylique (0.25,0.5,0.75,1et1.5 mM) sur le taux de germination finale de pois.

Les résultats obtenus figure 28 montrent que les traitements avec les doses faibles de NaCl associé avec 0.25 et 0.5 mM d'acide salicylique, on remarque un effet positif sur le taux de germination chez le pois, par contre le taux le plus faible est enregistré chez les traitements NaCl+ acide salicylique (0.75, 1 et 1.5 mM).

Le traitement de NaCl 200+ 1.5 mM d'acide salicylique semble affecté sévèrement la germination, aucune germination ne se manifeste durant toute l'expérimentation.

3.1.3.3. Effet combiné de différentes concentrations de CaCl_2 + acide salicylique sur le taux de germination finale de fève.

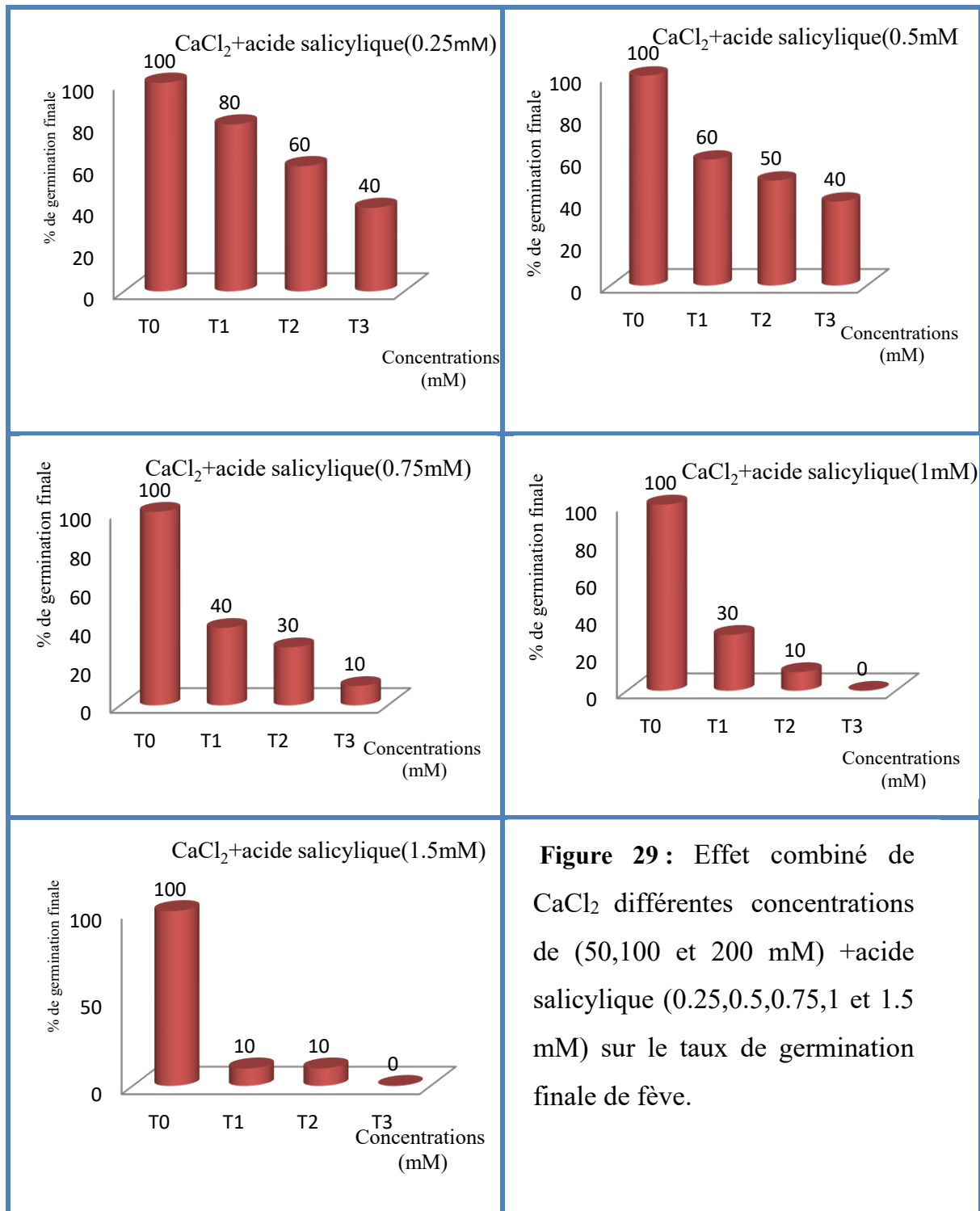


Figure 29 : Effet combiné de CaCl_2 différentes concentrations de (50,100 et 200 mM) +acide salicylique (0.25,0.5,0.75,1 et 1.5 mM) sur le taux de germination finale de fève.

Les résultats obtenus Figure 29 Montrent que les traitements avec les doses faibles de CaCl_2 associé avec 0.25 mM d'acide salicylique on a un effet positif sur le taux de germination chez la fève, par contre un taux très faible est remarqué chez les traitements CaCl_2 + acide salicylique (0.5, 0.75 ,1 et 1.5 mM).

Les traitements de CaCl_2 200mM+ acide salicylique 1.5 mM semble affecté sévèrement la germination, aucune germination ne se manifeste durant toute l'expérimentation.

3.1.3.4 Effet combiné de différentes concentrations de CaCl_2 + acide salicylique sur le taux de germination finale de pois

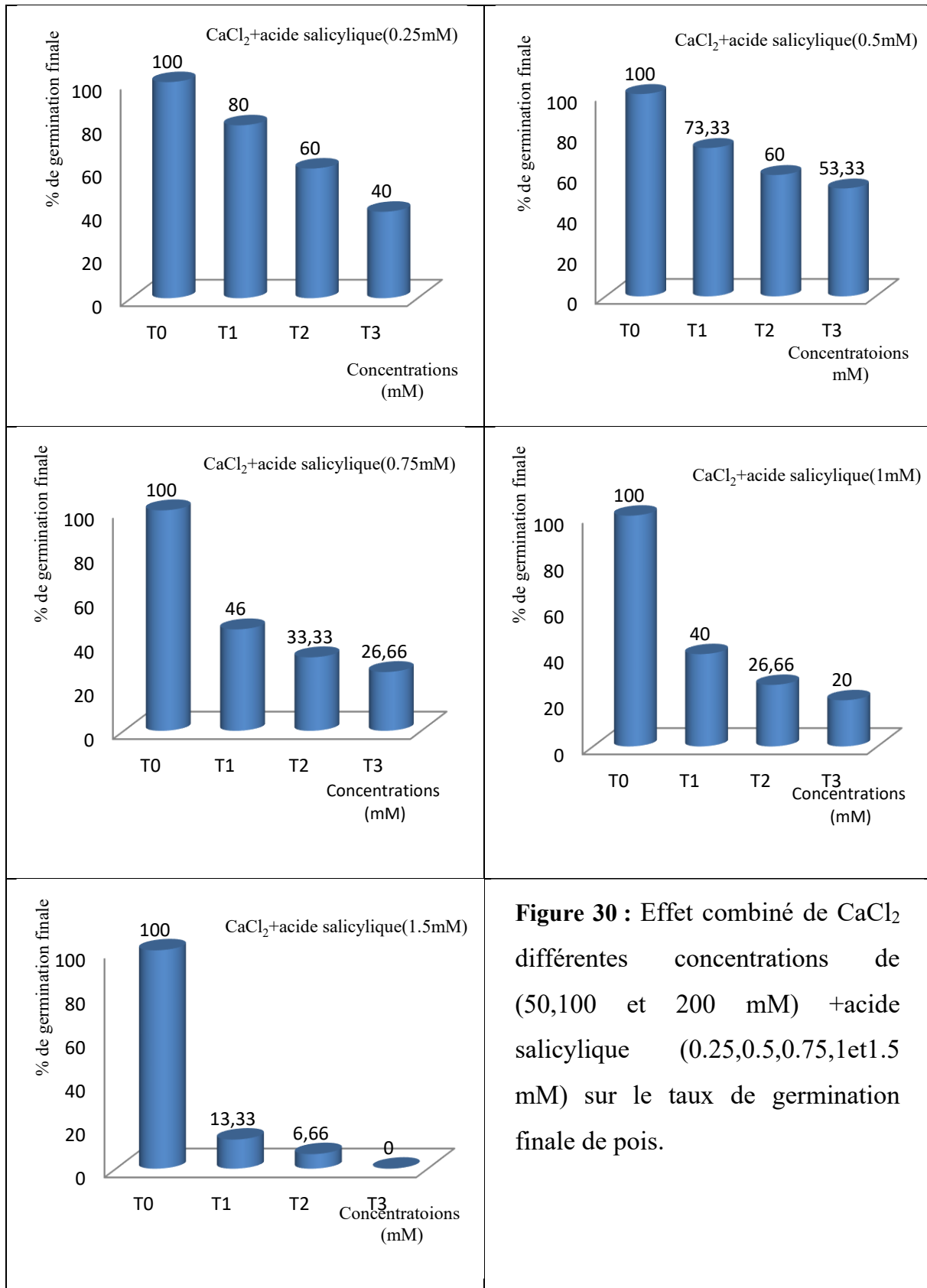


Figure 30 : Effet combiné de CaCl_2 différentes concentrations de (50,100 et 200 mM) +acide salicylique (0.25,0.5,0.75,1et1.5 mM) sur le taux de germination finale de pois.

Chapitre III Résultats et discussion

Les résultats obtenus Figure 30 montrent que les traitements avec les doses faibles de CaCl_2 associé avec 0.25 et 0.5 mM d'acide salicylique on a un effet stimulant sur le taux de germination chez le pois, par contre un taux très faible chez les traitements CaCl_2 + acide salicylique (0.75, 1 mM) (20 et 26%).

Les traitements de CaCl_2 200 mM+ acide salicylique 1,5 mM semble affecté sévèrement la germination, aucune germination ne se manifeste durant toute l'expérimentation.

3.1.3.5. Effet combiné de différentes concentrations de Na_2SO_4 +acide salicylique sur le taux de germination finale de fève

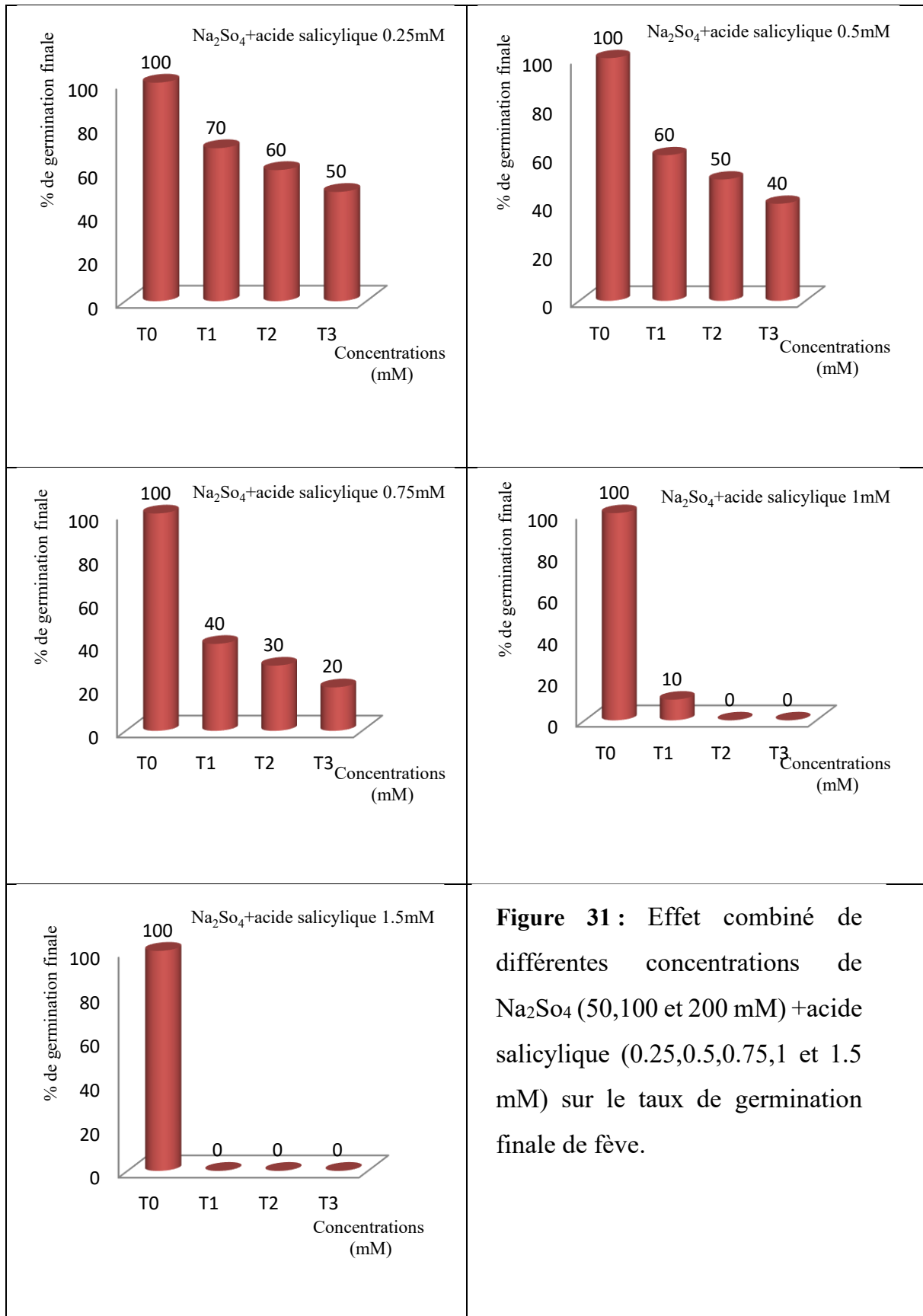


Figure 31 : Effet combiné de différentes concentrations de Na_2SO_4 (50,100 et 200 mM) +acide salicylique (0.25,0.5,0.75,1 et 1.5 mM) sur le taux de germination finale de fève.

Les résultats obtenus Figure 31 montrent que les traitements avec les doses faibles de Na_2SO_4 associé avec 0.25 et 0.5 mM d'acide salicylique on a un effet positif sur le taux de germination chez la fève, par contre on enregistre un taux très faible chez les traitements Na_2SO_4 + acide salicylique (0.75 et 1mM).

Les traitements Na_2SO_4 de 50 ,100 et 200mM + acide salicylique 1.5 mM semble affecté sévèrement la germination, aucune germination ne se manifeste durant toute l'expérimentation.

3.1.3.6. Effet combiné de différentes concentrations de Na_2SO_4 +acide salicylique sur le taux de germination finale de pois

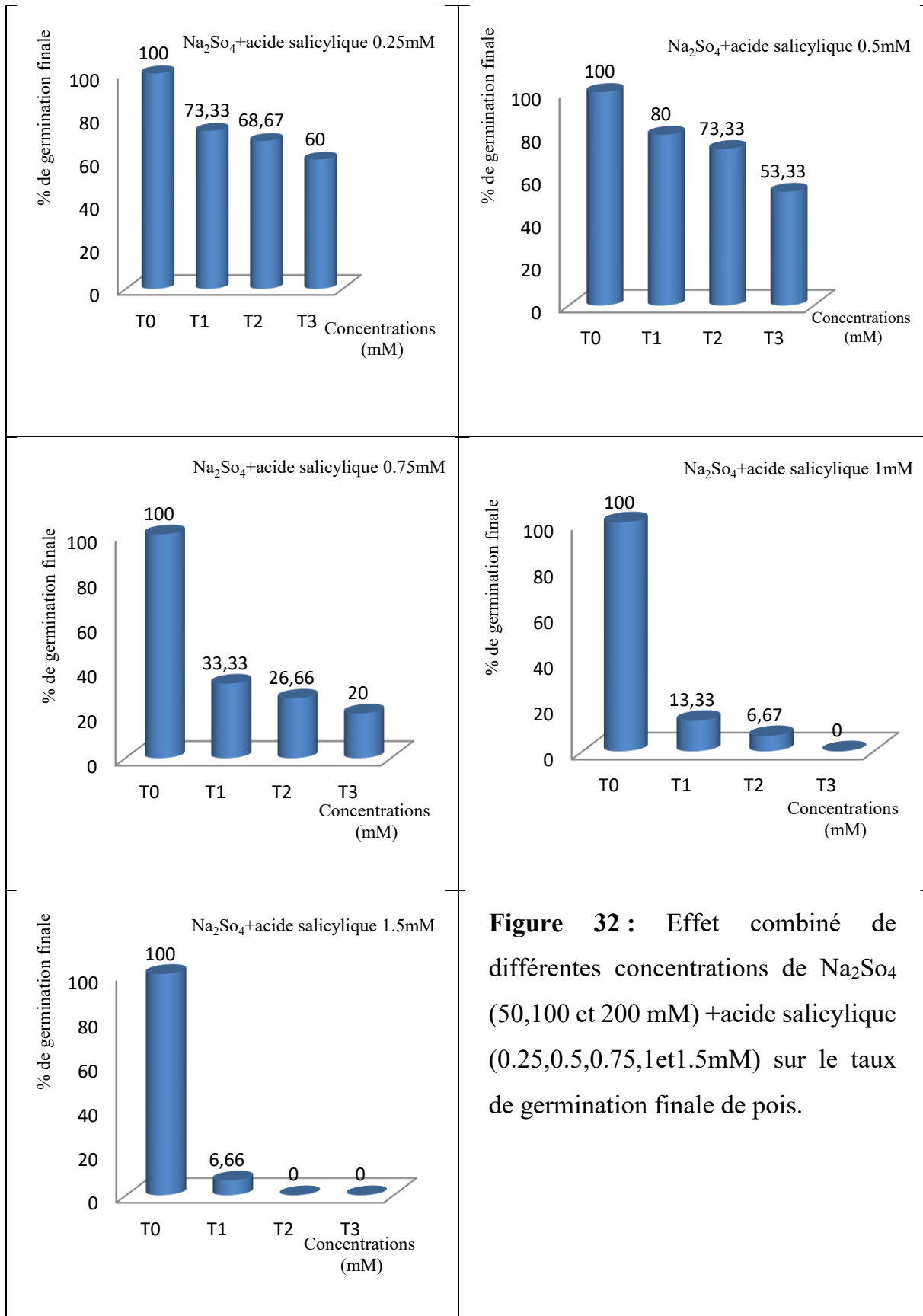


Figure 32 : Effet combiné de différentes concentrations de Na_2SO_4 (50,100 et 200 mM) +acide salicylique (0.25,0.5,0.75,1et1.5mM) sur le taux de germination finale de pois.

Les résultats obtenus dans la figure 32 montrent que les traitements avec les doses faibles de Na_2SO_4 associé avec 0.25 et 0.5 mM d'acide salicylique augmente le taux de germination chez le pois, par contre on enregistre un taux très faible chez les traitements Na_2SO_4 + acide salicylique (0.75, 1 et 1.5 mM).

Les traitements de Na_2SO_4 200+ acide salicylique 1mM et Na_2SO_4 100 et 200 + acide salicylique 1.5 mM semble affecté sévèrement la germination, aucune germination ne se manifeste durant toute l'expérimentation.

3.1.4.1. Effet combiné de différentes concentrations de NaCl + acide salicylique sur le CVG de germination de fève et de pois

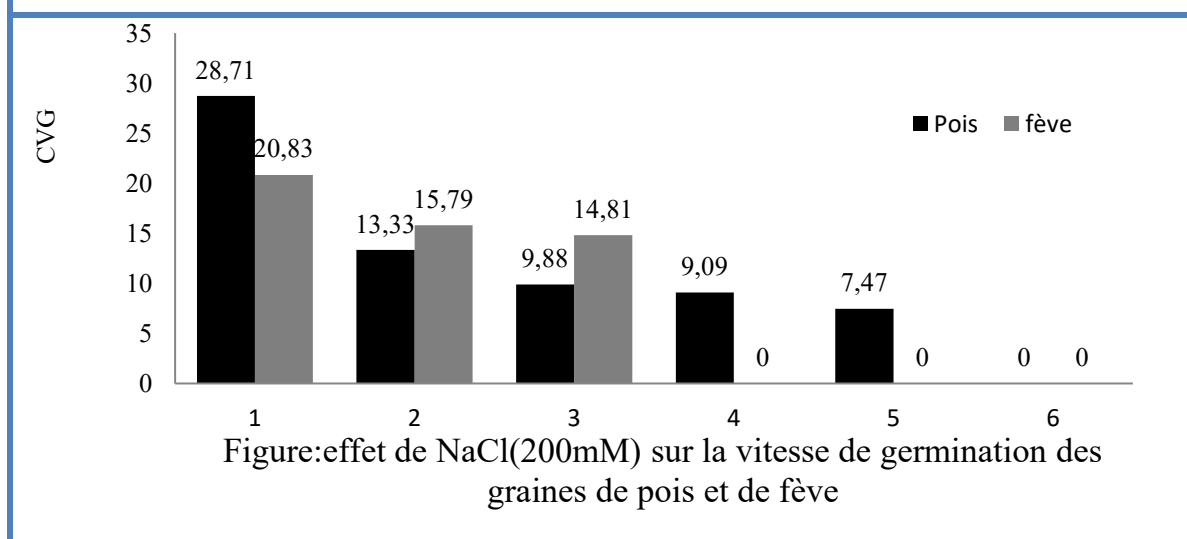
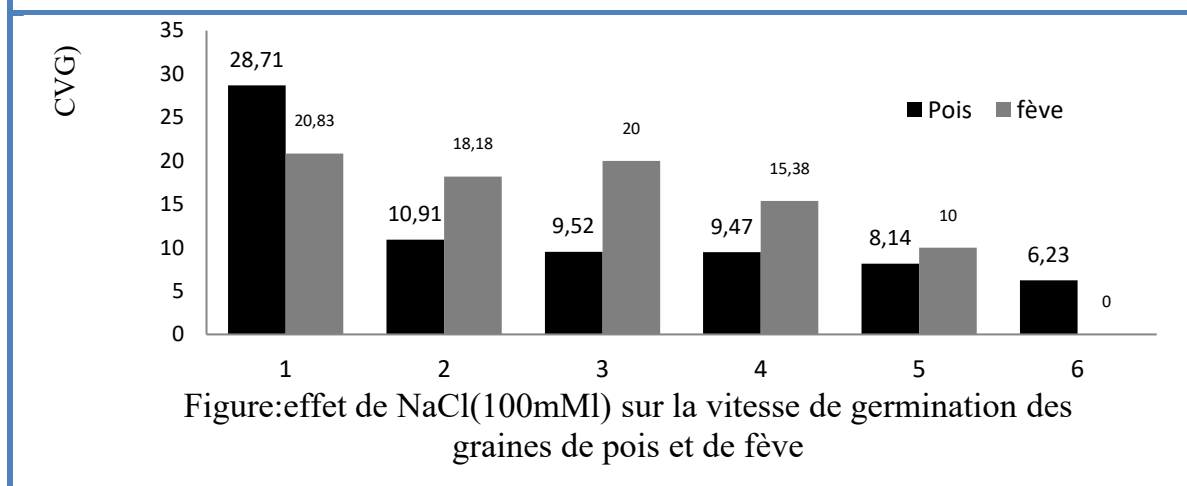
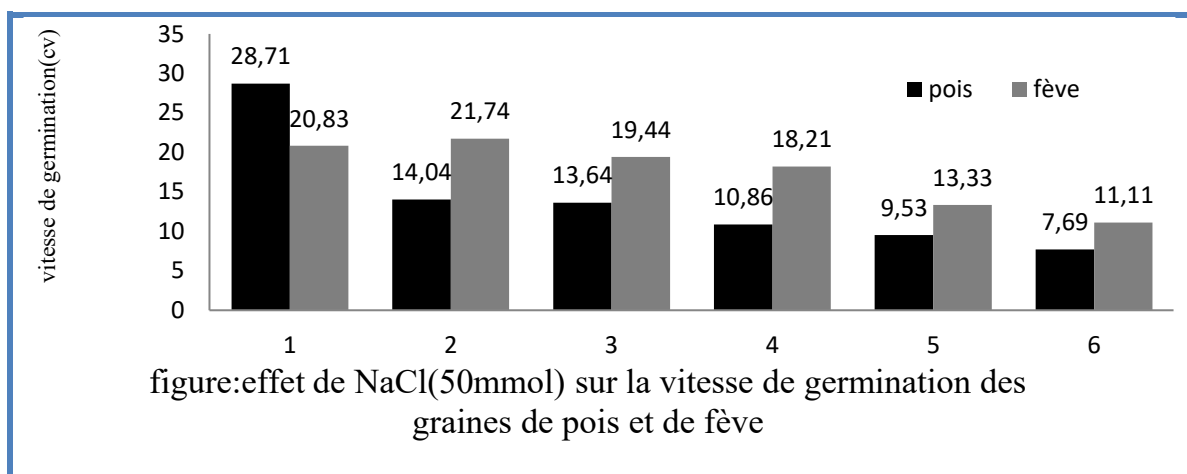


Figure 33 : Effet combiné de différentes concentrations de NaCl (50,100 et 200mM) +acide salicylique (0.25,0.5,0.75,1et1.5 mM) sur la vitesse de germination de fève et de pois.

CVG : Coefficient de vélocité

Chapitre III Résultats et discussion

D'après la figure 33 Une augmentation des concentrations en NaCl et en acide salicylique provoque un ralentissement dans la germination des graines des deux espèces fève et pois.

On remarque une rapidité dans la germination aux faibles concentrations du sel et de l'acide salicylique

Le témoin présente la vitesse de germination la plus élevée pour les deux espèces, avec 28,71 pour le pois et 20,83 pour la fève.

Le traitement T1 (50 mM de NaCl + 0,25 mM acide salicylique) présente des valeurs élevées (CVG de 21.74 pour la fève contre 14.04 pour le pois).

3.1.4.2. Effet combiné de différentes concentrations de CaCl_2 +acide salicylique sur le CGV de fève et de pois

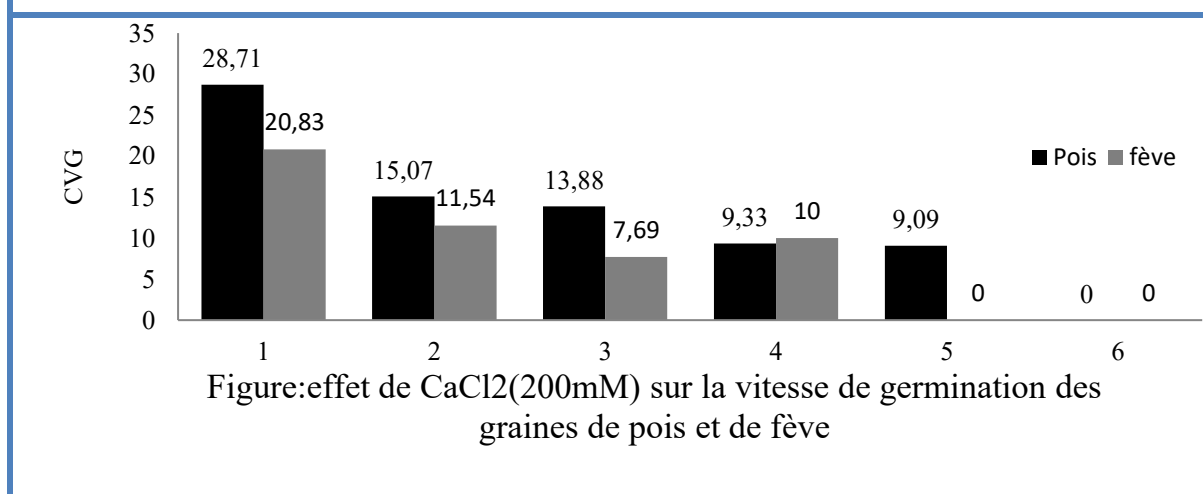
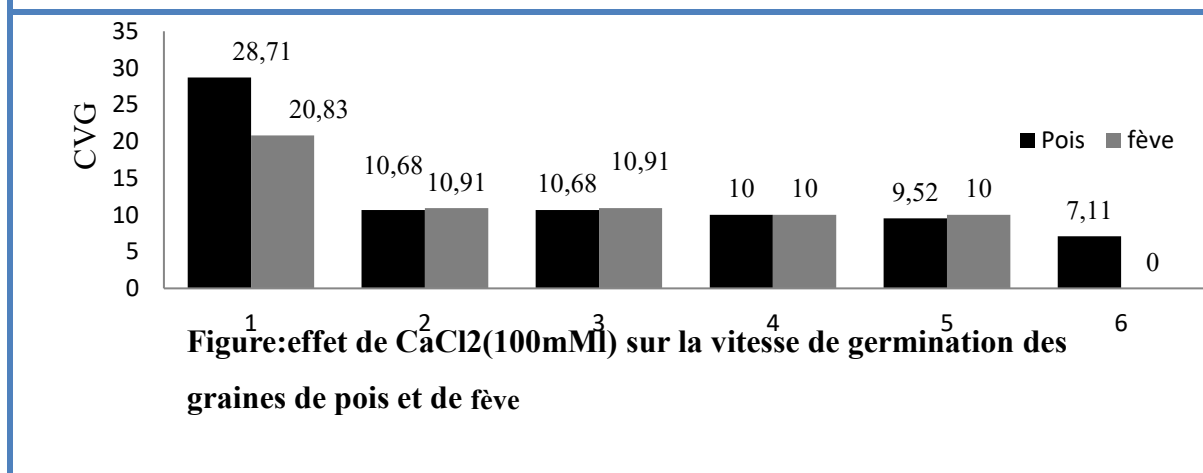
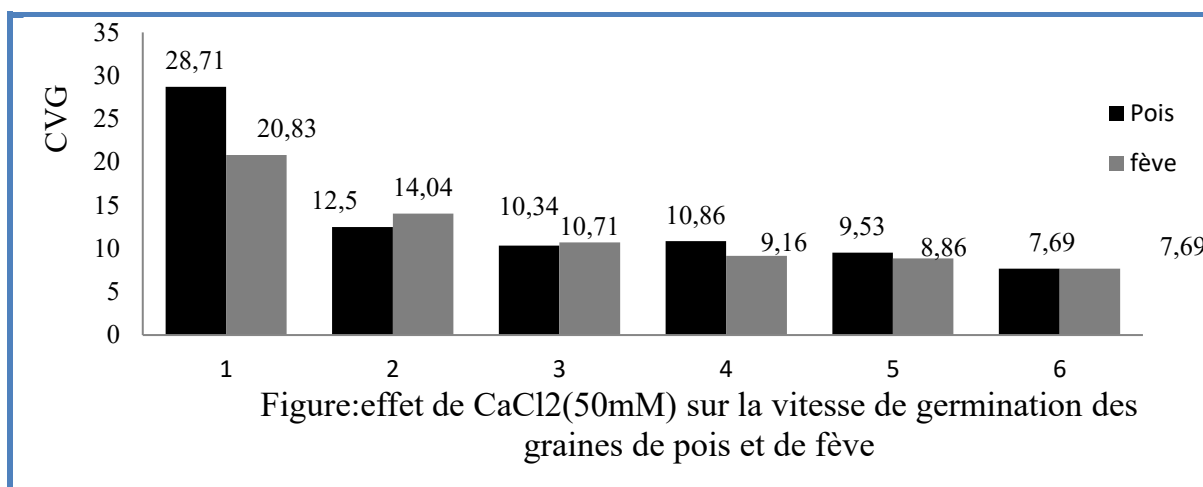


Figure 34 : Effet combiné de différentes concentrations de CaCl_2 (50,100 et 200 mM) +acide salicylique (0.25,0.5,0.75,1et1.5 mM) sur la vitesse de germination de fève et de pois

CVG : Coefficient de vélocité

Chapitre III Résultats et discussion

D'après les résultats obtenus figure 34 on peut déduire qu'à partir d'une concentration de 1 et 1.5 mM d'acide salicylique et de 200 mM de CaCl_2 aucune germination n'a été observé chez la fève, pour des concentrations de CaCl_2 de 100 mM et une concentration de 0.75, 1 et 1.5mM d'acide salicylique on remarque une augmentation dans la vitesse de germination.

Pour l'espèce pois on remarque à des concentrations de 0.25 et 0.5mM d'acide salicylique et une concentration de 200 mM en CaCl_2 une rapidité dans la germination avec un CVG de 15.07 et 13.88 donc une stimulation de la germination.

3.1.4.3. Effet combiné de différentes concentrations de Na_2SO_4 +acide salicylique sur le CGV de fève et de pois

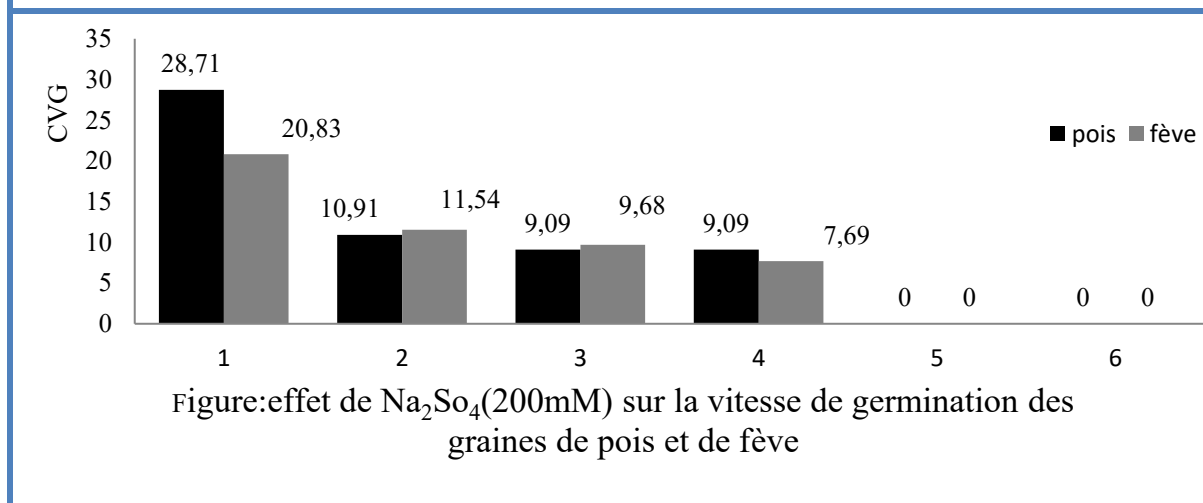
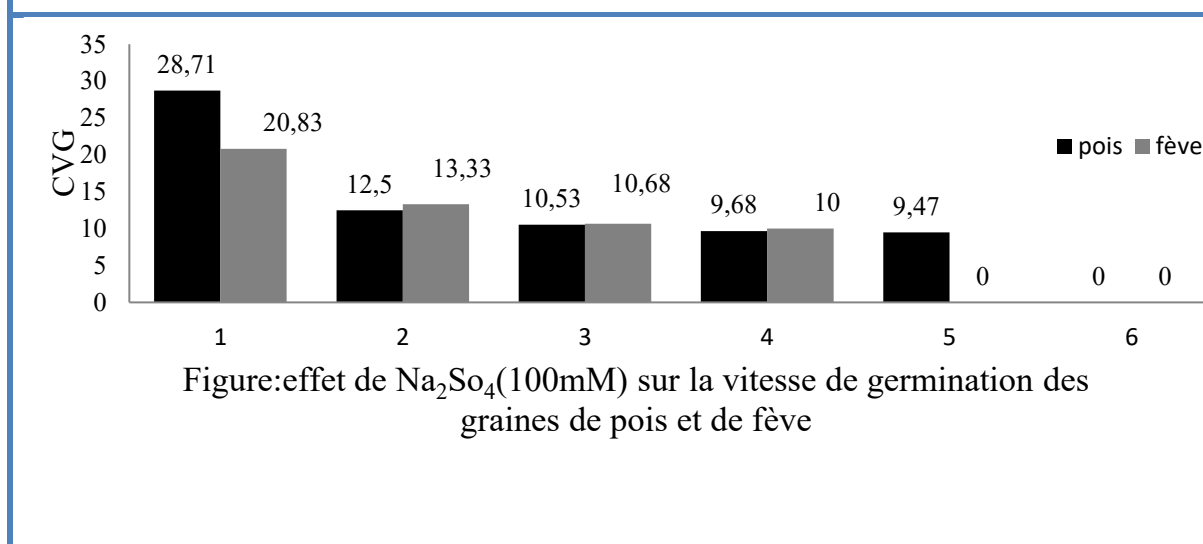
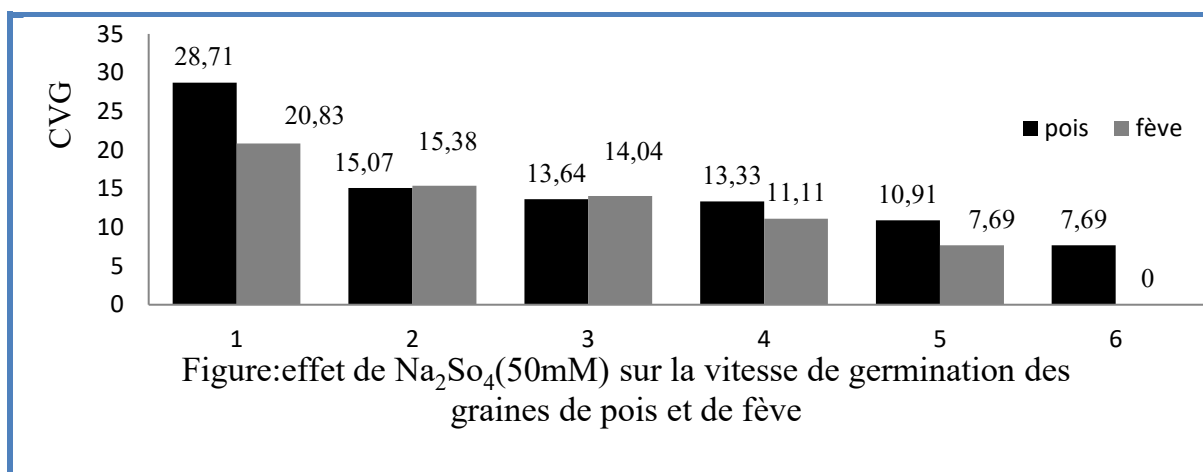


Figure 35 : Effet combiné de différentes concentrations de Na_2SO_4 (50,100 et 200 mM) +acide salicylique (0.25,0.5,0.75,1et1.5 mM) sur la vitesse de germination de fève et de pois.

CVG : Coefficient de vélocité

Chapitre III Résultats et discussion

La figure 35 Marque l'impact de la concentration de Na_2SO_4 de 200 mM et de l'acide salicylique 1 et 1.5 mM est bien visible sur la vitesse de germination des graines de petit pois et de fève.

On observe une inhibition de la vitesse de germination chez les deux variétés en réponse à une augmentation des concentrations en Na_2SO_4 .

Pour la fève on ne remarque aucune germination pour tous les traitements à 50,10, 200 mM de Na_2SO_4 et 1 mM d'acide salicylique.

3.2. Croissance des jeunes plantules

3.2.1. Effet de l'acide salicylique sur la croissance des jeunes plantules de fève et pois

Tableau 3 : Effet de l'acide salicylique sur la longueur de la tige, la longueur des racines et le nombre de racines des jeunes plantules de fève et pois

Plantules/ Traitements	Longueur tige (Cm)		Longueur Racine (Cm)		Nombre de Racine (Cm)	
	Fève	Pois	Fève	Pois	Fève	Pois
T0	9.61	8	8.5	6.25	13	11
T1	5.31	5.04	7.75	3.15	12	9.3
T2	3.98	4.25	7.5	2.75	12	8.9
T3	1.31	2.1	2.57	2	9.5	6
T4	0.85	0.9	1.12	1	2.56	1.8
T5	/	0.4	/	0.6	/	1

T0 : témoin T1 :0.25mM T2 :0.5mM T3 :0.75mM T4 :1mM T5 :1.5mM

Le tableau 3 Montre que la longueur de la tige, la longueur des racines et le nombre de racines diminuent avec l'augmentation des doses d'acide salicylique.

Chez la fève, la longueur de la tige varie entre 0.85 et 5.31 cm, le traitement avec 1mM marque une longueur la moins élevée par rapport au témoin.

Pour le pois le traitement 1.5 mM marque une longueur de 0.4cm seulement.

La longueur de la racine a été inhibé par une concentration de T1 :0.25 mM, T2 :0.5 mM d'acide salicylique, on enregistre une longueur de seulement 3.15 et 2.75 par rapport à la longueur de la racine de la fève qui est de 7.5 et 7.75cm.

Chez le pois a une concentration de T5 :1.5mMd'acide salicylique, on remarque une longueur de 0.6 cm par rapport au témoin qui est de 6.25cm

L'application de différents traitements d'acide salicylique induit une diminution du nombre des racines. Chez le pois avec une racine seulement enregistré au traitement T5 :1.5mM d'acide salicylique.

3.2.2. Effet du NaCl sur la croissance des jeunes plantules de fève et pois

Tableau 4 : Effet du NaCl sur la longueur de la tige, la longueur des racines et le nombre de racines des jeunes plantules de fève et pois

Plantules/ Traitements	Longueur tige		Longueur racine		Nombre de racine	
	Fève	Pois	Fève	Pois	Fève	Pois
T0	9.60	8	8.5	6.25	13	11
T1	4.2	4	4.9	5.12	12	11
T2	1.3	2.5	2.5	2.9	12.4	9.5
T3	0.85	1.68	1.07	1.6	3.35	2.6

T0 : témoin

T1 :50mM

T2 :100 mM l

T3 :200 mM

Pour la fève, la longueur des tiges passe de 9,60 cm (T0) à seulement 0,85 cm (T3). Le pois montre également une forte diminution, passant de 8,00 cm (T0) à 1,68 cm (T3). À 50 mM (T1) de NaCl la fève semble donc légèrement plus sensible à l'inhibition de la croissance des tiges par le NaCl que le pois, principalement a des concentrations plus élevées.

La longueur des racines de la fève diminue de 8,50 cm (T0) à 1,07 cm (T3). Pour le pois, la réduction est de 6,25 cm (T0) à 1,60 cm (T3). Comme pour les tiges, les racines de la fève sont plus sévèrement affectées par le stress salin que celles du pois.

Le nombre de racines est également fortement impacté. La fève voit son nombre de racines chuter de 13 (T0) à 3,35 (T3). Le pois subit une réduction similaire, passant de 11 (T0) à 2,6 (T3). Il est intéressant de noter que le pois, bien que légèrement moins affecté pour la longueur des tiges et des racines, présente une réduction plus drastique du nombre de racines à la concentration la plus élevée, suggérant une sensibilité particulière de ce paramètre chez cette espèce.

3.2.3. Effet du CaCl_2 sur la croissance des jeunes plantules de fève et pois

Tableau 5 : Effet du CaCl_2 sur la longueur de la tige, la longueur des racines et le nombre de racines des jeunes plantules de fève et pois

Plantules/ Traitements	Longueur de la tige		Longueur de la racine		Nombres de racine	
	Fève	Pois	Fève	Pois	Fève	Pois
T0	9.61	8.5	6.25	8.5	13	11
T1	4.63	4.94	4.63	4.94	11.3	10.63
T2	1.53	2.21	2.1	2.21	10	7
T3	0.61	1	0.35	1	8	6.3

T0 : témoin

T1 :50mM

T2 :100 mM l

T3 :200 mM

La longueur des tiges passe de 9,60 cm (T0) à seulement 0,85 cm (T3), le pois montre également une forte diminution, passant de 8,00 cm (T0) à 1,68 cm (T3).

À 50 mM (T1) de CaCl_2 , la réduction est déjà de 56,25 % pour la fève et 50 % pour le pois. La fève semble donc légèrement plus sensible à l'inhibition de la croissance des tiges par le NaCl que le pois, surtout aux concentrations les plus élevées.

La longueur des racines de la fève diminue de 8,50 cm (T0) à 1,07 cm (T3), pour le pois, la réduction est de 6,25 cm (T0) à 1,60 cm (T3).

Le nombre de racines est également fortement impacté. La fève voit son nombre de racines chuter de 13 (T0) à 3,35 (T3). Le pois subit une réduction similaire, passant de 11 (T0) à 2,6 (T3). Le pois, bien que légèrement moins affecté pour la longueur des tiges et des racines, présente une réduction plus drastique du nombre de racines à la concentration la plus élevée.

3.2.4. Effet du Na₂SO₄ sur la croissance des jeunes plantules de fève et pois

Tableau 6 : Effet du Na₂SO₄ sur la longueur de la tige, la longueur des racines et le nombre de racines des jeunes plantules de fève et pois

Plantules/ Traitements	Longueur tige		Longueur racine		Nombre de racine	
	Fève	Pois	Fève	Pois	Fève	Pois
T0	9.61	8	8.5	6.25	13	11
T1	6,7	5.2	5,09	3,24	13	10.2
T2	5,1	2.65	2,4	2,4	10.2	11.3
T3	0,27	2.1	1,9	1,5	3.1	4.5

T0 : témoin

T1 :50mM

T2 :100 mM l

T3 :200 mM

Le tableau 6 Présente l'effet du Na₂SO₄ sur la croissance des jeunes plantules de fève et pois.

Pour la fève, la longueur des tiges passe de 9,61 cm (T0) à seulement 0,27 cm (T3). Le pois une forte diminution, passant de 8,0 cm (T0) à 2,1 cm (T3).

La longueur des racines de la fève diminue de 8,5 cm (T0) à 1,9 cm (T3), représentant.

Pour le pois, la réduction est de 6,25 cm (T0) à 1,5 cm (T3).

Le nombre de racines de la fève chute de 13 (T0) à 3,1 (T3). Le pois voit son nombre de racines passer de 11 (T0) à 4,5 (T3).

3.2.5. Effet de l'acide salicylique sur le taux de la matière fraîche et matière sèche des jeunes plantules de fève et de pois

Tableau 7 : Effet de l'acide salicylique sur le taux de la matière fraîche et matière sèche des jeunes plantules de fève et de pois

Sels/Taux MS,MF	Fève		Pois	
	Matière fraîche(g)	Matière sèche (%)	Matière fraîche(g)	Matière sèche (%)
T0	4.1	26	2.45	24
T1	4.43	11	2.65	9.5
T2	4.27	8	2.55	6
T3	2.19	5.2	1.52	5.5
T4	1.04	4.3	0.61	5
T5	0	0	0.3	0

T0 : témoin T1 :0.25mM T2 :0.5mM T3 :0.75mM T4 :1mM T5 :1.5mM

Les résultats montrent que la matière fraîche augmente légèrement à faible dose d'acide salicylique (T1 :0.25mM), puis diminue avec l'augmentation des doses.

Chez la fève, la matière fraîche passe de 4,1 g (T0) à 0 g (T5 :1.5mM), tandis que chez le pois elle passe de 2,45 g à 0,3 g.

Le traitement T1 (0.25mM) de l'acide salicylique présente les valeurs les plus élevées de matière fraîche chez la fève (4,43g) et le pois (2,65g). Le traitement T5 (1.5mM) enregistre les valeurs les plus faibles de matière fraîche et de matière sèche chez les deux espèces.

3.2.6. Effet des sels solubles sur le taux de la matière fraîche et matière sèche des jeunes plantules de fève

Tableau 8 : Effet des sels solubles sur le taux de la matière fraîche et matière sèche des jeunes plantules de fève

Sels/Taux MS,MF	NaCl(mM)		CaCl ₂ (mM)		Na ₂ SO ₄ (mM)	
	Matière fraîche(g)	Matière sèche (%)	Matière fraîche(g)	Matière sèche (%)	Matière fraîche(g)	Matière sèche (%)
T0	4.1	26	4.1	26	4.1	26
T1	3.79	16	3.5	12.5	3.66	18.5
T2	3.28	13.5	2.67	11	3.05	13.5
T3	2.8	8	2.25	8	2.3	10.5

T0 : témoin T1 :50mM T2 :100 mM l T3 :200 mM

Le tableau N 8 présente la production de la matière fraîche et sèche de fève en fonction de type des sels, on remarque que la production de la matière sèche et fraîche diminue avec l'augmentation des doses des sels.

Les résultats obtenus montrent que la matière fraîche varie entre 2.25 g de 3.79 g et pour la matière sèche elle varie entre 8 % à 18.5 %.

Le meilleur poids fraîche est exprimé par la dose 50 mM de NaCl et pour la matière sèche 50 mM de Na₂SO₄, cependant le poids la plus faible est exprimé par la dose 200 mM de CaCl₂ (2.25) % et de Na₂SO₄ (2.3%).

3.2.7. Effet des sels solubles sur le taux de la matière fraîche et matière sèche des jeunes plantules de pois

Tableau 9 : Effet des sels solubles sur le taux de la matière fraîche et matière sèche des jeunes plantules de pois

Sels/Taux MS, MF	Na Cl(mM)		CaCl ₂ (mM)		Na ₂ SO ₄ (mM)	
	Matière fraîche(g)	Matière sèche (%)	Matière fraîche(g)	Matière sèche (%)	Matière fraîche(g)	Matière sèche (%)
T0	2.45	24	2.45	24	2.45	24
T1	2.2	12	2.19	10.5	2.14	15
T2	1.85	10.5	1.61	9	1.73	10.5
T3	1.39	9	1.17	8	1.24	8

T0 : témoin

T1 :50mM

T2 :100 mM l

T3 :200 mM

Concernant la production de la matière fraîche et sèche les résultats montrent que la matière fraîche varie entre 1.17 g et 2.2 g, et pour la matière sèche entre 8% et 15%. Les résultats obtenus montrent que la dose 50 mM de NaCl exprime le meilleur poids frais, cependant le poids le plus faible est exprimé par la dose 200 de CaCl₂ (1.17g). Pour le poids sec la dose 50mM de Na₂SO₄ exprime le meilleur poids frais, cependant le poids le plus faible est exprimé par la dose 200 de CaCl₂ et de Na₂SO₄.

3.2.8. Effet combiné des sels solubles +l'acide salicylique sur la croissance des jeunes plantules de fève et pois

3.2.8.1. Effet combiné du NaCl + l'acide salicylique

➤ Effet combiné du NaCl + l'acide salicylique sur la longueur de tige des jeunes plantules de fève et pois

Tableau 10 : Effet combiné du NaCl + l'acide salicylique sur la longueur de tige des jeunes plantules de fève et pois

Plantules/ Traitements	NaCl(50 M)		NaCl(100 mM)		NaCl(200 mM)	
	Fève	Pois	Fève	Pois	Fève	Pois
T0	9.61	8	9.61	8	9.61	8
T1	5	5.2	3.9	4	2.2	3
T2	3	3.7	2.8	3.2	1.9	2
T3	2.9	3	2	2.7	0	1.5
T4	1.8	2.8	1.2	1.8	0	1
T5	0	1.2	0	1	0	0

T0 : témoin T1 :0.25 mM T2 :0.5 mM T3 :0.75 mM T4 :1mM T5 :1.5 mM

D'après le tableau 10 on remarque que la longueur de tige diminue avec l'augmentation des doses de NaCl et de l'acide salicylique.

Les résultats obtenus montrent que la longueur de tige varie entre 0 et 5 cm pour la fève, et entre 0 et 5.2 pour le petit pois. La meilleure longueur est exprimée par la dose 50 mM de NaCl+0.25 mM d'acide salicylique pour les deux variétés. Cependant la longueur la plus faible est exprimé par la dose 200 mM NaCl + 1mM d'acide salicylique et NaCl +1.5 mM d'acide salicylique pour la fève et NaCl+1.5 mM d'acide salicylique pour le pois.

Donc la longueur de tige des plantes de la fève et le petit pois est influencé négativement par l'augmentation de dose de NaCl + acide salicylique.

➤ Effet combiné du NaCl + l'acide salicylique sur la longueur de racine (Cm)des jeunes plantules de fève et pois

Tableau 11 : Effet combiné du NaCl + l'acide salicylique sur la longueur de racine (Cm)des jeunes plantules de fève et pois

Plantules/ Traitements	Na Cl(50mM)		Na Cl(100mM)		Na Cl(200mM)	
	Fève	Pois	Fève	Pois	Fève	Pois
T0	8.5	6.25	8.5	6.25	8.5	6.25
T1	4.5	3.5	4	3	2.6	2.2
T2	3.8	2.1	2.6	2	2	1.3
T3	2.5	1.3	2	1	0	0.5
T4	1.4	1	1	0.7	0	0.4
T5	0	0.9	0	0.2	0	0

T0 : témoin T1 :0.25mM T2 :0.5mM T3 :0.75mM T4 :1mM T5 :1.5mM

D'après le tableau 11 on remarque que la longueur de racine diminue avec l'augmentation des doses des NaCl + acide salicylique. Les résultats obtenus montrent que la longueur de racine variée d'entre 0 et 4.5 cm pour la fève, et entre 0 et 3.5 cm pour le petit pois. La meilleure longueur est exprimée par les doses 50 et 100mM de NaCl + 0.25 mM d'acide salicylique pour les deux variétés, cependant pour un traitement de 1.5 mM d'acide salicylique et une concentration de 50,100 et 200mM en sels la variété de fève ne présente aucune croissance des racines.

La variété du pois présente une croissance des racines a 50mM (0.9cm) et a 100 mM (0.2cm).

➤ Effet combiné du NaCl + l'acide salicylique sur le nombre des racines des jeunes plantules de fève et pois

Tableau 12 : Effet combiné du NaCl + l'acide salicylique sur le nombre des racines des jeunes plantules de fève et pois

Plantules/ Traitements	Na Cl(50mM)		Na Cl(100mM)		Na Cl(200mM)	
	Fève	Pois	Fève	Pois	Fève	Pois
T0	13	11	13	11	13	11
T1	4.1	6	3.9	5	3	4
T2	3	5	2	4	2	3
T3	2	4	2	3	0	3
T4	1	2	1	1	0	1
T5	0	1	0	1	0	0

T0 : témoin T1 :0.25mM T2 :0.5mM T3 :0.75mM T4 :1mM T5 :1.5mM

Le tableau N 12 présente le nombre de racines de fève et de petit pois sous l'effet du NaCl et de l'acide salicylique (AS). On remarque que le nombre de racines diminue avec l'augmentation des doses de NaCl + acide salicylique.

D'après les résultats le nombre de racines varie entre 0 à de 13 pour la fève, et de 0 à 11 pour le petit pois,

Le nombre de racines le plus élevé est enregistré pour la dose de 50 mM de NaCl + 0.25 mM d'acide salicylique pour les deux variétés, avec 4.1 racines pour la fève et 6 racines pour le pois. Bien que ces valeurs soient déjà très réduites par rapport au témoin (13 pour la fève, 11 pour le pois).

le plus faible nombre de racines est exprimé par les doses élevées de NaCl à des concentrations d'acide salicylique plus fortes .

Aucune racine n'a été observé pour la fève, a des doses de 200 mM de NaCl + 0.75 mM et 1mM d' acide salicylique, ainsi que les doses en sel NaCl 50, 100 et 200 mM de NaCl + 1.5 mM d' acide salicylique.

Pour le pois, on observe aucune racine a une dose de 200 mM de NaCl + 1.5 mM d' acide salicylique.

Donc, le nombre de racines des plantules de fève et de pois est négativement influencé par l'augmentation des doses de NaCl et d'acide salicylique.

➤ Effet de NaCl + acide salicylique sur le taux de la matière fraîche (g) des jeunes plantules de pois et de fève

Tableau 13 : Effet de NaCl + acide salicylique sur le taux de la matière fraîche (g) des jeunes plantules de pois et de fève

Plantules/ Traitements	Na Cl(50mM)		Na Cl(100mM)		Na Cl(200mM)	
	Fève	Pois	Fève	Pois	Fève	Pois
T0	4.1	2.45	4.1	2.45	4.1	2.45
T1	3.2	2	3	1.8	2.7	1.92
T2	2.5	1.9	2	1.4	1.85	1
T3	2	1	1.6	0.87	0	0.91
T4	1.5	0.8	0.9	0.6	0	0.6
T5	0	0.6	0	0.4	0	0

T0 : témoin T1 :0.25mM T2 :0.5mM T3 :0.75mM T4 :1mM T5 :1.5mM

Le tableau N 13 présente l'effet du NaCl et de l'acide salicylique (AS) sur la matière fraîche des jeunes plantules de fève et de petit pois. Les résultats montrent une diminution de la matière fraîche avec l'augmentation des concentrations de NaCl et d'acide salicylique.

Les valeurs obtenues varient entre 0 et 4.1g pour la fève et de 0 et 2.45g pour le petit pois selon les traitements appliqués.

Le taux de matière le plus élevé est enregistré avec le traitement 50 mM de NaCl + 0.25 mM acide salicylique, avec une valeur de 3.2 g chez la fève et 2 g chez le pois.

Les plus faibles valeurs sont enregistrées sous les fortes concentrations de NaCl et des doses élevées d'acide salicylique

Donc, la matière fraîche des jeunes plantules diminue sous l'effet de l'augmentation des concentrations de NaCl et d'acide salicylique.

➤ **Effet de NaCl + acide salicylique sur le taux de la matière sèche (%) des jeunes plantules de pois et de fève**

Tableau 14 : Effet de NaCl + acide salicylique sur le taux de la matière sèche (%) des jeunes plantules de pois et de fève

Plantules/ Traitements	Na Cl(50mM)		Na Cl(100mM)		NaCl(200mM))	
	Fève	Pois	Fève	Pois	Fève	Pois
T0	26	24	26	24	26	24
T1	16.5	13	12	12.5	10	10.5
T2	15.5	11.7	10.2	9.5	6	8
T3	13	9	7.5	8	0	7
T4	12	8	6	7	0	5.3
T5	0	6	0	5	0	0

T0 : témoin T1 :0.25mM T2 :0.5mM T3 :0.75mM T4 :1mM T5 :1.5mM

D'après le tableau 14 on observe une diminution globale du taux de matière sèche au fur et à mesure que les concentrations en acide salicylique augmentent, pour les deux types de plantes.

On remarque un taux relativement élevé en matière sèche avec le traitement de 50 mM et 100 mM de NaCl et une dose de l'acide salicylique de 200 mM chez le pois, pour la fève aucun taux de matière sèche n'a été enregistré.

3.2.8.2. Effet combiné du CaCl_2 +l'acide salicylique

➤ Effet combiné du CaCl_2 +l'acide salicylique sur la longueur de tige (Cm) des jeunes plantules de fève et pois

Tableau 15 : Effet combiné du CaCl_2 +l'acide salicylique sur la longueur de tige (Cm)

Des jeunes plantules de fève et pois

Plantules/ Traitements	CaCl_2 (50mM)		CaCl_2 (100mM)		CaCl_2 (200mM)	
	Fève	Pois	Fève	Pois	Fève	Pois
T0	9.61	8	9.61	8	9.61	8
T1	4	5	3.7	4.9	2.9	3.1
T2	3.4	4.2	3	4	1.7	2.5
T3	2	3.8	2.5	3.2	1	2
T4	1.9	2.3	1.5	2.5	0	1.2
T5	1.03	1.85	0	1.2	0	0

T0 : témoin T1 :0.25mM T2 :0.5mM T3 :0.75mM T4 :1mM T5 :1.5mM

D'après les résultats tableau 15 on remarque que la longueur de tige diminue avec l'augmentation des doses des CaCl_2 +l'acide salicylique. La longueur de la tige varie d'entre 0 et 4 cm pour la fève, et entre 0 et 5 cm pour le petit pois.

La longueur la plus élevée est exprimé par la dose 50 et 100 mM de CaCl_2 +0.25 mM d'acide salicylique pour les deux variétés, cependant la longueur la plus faible est exprimé par la dose 200 mM CaCl_2 + 1 et 1.5 mM d'acide salicylique pour la fève et 200 mM CaCl_2 +1.5 mM d'acide salicylique pour le pois. Donc on peut déduire que la longueur de tige des plantes de la fève et le petit pois est affecté négativement par l'augmentation des doses élevés de CaCl_2 + acide salicylique.

➤ Effet combiné du CaCl_2 +l'acide salicylique sur la longueur de racine(Cm) des jeunes plantules de fève et pois

Tableau 16 : Effet combiné du CaCl_2 +l'acide salicylique sur la longueur de racine(Cm) des jeunes plantules de fève et pois

Plantules/ Traitements	CaCl_2 (50mM)		CaCl_2 (100mM)		CaCl_2 (200mM)	
	Fève	Pois	Fève	Pois	Fève	Pois
T0	8.5	6.25	8.5	6.25	8.5	6.25
T1	4.9	4	4.5	3.2	3	2.6
T2	4	3.2	3.6	2.5	2.9	2
T3	3	2	2.5	2	2	1.7
T4	2	1	1	0.5	0	0.5
T5	0.5	0.3	0	0.5	0	0

T0 : témoin T1 :0.25mM T2 :0.5mM T3 :0.75mM T4 :1mM T5 :1.5mM

D'après le tableau 16 on remarque que le nombre de racines diminue avec l'augmentation des doses de CaCl_2 + acide salicylique. Les résultats obtenus montrent que la longueur des racines varie entre 0.4 et 4.9 cm pour la fève, et de 0 à4 cm pour la fève.

Aucune croissance de la racine n'a été observé à une concentration en CaCl_2 de 100 mM+200 mM et de1.5 mM d'acide salicylique pour la racine de fève et pour le pois aucune croissance a une concentration de 200mM de CaCl_2 +1.5mM d'acide salicylique.

➤ Effet combiné du CaCl_2 + l'acide salicylique sur le nombre de racine des jeunes plantules de fève et pois

Tableau 17 : Effet combiné du CaCl_2 + l'acide salicylique sur le nombre de racine des jeunes plantules de fève et pois

Plantules/ Traitements	CaCl_2 (50mM)		CaCl_2 (100mM)		CaCl_2 (200mM)	
	Fève	Pois	Fève	Pois	Fève	Pois
T0	13	11	13	11	13	11
T1	5	7	4	6	3	4
T2	4	6	3	5	2	3
T3	3	4	1	2	1	2
T4	2	3	1	1	0	1
T5	2	2	0	1	0	0

T0 : témoin T1 : 0.25mM T2 : 0.5mM T3 : 0.75mM T4 : 1mM T5 : 1.5mM

Le tableau N 17 présente le nombre de racines de fève et de petit pois sous l'effet du CaCl_2 et de l'acide salicylique. On remarque que le nombre de racines diminue avec l'augmentation des doses de CaCl_2 + acide salicylique.

Les résultats obtenus montrent que le nombre de racine varie entre 0 à 13 pour la fève, et de 0 à 11 pour le petit pois.

Le nombre de racines le plus élevé sous stress est exprimé par la dose de 50 mM de CaCl_2 + 0.25 mM d'acide salicylique pour les deux variétés, avec 5 racines pour la fève et 7 racines pour le pois.

Le nombre de racines le plus faible est exprimé par les doses élevées de CaCl_2 à des concentrations d'acide salicylique plus fortes.

Pour la fève, on observe aucune racine a une concentration de 100 mM de CaCl_2 + 1.5 mM d'acide salicylique et 200 mM de CaCl_2 + 1 mM et 1.5mM d'acide salicylique.

Pour le pois, on observe aucune racine à la dose de 200 mM de CaCl_2 + 1.5 mM d'acide salicylique.

➤ Effet des CaCl_2 +acide salicylique sur le taux de la matière fraîche(g) des jeunes plantules de pois et de fève

Tableau 18 : Effet des CaCl_2 +acide salicylique sur le taux de la matière fraîche(g) des jeunes plantules de pois et de fève

Plantules/ Traitements	$\text{CaCl}_2(50\text{mM})$		$\text{CaCl}_2(100\text{mM})$		$\text{CaCl}_2(200\text{mM})$	
	Fève	Pois	Fève	Pois	Fève	Pois
T0	4.1	2.45	4.1	2.45	4.1	2.45
T1	3.5	2.19	3.2	2	3	1.5
T2	2.8	1.61	3	1.61	2.1	1.1
T3	2.25	1.17	2.4	1	1	1
T4	1.9	1	1.5	0.99	0	0.8
T5	1	0.8	0	0.78	0	0

T0 : témoin T1 :0.25mM T2 :0.5mM T3 :0.75mM T4 :1mM T5 :1.5mM

Les résultats indiquent une réduction de la matière fraîche avec l'augmentation des doses de CaCl_2 et d'acide salicylique.

Les valeurs obtenues varient entre 0 et 4.1 g pour la fève et de 0 et 2.45g pour le petit pois.

La valeur la plus élevée sous stress est obtenue avec 50 mM de CaCl_2 + 0.25 mM d'acide salicylique, avec 3.5 g chez la fève et 2.19 g chez le pois.

Les valeurs minimales sont observées aux fortes doses de 200 mM CaCl_2 et 1 mM, 1.5 mM d'acide salicylique chez les deux espèces.

➤ Effet des CaCl_2 +acide salicylique sur le taux de la matière sèche (%) des jeunes plantules de pois et de fève

Tableau 19 : Effet des CaCl_2 +acide salicylique sur le taux de la matière sèche (%) des jeunes plantules de pois et de fève

Plantules/ Traitements	$\text{CaCl}_2(50\text{mM})$		$\text{CaCl}_2(100\text{mM})$		$\text{CaCl}_2(200\text{mM})$	
	Fève	Pois	Fève	Pois	Fève	Pois
T0	26	24	26	24	26	24
T1	17	14.5	13.5	13	11	12
T2	14	12	10.5	9	9	7
T3	11.2	10	8	5	6	4
T4	8.7	9	5	4	0	2
T5	6	7	0	3.5	0	0

T0 : témoin T1 :0.25mM T2 :0.5mM T3 :0.75mM T4 :1mM T5 :1.5mM

D'après le tableau 19 on observe une diminution globale du taux de matière sèche au fur et à mesure que les concentrations en acide salicylique augmentent pour les deux espèces fève et pois.

Le taux matière sèche varie entre 0 et 17% pour la fève et entre 0 et 3.5 % pour le pois sous traitement de CaCl_2 et l'acide salicylique, le pois semble affecté plus.

A une dose de 200 mM de CaCl_2 et 1.5 mM d'acide salicylique aucun taux de matière sèche n'a été enregistré.

3.2.8.3. Effet combiné du Na₂SO₄+l'acide salicylique

➤ Effet combiné du Na₂SO₄+l'acide salicylique sur la longueur de tige (Cm)des jeunes plantules de fève et pois

Tableau 20 : Effet combiné du Na₂SO₄+l'acide salicylique sur la longueur de tige (Cm)des jeunes plantules de fève et pois

Plantules/ Traitements	Na ₂ SO ₄ (50mM)		Na ₂ SO ₄ (100mM)		Na ₂ SO ₄ (200mM)	
	Fève	Pois	Fève	Pois	Fève	Pois
T0	9.61	8	9.61	8	9.61	8
T1	2.7	3.2	1	2	0.9	1.02
T2	2	3	0.5	1.3	0.4	0.8
T3	1.3	2.7	0.3	1	0.2	0.5
T4	0.85	2	0	0.7	0	0
T5	0	1	0	0	0	0

T0 : témoin T1 :0.25mM T2 :0.5mM T3 :0.75mM T4 :1mM T5 :1.5mM

Les résultats montrent que la longueur de tige diminue avec l'augmentation des doses des Na₂SO₄ + de CaCl₂. La longueur de la tige varie d'entre 0 et 2.7 cm pour la fève, et entre 0 et 3.2 cm pour le petit pois, cependant la longueur la plus faible est exprimé par la dose 100mM Na₂SO₄ + 1 et 1.5 mM d'acide salicylique pour la fève, et 200 mM de Na₂SO₄ + 1mM et 1.5 mM d'acide salicylique pour le pois.

➤ Effet combiné du Na_2SO_4 +l'acide salicylique sur la longueur de racine (Cm) des jeunes plantules de fève et pois

Tableau 21 : Effet combiné du Na_2SO_4 +l'acide salicylique sur la longueur de racine (Cm) des jeunes plantules de fève et pois

Plantules/ Traitements	Na_2SO_4 (50mM)		Na_2SO_4 (100mM)		Na_2SO_4 (200mM)	
	Fève	Pois	Fève	Pois	Fève	Pois
T0	8.5	6.25	8.5	6.25	8.5	6.25
T1	3	2.5	2.2	2	1.5	1
T2	2.4	2	2	1	1	0.9
T3	2	1.2	1	0.7	0.4	0.2
T4	1	0.9	0	0.2	0	0
T5	0	0.3	0	0	0	0

T0 : témoin T1 :0.25mM T2 :0.5mM T3 :0.75mM T4 :1mM T5 :1.5mM

Le tableau 21 présente la longueur de racine de fève et petit pois. On remarque que la longueur de racine diminue avec l'augmentation des doses des Na_2SO_4 + acide salicylique.

Les résultats obtenus montrent que la longueur de racine variée entre 0 et 3 cm pour la fève, et entre 0 et 2.5 cm pour le petit pois.

Les doses de 100 et 200mM de Na_2SO_4 et 1.5mM d'acide salicylique ont affectés sérieusement la longueur de la racine, seule le traitement de 50 mM de Na_2SO_4 et 0.25 mM d'acide salicylique enregistre une longueur de 2.5cm.

➤ Effet combiné du Na_2SO_4 +l'acide salicyliques sur le nombre des racines des jeunes plantules de fève et pois

Tableau 22 : Effet combiné du Na_2SO_4 +l'acide salicyliques sur le nombre des racines des jeunes plantules de fève et pois

Plantules/ Traitements	Na_2SO_4 (50mM)		Na_2SO_4 (100mM)		Na_2SO_4 (200mM)	
	Fève	Pois	Fève	Pois	Fève	Pois
T0	13	11	13	11	13	11
T1	3	2	2	2	2	1
T2	2	1	1	2	1	1
T3	1	1	1	1	1	1
T4	1	1	0	1	0	0
T5	0	1	0	0	0	0

T0 : témoin T1 :0.25mM T2 :0.5mM T3 :0.75mM T4 :1mM T5 :1.5mM

Les résultats obtenus dans le tableau 22 montrent le nombre de racines varie entre 0 et13 pour la fève, et de 0 à 11 pour le petit pois. Le nombre de racines le plus élevé sous stress est exprimé par la dose de 50 mM de Na_2SO_4 + 0.25 mM d'acide salicylique pour les deux variétés, avec 3 racines pour la fève et 2 racines pour le pois. Bien que ces valeurs soient déjà très réduites par rapport au témoin (13 pour la fève, 11pour le pois) Le nombre de racines le plus faible est exprimé par les doses élevées de Na_2SO_4 et des concentrations d'acide salicylique plus fortes.

➤ Effet de Na_2SO_4 +acide salicylique sur le taux de la matière fraîche(g) des jeunes plantules de pois et de fève

Tableau 23 : Effet de Na_2SO_4 +acide salicylique sur le taux de la matière fraîche(g) des jeunes plantules de pois et de fève

Plantules/ Traitements	$\text{Na}_2\text{SO}_4(50\text{mM})$		$\text{Na}_2\text{SO}_4(100\text{mM})$		$\text{Na}_2\text{SO}_4(200\text{mM})$	
	Fève	Pois	Fève	Pois	Fève	Pois
T0	4.1	2.45	4.1	2.45	4.1	2.45
T1	2.9	2	1.5	2.7	1	2
T2	2.5	1.8	1.2	2	0.9	1.3
T3	2	1.2	1	1.1	0.59	0.6
T4	1.2	1	0.7	0	0	0
T5	0	0.7	0	0	0	0

T0 : témoin T1 :0.25mM T2 :0.5mM T3 :0.75mM T4 :1mM T5 :1.5mM

Les résultats montrent que la matière fraîche diminue progressivement avec l'augmentation des concentrations de Na_2SO_4 et d'acide salicylique.

Les valeurs obtenues varient de 0 à 4.1 g pour la fève et de 0 à 2.45 g pour le petit pois. Le taux le plus élevé de matière fraîche est obtenue avec 50 mM de Na_2SO_4 + 0.25 mM d'acide salicylique, avec 2.9 g chez la fève et 2 g chez le pois.

Aucun taux de matière fraîche n'a été enregistré sauf pour le pois a une concentrations de 50 mM de Na_2SO_4 et de 1.5mM d'acide salicylique, on a marqué un taux de 0.7g.

➤ Effet de Na₂SO₄+ acide salicylique sur le taux de la matière sèche (%) des jeunes plantules de pois et de fève

Tableau 24 : Effet de Na₂SO₄+ acide salicylique sur le taux de la matière sèche (%) des jeunes plantules de pois et de fève

Plantules/ Traitements	Na ₂ SO ₄ (50mM)		Na ₂ SO ₄ (100mM)		Na ₂ SO ₄ (200mM)	
	Fève	Pois	Fève	Pois	Fève	Pois
T0	26	24	26	24	26	24
T1	15	12.5	10	9	9	7
T2	12	9	8.2	7	5.5	5
T3	9.2	5	5	4	4	2
T4	6	4.5	0	2.5	0	0
T5	0	3	0	0	0	0

T0 : témoin T1 :0.25mM T2 :0.5mM T3 :0.75mM T4 :1mM T5 :1.5mM

Le tableau N 24 présente l'évolution du taux de matière sèche chez les jeunes plantules de fève et de pois, On observe une diminution globale du taux de matière sèche au fur et à mesure que les concentrations en acide salicylique augmentent, pour les deux types de plantes.

À un traitement de T1 (50 mM Na₂SO₄ et 0, 25 d'acide salicylique) le taux de matière sèche est relativement élevé 15 % pour la fève et 12.5 % pour le pois.

À un traitement T3 de (200 mM Na₂SO₄) le taux de matière sèche diminue fortement pour les deux variétés à partir de 1 et 1.5 mM d'acide salicylique

Discussion

La salinité élevée cause une inhibition de la germination, ceci peut s'expliquer par le mécanisme de toxicité du Na^+ qui n'est pas présent dans certaines espèces. Aussi, les travaux de Prado *et al* et ceux de Ben Miled *et al.*, rapportent que la salinité inhibe la germination des graines de deux façons : (i) la prévention de germination sans perte de viabilité supérieure par rapport à la salinité ; et (ii) de retarder la germination des graines à des salinités qui causent les stress des graines, mais n'empêchent pas la germination. Sous conditions salines, les résultats de l'essai montrent que les milieux enrichis de NaCl réduisent légèrement la capacité germinative des graines en fin de la période germinative.

A travers les principaux résultats issus de notre travail de recherche, on constate que l'effet de l'acide salicylique sur le taux quotidien de germination montrent que les graines de fève traitées à l'acide salicylique à des concentrations de 0.5 à 1mM n'ont commencé à germer qu'après 5 à 8 jours (Figure17). L'apport de l'acide salicylique à 1.5mM a inhibé complètement la germination de graines. Pour le pois un traitement de 1.5mM à l'acide salicylique marque un retard de 7 jours et un % de germination de 13,33%(Figure18).

De même, (Shraiy et Hegazi 2009) ont démontré que l'effet de l'acide salicylique sur les processus physiologiques des plantes varie selon les espèces, le stade de développement, la concentration acide salicylique et les conditions environnementales. Senaratna *et al.* (2000) ont indiqué des effets négatifs avec plus de 1 mM d'AS sur les plants de haricots et de tomates. Ces résultats concordent avec les nôtres avec des concentrations élevées en acide salicylique de 1 et 1.5mM il ya inhibition de la germination.

La présence de doses élevées en NaCl entraîne la diminution du potentiel osmotique du milieu, cela peut retarder ou empêcher l'absorption de l'eau nécessaire pour la germination (Mirmazloum *et al*,2010). Aussi une forte concentration en chlorure de Sodium peut entraîner l'accumulation des ions de Na^+ et Cl^- dans l'embryon, et contribue ainsi à l'altération des processus métaboliques de la germination voir même à la mort de l'embryon par excès d'ions (Hajlaoui *et al* ,2007)

Chapitre III Résultats et discussion

Les graines de fève et du pois stressées sous concentrations croissantes en NaCl, CaCl_2 et Na_2SO_4 . les résultats montrent que la germination est affectée par NaCl à une concentration de 200 mM ou on enregistre un taux de 50% pour le pois et la fève.

Les différentes concentrations de CaCl_2 50 mM, 100 mM et 200 mM affectent la germination des deux variétés fève et pois (Figures 19, 20, 21, 22, 23 et 24).

Pour la fève la concentration de 200 mM en sels Na_2SO_4 a inhibé la germination des graines (Figure 23), on remarque un retard dans la germination de 5 jours à une dose élevée 200 mM de CaCl_2 et de 3 jours et de 4 jours pour les graines traitées avec une concentration de 100 et 200 mM de Na_2SO_4 (Figure 21). Pour le pois avec les doses en CaCl_2 de 200 mM, le taux de germination est de 50 % avec un retard de trois jours (Figure 22), et pour les traitements avec Na_2SO_4 le taux de germination n'a pas été affecté seulement un retard de germination de deux jours à une dose 200 mM de Na_2SO_4 (Figure 24).

Bien que, le stress salin est un phénomène complexe qui conduit souvent à un stress osmotique dû à la diminution des quantités d'eau disponible au niveau de la racine, suite à la réduction de l'aptitude des plantes à absorber l'eau (Prado *et al.*, 2000).

L'effet de différentes concentrations de l'acide salicylique sur le taux de germination finale de fève et de pois, pour la fève aucune germination des graines à une concentration en acide salicylique de 1.5 mM par contre le pois affiche une diminution dans le taux de germination finale provoqué par les concentrations 1 et 1.5 mM d'acide salicylique, avec un pourcentage de 40 et 13.33 % (Figures 25 et 26).

En effet l'acide salicylique est un régulateur de croissance endogène de nature phénolique. L'application exogène de l'AS peut influencer une gamme de divers processus, y compris la germination des graines, la fermeture des stomates, l'absorption d'ions et le transport, la photosynthèse et la croissance (El tayeb., 2005).

La diminution du taux de germination final correspond soit à une augmentation de la pression osmotique externe, ce qui affecte l'absorption de l'eau par les graines et/ou bien à une accumulation des ions Na^+ et Cl^- dans l'embryon (Groome *et al.*, 1991).

Chapitre III Résultats et discussion

Cet effet toxique peut conduire à l'altération des processus métaboliques de la germination et dans le cas extrême à la mort de l'embryon par excès d'ions (Hajlaoui *et al.*, 2007)

Effet combiné de différentes concentrations de NaCl, CaCl₂ et Na₂SO₄+acide salicylique sur le taux de germination finale de fève et de pois

Les résultats obtenus montrent que les traitements avec des faibles doses de NaCl et de Na₂SO₄ et de CaCl₂ associé avec 0.25 et 0.5 mM d'acide salicylique e de, stimulent nettement le taux de germination chez la fève.

Le traitement de NaCl 200+ 1.5 mM d'acide salicylique semble affecté sévèrement la germination du pois, aucune germination ne se manifeste durant toute (Figure28).

Par contre les traitements avec les doses faibles de CaCl₂ associé avec 0.25 et 0.5 mM d'acide salicylique on a un effet stimulant sur le taux de germination chez le pois(Figure30).

Les traitements Na₂SO₄ de 50 ,100 et 200mM + acide salicylique 1.5 mM semble affecté sévèrement la germination, aucune germination ne se manifeste durant toute l'expérimentation (Figures31 et 32).

Toutefois, le milieu à base de Na₂SO₄, s'avère le plus tolérant, avec une faculté germinative la plus élevée par rapport au milieu NaCl au 9ème et 10ème jour, néanmoins l'adjonction de l'acide salicylique à ce traitement, quel que soit la concentration testée n'a aucune influence sur le taux de germination, bien au contraire le paramètre mesuré diminue par rapport au traitement dépourvu de cette phytohormone (Figures 31et 32).

Une augmentation des concentrations en NaCl et en acide salicylique provoque un ralentissement dans la germination des graines des deux espèces fève et pois. On remarque une rapidité dans la germination aux faibles concentrations du sel et de l'acide salicylique. Pour la fève d'après les résultats obtenus des concentrations de CaCl₂ de 100 mM et une concentration de 0.75,1 et 1.5mM d'acide salicylique stimule la germination (Figures27 et 28).

Pour l'espèce pois on remarque à des concentrations de 0.25 et 0.5mM d'acide salicylique et une concentration de 200 mM en CaCl₂ une rapidité dans la germination (Figure 34).

A une concentration de Na₂SO₄ de 200 mM et de l'acide salicylique 1 et 1.5 mM l'effet

Chapitre III Résultats et discussion

stimulant est bien visible sur la vitesse de germination des graines de petit pois et de fève. On observe une inhibition de la vitesse de germination chez les deux variétés en réponse à une augmentation des concentrations en Na_2SO_4 (Figure 35).

Par ailleurs Coudret (1971) rapporte que, pour un sel donné, l'augmentation de la concentration saline va de pair avec une diminution de la vitesse et de l'importance de la germination dans le cas des sels sodiques.

Des études ont montré également que l'augmentation de la concentration du sel retarde la germination (Askri *et al.*, 2007), et réduit le pourcentage final de germination (El Goumi, 2014).

Les résultats montrent que la longueur de la tige, la longueur des racines et le nombre de racines diminuent avec l'augmentation des doses d'acide salicylique (Tableau 3).

L'application de différents traitements d'acide salicylique induit une diminution du nombre des racines. Chez le pois avec une racine seulement enregistré au traitement T5 : 1.5mM d'acide salicylique (Tableau 3).

Un taux élevé en sels NaCl , CaCl_2 et Na_2SO_4 provoque une forte diminution de la longueur de la tige chez les deux espèces avec un effet plus visible avec le Na_2SO_4 (Tableaux 4, 5 et 6).

La fève semble donc légèrement plus sensible à l'inhibition de la croissance des tiges par le NaCl que le pois, à des concentrations plus élevées en sels (Tableau 4).

La longueur des racines de la fève sont plus sévèrement affectées par le stress salin que celles du pois (Tableaux 4, 5 et 6).

Le nombre de racines est également fortement impacté. La fève voit son nombre de racines chuter de 13 (T0) à 3,35 (T3). Le pois subit une réduction similaire (Tableaux 4, 5 et 6).

Les résultats montrent que pour l'effet d'acide salicylique sur le taux de la matière fraîche et matière sèche des jeunes plantules de fève et de pois que la matière fraîche augmente légèrement à faible dose d'acide salicylique (T1 : 0.25mM), puis diminue avec l'augmentation des doses. Chez la fève, Le traitement T5 (1.5mM) enregistre les valeurs les plus faibles de matière fraîche et de matière sèche chez les deux espèces (Tableau 7).

Chapitre III Résultats et discussion

La production de la matière sèche et fraîche diminue avec l'augmentation des doses des sels. Le poids frais le plus faible est exprimé par la dose 200 de CaCl_2 (1.17%). Pour le pois sec la dose 50mM de Na_2SO_4 exprime le meilleur poids frais, cependant le poids la plus faible est exprimé par la dose 200 de CaCl_2 et de Na_2SO_4 (Tableaux 8 et 9).

La longueur de tige et la racine diminue avec l'augmentation des doses de NaCl et de l'acide salicylique (Tableaux 10 et 11).

Les résultats montrent que la longueur de tige diminue avec l'augmentation des doses des Na_2SO_4 + de CaCl_2 , cependant pour un traitement de 1.5 mM d'acide salicylique et une concentration de 50,100 et 200 en sels la variété de fève ne présente aucune croissance des racines (Tableaux 15 et 20).

Le nombre de racines diminue avec l'augmentation des doses de NaCl + acide salicylique. Le nombre de racines le plus faible est exprimé par les doses élevées de Na_2SO_4 et des concentrations d'acide salicylique plus fortes (Tableaux 12 et 22).

Les résultats montrent une diminution de la matière fraîche avec l'augmentation des concentrations en sels en acide salicylique pour les deux types de plantes (Tableaux 13 , 18 et 23).

On remarque un taux relativement élevé en matière sèche avec le traitement de 50 mM et 100 mM de NaCl et une dose de l'acide salicylique de 200 mM chez le pois, pour la fève aucun taux de matière sèche n'a été enregistré (Tableau 14).

on observe une diminution globale du taux de matière sèche au fur et à mesure que les concentrations en acide salicylique augmentent pour les deux espèces fève et pois., le pois semble affecté plus.

Aucun taux de matière fraîche n'a été enregistré sauf pour le pois a une concentration de 50 mM de Na_2SO_4 et de 1.5mM d'acide salicylique, Khan et al (2003) ayant indiqué que l'application de l'acide salicylique a accéléré la production de masse sèche du maïs et de soja.

Khan et al (2003) ayant indiqué que l'application de l'acide salicylique a accéléré la production de masse sèche du maïs et de soja.

La croissance en longueur diminue avec l'augmentation de l'intensité du stress conformément à ce que plusieurs auteurs ont remarqué chez le petit pois

(Dhanyalakshmi, Vijayalakshmi ,2013), les céréales (Atak et al ,2006), la fève (Abdul

Chapitre III Résultats et discussion

Qados, 2011) et la luzerne (Lachhab,2013), d'autre part, nous avons pu démontrer que La salinité entraine une réduction des poils absorbants.

Wang et al (2015] ont démontré que la longueur et la densité des poils absorbants diminuent significativement en fonction de la dose du sel chez Arabidopsis Thalia na.

Conclusion

Conclusion

Les légumineuses, en particulier la fève (*Vicia faba L.*) et le pois (*Pisum sativum L.*), occupent une place essentielle dans l'agriculture grâce à leur richesse nutritionnelle et leur capacité à enrichir les sols en azote via la fixation symbiotique. Cependant, la salinité demeure l'une des principales contraintes abiotiques limitant leur germination, leur développement et leur rendement.

Ce travail est basé en outre sur l'exploitation des données présentées par plusieurs chercheurs afin d'élaborer des bases de résultats pour les recherches à venir.

Cette étude a mis en évidence les effets néfastes des différents sels solubles tels que le NaCl, le Na₂SO₄ et le CaCl₂ sur les paramètres de germination et de croissance des deux espèces analysées. Il a été observé qu'une augmentation des concentrations salines entraîne une réduction du taux de germination, un retard dans l'émergence des plantules, ainsi qu'une diminution significative de leur croissance. Ces impacts négatifs sont principalement attribués au stress osmotique et à la toxicité ionique provoqués par l'excès de sels.

En outre, les résultats révèlent que l'acide salicylique joue un rôle clé dans la capacité des plantes à répondre au stress salin. À certaines doses, il contribue à renforcer la tolérance des plantules en activant des mécanismes physiologiques et biochimiques favorisant leur adaptation. Toutefois, des concentrations élevées de cet acide peuvent exercer un effet inhibiteur sur la germination et la croissance des deux variétés étudiées.

La grande tolérance de la fève et le pois à la salinité est un critère important dans le choix des espèces à retenir dans un programme de mise en valeur des sols salés. Ces résultats préliminaires sont des marqueurs intéressants pour élucider davantage la relation stress salin sur le comportement des graines d'autres espèces locales de légumineuses, particulièrement la variété de fève (Reina Mora).

CONCLUSION

D'autres études doivent être réalisées pour tester d'autres sels tels que Mg SO_4 , MgCl_2 et KCl et d'autres variétés de légumineuses locales de fève et pois, afin de trouver celle qui tolèrent mieux la salinité et qui peuvent être cultivée en apportant dans bon rendement dans les sols arides d'Algérie et aussi des études sur terrains doivent être menées pour confirmer les résultats obtenus.

Références bibliographiques

****A****

Abdul Qados-(2011)A.M.S., J. Saudi Soci. Agric. Sci. 10 (2011) 7.

AFNOR (1982). "Recueil de normes françaises : Semences". AFNOR, Paris.

Akhter, J., Mahmood, K., Malik, K.A., Mardan, A., Ahmad, M. & Iqbal, M.M. (2004). "Effects of hydropriming on seed germination and seedling growth in wheat under salt stress". Pakistan Journal of Botany, 36(3), 511-516.

Allen, O.N. (1981). "The Leguminosae: A Source Book of Characteristics, Uses, and Nodulation". University of Wisconsin Press, Madison. 812 p.

Amirjani, M.R. (2011). Effect of salinity stress on growth, sugar content, pigments and enzyme activity of rice. " International Journal of Botany ", 7(1), 73-81.

Arfan, M., Athar, H.R. & Ashraf, M. (2006). Does exogenous application of salicylic acid through the rooting medium modulate growth and photosynthetic capacity in two differently adapted spring wheat cultivars under salt stress? "Journal of Plant Physiology", 163(6) , 685-694.

ASKRI H., REJEB H., REJEB MN., 2007. Effet du chlorure de sodium sur la germination des graines de trois variétés de pastèques (*Citrullus Lanatus* L), secheresse, JLE,18(1),51-5

Atak M., Kaya M.D., Kaya G., Çikili Y., CIFTCI C.Y. (2006) Turk. J. Agric. For. 30 (2006) 39.

Azfal, M., Aslam, M., Mahmood, S. & Anwar-ul-Haq, M. (2005). Effect of salicylic acid on wheat (*Triticum aestivum* L.) under saline conditions. "Caderno de Pesquisa", 17(1) , 7-13.

****B****

Belkhodja, M. & Bidai, Y. (2001). Réponse de la germination des graines d'Atriplex halimus L. sous stress salin. Sécheresse, 12(2), 77-81.

Beltagi, M.S. (2006). Exogenous ascorbic acid enhances salt tolerance of wheat seedlings. Journal of Plant Biology, 49(2), 97-104.

Ben Amor, N., Ben Hamed, K., Debez, A., Grignon, C. & Abdelly, C. (2005). Physiological and antioxidant responses of the perennial halophyte "*Crithmum maritimum*" to salinity. "Plant Science", 168(4) , 889-899.

- Ben Khaled, L., Morte Gómez, A., Honrubia, M. & Oihabi, A. (2003).** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de blé. "Options Méditerranéennes", 60, 213-218.
- Benidire, L., Daoui, K., Fatemi, Z.A., Achouak, W., Bouarab, L. & Ouhdouch, Y. (2015).** Effect of salt stress on germination and seedling growth of "*Vicia faba*" L. "Journal of Materials and Environmental Science", 6(4), 840-851.
- Benincasa, P., Falcinelli, B., Lutts, S., Stagnari, F. & Galieni, A. (2019).** Sprouted grains: A comprehensive review. "Nutrients", 11(2) , 421.
- Ben Miled, D., M. Boussaid, A. Abdelkefi et A. Cherif, (1986),** Tolérance au sel d'espèces annuelles du genre *Medicago* au cours de la germination. Séminaire international sur les végétaux en milieu aride, 8 au 10 septembre, Jerba, Tunisie, pp. 586-593
- Borsani, O., Valpuesta, V. & Botella, M.A. (2001).** Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in "*Arabidopsis*" seedlings. " Plant Physiology ", 126(3) , 1024-1030.
- Bouassaba, K. & Chougui, S. (2018).** Effet du stress salin sur la germination et la croissance de quelques variétés de fève (*Vicia faba* L.). "Revue Agrobiologia", 8(1) , 827-835.
- Boulghalagh, J., El Founti, M., Elouali, L. & Oubraim, S. (2006).** Effet du stress salin sur la germination et la croissance de trois légumineuses. "Bulletin de l'Institut Scientifique" , 28, 1-7.
- Boutelli, M. (2012).** [À compléter : Titre, Université].
- Boyeldieu, J. (1999).** "Produire des grains et des graines". Tec & Doc Lavoisier, Paris. 512 p.
- Brink, M. & Belay, G. (2006).** "Plant Resources of Tropical Africa 1: Cereals and Pulses". PROTA Foundation, Wageningen.
- Broughton, W.J., Hernández, G., Blair, M., Beebe, S., Gepts, P. & Vanderleyden, J. (2003).** Beans (*Phaseolus* spp.) – model food legumes. "Plant and Soil", 252(1) , 55-128.
- Bulut, F. & Akıncı, Ş. (2010).** The effect of salinity on growth and nutrient composition of broad bean (*Vicia faba* L.) seedlings. "African Journal of Agricultural Research",

5(19) , 2901-2906.

****C****

Calatayud, A., San Bautista, A., Pascual, B., Maroto, J.V. & López-Galarza, S. (2013). Use of chlorophyll fluorescence imaging as diagnostic technique to predict compatibility in melon graft. "Scientia Horticulturae" , 149, 13-18.

Camara, B., Sanogo, S., Diakite, L. & Diallo, B. (2018). Effet du NaCl sur la germination des graines de niébé. "International Journal of Biological and Chemical Sciences", 12(2) , 815-823.

Caracuta, V., Barzilai, O., Khalaily, H., Milevski, I., Paz, Y., Vardi, J. & Boaretto, E. (2015). The onset of faba bean farming in the Southern Levant. "Scientific Reports", 5, 14370.

Chaffei, C., Pageau, K., Suzuki, A., Gouia, H., Ghorbel, M.H. & Masclaux-Daubresse, C. (2004). Cadmium toxicity induced changes in nitrogen management in "Lycopersicon esculentum" leading to a metabolic safeguard through an amino acid storage strategy. "Plant and Cell Physiology", 45(11) , 1681-1693.

Chartzoulakis, K. & Klapaki, G. (2000). Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. "Scientia Horticulturae", 86(3) , 247-260.

Chaux, C. & Foury, C. (1994) "Productions légumières. Tome 2 : Légumineuses potagères, légumes fruits". Tec & Doc Lavoisier, Paris. 639 p.

Chen, Y., Katan, J. & Gamaliel, A. (1991). "Induced resistance against Fusarium diseases of tomato by soil solarization". FAO Plant Production and Protection Paper 109, Rome.

Chianu, J.N., Chianu, J.N. & Mairura, F. (2011). Mineral fertilizers in the farming systems of sub-Saharan Africa. "Agronomy for Sustainable Development", 32(2) , 545-566.

Cokkizgin, A. (2012). Salinity stress in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed germination. "Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca", 40(1) , 177-182.

Côme, D. (1970). "Les obstacles à la germination". Masson, Paris. 162 p.

Cronk, Q.C.B., Ojeda, I. & Pennington, R.T. (2006). Legume comparative genomics: progress in phylogenetic and phylogenomics. "Current Opinion in Plant Biology", 9(2), 99-103.

Coudret A., 1971. Action de différents sels sur le déroulement de la germination et sur l'évolution de phénomène respiratoire chez les graines de *Zygophyllum album* L. bull, Soc, Bot, Fr, 118 : 471-480.

****D****

Dabbed, S., El Mourid, M. & Benchekroun, M. (2004). Effet du stress salin sur la germination de l'orge. "Al Awamia", 112, 45-56.

Dahmani, S., Bouchareb, R. & Khelifi, L. (2023). Exogenous salicylic acid alleviates salt stress in faba bean. "Journal of Plant Growth Régulation", 42, 1123-1135.

De La Mensbruge, G. (1966). "La germination des essences forestières tropicales". CTFT, Nogent-sur-Marne.

Dhanyalakshmi K.H., Vijayalakshmi C. (2013), Evaluation of physiological and biochemical responses of rice (*Oryza sativa* L.) Varieties to April 2013 Indian Journal Of Agricultural Research 47(2) :91-99.

Dihazi, A. 2012, Thèse de doctorat.

Djerah, A. ET Oudjehih, B. (2016). Effet du stress salin sur la germination du pois chiche. Revue des Bio Ressources, 6(2), 45-52.

Doré, C. (2000). "Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées". INRA Éditions, Paris. 812 p.

Dridi, N., Bouslama, M. ET Ben Naceur, M. (2011). Effet du stress salin sur la germination de trois espèces de légumineuses. Tropicultura, 29(2), 105-110.

Duc, G. (1997). La féverole. INRA Éditions, Paris. 210 p.

Duc, G., Marget, P., Esnault, R., Le Guen, J. Et Bastianelli, D. (2008). Genetic variability for feeding value of faba bean seeds (*Vicia faba*): seeds of cultivars containing different tannin and vicine-convicine contents. "Animal Feed Science and Technology", 144(1-2), 63-79.

Dupont, F. ET Grignard, J.L. (2015). "Botanique: Les familles de plantes". 16e édition. Elsevier Masson, Paris. 336 p.

Dwivedi, S.L., Ceccarelli, S., Blair, M.W., Upadhyaya, H.D., Are, A.K. Et Ortiz, R. (2015). Landrace germplasm for improving yield and abiotic stress adaptation. "Trends in Plant Science", 21(1) , 31-42.

****E****

Ellis, R.H. & Poyser, E. (2002). "Seed identification handbook". Agriculture & Horticulture Development Board, Kenilworth.

El Sabagh, A., Hossain, A., Barutçular, C., Islam, M.S., Ratnasekera, D., Kumar, N. Et Saneoka, H. (2021). Salinity stress in wheat: effects, tolerance mechanisms and management. "Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences", 9(1) , 1-22.

El Sheikh, M.A.E. et Wood, M. (1990). Salt effects on survival and multiplication of chickpea and soybean rhizobia. "Soil Biology and Biochemistry", 22(3) , 343-347.

El-Tayeb, M.A. (2005). Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. "Plant Growth Regulation", 45(3) , 215-224.

EL TAYEB.MA., 2005. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. plant growth regul 45:215-224

Epstein, E. (1998). How calcium enhances plant salt tolerance. Science, 280(5371), 1906-1907.

Etesami, H., Jeong, B.R. & Glick, B.R. (2023). Contribution of carbuncular mycorrhiza fungi, phosphate-solubilizing bacteria, and silicon to P uptake by plant. "Frontiers in Plant Science", 14, 1148723.

****F****

FAO (1994). "Eco crop 1: The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database". FAO, Rome.

FAO (2008). "Fertilizer use by crop". FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin 17, Rome.

FAO (2015). "Statut des ressources mondiales en sols". FAO et ITPS, Rome. 650 p.

FAO (2021). "The State of Food and Agriculture 2021". FAO, Rome.

Farissi, M., Bouizgaren, A., Faghire, M., Bar gaz, A. et Ghoulam, C. (2013). Agro-physiological responses of Moroccan alfalfa to salt stress. "Turkish Journal of Botany", 37(6) , 1094-1101.

Farissi, M., Bouizgaren, A., Faghire, M., Bar gaz, A. et Ghoulam, C. (2014). Agro physiological and biochemical properties associated with adaptation of "Medicago sativa" populations to drought and salt stresses. "Functional Plant Biology", 41(9) , 991-1000.

****G****

George, E.F. (2009). "Plant Propagation by Tissue Culture". 3rd Edition. Springer, Dordrecht. 501 p.

Gepps, P., Beavis, W.D., Bummer, E.C., Shoemaker, R.C., Stalker, H.T., Wee den, N.F. et Young, N.D. (2005). Legumes as a model plant family. "Plant Physiology", 137(4) , 1228-1235.

Gozzo, F. (2003). Systemic acquired resistance in crop protection. "Outlooks on Pest Management", 14(1) , 20-23.

Graham, P.H. et Vance, C.P. (2003). Legumes: importance and constraints to greater use. "Plant Physiology", 131(3) , 872-877.

Groome M C., Axler S., Gfford D J. (1991). Hydrolysis of lipid and protein reserves in lobolly pine seeds in relation to protein electrophoretic patterns following imbibition. *Physiol. Plant* 83, 99-106.

Guignard, J.L. et Dupont, F. (2005). *Botanique : Systématique moléculaire*. 13e édition. Masson, Paris. 290 p.

Gunes, A., Inal, A., Alp Aslan, M., Cicek, N., Guneri, E., Eraslan, F. et Guzelordu, T. (2005). Effects of exogenously applied salicylic acid on the induction of multiple stress tolerance and mineral nutrition in maize. "Archives of Agronomy and Soil Science", 51(6) , 687-695.

Gutierrez, L., Van Wuytswinkel, O., Caste lain, M. et Bellini, C. (1998). Combined networks regulating seed germination. "Current Opinion in Plant Biology", 1(1) , 77-84.

****H****

Hajlaoui, H., El Ayeb, N., Garret, J.P. et Den den, M. (2007). Differential effects of salt stress on growth, gas exchange and mineral composition of three pea cultivars. "Journal of Plant Nutrition", 30(11) , 1955-1970.

Hajlaoui H., Denden M., Bouslama M., Tropicultura 25 (2007) 168.

Hara, M., Furukawa, J., Sato, A., Mizoguchi, T. et Miura, K. (2012). Abiotic stress and role of salicylic acid in plants. "Abiotic Stress Responses in Plants", Springer, 235-251.

Heller, R., Esnault, R. et Lance, C. (2000). "Physiologie végétale. 1. Nutrition". 6e édition. Dunda, Paris. 323 p.

Hickman, M.V. et Canevari, W.M. (2012). Cover crops for California Agriculture*. UCANR Publication 21471.

Hopkins, W.G. (2003). "Physiologie végétale". 2e édition. De Boeck, Bruxelles. 532 p.

Hoque, M.N., Hannan, A., Imran, S., Alam, M.J., Paul, N.C. et Sharif, M.K. (2023). Salinity stress in plants: a review on physiological, biochemical and molecular mechanisms. "Journal of Agriculture and Food Research", 14, 100712.

Hussain, M., Park, H.W., Farooq, M., Jab ran, K. et Lee, D.J. (2015). Morphological and physiological basis of salt tolerance in faba bean. "International Journal of Agriculture and Biology", 17(1) , 85-90.

****I****

International Seed Testing Association (ISTA) (2017). "International Rules for Seed Testing". ISTA, Bassersdorf.

****J****

Jaman, S.S., Ali, S. et Ehsan pour, A.A. (2014). Effect of salt stress on growth and ion accumulation of alfalfa." Journal of Animal and Plant Sciences", 24(2) , 568-574.

****K****

Khan, M.A., Gul, B. & Weber, D.J. (2003). Effect of salinity on the growth and ion content of "Salicornia rubra". "Communications in Soil Science and Plant Analysais", 34(9-10) , 1389-1402.

Khan W., Prithiviraj B., Smith D. (2003) - Réponse photosynthétique de maïs et

De soja à l'application foliaire de salicylates. *Plant J. Physiol*, 160 : 485-492

Khelloufi, A. (2017). Effet du stress salin sur la germination de *Vicia faba* L. *Agrobiologie*, 7(1), 234-241.

Klessig, D.F., Durner, J., Noad, R., Navarre, D.A., Wendehenne, D., Kumar, D. et Silva, H. (2000). Nitric oxide and salicylic acid signaling in plant defense. *PNAS*, 97(16), 8849-8855.

Korkmaz, A., Uzunlu, M. et Demirkiran, A.R. (2007). Treatment with acetyl salicylic acid protects muskmelon seedlings against drought stress. "*Acta Physiological Plantarum*", 29(6) , 503-508.

Kouadria, M., Bouzid, S. et Rahmoune, C. (2019). Effet du NaCl sur la germination du pois chiche. "*Revue des Régions Arides*", 45, 123-130.

Kunkel, B.N. & Brooks, D.M. (2002). Cross talk between signaling pathways in pathogen defense. "*Current Opinion in Plant Biology*", 5(4) , 325-331.

****L****

Lachhab, I., Louahlia, S., Laamari, M. et Khalil, H. (2013). Effet du stress salin sur la germination de la fève. "*Nature & Technology*", 9, 33-38.

Lachhab I., Louahlia S., Laamarti M., Hammani K.,(2013)- *Int. J. Innov. Appl. Studies* 3 (2013) 511.

Läuchli, A. et Grattan, S.R. (2007). Plant growth and development under salinity stress. In: "*Advances in Molecular Breeding Toward Drought and Salt Tolerant Crops*". Springer, 1-32.

Lee, S., Kim, S.G. et Park, C.M. (2010). Salicylic acid promotes seed germination under high salinity by modulating antioxidant activity. "*Molecular Cells*", 30(3) , 253-259.

Liopa-Tsakalidi, A., Barouchas, P. et Sala has, G. (2012). Response of okra to NaCl salinity. "*International Journal of Vegetable Science*", 18(4) , 329-340.

López, M., Herrera-Cervera, J.A., Iribarne, C., Tejero, N.A. et Lluch, C. (2008). Growth and nitrogen fixation in *Lotus japonicus* and *Medicago truncatula* under NaCl stress. "*Environmental and Experimental Botany*", 63(1-3) , 75-82.

****M****

Mahrouz, F. (2013). Contribution à l'étude de la tolérance à la salinité de la fève. Thèse de Doctorat, Université de Tlemcen.

Mansouri, L.M. et Khelloufi, A. (2017). Effect of salinity on germination of *Atriplex halimus*. "Journal of New Sciences", 42, 2312-2317.

Marlet, S. et Job, J.O. (2006). Processus et gestion de la salinité des sols. IRD Éditions, Montpellier. 214 p.

Mathieu, C. et Lozet, J. (2022). "Dictionnaire encyclopédique de science du sol". Tec & Doc Lavoisier, Paris.

M'Barek, B.N., Aydin, S., Devons, J.J. Et AB Delly, C. (2001). Effet de la salinité sur la symbiose haricot–rhizobium. Cahiers Agricultures, 10(3), 205-209.

Mena, P., Galindo, A., Collado-González, J., Ondoño, S., Ferreres, F., Torrecillas, A. et Gil-Izquierdo, A. (2015). Sustained deficit irrigation affects the colour and phytochemical characteristics of pomegranate juice. Scientia Horticulturae, 192, 310-316.

Misra, N., Gupta, A.K. et Dwivedi, U.N. (2006). Changes in proline, thiols induced by NaCl salinity in two cultivars of green gram. Bio logia Planta rum, 50(2), 260-262.

Motamedi, M., Zahedi, H. et Paknejad, F. (2013). Effect of salinity on germination of rapeseed. Annals of Biological Research, 4(1), 130-133.

Munier-Jolain, N., Biarnès, V. & Chaillet, I. (2005). Agro physiologie du pois protéagineux. INRA-ARVALIS, Paris. 276 p.

Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell & Environment, 25(2), 239-250.

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

Mirmazloun S.I., Szabo K., PoorKalhor V., Németh E., Hortic. 21 (2010)

****N****

Nasri, N. (2014). Tolérance à la salinité chez les légumineuses. Thèse de Doctorat, Université d'Oran.

Nedjimi, B. (2010). Germination and seedling growth of **Atriplex halimus** under saline conditions. Acta Botanica Gallica, 157(1), 65-72.

Nimir, N.E.A., Lu, S., Zhou, G., Ma, B.L., Guo, W., Wang, Y. Et Liu, W. (2015). Exogenous salicylic acid improves chilling tolerance in maize. *Agronomy Journal*, 107(3), 972-978.

Nishimura, N., Yoshida, T., Kit ahata, N., Asami, T., Shinozaki, K. et Hirayama, T. (2005). ABA-Hypersensitive Germination 3 en codes a protein phosphatase 2C. *Plant Journal*, 44(6), 972-982.

Nunez-Barrios, A., Hoogenboom, G. et Nesmith, D.S. (1998). Drought stress and the distribution of vegetative and reproductive traits of bean cultivars. *Field Corps Research*, 56(3), 257-270.

****O****

ONU (2016). Objectifs de développement durable. Nations Unies, New York.

Ouattara, S. (2006).

Ozdener, Y. & Kutbay, H.G. (2008). Effect of salinity on germination, seedling growth and mineral content of common bean. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11(5), 729-733.

****P****

Panneerselvam, R., Jaleel, C.A., Somasundaram, R. et Azooz, M.M. (1998).

Prado F.E., C. Boero, M. Gallardo and J.A Gonzalez, (2000), Effect of NaCl on germination, growth and soluble sugar content in *Chenopodium quinoa* Willd. Seeds. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 41, pp. 27-34

****R****

Rady, M.M., Boriek, S.H.K. et Abd El-Mageed, T.A. (2017). Exogenous proline enhances growth and productivity of salt-stressed onion. *Scientia Horticulturae*, 226, 357-366.

Rai, M. (2017). Stress Tolerance in Horticultural Crops. Wood head Publishing, Cambridge. 564 p.

Rajasekaran, L.R., Blake, T.J., Gusta, L.V. & Caldwell, C. (2002).

Rajjou, L., Duval, M., Gallardo, K., Catusse, J., Bally, J., Job, C. et Job, D. (2006). Seed germination and vigor. *Annual Review of Plant Biology*, 63, 507-533.

Rajjou, L., Duval, M., Gallardo, K., Catusse, J., Bally, J., Job, C. et Job, D. (2012). Seed germination and vigor. *Annual Review of Plant Biology*, 63, 507-533.

Rejili, M., Vadel, A.M., Guetet, A., Neffati, M. et Fer chichi, A. (2006). Effet du stress salin sur la germination de *Lotus creticus*. *Pastagens e Fourrageons*, 27, 67-77.

Rezaei, E.E., Webber, H., Asseng, S., Boote, K., Durand, J.L., Ewert, F. et Martre, P. (2023). Climate change impacts on crop yields. *Nature Reviews Earth & Environment*, 4, 831-846.

Rogers, M.E., Craig, A.D., Munns, R.E., Colmer, T.D., Nichols, P.G.H., Malcolm, C.V. et Dear, B.S. (2011). The potential for developing fodder plants for the salt-affected areas of southern and eastern Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 45(3), 301-329.

S

Sakhabutdinova, A.R., Fatkhutdinova, D.R., Bezrukova, M.V. et Shakirova, F.M. (2003). Salicylic acid prevents the damaging action of stress factors on wheat plants. *Bulgarian Journal of Plant Physiology, Special Issue*, 314-319.

Salicylic acid. Registration dossier. ECHA, 2023
<https://echa.europa.eu/fr/registration-dossier/-/registered-dossier/11419/7/11/1>

Schneider, A. et Huyghe, C. (2015). Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables. Qua, Versailles. 512 p.

Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E. & Dixon, K. (2000). Acetyl salicylic acid induces multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation*, 30(2), 157-161.

Servant, J. (1978). Les sols salés. INRA, Paris. 140 p.

Senaratna, T., D.H. Touchell, E. Bunn, et K. Dixon. 2000. Acetyl Salicylic Acid (Aspirin) and Salicylic Acid Induce Multiple Stress Tolerance in Bean and Tomato Plants [L'acide acétyle salicylique (aspirine) et l'acide salicylique induisent une tolérance au stress multiple dans les plants de haricot et les tomates]. *Plant Growth Regulation* 30(2) :157-161.

Shraiy A.M.E., Hegazi A.M. (2009). Effect of acetylsalicylic acid, indole-3-butyric acid and gibberellic acid on plant growth and yield of pea (*Pisum Sativum*L.). Australian. Journal. Of Basic Application. Science. 3: 3514–3523

Shakirova, F.M., Sakhabutdinova, A.R., Bezrukova, M.V., Fatkhutdinova, R.A. et Fatkhutdinova, D.R. (2003). Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant Science, 164(3), 317-322.

Sharafizad, M., Naderi, A., Siadat, S.A., Sakinejad, T. et Lak, S. (2013). Effect of salicylic acid pretreatment on germination of wheat under salt stress. Journal of Agricultural Science, 5(3), 179-186.

Shiyab, S., Shibli, R. et Mohammad, M. (2013). Influence of sodium chloride salt stress on growth and nutrient acquisition of sour orange in vitro. Journal of Plant Nutrition, 36(9), 1407-1419.

Sinclair, T.R. et Vadez, V. (2012). The future of grain legumes in cropping systems. Crop and Pasture Science, 63(6), 501-512.

Singh, P.K., Gautam, S., Maurya, J.N. et Singh, R.P. (2010). Role of salicylic acid in amelioration of salinity stress in plants. Plant Stress, 4(1), 1-11.

Snoussi, S.A. et Halitim, A. (1998). Valorisation des eaux salées pour la nutrition minérale des plantes cultivées. INRAA, Alger. 126 p.

Spichiger, R.E., Savolainen, V.V., Figeat, M. et Jeanmonod, D. (2004). Botanique systématique des plantes à fleurs. 3e édition. PPUR, Lausanne. 414 p.

Sprent, J.I. (2001). Nodulation in Legumes. Royal Botanic Gardens, Kew. 146 p.

****T****

Taffouo, V.D., Wamba, O.F., Youmbi, E., Nono, G.V. et Akoa, A. (2010). Growth, water relations, and photosynthesis of two cowpea genotypes under salt stress. Journal of Plant Breeding and Crop Science, 2(4), 83-91.

Tammam, A.A. (2003). Response of Vicia faba plants to salt stress. Acta Agronomic Hungarian , 51(4), 367-374.

Tanveer, M. et Yousaf, S. (2020). Salinity stress in plants: impacts and responses. In: Plant Abiotic Stress Tolerance. Springer, 101-123.

Tavili, A. et Biniaz, M. (2009). Effect of salinity on germination of Medicago sativa. Journal of New Seeds, 10(2), 68-74.

Torabian, S. (2010). Effect of salinity on germination and seedling growth of common bean. *Advances in Environmental Biology*, 4(3), 431-434.

****U****

Unlu, H., Ozdamar, U. et Unlu, H.O. (2009). Effects of salt stress on germination of some turnip cultivars. *Pakistan Journal of Botany*, 41(6), 3261-3267.

USDA (2008). PLANTS Database. United States Department of Agriculture, NRCS.

****V****

Vlot, A.C., Dempsey, D.A. et Klessig, D.F. (2009). Salicylic acid, a multifaceted hormone to combat disease. *Annual Review of Phytopathology*, 47, 177-206.

****W****

Wahbi, S., Maghraoui, T., Hafidi, M., Sanguin, H., Oufdou, K., Prin, Y. et Duponnois, R. (2012). Enhanced symbiotic performance in *Acacia saligna* under saline conditions. *European Journal of Soil Biology*, 53, 11-16.

Wang, Y., Li, L., Ye, T., Zhao, S., Liu, Z., Feng, Y.Q. et Wu, Y. (2015). Cytokinines antagonizes ABA suppression to seed germination of *Arabidopsis* by downregulating

Wang, F., Xu, Y.G., Wang, S., Shi, W., Liu, R., Feng, G., and Song, J. (2015).

Salinity affects production and salt tolerance of dimorphic seeds of *Suaeda salsa*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 95: 41-48. ABI5 expression. *Plant Journal*, 68(2), 249-261.

Wiebe, K.D. (2001). Natural Resources and Agricultural Productivity. USDA-ERS, Washington.

****X****

Xie, Z., Zhang, Z.L., Hanzlik, S., Cook, E. & Shen, Q.J. (2007). Salicylic acid inhibits gibberellin-induced alpha-amylase expression and seed germination. *Plant Molecular Biology*, 64(3), 245-259.

Xiong, L., Schumaker, K.S. & Zhu, J.K. (2006). Cell signaling during cold, drought, and salt stress. *Plant Cell*, 14(Suppl), S165-S183.

****Y****

Yusuf, M., Hasan, S.A., Ali, B., Hayat, S., Fariduddin, Q. et Ahmad, A. (2008). Effect of salicylic acid on salinity-induced changes in *Brassica juncea*. *Journal of Integrative Plant Biology*, 50(9), 1096-1102.

Yuvaraj, M., Bose, K.S.C. Priya, R.S. (2021). Impact of salinity stress on growth and yield of legumes. *Legume Research*, 44(5), 501-507.

****Z****

Zhu, J.K. (2002). Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annual Review of Plant Biology*, 53, 247-273.