

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة 8 ماي 1945 قالمة
Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Sciences Agronomique
Spécialité/Phytopharmacie et protection des végétaux
Département: Ecologie et Génie de l'Environnement

Thème :

**Effet du stress salin sur la germination et la croissance de
quelques variétés de petit pois (*Pisum sativum L.*)**

Présenté par :

Guersses khaoula
Harrat Ikram

Devant le jury composé de :

Président:	Mme. Kachi Nora (MCB)	Université de Guelma
Examineur :	Mr. Zitouni Ali (MCB)	Université de Guelma
Encadreur :	Mme. Chahat Nora (MCB)	Université de Guelma

Juin 2018

Remerciements

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

فَاللّٰهُمَّ لَكَ الْحَمْدُ كَمَا يَنْبَغِي لَجَلَالِ وَجْهِكَ وَعَظِيمِ سُلْطَانِكَ.

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

Nos remerciements vont également à Mme Kachi Nora pour avoir accepté de présider le jury de ce mémoire.

Nos remerciements les plus sincères à Mer Zitouni Ali d'avoir bien voulu accepter de juger ce travail et pour son aide précieux et son soutien. Sa participation au jury est pour nous est un grand honneur.

Nos remerciements vont également à M^{me} Messiad Raouhia et Mme Drif Fahima pour ses aides précieux et ses encouragements.

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

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

Dédicace

*Avant tout, je remercie, **Dieu** pour l'aide qu'il m'a apporté
Durant la réalisation de ce travail.*

Je dédie ce mémoire

*À ma mère « **Mariam** » que dieu ait son âme
Est arrivée à me donner tout mon bonheur de vie et de savoir de ce
comporté dans la vie.*

*A mes adorables frères: **Faycel, Haron, Rabah, Hamza** et surtout
Issam.*

*Dont je n'ai pu jusqu'à présent oublier ses recommandations de
façon à ce que je mène une vie pleine de joie et de bonheur.*

*A me belle-sœur : **Bouchra**.*

*A les petits de la famille: **Lina, Zina, Arije, Ghadir, Loujaine,**
Lidya, Haitham et **Wassim**.*

*A mes amis, mes collègues je vous souhaite à tous succès, santé et
bonheur.*

*Les plus importants, les membres de ma famille, **Guersses** et
Djadour.*

*A mon binôme **Ikram**.*

A tous mes camarades de master la promotion 2017/2018.

Khawla



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mon marié

Ma chère maman

Mon frère Tarek

Mes deux sœurs ; Widad et Malek

A toute ma famille

Tous mes professeurs durant tous mes études

A mon binôme Khawla

A tous mes amies

IKRAM

Sommaire

Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction	01

Chapitre I: Données bibliographiques sur le petit pois

1. Origine et historique du petit pois.....	03
2. Description de la plante.....	04
2.1. Appareil végétatif.....	04
2.1.1. Système racinaire.....	04
2.1.2. Feuille et tige.....	05
2.2. Fleur et fruit.....	06
3. Classification botanique de petit pois.....	07
4. Cycle de développement de petit pois.....	08
5. Types de pois.....	08
5.1. Les variétés de petit pois.....	09
6. Exigences pédoclimatiques.....	09
6.1. Climat favorable.....	09
6.2. Les exigences hydriques.....	09
6.3. Le sol.....	10
7. Importance de la culture de petit pois.....	10
7.1. Importance nutritionnelle.....	10
7.2. Importance agronomique.....	11
8. Les zones de culture et de production du petit pois.....	12
9. Maladies et principaux insectes ravageurs de petit pois.....	14
9.1. Maladies cryptogamiques.....	14
9.1.1. Ascochytose.....	14
9.1.2. Botrytis ou pourriture grise.....	15
9.1.3. Mildiou.....	16
9.1.4. Oïdium du pois.....	16
9.1.5. Rouille.....	17
9.1.6. Les insectes ravageurs.....	18
9.2.1. Thrips.....	18
9.2.2. Sitone du pois.....	18
9.2.3. Le puceron.....	18
9.2.4. Tordeuse.....	19
9.2.5. La bruche du pois.....	19

Chapitre II: Généralité sur la salinité

1. Le stress chez les plantes.....	20
1.1. Définition du stress.....	20
1.2. Les différents types de stress.....	20
1.2.1. Le stress abiotique.....	20
1.2.1.1. Le stress hydrique.....	20

1.2.1.2. Le stress thermique.....	21
1.2.1.3. Le stress salin.....	21
1.2.2. Le stress biotique.....	22
2. La salinité des sols.....	22
2.1. Définition de la salinité.....	22
2.2.Origine des sols salés.....	22
2.2.1. Origine primaire.....	22
2.2.2. Origine secondaire.....	23
3. Les causes de la salinité des sols.....	23
4. Classification	23
4.1. Sols salin (Solontchaks).....	23
4.2. Les sols salin alcalins (solonetz).....	24
5. Caractéristique des sols salins.....	24
6. Répartition géographique des sols salés.....	24
6.1. En Algérie.....	24
6.2. Dans le monde.....	25
7. Les moyennes de prévenir la salinisation.....	26
7.1. Drainage.....	26
7.2. Lixiviation.....	27
7.3. Phytoremédiation.....	27
8. Effets de la salinité sur les plantes.....	27
8.1. Effet de la salinité sur la germination et la levée.....	28
8.2. Sur la croissance et le développement.....	28
8.3. Effet de la salinité sur la photosynthèse.....	29
8.4. Effet sur l'anatomie de la feuille.....	29
8.5. L'effet de la salinité sur les pigments photosynthétiques et les protéines.....	29
8.6. Effet de la salinité sur la morphologie de la plante	29
8.6.1. Effet de la salinité sur l'architecture de la plante.....	30
8.6.2. Effet de la salinité sur la partie aérienne	30
8.6.3. Effet de la salinité la partie racinaire	30
8.7. Effet de la salinité sur la physiologique de la reproduction.....	30
8.8. L'effet de la salinité sur l'eau dans la plante.....	31
8.9. Effet sur la nutrition minérale des végétaux.....	31
9. Comportement de la plante en milieu salin.....	31
10. Les mécanismes de résistance de plante face à un stress salin.....	32
10.1. L'exclusion.....	32
10.2. L'inclusion.....	32
10.3. L'accumulation.....	33
10.4. La réexcrétion	33
10.5. Changement dans le cheminement photosynthétique.....	33
10.6. Synthèse des protéines.....	33

Chapitre III: Matériel et Méthodes

1. L'objectif de l'essai.....	34
2. Présentation du site de l'essai.....	34
3. Matériel végétal.....	34
3.1. Semence de petit pois.....	34
4. Origine et caractéristiques des variétés.....	34
5. Solutions salées de l'NaCl.....	36
5.1. Installation et conduite de l'essai.....	36

5.2. Essai de croissance.....	38
6. Caractéristique de substrat.....	39
7. L'irrigation.....	39
8. Paramètre étudiée.....	40
8.1. Paramètre relatifs à la germination des graines.....	40
8.1.1. Essai en boîtes de pétrie.....	40
8.2. Paramètre relatifs à la croissance et le développement.....	40
8.2.1. Hauteur des plantes.....	40
8.2.2. Longueur de la racine principale.....	40
8.2.3. Poids frais de parties aériennes et souterraines.....	40
8.2.4. Poids sec des parties aériennes et souterraines.....	40
9. Traitement statistique des résultats.....	41

Chapitre IV : Résultats et Discussion

1. Essai de germination dans les biotes de pétri.....	42
1.1. Pourcentage de germination des graines.....	42
1.2. Longueur de radicule.....	43
1.3. La longueur de la tigelle.....	44
2. Essai de croissance et de développement des plantes dans les pots.....	45
2.1. Hauteur des plantes.....	45
2.2. La longueur de la racine principale.....	46
2.3. Le poids frais des parties aériennes et souterraines.....	47
2.4. Le poids sec des parties aériennes et souterraines.....	49
Conclusion	51

الملخص

Résumé

Abstract

Références bibliographiques

Annexe

Liste des abréviations

CE : Conductivité électrique.

C° : Degré Celsius.

Ca+ : Calcium.

CO₂ : Dioxyde de carbone.

Cl- : Chlorure.

DS/m : Déci Siemens.

ESP : échangeable sodium pourcentage.

FAO : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculteur.

Ha : hectare.

H₂O : Eau.

H : Heure.

G : gramme.

Kt : kilo tonnes.

Kcal : Calorie.

K+ : Potassium.

Mha : Million hectare.

Mg²⁺ : Magnésium.

Mg : milligramme.

mM : milimolaire.

NO₃- : Nitrite.

N : Azote.

Na₂CO₃ : Bicarbonate de sodium.

Na₂SO₄ : Sulfate de sodium.

Na+ : sodium.

Na Cl : chlorure de sodium.

P : phosphore

PH : Potentiel hydrogène

% : Pourcentage

Vol : volume

Liste des tableaux

N°	Titre	page
01	Présente de la valeur nutritionnelle moyenne pour 100 g de petit pois.	11
02	Représentation de la superficie et de la production de petit pois par rapport aux autres légumineuses alimentaires en Algérie en 2016.	12
03	La production mondiale des graines de petit pois (Moyenne de 2011 à 2014).	13
04	Superficie affectée par la salinité dans le monde.	26
05	Origine, le type variétal et les caractéristiques de chaque variété.	34
06	Description du dispositif expérimentale de l'essai de germination dans les boites de pétri.	37
07	Description du dispositif expérimental de l'essai de croissance dans les pots.	38

Liste des figures

N°	Titre	Page
01	Port générale de petit pois (<i>Pisum sativum L.</i>).	04
02	Système racinaire d'une plante de petit pois (<i>Pisum sativum L.</i>).	05
03	Feuilles et tiges de petit pois (<i>Pisum sativum L.</i>).	06
04	Fleur et fruit de petit pois (<i>Pisum sativum L.</i>).	07
05	Cycle de développement de petit pois (<i>Pisum sativum L.</i>).	08
06	Symptômes de l'ascochytozes des plantes de petit pois (<i>Pisum sativum L.</i>).	14
07	Symptômes de botrytis des plantes de petit pois (<i>Pisum sativum L.</i>).	15
08	Symptômes de mildiou des plantes de petit pois (<i>Pisum sativum L.</i>).	16
09	Symptômes d'oïdium des plantes de petit pois (<i>Pisum sativum L.</i>).	17
10	Symptômes de rouille des plantes de petit pois (<i>Pisum sativum L.</i>).	18
11	Répartition des sols salins du Nord de l'Algérie.	25
12	Essai de germination de petit pois.	36
13	Essai de croissance dans les pots et sous serre.	38
14	Pourcentage de germination (%) pour les différentes variétés de petit pois soumise aux différentes concentrations de NaCl (mM).	43
15	La longueur de la radicule (cm) des variétés de petit pois soumise aux différentes concentrations de NaCl (mM).	44
16	La longueur de la tigelle (cm) des variétés de petit pois soumise aux différentes concentrations de NaCl (mM).	45
17	La hauteur des plantes (cm) pour des différentes variétés de petit pois soumise aux différentes concentrations de NaCl (mM).	46
18	La longueur de la racine principale (cm) des variétés de petit pois soumise aux différentes concentrations de NaCl (mM).	47
19	Le poids frais de la partie aérienne (g) pour les différentes variétés de petit pois soumise aux différentes concentrations de NaCl (mM).	48

20	Le poids frais de la partie souterraine (g) pour les différentes variétés de petit pois soumise aux différentes concentrations de NaCl (mM).	49
21	Le poids sec de la partie aérienne (g) pour les différentes variétés de petit pois soumise aux différentes concentrations de NaCl (mM).	50
22	Le poids sec de la partie souterraine (g) pour les différentes variétés de petit pois soumise aux différentes concentrations de NaCl (mM).	50

Introduction générale

Introduction

Les légumineuses alimentaires sont parmi les cultures vivrières les plus cultivées par l'homme. Elles constituent une importante source protéique et se présentent comme un substitut aux protéines animales, disponible à travers les viandes rouge et blanches qui sont difficilement accessibles à de larges couches de la population. Les légumineuses sont une source importante d'azote pour le sol par leur capacité à fixer l'azote atmosphérique (**Hamadache et al., 1997**).

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

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

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

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

En Algérie, les facteurs qui contribuent à l'extension du phénomène de salinisation des terres sont liés à l'aridité du climat qui porte sur plus de 95% du territoire, la qualité

médiocre des eaux d'irrigation, le système de drainage souvent inexistant ou non fonctionnel et le conduit empirique des irrigations (**Saidi, 2004**).

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

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

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

Le présent travail vise à étudier l'effet comparatif des concentrations croissantes de chlorure sodium (NaCl) sur la germination et la croissance de plusieurs variétés de petit pois (*Pisum sativum* L.) cultivées en Algérie, en estimant plusieurs paramètres liés à la germination et au développement des plantules après l'exposition des graines à de différentes concentrations de NaCl .

Chapitre I :
Données
bibliographiques sur
le petit pois

1. Origine et historique du petit pois

Le petit pois, aussi appelé pois potager l'un des plus vieux légumes cultivés en Europe et en Asie. En Iran, en Palestine, en Grèce ou encore en Suisse, le petit pois était déjà présent il y a 10.000 ans. Sa consommation fraîche est relativement récente. Il s'est implanté en France au XVII^e siècle en passant par l'Italie et les Pays-Bas. Il se développa rapidement autour de Paris [1].

Des traces évidentes d'utilisation du pois ont été retrouvées dans de nombreux vestiges, il y a 9 à 10.000 ans en Anatolie en Iran, en Grèce et en Palestine, d'où l'idée que le pois serait originaire de l'Orient, de l'Inde ou de la Perse, et qu'il aurait ensuite été importé en Asie mineure et en Europe par les peuples aryens, importation très ancienne, puisque des pois ont été trouvés à l'âge de bronze en Suisse dans les cités lacustres (**Fondevilla et al., 2011**).

Des restes de pois datant de deux millénaires avant Jésus-Christ ont également été découverts à Paris autour de l'arc de Carrousel au Louvre. L'antiquité grecque avec le botaniste Théophraste (300 ans avant J.C) connaissait le pois ainsi que l'antiquité latine avec Pline et Columelle. Actuellement il existe plusieurs milliers de variétés de pois dans le monde, qui résultent d'un travail important de sélections entrepris depuis plus d'un siècle.

Au moyen-âge le pois constituait avec les céréales la principale ressource alimentaire pendant les fréquentes famines. Puis il fut cultivé comme légume frais, le pois devient alors un légume printanier très apprécié. Le développement des industries de la conserve et de la surgélation permit de fournir aux consommateurs ce légume cuisiné prêt à l'emploi toute l'année. De 1950 à 1975, la culture du pois fut en pleine expansion. En 25 ans, la conserverie du petit pois atteignait 2700000 tonnes de pois et 510000 tonnes de pois carotte à l'échelle mondiale (**Collard et al., 2005**).

Ainsi, depuis très longtemps, le pois a été utilisé en alimentation humaine et animale sous différentes formes : plante entière, gousses, grains frais au sec, avec les différents types de pois sauvage, fourrager, potager de conserve, de casserole et protéagineux (**Timmerman et al., 1996**).

2. Description de la plante

Le petit pois (*Pisum sativum L*) c'est une plante diploïde :($2n=14$ chromosome), appartient à la famille des légumineuses (Fabacées) (**Krajinski et al., 2011**), autogame (**Deulvot et al., 2010**), annuelle, parfois cultivée comme une bisannuelle. Sa croissance est indéterminée suivant les variétés, c'est-à-dire que le nombre de nœuds de la tige n'est pas fixé génétiquement mais reste sous la dépendance de facteurs externes (**Prioul et al., 2004**).



Figure 01 : Port générale de petit pois (*Pisum sativum L.*) [2]

2.1. Appareil végétatif

2.1.1. Système racinaire

Le petit pois forme une racine principale pivotante et des racines secondaires latérales. [3] La racine principale est peu développée, et se ramifie fréquemment, les racines secondaires sont assez nombreuses portant des nodosités abondantes dans les 30 premiers centimètres. Le système racinaire au début de sa croissance est infesté par les bactéries symbiotiques fixatrices d'azote, la racine réagit par la formation des nodosités qui vont croître avec la croissance racinaire jusqu'à la floraison de la plante (**Weeden et al., 1998**).

Les nodules développés sur les racines permettent la fixation symbiotique de l'azote atmosphérique pour satisfaire 80% des besoins de la plante en azote assimilable. Cette

fixation symbiotique est à son optimum à la floraison et chute très rapidement par la suite (Slama, 1998).



Figure 02 : Système racinaire du petit pois. [4]

2.1.2. Feuille et tige

Les feuilles sont composées, alternes et se présentent sous différentes teintes, du vert jaune au vert bleu foncé, les folioles sont entières ou plus au moins dentées, de forme ovale au elliptique, leur extrémité est arrondie, pointue ou tronquée ; leur nombre est variable, le pétiole se termine par plusieurs vrilles qui tiennent la place des dernières folioles (Prioul *et al.*, 2004). Actuellement il existe d'autres types de morphologies foliaires issues de mutation, les principaux types cultivés sont :

- ✓ Les semis leafless, dont la forme afile : folioles transformées en vrilles et stipules normales.
- ✓ Les leafless : folioles transformées en vrilles et stipules réduites : type Filby
- ✓ Les rogues à l'oreille de lièvre : folioles et stipules allongées type : progteta.

A la base de chaque feuille figurent deux grandes stipules souvent plus amples que les folioles. Selon la variété, la face supérieure des stipules comporte plus au moins de taches blanches appelées macules, correspondant un décollement de l'épiderme (Loridon *et al.*, 2005).

La tige de petit pois est herbacée de hauteur variable, creuses et grêles, arrondies ou légèrement angleuses (**Prioul *et al.*, 2004**). La hauteur de la tige principale, est mesurée à la fin de la récolte de toutes les gousses dont les graines ont atteint leur maturité physiologique (graine sec) (**Ferdaous, 2015**).



Figure 03 : feuille et tige du petit pois. [5]

2.2. Fleur et fruit

La fleur est caractéristique des papilionacées : zygomorphe (Symétrie bilatérale), pentamère, hermaphrodite, cyclique (Verticilles successifs de pièces florales) (**Xing *et al.*, 2005**).

La fleur se développe en une gousse de longueur variable entre 6 et 8 cm et contient 4 à 12 graines. La couleur des gousses varie du vert jaunâtre au vert foncé, elles peuvent être, tronquées ou pointues, arquées ou droites. Les gousses se présentent soit à l'état isolé (caractère monocosse), ou par deux (caractère bicosse) et parfois même par trois.

Les graines de petit pois sont riches en protéines qui s'accumulent au cours de leur développement, à la maturité des graines, les quantités relatives des protéines changent, les températures moyennement élevées accélèrent la maturation des graines, nuisent leur qualité et provoquent l'éclatement prématuré des gousses (**Nakamura *et al.*, 2008**).



Figure 04 : fleur et fruit du petit pois. [6]

3. Classification botanique de petit pois

Le petit pois, *Pisum sativum* appartient à la classe des dicotylédones, à la famille des légumineuses (Fabacées) et la sous famille des papilionacées (Fondevilla *et al.*, 2011).

Le plan taxonomique de petit pois se rattache à :

Règne : végétal.

Embranchement : Spermaphytes.

Sous embranchement : Angiospermes.

Classe : Dicotylédones.

Sous-classe : Dialypitale.

Ordre : Fabales.

Famille : Fabacée.

Sous-famille : Papilionacées.

Genre : *Pisum*.

Espèce : *Pisum sativum* L. [7]

4. Cycle de développement de petit pois

Le cycle développement du petit pois comprend deux périodes : périodes végétative et périodes reproductrice

Période végétative : s'étend de la germination jusqu'à la ramification. La germination du petit pois est hypogée (Les cotylédons restent dans le sol) sa durée est entre 15 et 25 jours (Callum *et al.*, 1997).

Période reproductrice : cette période est marquée par l'apparition est le développement des nœuds pour la première fleur. Les fleurs naissent à l'aisselle des feuilles, les pédoncules de longueur variable, une, deux et parfois trois fleurs au plus (Krawczak, 1999).

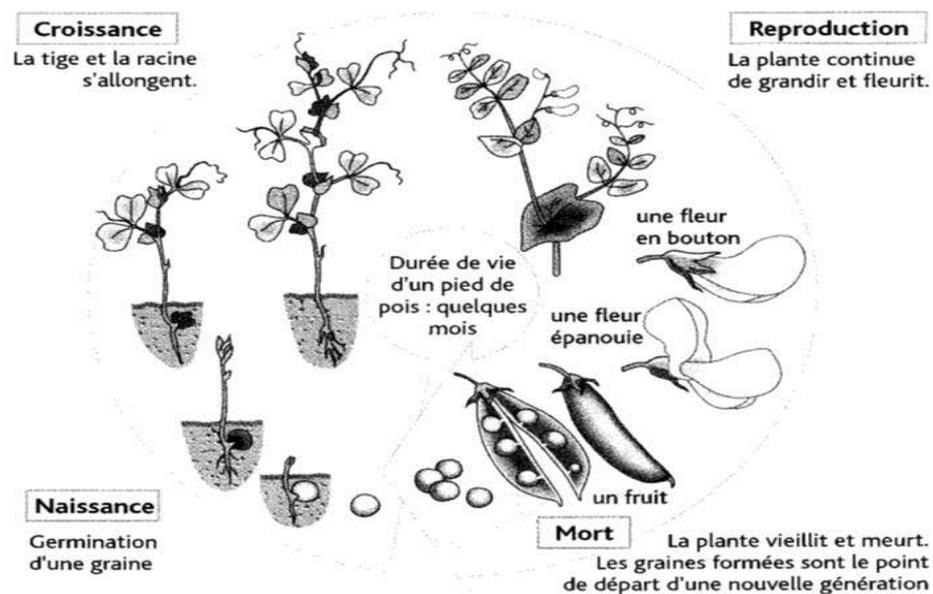


Figure 05 : Cycle de vie de petit pois. [8]

5. Types de pois

L'espèce *Pisum sativum* fournit plusieurs types d'aliments tant pour l'homme que pour les animaux :

- ✓ Les pois sec, c'est-à-dire les graines récoltées à maturité, constituent un légume sec, et sont aussi donnée aux animaux domestiques soit telles quelles (volailles, oiseaux) soit sous forme de farines (ovins, bovins et caprins) : ces graines sont

aussi une matière première pour l'industrie de transformation (amidonnerie, extrait protéique).

- ✓ Les pois frais, soit sous forme de graines immatures, soit de gousses entières également immatures, un légume frais, appelé petit pois.
- ✓ La plante entière fournit un fourrage au ruminant, soit en sec, soit en vert, frais ou ensilé, les pailles sont aussi utilisées, c'est-à-dire les fanes restant sur le terrain après la récolte des gousses ou des graines (**Khairi et Lamani, 2009**).

5.1. Les variétés de petit pois

- Le pois lisse : présente une semence bien ronde. Il produit un grain fin dont la teneur en amidon est élevée (42 à 49%). Ce qui lui confère une saveur légèrement farineuse ; sa richesse en amidon permet une reprise en eau au cours de la stérilisation, et par conséquent un bon rendement industriel (**Moreno, 2009**).
- Le pois ridé : produit des grains de plus gros calibre présentant des flétrissements à l'état sec. Sa teneur en amidon est plus faible que celle du lisse (20 à 35%), et sa nature différente, ce qui lui donne une texture moins farineuse et un goût plus sucré. La plus forte proportion d'amylose du pois ridé accroît par ailleurs capacité de rétention d'eau, d'où un démarrage de la déshydratation retardée par rapport au pois lisse qui explique une plus grande souplesse à la récolte (**Loridon et al., 2005**).

6. Exigences pédoclimatiques

6.1. Climat favorable

La sécheresse est funeste aux pois qui préfèrent un climat tempéré et humide. Les températures optimales situées entre 21°C et 29°C pendant le jour et entre 15 et 21°C pendant la nuit. Les pois ne vivent pas à l'ombre, ils ne supportent pas les températures à moins 6°C (**Varshney, 2011**).

6.2. Les exigences hydriques

Le pois tolère un peu à la sécheresse, et ne supporte pas les excès hygrométriques. La culture du pois peut être conduite en irrigué ou en sec dans les régions où la pluviométrie

est supérieure à 350mm. Les besoins en eau sont maximaux à partir de la floraison et plus spécialement lors du remplissage des gousses (**Ferdaous, 2015**).

6.3. Le sol

Les pois aiment les sols légers frais et sains. Dans les sols calcaires, ils végètent misérablement et leurs grains durcissent. Dans les sols argileux, ils résistent mal aux gelées tardives et ils pourrissent les sols peu légers qui se réchauffent vite assurant leur précocité, les sols silico-argileux et argilo-calcaire assurent les meilleurs rendements. Le pH du sol convenable est de l'ordre de 6 à 6,6 (**Ferdaous, 2015**).

7. Importance de la culture de petit pois

7.1. Importance nutritionnelle

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

Les pois sont aussi riches en protéines. Celles-ci, à teneur élevée en lysine, sont toutefois déficientes en certains acides aminés essentiels comme la méthionine et le tryptophane. En les associant avec des aliments à base de céréales tel que le pain, qui sont au contraire déficients en lysine, on obtient une bonne complémentarité. Les pois sont une bonne source de minéraux : potassium, phosphore, calcium et fer ; ainsi que de vitamines B, notamment de folate, vitamine B9 et vitamine C. Ils se distinguent également par leur très faible teneur en matières grasses. Les petits pois sont plus riches en eau (74 %) et en sucres solubles que les pois secs, Ils sont aussi intéressants pour leurs apports en fibres (**Holwach et al, 1982**

Tableau 01 : valeur nutritionnelle moyenne pour 100g de pois (Tacques, 1985).

Glu/lipides/port	Vitamines	Sels Minéraux	Acides aminés essentiels	Divers
Glucides 56g	Vitamine B1 0,7mg	Calcium 60mg	Isoleucine 930mg	Eau 12g
Lipides 1.7g	Vitamine B2 0,2mg	Chlore 50mg	Leucine 1480mg	Fibre 15g
Protides 23g	Vitamine B3 3,1mg	Fer 5,5mg	Lysine 1620 mg	Cellulose 5g
	Vitamine C 3mg	Potassium 930mg	Méthionine 210mg	
	Vitamine K 93mg	Magnésium 130mg	Phénylalanine 1000mg	
		Sodium 40mg	Thréonine 860mg	
		Phosphore 380mg	Tryptophane 210mg	
		Soufre 219mg	Valine 1000mg	
		Zinc 3,5mg		

7.2. Importance agronomique

Souvent, l'agriculteur est intéressé par la culture de pois visant ses atouts agronomiques. En effet, le pois est capable de fournir ses besoins en azote par une simple fixation symbiotique de l'azote atmosphérique. Cette fixation se fait grâce à une interaction entre les plantes de pois et les souches de *rhizobium* qui sont des bactéries Gram négatif, en forme de bâtonnets mobiles. Ces bactéries induisent chez la plante la formation des nodules sur les racines. En grande culture, l'agriculteur peut utiliser le pois en tête de

rotation pour profiter de l'enrichissement du sol en azote. Malgré ces caractéristiques nutritionnelles et agronomiques, une régression des superficies des cultures des légumineuses et en particulier le pois a été observée. Cette régression est due à plusieurs contraintes biotique est abiotique, notamment les ravageurs et les maladies (**Broughton et Dilworth, 1971**).

8. Les zones de culture et de production du petit pois

❖ En Algérie

Les légumineuses alimentaires en Algérie ont toujours occupé, sur le plan de la superficie, elles occupent le troisième rang après les céréales et les fourrages. Leur superficie soit de l'ordre de 90 mille ha représentant 0,21 % de la superficie agricole utile en 2014. Les espèces les plus cultivées sont dans l'ordre : **le pois sec**, la fève, le pois chiche, les lentilles et le haricot sec (**MADR, 2014**). Les régions les plus occupées par la culture de pois sont : Skikda, Guelma, Ain t'émouchent et Ain Alda fla.

Tableau 02 : Représentation de la superficie et de la production de petit pois par rapport aux autres légumineuses alimentaires en Algérie en 2016 (**ITGC ,2016**).

Cultures	Superficie (Ha)	Production (T) /an	Rendement (T/Ha)
Fève/féverole	39977	44807,4	1,12
Pois chiche	25497	24903,3	0,98
Petit pois	11213	11050,3	0,98
Lentille	6330	4945,4	0,78
Haricot-sec	1788	1420,7	0,79
Gesse	265	265,0	1
Total	85070	87392,2	

❖ Au niveau mondial

Les principaux pays producteurs sont le Canada, la Russie et la Chine. La culture du petit pois est considérée parmi les plus anciennes dans les pays d'Afrique. De l'Éthiopie, du Burundi, de la Tanzanie, de l'Ouganda et du Rwanda [9]. En Inde,

Pakistan et Bengladesh, le pois sec est de plus en plus consommé sous forme de farine, comme dans de nombreux autres pays, il est aussi consommé sous forme de petits grains verts ou jaunes et cuisiné comme des haricot, mais aussi sous forme de grains cassés généralement jaunes, sans le tégument, appelés « dal » en Inde. En France, où l'on recherche plutôt des aliments à faible apport énergétique, la consommation se fait aujourd'hui se forme de « petit pois ». L'alimentation de certains porcs peut ainsi contenir plus de 30% de pois. [10]

Tableau 03 : La production mondiale des graines de petit pois (Moyenne de 2011 à 2014). [11]

Les pays	Productions (K t)
Russie	1900
Canada	3300
Chine	1200
Inde	600
France	600
USA	550
Australie	320
Total	11000

9. Maladies et principaux insectes ravageurs de petit pois

9.1. Maladies cryptogamiques

Des nombreuses maladies cryptogamiques sont susceptibles d'affecter les cultures de petit pois.

9.1.1. Ascochytose : Les ascochytooses sont causées par trois champignons étroitement apparentés. On trouve ces maladies partout où le pois est cultivé, particulièrement dans les zones tempérées. Les pertes peuvent atteindre 50% chez le pois de conserverie, surtout s'il est infecté par le *Mycosphaerella pinodes*. Les symptômes diffèrent selon le champignon en cause :

- ✓ *Ascochyta pisi* : lésion beiges à bordures foncées, avec au centre de nombreuses ponctuation noires (pycnides).
- ✓ *Ascochyta pinodes* ou *Mycosphaerella pinodes* : petites ponctuation noires pouvant s'agrandir et se rejoindre pour former de larges taches foncées. Attaques fréquentes à la base des tiges (nécroses noirâtres).



Figure 06 : Ascochytose du pois. [11]

Plusieurs moyens ont été utilisés pour lutter contre cette maladie, parmi lesquels :

- ✓ Rotation de 5 ans entre deux légumineuses.
- ✓ Traitement de semences qui assure une protection efficace durant six semaines environ.
- ✓ Maîtrise de la fumure, l'irrigation afin d'éviter les excès de végétation et limiter la verse des plantes.
- ✓ Protection fongicide à partir de la floraison (Ali *et al.*, 1978).

9.1.2. Botrytis ou pourriture grise

Le botrytis est l'une des principales maladies du petit pois. Il n'apparaît qu'en fin de cycle, à partir de la floraison. Le champignon responsable, *Botrytis cinerea*, est présent dans le sol à l'état endémique, Il pénètre dans les plantes à partir de taches de mildiou, de blessures (grêle, piqures d'insectes..) ou d'organes sénescents tels que les pétales fanés. Une pourriture grise apparaît sous forme de tache sur les feuilles, Les tiges et les gousses. Il y a alors perte de rendement par coulure de fleurs, avortement de gousses et mauvais remplissage des grains. En condition humides, la maladie se propage très rapidement à toute la plante, puis à toute la parcelle. L'optimum thermique se situe autour de 15-20 C°. Les cultures denses mal aérées ou versées sont un terrain de prédilection pour la maladie. [12]

Plusieurs méthodes sont préconisées pour lutter contre cette maladie parmi lesquelles.

- ✓ Eviter les excès de végétation en limitant la fourniture d'azote par le sol (fumure organique).
- ✓ Préférer les variétés à port léger et dressé.
- ✓ Eviter des peuplements trop denses (semis de précision).
- ✓ Soigner le désherbage.
- ✓ Protection fongicide préventive dès la floraison en alternant les matières actives pour éviter l'apparition de souches résistantes. [12]



Figure 07 : Botrytis du petit pois. [13]

9.1.3. Mildiou

Le mildiou provoqué par *Péronospora* apparaît quand le climat est froid et humide. Il est caractérisé par des taches jaunâtres sur les feuilles et un duvet blanc puis violacé à leur face inférieure.



Figure 08 : Mildiou du petit pois. [14]

La lutte contre le mildiou doit viser à éviter le développement et la propagation de la maladie par :

- ✓ Rotation de 5 ans minimum entre deux cultures de pois (protéagineux et conserve)
- ✓ Traitement de semences en protégeant les pois jusqu'au stade 5 feuilles environ, pour limiter les infections primaires.
- ✓ Utilisation de variétés peu sensibles.
- ✓ Broyage et enfouissement des fanes de pois aussitôt la récolte pour faciliter la destruction des spores (Kabir *et al.*, 2012).

9.1.4. Oïdium du pois

L'oïdium, causé par *Erysiphe polygoni*, se rencontre surtout dans les cultures maraîchères, et les pépinières. Cette maladie se développe en liaison avec l'intensification des cultures de pois protéagineux. L'oïdium est désigné par un feutrage blanchâtre sur les feuilles et les rameaux. Cette maladie cause des dégâts considérables, elle peut entraîner une réduction de 50 % du rendement. La lutte contre cette maladie peut être préventive sur les variétés

sensibles, elle est basée sur l'emploi de plusieurs matières actives anti fongiques, ou menée de façon curative (dès les premiers symptômes) avec du soufre. Les résultats sont généralement bons dans la mesure où il s'agit d'un mycélium superficiel. De même les pratiques culturales (rotation) sont considérées parmi les moyens de lutte contre l'oïdium du pois (**Rengasamy, 2006**).



Figure 09 : Oïdium du petit pois. [15]

9.1.5. Rouille

La rouille causé par (*Uromyces pisi*) est commune chez le pois. Elle apparait sous forme de petites taches blanches et poudreuses qui colonisent d'abord les feuilles âgées. Le cycle biologique du champignon est complexe avec ses cinq stades reproductifs. Il n'a pas d'hôtes intermédiaires (**Mohamed et al., 1983**). Une rotation des cultures de deux ans empêche l'accumulation de l'inoculum fongique. (**Laundon et Waterston, 1965**).



Figure 10 : Rouille du pois. [16]

9.2. Les insectes ravageurs

9.2.1. Thrips : Le thrips prolifère principalement dans les parcelles de pois de printemps, et perfore les cellules épidermiques à l'aide de ses stylets et vide leur contenu. Les symptômes les plus observés sont : nombreuses ramifications, plante chétive et naine, feuilles gaufrées et couvertes de taches jaunes ou brunes. En pois d'hiver, il n'a jamais été observé de dégâts de thrips, traitez contre les thrips dès que le seuil de nuisibilité est atteint (1 thrips par plante) entre les stades levée et 2-3 feuilles avec un pyréthrinomide homologué. [17]

9.2.2. Sitone du pois : Il apparaît au mois de mars au moment du semis des pois. Cette espèce mordille et sectionne les jeunes pousses, effectuant des découpures marginales très caractéristiques des feuilles. La présence de Sitone dans la parcelle se traduit par celle d'encoches semi-circulaires sur le bord des feuilles. Les prélèvements foliaires liés aux Sitone adultes ne sont pas nuisibles. En revanche, les larves le sont puisqu'elles détruisent les nodosités. La limitation des attaques larvaires passe par la gestion des adultes avant leur entrée en ponte. Intervenez à partir de 5 à 10 encoches par plante sur les feuilles les plus jeunes, de la levée au stade 5-6 feuilles en pois de printemps, et jusqu'au stade 8-10 feuilles en pois d'hiver (Bovey *et al.*, 1972).

9.2.3. Le puceron : Tout le cycle se déroule sur le pois et les fabacées. La précocité de son installation dans les cultures explique en grande partie sa nuisibilité, chez le pois de nombreux ennemis naturels contribuent à la lutte biologique contre le puceron de pois,

mais souvent ils ne réussissent pas à protéger les cultures contre les pertes importantes des rendements et la lutte chimique on recommande d'application un insecticide dans les jours qui suivent (**Lafranchis, 2001**). La lutte chimique est recommandée dès que des colonies de puceron sont détectées dans le champ en particulier avant la floraison (**Bulletin OEPP/EPPO, 1998**).

9.2.4. Tordeuse : Cette espèce est un ravageur sporadique qui passe habituellement inaperçu. La larve se nourrit à l'intérieur de la gousse et hiverne dans le sol. Le traitement chimique par un insecticide au début de floraison peut être efficace contre la chenille (**Gerber, 1983**).

9.2.5. La bruche du pois : est un ravageur sporadique dans les régions de culture du pois. La larve creuse un trou dans le pois et n'y a qu'une larve par graine. L'adulte se développe à l'intérieure de la graine à la fin de l'été et hiverne dans les pois entreposés ou laissés en champ (**Gerber, 1983**). Pour lutter contre ce ravageur, des pulvérisations d'insecticides peuvent être appliquées contre les adultes dès qu'une infestation est détectée mais avant la formation des pois dans les premiers gousses (**Bulletin OEPP/EPPO, 1998**).

Chapitre II :

Généralité sur la

salinité

1. Le stress chez les plantes

1.1. Définition du stress

Le stress est un ensemble de conditions qui provoque des changements de processus physiologique résultant éventuellement en dégâts, dommages, blessures, inhibition de croissance ou de développement (**Menacer, 2007**).

Selon **Levitt (1980)**, c'est un facteur de l'environnement induisant une contrainte potentiellement néfaste sur un organisme vivant.

Un stress désigne à la fois l'action d'un agent agresseur, et les réactions qu'il entraîne dans l'organisme agressé ; une force qui tend à inhiber les systèmes normaux (**Jones et al., 1989**).

1.2 . Les différents types de stress

Chez les végétaux, les principaux stress peuvent être classés, tout dépendant de la nature de l'agent stressant, en deux catégories : biotique et abiotique (**Orcutt et Nilsen, 2000**).

1.2.1. Le stress abiotique

Levitt (1972), a défini le stress abiotique comme un facteur environnemental susceptible de déclencher chez les plantes des modifications chimiques ou physiques dommageables. Ces modifications représentent la contrainte qui peut être plastique ou élastique.

Selon **Boyko et Kovalchuk (2011)**, le stress abiotique est une réponse de la plante à des changements environnementaux (lumière, eau, carbone, minéraux...), induisant une réduction de développement et de croissance.

Ce type de stress comprend :

1.2.1.1 Le stress hydrique

Le stress hydrique est l'un des stress environnementaux les plus importants perturbant les processus de métabolismes et affectant la productivité agricole autour du monde (**Boyer, 1982**).

Le stress hydrique du sol doit être décomposé en déficit hydrique et l'excès d'eau entraînant l'asphyxie. Il peut limiter ainsi la croissance des végétaux, en modifiant le lieu entre la disponibilité et les besoins (**Bezzala, 2005**).

D'autres auteurs limitent la définition du stress hydrique aux seules conditions correspondant à une hydratation suboptimale des tissus (**Lamaze, 1994**).

1.2.1.2 Le stress thermique

La sensibilité des plantes aux températures extrêmes et très variables, certaines sont tuées ou lésées par des baisses modérées de température, alors que d'autres parfaitement acclimatées, sont capables de survivre au gel (**Hopkins, 2003**). Tandis que **Yan et Hunt (1999)**, ont rapporté les basses températures comme l'une des défis environnementaux les plus graves aux plantes. D'autre part les températures élevées induisent la synthèse des protéines particulières. Chaque plante exige une température optimale de croissance et de développement, qui ne peuvent se dérouler qu'entre des limites supérieures et inférieures. Lorsque la température avoisine ces limites, la croissance diminue et au-delà elle s'annule (**Hopkins, 2003**).

1.2.1.3 Le stress salin

L'eau est un élément important pour les plantes, lorsque se produit un stress salin, le végétal rencontre un problème, en absorbant le sel qui affecte les activités physiologiques des cellules d'une part, et l'abaisser du potentiel hydrique du sol qui a un impact sur l'alimentation de la plante en eau d'autre part (**Derkaoui, 2009**).

Les dommages causés par le stress salin à long terme sont surtout le déséquilibre ionique et la toxicité provoqués par le Na⁺, plutôt que l'effet du sel sur le potentiel hydrique réduisant la disponibilité en eau (**Belkheiri, 2008**). De plus l'augmentation de Na Cl diminue l'absorption du potassium et du calcium et interfère avec leurs fonctions physiologiques (**Yoshida, 2002**). Les plantes ont des réponses différentes à cette contrainte, les glycophytes leur croissance est réduite (**Hopkins, 2003**). Par contre les halophytes ont développé des réponses physiologiques vis-à-vis de ce problème (**Heller et al., 2004**).

Le stress salin s'applique sur la plante sous deux types de contraintes. D'abord le sel provoque un effet osmotique, lorsque les racines sont en contact avec lui. Pui il entraine

un stress ionique au niveau des feuilles lorsque la concentration en sel est élevée et devient toxique (**Munns et tester, 2008**).

1.2.2 Le stress biotique

Le stress biotique est due à une agression d'un autre organisme comme les virus, les organismes phytophages et les pathogènes. Afin d'y faire face, la plante met en place un système de défense qui fait intervenir une chaîne de réactions. Les protéines végétales défensives produites font office de rempart contre les agents nuisibles (**Shilpi et Narendra, 2005**).

2. La Salinité des soles

2.1. Définition de la salinité

Selon **Mermoud (2006)**, la salinité est un processus d'accumulation de sels à la surface du sol et dans la zone racinaire qui occasionne des effets nocifs sur les végétaux et le sol. D'autre par la salinité est définie comme la présence de concentrations excessives de sels solubles dans le sol tels que ; les chlorures, les carbonates ou sulfates, de manière anormalement élevées comme état toxique (**Asloum, 1990**). La salinité des sols et des eaux constitue un obstacle majeur sur la germination et la croissance des végétaux. Elle est considérée comme un facteur limitatif majeur de la productivité agricole, ces charges en sels soumettent les plantes à un stress permanent (**Bennabi, 2005**).

Une forte salinité est également présente sur les rives de lacs intérieurs, qui accumulent du sel du fait de l'évaporation, plus de cette catégorie, les sols très salés sont constitués par les terres agricoles qui ont été très irriguées (**Flower et al., 1977**).

2.1. Origines des sols salés

2.1.1. Origine primaire

La salinité est dite primaire lorsqu'elle est due aux sels se formant in situ au cours du processus d'altération des roches (**Jacob et al., 1998**). La migration et le dépôt de ces sels solubles dépendent de l'intensité et de la répartition des précipitations, du degré de porosité du sol et d'autres caractéristiques du milieu naturel (**Cheverry et Robert, 1998**). La mise en valeur des terres affectées par la salinité primaire est généralement très difficile (**Mian et al., 1977**).

2.1.2. Origine secondaire

Dans les zones à climat aride et semi- aride, la pratique de l'irrigation représente l'une des plus importantes causes de la salinisation secondaire, actuellement il y a environ 350 millions d'hectares irrigués dans le monde (**Szabolcs, 1994**). Ces chiffres sont susceptibles d'être augmentés à l'avenir.

Lorsque l'eau souterraine est la seule source disponible pour l'irrigation, trop grande salinité peut causer une accumulation de sels dans la zone racinaire des cultures (**Maillard, 2001**).

En Algérie, près de 10-15 % de terres irriguées, sont concernées par le problème de la salinisation. Bien que le problème d'alcalinisation, ne se pose plus, on estime que les terres salinisées seront difficilement récupérables. (**Daoud et Halitim, 1994**).

3. Les Causes de la salinité des sols

Plusieurs recherches ont démontré que les principales causes de la salinité des sols sont : les rares précipitations, l'évaporation élevée, l'irrigation avec l'eau saline et les pratiques culturales en premier lieu ou les terres agricoles productives deviennent impropres à cause de la qualité inférieure de l'eau d'irrigation. De plus, le fort éclaircissement et les rares pluies dans les régions arides et semi arides affectent considérablement le rendement des cultures (**Ashraf et Foolad, 2007 in Hammia, 2012**).

4. Classification des sols salés

La classification des salés est définie par rapport à leurs caractéristiques physiques et chimiques. Selon (**Szabolcs, 1994**), deux groupes principaux de sols salés se distinguent:

4.1. Les sols salins (Solontchaks): ont pour principales caractéristiques leur richesse en sels de sodium neutres (Na Cl chlorure de Sodium, Na₂ So₄ sulfate de sodium) mais contenant également des quantités appréciables d'ions chlorites et de sulfates de sodium, calcium et magnésium. Ces sols sont généralement dominants dans les régions arides et semi-arides (**Maillard, 2011**).

4.2. Les sols alcalins (Solonetz): sont riches en sodium échangeable et en revanche pauvres en sels solubles (sels alcalins, carbonates et bicarbonates de sodium, Na_2CO_3 principalement) les sols alcalins se trouvent plutôt dans les zones semi-aride et sub-humide (Maillard, 2001).

5. Caractéristique des sols salins

Les sols salés sont en relation étroite avec la présence de l'ion sodium Na^+ , sous des formes ; NaCl ou Na_2SO_4 , Parfois les deux. Ces sols sont riches en sels solubles ou en sodium adsorbé (sols sodiques ou alcalins) :

- Les sols salins (Solontchaks), leur principale caractéristique est la richesse en sels de sodium neutres (NaCl , Na_2SO_4), mais contenant également des quantités appréciables d'ions chlorites et de sulfates de sodium, calcium et magnésium. Ces sols sont généralement dominants dans les régions arides et semi - arides.
- Les sols alcalins (Solonetz) sont riches en sodium échangeable et en revanche pauvres en sels solubles (sels alcalins, carbonates et bicarbonates de sodium, Na_2CO_3). Les sols alcalins se trouvent plutôt dans les zones semi-aride et subhumide.

Ces deux types de sols sont caractérisés par des propriétés chimiques et physiques optimale à la plante, mais ces sels aussi provoquent des effets indésirables sur la croissance et le développement de la plante, lorsqu'ils dépassent leur équilibre dans le sol, et situé en stress (Maillard, 2001).

6. Répartition géographique des sols salés

6.1. En Algérie

Les sols salés sont très répandus en Algérie essentiellement dans les zones arides et semi-arides ; des travaux effectués par différents auteurs montrent que la majorité des sols agricoles en Algérie sont affectés par les sels (Haltim, 1985).

L'estimation des sols affectés par la salinité révèle que 3,2 million d'hectares subissent à des degrés de sévérité variable, le phénomène de salinisation, dont une bonne partie se trouve localisée dans les régions steppiques où le processus de salinisation est

plus marqué du fait des températures élevées durant presque toute l'année, du manque d'exutoire et de l'absence de drainage efficient (Szablocs, 1989).

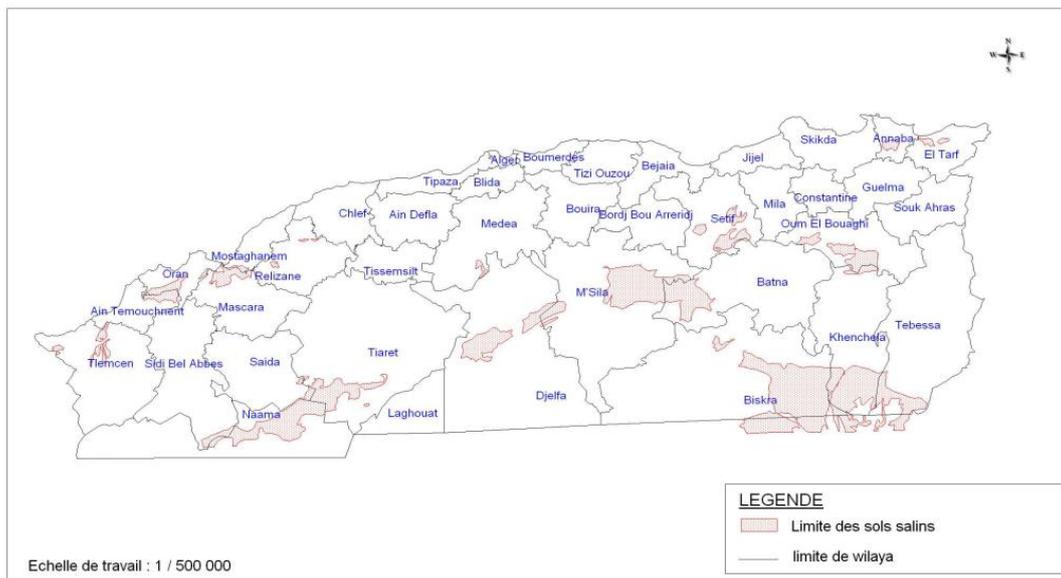


Figure 11 : Répartition des sols salins dans le Nord de l'Algérie (INSID 2008).

6.2. Dans le monde

La salinisation des terres est un problème majeur à l'échelle mondiale. Selon la FAO, et les estimations les plus récentes, elle affecte déjà au moins 400 millions d'ha et en menace gravement une surface équivalente. Elle est donc très importante quantitativement puisque, encore une fois, nous n'avons qu'un milliard et demi d'ha cultivés sur la Terre (Legros, 2009). Dans le monde en général et au Cameroun en particulier, les zones semi-arides et les régions littorales présentent de fortes teneurs en sel (Brun, 1981).

Selon Bot *et al.* (2000), le monde perd en moyenne 10 ha de terres cultivables par minute, plus de 1,5 Mha par an à cause de la salinisation.

En Afrique, près de 40 Mha sont affectés par la salinisation, soit près de 2% de la surface totale, en Tunisie 25%, en Afrique du Sud environ 9%. Au Proche-Orient, près de 92Mha sont touchés, soit environ 5% de la surface totale. Au Pakistan, plus de 25% des surfaces irriguées sont salinisées, (Mashali *et al.*, 2005).

Au Maroc, la salinisation des sols agricoles commence à prendre de l'ampleur avec l'extension des superficies irriguées, près de 500 000 d'hectares des terres arables sont sujets à une salinisation croissante (**Memecee, 2015**).

Tableau 04 : Superficie affectée par la salinité dans le monde (**Lasram, 1995**).

Continents	Surface (millions /ha)
Amérique du Nord	15.7
Mexique et Amérique Centrale	2
Amérique de Sud	129.2
Afrique	80.5
Asie du Sud	87.6
Asie de Nord et Asie centrale	211.7
Asie de Sud-Est	20
Australie	357.3
Europe	50.8
Total	954.8

7. Les moyens de prévenir la salinisation des sols

7.1. Drainage

C'est un processus de suppression naturelle ou artificielle des excès d'eau souterraine et de surface et des sels dissous dans les terres afin d'améliorer la production agricole. Dans le cas du drainage naturel, l'excès d'eau s'évacue des champs jusqu'aux lacs, marécages, fleuves et rivières. Dans un système artificiel, l'excès d'eau souterraine ou de surface est éliminé par des canalisations souterraines ou de surface [18].

7.2. Lixiviation

Percolation lente de l'eau à travers le sol permettant la dissolution des matières solides qui y sont contenues. Le liquide résultant est appelé lixiviat. Par exemple, l'eau peut ainsi se charger en substances toxiques lors de la traversée des sols ayant servi de décharges, ou des sols contenant des nitrates en quantité. C'est une technique utilisée pour décontaminer des terres ou des déchets pollués par des éléments organiques ou minéraux [19].

7.3. Phytoremédiation

La Phytoremédiation émerge comme une nouvelle technologie qui utilise les plantes vertes et des microorganismes associés (bactéries, champignons) pour le nettoyage d'un environnement pollué (Aoun, 2009).

Plusieurs études ont identifié des espèces végétales hyper accumulatrices, principalement des halophytes très prometteuses pour le dessalement des sols salins. Cette capacité de dessalement a été principalement estimée par des mesures effectuées en sols salins, et des expérimentations consistant à cultiver des halophytes sur ces sols. La comparaison de la salure des sols en début et à la fin de l'expérimentation montrée l'aptitude des halophytes à extraire une quantité appréciable de sel (Abdelly, 2006).

8. Effets de la salinité sur les plantes

La salinisation des sols se manifeste comme l'un des principaux facteurs affectant la croissance et le développement des plantes. Cet effet néfaste se traduit par des changements morphologiques, physiologiques, biochimiques et moléculaires qui affectent négativement la croissance et la productivité végétale (Ashraf et Harris, 2004).

La présence de sels solubles en forte concentration dans le sol, affecte les mécanismes physiologiques de la plante et constitue un facteur limitant majeur de la production végétale (Bajji *et al.*, 1998).

8.1. Effet de la salinité sur la germination et la levée

La plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée dont l'effet nocif est de nature osmotique ou bien toxique (Abdely, 2006).

L'étude de Karmous (2007), a montré que la salinité inhibe la germination par son effet osmotique suite à la baisse du potentiel hydrique autour des graines, ce qui renvoie l'eau inaccessible à ces dernières pour l'hydratation.

Le stade plantule est le plus vulnérable dans le cycle de vie de la plante et, c'est la germination qui détermine le temps et le lieu pour que la croissance de la plantule ébauche. Ce stade germinatif est souvent limité par la salinité du sol et se montre le plus sensible que les autres stades (Katembe *et al.*, 1998). La régulation de la germination se fait par des caractéristiques génotypiques aussi par les conditions environnementales spécifiquement la disponibilité de l'eau dans le sol (Maillard, 2001).

8.2. Sur la croissance et le développement

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

8.3. Effet de la salinité sur la photosynthèse

La salinité affecte l'activité physiologique de la feuille, et plus particulièrement la photosynthèse, qui présente la cause principale de la réduction de la productivité végétale (Alem *et al.*, 2002).

Certaines études ont montré que la réduction de la photosynthèse est liée à la diminution du potentiel hydrique foliaire Munns et tester (2008), qui est à l'origine de la fermeture des stomates qui cause la réduction de la conductance stomatique (Allen, 1995).

La diffusion du CO₂ à l'intérieur des stomates devient alors limitée et sa fixation au niveau des chloroplastes diminue et par conséquent la régénération du RuBP (Ribulose Biphosphate) devient limitée (Orcutt et Nilsen, 2000).

8.4. Effet sur l'anatomie de la feuille

Le stress salin affecte l'anatomie de la feuille en augmentant l'épaisseur du mésophile et de l'épiderme ainsi que l'espace intercellulaire diminuent significativement dans les feuilles traitées avec le Na Cl chez la mangrove. D'autre part, le stress salin cause le développement de la vacuolisation et un gonflement partiel du réticulum endoplasmique, le gonflement de la mitochondrie, la vésiculation et la fragmentation du tonoplaste, ainsi que la dégradation du cytoplasme par le mélange de la matrice cytoplasmique et vacuolaire des feuilles de la patate douce (*Ipomoea batatas*) (Parida et Das, 2005).

8.5. L'effet de la salinité sur les pigments photosynthétiques et les protéines

Le taux de la chlorophylle et des caroténoïdes des feuilles diminue en général sous les conditions de stress salin. Les feuilles les plus âgées commencent à développer une chlorose et finissent par tomber pendant une période prolongée de stress salin (Agastian *et al.*, 2000). De même, le contenu des protéines solubles des feuilles diminue en réponse à la salinité (Parida *et al.*, 2002). D'autres auteurs ont signalé que les protéines solubles augmentent à des niveaux bas de salinité et diminuent en hautes concentrations salines. (Agastian *et al.*, 2000).

8.6. Effet de la salinité sur la morphologie de la plante

Il existe 3 effets de la salinité sur la morphologie de la plante

8.6.1. Effet de la salinité sur l'architecture de la plante

L'architecture de la plante est profondément modifiée sous un stress osmotique, même très modéré mais ne présentant pas de symptômes flagrants. Ces effets se traduisant chez beaucoup d'espèces des dicotylédones comme le pois et la vigne par la réduction du nombre de ramifications et le nombre d'organes élémentaires (phytomères) de la tige. Il en va de même chez les graminées, où le nombre de talles est réduit en cas d'un stress osmotique. [20]

8.6.2. Effet de la salinité sur la partie aérienne

L'effet de la salinité sur la partie aérienne se traduit par une réduction de la croissance végétative (réduction de la hauteur, nombre de talles et de feuilles) qui est en fonction de la division et l'élongation cellulaire. Certaines études ont démontré que la contrainte saline retarde la croissance des pousses qui sont plus sensibles aux sels que les racines et elle pousse prématurément la plante vers la maturité (**Munns et Rawson, 1999**).

8.6.3. Effet de la salinité sur la partie racinaire

La salinité affecte en particulier la croissance des racines des plantes soumises aux fortes concentrations salines (**Bayuelo et al., 2002**). Face à cette contrainte, Les plantes maintiennent une croissance racinaire relativement importante qui s'ensuit semble être associée à une augmentation de leur tolérance au sel.

L'étude de **Kafkai (1991)**, a montré que sous contraintes salines, la plante dépense plus d'énergie photosynthétique pour maintenir un statut hydrique élevé et pour la production de racines en vue de la recherche d'eau et/ou la réduction de la perte d'eau.

8.7. Effet de la salinité sur la physiologie de la reproduction

Selon **Hu et al. (2005)**, la salinité réduit le taux de croissance de la plante et ses organes reproducteurs. Ces mêmes auteurs ont constaté que le nombre du pollen dans deux différents types de cultivars de l'orge a été réduit de 24 à 37% sous l'effet de stress salin.

L'effet de l'accumulation du sel dans le méristème de l'orge sur la reproduction et le développement a été démontré par **Munns et Rawson (1999)**. Les résultats obtenus ont

montré que les courtes périodes de stress salin pendant l'organogenèse peuvent avoir des conséquences irréversibles sur la fertilité de l'épi, provoquant ainsi l'avortement des ovaires.

8.8. L'effet de la salinité sur l'eau dans la plante

Le potentiel hydrique et le potentiel osmotique des plantes deviennent de plus en plus négatifs avec l'augmentation de la salinité ainsi que la pression de la turgescence (**Parida et Das, 2005**).

Dans les conditions de concentrations élevées de salinité accrue, le potentiel hydrique de la feuille et la vitesse d'évaporation diminuent significativement chez les halophytes alors qu'il n'y a pas de changement dans le contenu relatif en eau (**Parida et Das, 2005**).

8.9. Effets sur la nutrition minérale des végétaux

Les effets nutritionnels de la salinité incluent les deux actions primaires du sel sur les plantes tel que ; la toxicité directe due à l'accumulation des ions dans les tissus, et un déséquilibre nutritionnel provoqué par l'excès de certains ions. D'autre part, il a été prouvé que les concentrations salines trop fortes dans le milieu provoquent une altération de la nutrition minérale des plantes (**Levigneron et al., 1995**).

L'accumulation des ions Na^+ dans la plante limite l'absorption des cations indispensables tels que K^+ et Ca^{2+} . Il y aurait une compétition entre Na^+ et Ca^{2+} pour les mêmes sites de fixation apoplasmique. Par conséquent l'interaction entre les ions Na^+ et Ca^{2+} influe sur la croissance des racines (**Jendoubi, 1997**).

9. Comportement de la plante en milieu salin

Selon la tolérance au sel, on peut définir deux groupes des végétaux : les halophytes et les glycophytes

- Les halophytes supportent les concentrations en sels et la croissance est stimulée par la concentration entre 200 et 500 mM (**Flower et al., 1997**).

- Les glycophytes représentent la majorité des espèces végétales dont leur croissance est ralentie dès que la concentration des milieux externes dépasse 100 mM et devient létale à partir de 300 mM (**Greenway et Munns, 1980**).

Les halophytes et les glycophytes, peuvent développer plusieurs mécanismes pour assurer leur cycle de croissance et de développement. Certaines espèces utilisent le mécanisme d'exclusion des sels en excès (**Alem *et al.*, 2005**), ou les compartimentent dans la vacuole (**Kaci *et al.*, 2012**).

10. Les mécanismes de résistance de plante face à un stress salin

Les plantes répondant à la contrainte saline par de nombreux changements, révèlent des caractères et des mécanismes de tolérance et d'adaptation aux stress salin. La tolérance des plantes à la salinité est définie comme étant la capacité des cultures à résister aux effets excessifs des sels au niveau de la rhizosphère (**Hamdy, 2002**).

Certaines études ont montré que les plantes poussant dans les conditions où le sol est affecté par la salinité subissent des perturbations d'ordre physiologique et biochimique (**Ben naceur *et al.*, 2001**).

La plante peut s'adapter au stress salin de différentes manières

10.1. L'exclusion

La plante empêche le sel de remonter jusqu'aux feuilles. Une première barrière existe aux niveaux de l'endoderme, couche interne des cellules de la racine, ainsi que le transport sélectif permet d'absorber les ions nutritifs utiles et de réexcréter les ions Na⁺ (**Genoux *et al.*, 1991**).

10.2. L'inclusion

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

10.3. L'accumulation

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

10.4. La réexcrétion

La plante a la capacité de réexpédier aussitôt l'excès de sel parvenu jusqu'au feuilles vers ses racines, par l'intermédiaire de sa sève descendante par le phloème. Les racines peuvent ensuite réexcréter le sel à l'extérieur et l'éliminer vers le sol (Berthomieu *et al.*, 2003).

10.5. Changement dans le cheminement photosynthétique

Afin de maintenir un potentiel hydrique efficace dans l'assimilation photosynthétique chez les plants soumis à la contrainte saline (Omami, 2005). Certaines espèces telles que les halophytes facultatives remodelent leur mode photosynthétique C3 (plantes en C3) en mode CAM (crassulacéen acide métabolisme) (Cushman *et al.*, 1989), ce changement permet à la plante de réduire ses pertes d'eau par la transpiration en ouvrant les stomates la nuit. Chez les espèces tolérantes aux sels, il y a un passage du mode photosynthétique C3 à C4 (plantes en C4) en réponse à la salinité (Zhu *et al.*, 2005).

10.6. Synthèse des protéines

Pour lutter contre l'effet nocif de stress salin, les plantes doivent synthétiser des solutés organiques pour ajuster son potentiel hydrique (Cornillon et Palloix, 1995). Ces composés sont principalement des acides aminés et des sucres qui s'accumulent dans les vacuoles et les organites (Ksouri *et al.*, 2010). Le rôle principal de ces solutés consiste à maintenir un faible potentiel hydrique à l'intérieur des cellules afin de générer une force de succion pour l'absorption d'eau (Carpenter *et al.*, 1990).

Ces osmolytes, généralement de nature hydrophilique, sont des molécules peu chargées mais polaires et très solubles (Sairam et Tyagi, 2004), ce qui suggère qu'ils peuvent adhérer à la surface des protéines et des membranes pour les protéger de la déshydratation (Yancey *et al.*, 1982). Une autre fonction attribuée à ces osmolytes constitue la protection contre l'action des radicaux oxygénés suite au stress salin (Noctor et Foyer, 1998).

Chapitre III :

Matériel et Méthodes

1. L'objectif de l'essai

Cet essai a été conduit sur six variétés de petits pois (*Pisum sativum*) soumises sous différentes concentrations de Na Cl (50,75, 100, 150 et 200 mM), et un traitement n'ayant pas reçu le Na Cl constitue le témoin.

Le présent travail a pour objectif d'étudier les effets du stress salin sur la germination et la croissance de six variétés de petit pois, en vue de déterminer leur niveau de tolérance à la salinité.

2. Présentation du site de l'essai

L'essai de germination a été réalisé au laboratoire de Botanique et l'essai de croissance au niveau de la serre de la faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et de l'univers de l'université 08 mai 1945 Guelma.

3. Matériel végétal

3.1. Semence de petit pois

L'essai de germination a été porté sur six variétés de petit pois (**kelvil, Douce Provence, Avocette, Proval, Orion, kalvedon**) et sur quatre variétés (**Avocette, Proval, Orion, kalvedon**) pour l'essai de croissance. Les semences utilisées pour évaluer l'impact des différents traitements de Na Cl sur la germination et les paramètres biométriques (Hauteur des plantes, longueur de la racine principale et biomasse fraîche et sèche de la tige et de la racine) et leur adaptation à la contrainte saline ont été fournies par un agriculteur privé.

4. Origines et caractéristiques des variétés

L'origine, le type variétal et les caractéristiques de chaque variété sont regroupés dans le **tableau 05. [21]**

Nom	origine	Type variétal	Caractéristique
Kelvil	France	ridé vert, gros grains, précoce	-légume graine -semis : Mars à juin -Récolte : juin à Aout -gros grains, précoce - Graines issues de l'agriculture biologique.
Douce Provence	France	lisse vert, gros grains, précoce	- Légume graine. - gros grains, précoce - Hauteur : 50 cm. -Semis : février à avril et octobre-novembre. -Récolte : avril à juillet - Graines issues de l'agriculture biologique.
Avocette	France	ridés verts, très petits grains, tardive	- Légume graine -pois nain à grain ridé vert foncé -Résistante aux maladies - très petite grains - Graines issues de l'agriculture biologique.
Kelvedon	France	lisse vert, gros grains	- Légume graine -Variété très recherchée, ces gousses droites, longues et pointues. -contiennent en moyenne 7 grains de gros calibre au gout agréablement sucré. -Très rustique, elle résiste très bien à la chaleur. - Graines issues de l'agriculture biologique.
Proval	France	Nain, lisse vert	-Légume graine -pois nain à écosser (60cm) à grains ronds. -Taille : gros grains -Semis : Février. À Avril, Octobre. À Novembre -Récolte : Avril à juillet -Graines issues de l'agriculture biologique.
Orion	France	Nain, lisse vert	- Légume graine -Semis : de Février., Mars, Avril à Aout, Novembre., Décembre -Récolte : Avril, Mai, Juin. -Graines issues de l'agriculture biologique.

5. Solutions salées de l'NaCl

Les graines de petit pois ont été traitées par des concentrations croissantes de Na Cl : Le témoin [0] mM, [50] mM, [75] mM, [100] mM, [150] mM, [200] mM. Ces concentrations ont été choisies en se basant sur des données bibliographiques récentes (Dadach *et al.*, 2015) et (Amara et Benrima, 2017).

5.1. Installation et conduite de l'essai

L'essai de germination a été porté sur six variétés de petit pois et réalisé dans les boîtes de Pétri.

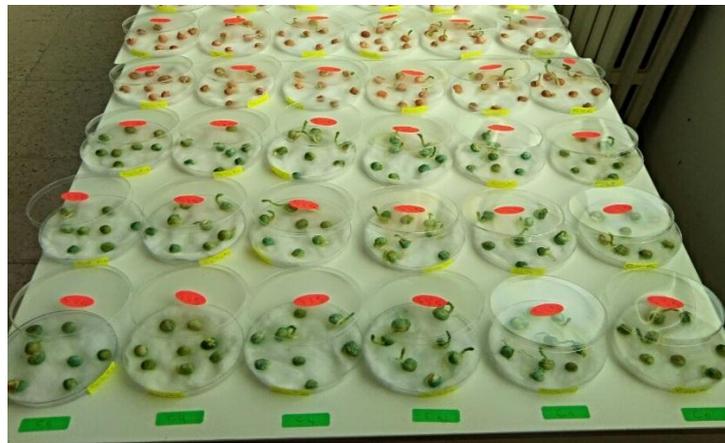


Figure 12 : Essai de germination de petit pois.

Tableaux 06 : description du dispositif expérimentale de l'essai de germination dans les boîtes de pétri.

C0V6R1	C1V2R1	C2V3R3	C3V4R2	C4V5R3	C5V1R2
C0V5R2	C1V5R2	C2V2R1	C3V6R3	C4V3R2	C5V2R1
C0V2R3	C1V3R3	C2V5R2	C3V3R1	C4V1R2	C5V4R3
C0V1R3	C1V1R3	C2V1R1	C3V1R3	C4V4R1	C5V6R2
C0V3R1	C1V6R2	C2V4R3	C3V5R2	C4V6R3	C5V3R1
C0V4R2	C1V2R3	C2V6R3	C3V2R1	C4V2R1	C5V5R3
C0V5R3	C1V4R1	C2V3R2	C3V6R2	C4V3R2	C5V2R2
C0V2R2	C1V1R2	C2V5R3	C3V3R3	C4V5R1	C5V1R3
C0V1R1	C1V5R3	C2V1R2	C3V4R1	C4V1R3	C5V4R1
C0V6R2	C1V3R1	C2V2R2	C3V1R2	C4V4R2	C5V3R3
C0V4R3	C1V6R3	C2V4R1	C3V2R2	C4V2R3	C5V6R1
C0V3R2	C1V2R2	C2V6R2	C3V5R3	C4V6R2	C5V5R2
C0V2R1	C1V1R1	C2V3R1	C3V6R1	C4V5R2	C5V1R1
C0V6R3	C1V4R2	C2V5R1	C3V3R2	C4V3R1	C5V4R2
C0V1R2	C1V5R1	C2V1R3	C3V1R1	C4V1R1	C5V2R3
C0V3R3	C1V4R3	C2V4R2	C3V4R3	C4V2R2	C5V3R2
C0V5R1	C1V3R2	C2V2R3	C3V2R3	C4V4R3	C5V6R3
C0V4R1	C1V6R1	C2V6R1	C3V5R1	C4V6R1	C5V5R1

5.2. Essai de croissance

L’essai est conduit dans des pots de taille moyenne, rempli chacun de la tourbe, substrat commercial conforme à la culture de petit pois, fournies par le laboratoire de l’université et ses caractéristiques sont indiquées ci – dessous.



Figure 13 : Essai de croissance dans les pots et sous serre.

Tableaux 07 : Description de la disposition expérimentale de l’essai de croissance dans les pots.

Variété 01 : Kelvedon

C0V1R1	C0V1R2	C0V1R3
C1V1R1	C1V1R2	C1V1R3
C2V1R1	C2V1R2	C2V1R3
C3V1R1	C3V1R2	C3V1R3
C4V1R1	C4V1R2	C4V1R3
C5V1R1	C5V1R2	C5V1R3

Variété 02 : Orion

C0V2R1	C0V2R2	C0V2R3
C1V2R1	C1V2R2	C1V2R3
C2V2R1	C2V2R2	C2V2R3
C3V2R1	C3V2R2	C3V2R3
C4V2R1	C4V2R2	C4V2R3
C5V2R1	C5V2R2	C5V2R3

Variété 03 : Avocette

C0V3R1	C0V3R2	C0V3R3
C1V3R1	C1V3R2	C1V3R3
C2V3R1	C2V3R2	C2V3R3
C3V3R1	C3V3R2	C3V3R3
C4V3R1	C4V3R2	C4V3R3
C5V3R1	C5V3R2	C5V3R3

Variété 04 : Proval

C0V4R1	C0V4R2	C0V4R3
C1V4R1	C1V4R2	C1V4R3
C2V4R1	C2V4R2	C2V4R3
C3V4R1	C3V4R2	C3V4R3
C4V4R1	C4V4R2	C4V4R3
C5V4R1	C5V4R2	C5V4R3

6. Caractéristique de substrat

Le substrat de base (tourbe de sphaigne) est caractérisé par :

*Un taux de matière sèche exprimée en pourcentage en masse de produit brute :35%.

*Un taux de matière organique exprimée en pourcentage en masse de produit brute :35%.

*PH(H₂O) : 5.8-6.8

*Résistivité : 25000 hm/cm.

*Rétention en eau : 80 vol %.

Chaque variété est représentée par 18 échantillons (6 concentrations de Na Cl en 3 répétitions/variété). Aussi bien pour l'essai de germination en boîtes de Pétri et l'essai de croissance dans les pots.

7. L'irrigation

L'irrigation par les différentes concentrations salines, pendant les deux stades germination et croissance est faite en fonction de la capacité au champ déterminée préalablement pour les boîtes de Pétri contenant une fine couche de coton recouverte avec du papier filtre, et pour les pots contenant de la tourbe. L'irrigation a été régulièrement une fois par jour.

8. Paramètre étudiée

8.1. Paramètre relatifs à la germination des graines

8.1.1. Essai en boites de pétrie

Trois paramètres a été estimés (après 7 jours de l'application du stress).

- Le taux de germination des graines (%)
- Longueur de radicule (cm)
- Longueur de la tigelle (cm).

8.2. Paramètre relatifs à la croissance et le développement

8.2.1. Hauteur des plantes

La hauteur des plantes de petit pois pour les différentes variétés traitées par des concentrations croissantes de Na Cl, a été mesurée après 21 jours de l'application du stress à l'aide d'un mètre ruban (cm) depuis le collet jusqu'au l'extrémité de la partie aérienne.

8.2.2. Longueur de la racine principale

Nous prélevons trois plantes pour chaque variété en chaque concentration de Na Cl, puis nous avons procédé en une séparation des parties aériennes et souterraines, les racines sont rincées par un courant d'eau et épongées entre deux papiers filtres. La longueur de la racine principale est mesurée à l'aide d'un mètre ruban (cm).

8.2.3. Poids frais de parties aériennes et souterraines

Après la séparation de parties aériennes et souterraines, les deux organes sont placés rapidement dans du papier aluminium préalablement taré, puis la masse de matière fraîche a été mesurée l'aide d'une balance de précision.

8.2.4. Poids sec des parties aériennes et souterraines

Les organes des plantes utilisés pour déterminer le poids frais des parties aériennes et souterraines, pour les différentes variétés ont été placés dans l'étuve à 105 C° pendant 24h pour déterminer le poids sec.

9. Traitement statistique des résultats

Afin de déterminer la significativité des traitements appliqués sur les différents paramètres étudiés, nous avons procédé à une analyse statistique de la variance et à la comparaison des moyennes pour déduire la différence entre le témoin et les différentes concentrations en utilisant le logiciel Minitab 2017.

Chapitre IV :

Résultats et discussion

1. Essai de germination dans les boîtes de pétri

1.1. Pourcentage de germination des graines

Les résultats obtenus (**figure 14**) indiquent que la germination des graines de petit pois est grandement affectée par le stress salin. Cependant, une diminution du taux de germination a été enregistrée pour l'ensemble des boîtes traitées par les différentes concentrations de Na Cl et ce pour les six variétés étudiées.

En effet, l'intensification du stress salin est à l'origine d'une diminution considérable du taux de germination. Cette diminution est plus importante aux fortes concentrations de Na Cl comparativement aux témoins non traités, et la variété Kelvil est la plus affectée par rapport aux autres variétés.

Notant que chez la variété Kelvil, la germination a été inhibée complètement à la concentration 200 mM (58.33% pour le témoin). Tandis que, la variété Kelvedon a enregistré un taux de germination élevé à la même concentration (29.16%) par rapport aux autres variétés.

Okçu *et al.* (2005) ont démontré que l'application de différents niveaux de Na Cl induit une réduction significative du taux de germination final chez les cultivars de petit pois. Ces mêmes auteurs, ont démontré que le temps moyen de germination des graines de petit pois a augmenté avec l'ajout de Na Cl et cette augmentation a été d'autant plus importante que la concentration en sel est élevée.

L'effet de Na Cl sur le comportement germinatif des graines se traduit par une augmentation du temps de latence et une diminution de la vitesse et du taux de germination (**Camara *et al.*, 2018**).

Plusieurs auteurs ont constaté que la réduction du pouvoir germinatif est due à l'augmentation de la pression osmotique de la solution du sol, qui ralentit l'imbibition et limite l'absorption de l'eau nécessaire au déclenchement des processus métaboliques impliqués dans la germination, la salinité perturbe également les systèmes enzymatiques impliquée dans les différentes fonctions physiologiques de la graine en germination tels que la diminution de l'activité de polyphénol oxydase et l'amylase (**Slama *et al.*, 1992 ; Khemiri *et al.*, 2004**).

D'autres auteurs ont signalé que le stade de germination est souvent limité par la salinité du sol et se montre le plus sensible que les autres stades (Katembe *et al.*, 1998). De même, Waisel, (1972). A révélé que la salinité élevée inhibe la germination des semences par osmose ou toxicité spécifique. L'effet inhibiteur de la salinité sur la germination et surtout à des concentrations élevées a été observé chez plusieurs espèces végétales telles que le pois chiche (Hajlaoui *et al.*, 2007), L'orge (Kadri *et al.*, 2009). Et le blé (Benderradji *et al.*, 2010).

L'étude statistique ANOVA à deux critères de classification a signalé un effet concentration/variété très hautement significatif ($P=0.000$) et un effet interaction non significatif ($P>0.05$).

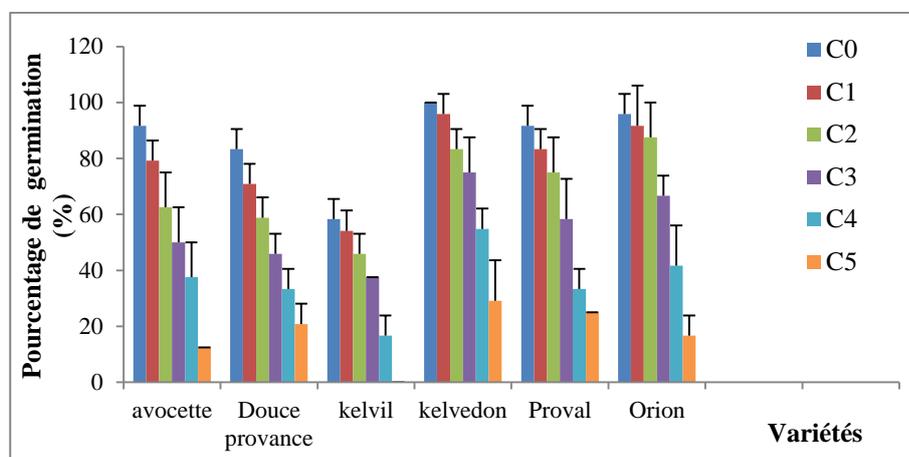


Figure 14 : Pourcentage de germination (%) pour les différentes variétés de petit pois soumises aux différentes concentrations de Na Cl (mM).

1.2. Longueur de radicule

La longueur de la radicule est très affectée par la présence de sel dans le milieu. Une diminution est observée pour ce paramètre et ce pour toutes les concentrations et chez les six variétés étudiées (Figure15).

D'après nos résultats, Cette diminution est plus prononcée aux fortes concentrations de Na Cl notamment à la concentration 200 mM pour lesquelles nous avons enregistré une inhibition de croissance de la radicule chez la variété Kelvil et une moyenne de 2.4 cm chez la variété Douce Provence contre 5.1 cm et 6.6 cm pour les témoins.

Okçu *et al.* (2005), ont constaté que la croissance en longueur des racines de petit pois diminue avec l'augmentation de l'intensité du stress salin.

D'autres auteurs ont démontré que l'accumulation des sels dans le milieu notamment le Na Cl, entraîne une toxicité des tissus ce qui empêche la sortie de radicule indispensable pour l'approvisionnement en eau nécessaire à la croissance (Marambe et Ando, 1995). Le sel pourrait agir également d'une difficulté d'hydratation des graines suite à un potentiel osmotique élevé entraînant une certaine inhibition des mécanismes aboutissant à la sortie de la radicule hors des téguments et par conséquent un retard de germination des graines (Gill *et al.*, 2003).

L'étude statistique ANOVA à deux critères de classification a montré un effet concentration/variété très hautement significatif de ($P=0.000$) et un effet interaction concentration /variété hautement significatif de ($P=0.001$).

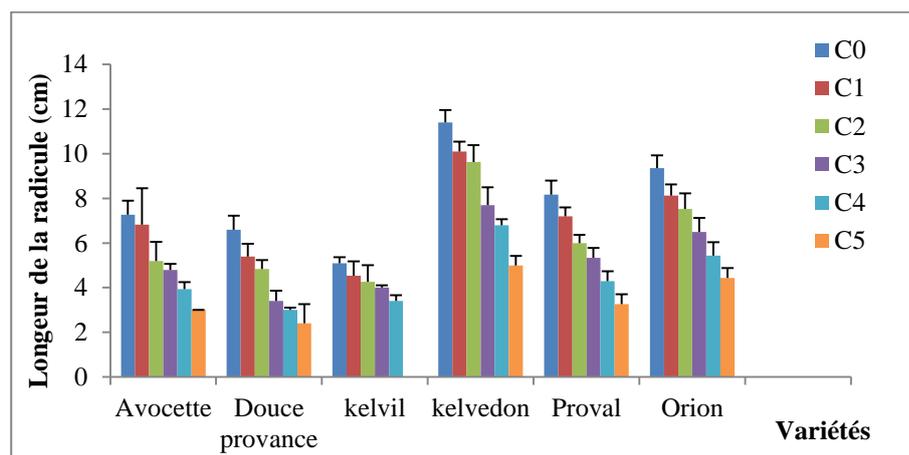


Figure 15 : la longueur de la radicule (cm) des variétés de petit pois soumise aux différentes concentrations de Na Cl (mM).

1.3. La longueur de la tige

Les valeurs mesurées de ce paramètre (**Figure 16**) montrent que la salinité affecte également la croissance et le développement de la tige après la germination des graines.

D'après l'analyse des résultats obtenus, il en ressort que l'accroissement du taux de salinité dans le milieu est accompagné d'une diminution de la longueur de la tige chez l'ensemble des graines qui ont germé sous stress et ce pour les six variétés étudiées.

Cette diminution est plus importante aux fortes concentrations du Na Cl, notamment à la concentration 200 mM d'où nous avons enregistré une inhibition de la croissance de la tige chez la variété Kelvil contre la valeur 6.63 cm pour le témoin.

Selon **Thakur et Rai (1982)**, le déficit hydrique entraîne un retard dans la croissance végétale qui se traduit par une réduction de la hauteur et du diamètre de la tige. De plus **Munns (2002)**, a signalé que le sel réduit l'aptitude des plantes à absorber l'eau et cela cause rapidement une diminution de la croissance avec des changements métaboliques identiques à ceux observés par le stress hydrique.

Le traitement statistique ANOVA à deux critères de classification a révélé un effet concentrations/variétés très hautement significatif de ($P=0.000$) et un effet interaction (concentration/variété) hautement significatif de ($p >0.01$).

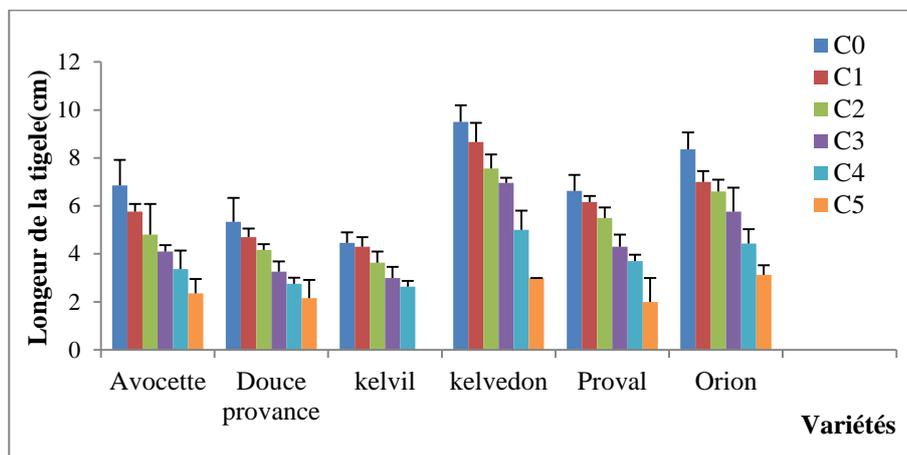


Figure 16 : la longueur de la tige (cm) des variétés de petit pois soumises aux différentes concentrations de Na Cl (mM).

2. Essai de croissance et de développement des plantes dans les pots

2.1. Hauteur des plantes

La **Figure 17**. montre que la présence du sel dans le milieu affecte négativement la hauteur des plantes soumises à des niveaux élevés de Na Cl en comparaison avec les témoins non traités. Cette diminution est plus prononcée chez les variétés Avocette et Orion à la concentration 200 mM, les valeurs moyennes enregistrées respectivement sont 3.17 et 2.33 cm comparativement aux témoins (15.17 et 13.33 cm).

Selon **Benmahioul et al. (2009)**, la diminution de la croissance est le résultat d'une baisse du nombre de division cellulaire lors des stress abiotiques (stress salin et hydrique).

D'autres auteurs ont signalé que la salinité exerce un effet inhibiteur sur la croissance des plantules de *Vicia faba* qui se traduit par une diminution de la longueur de la tige en fonction de l'augmentation de la salinité dans le milieu (Benidire *et al.* 2015).

De plus, Zhu (2001), révèle que la réduction de croissance des parties aériennes est une capacité adaptative nécessaire à la survie des plantes exposées à un stress abiotique.

L'analyse statistique ANOVA à deux facteur de classification a signalée que l'effet de concentration et l'effet de variété est très hautement significatif de ($P=0.000$). De plus un effet interaction non significatif de ($P>0.05$).

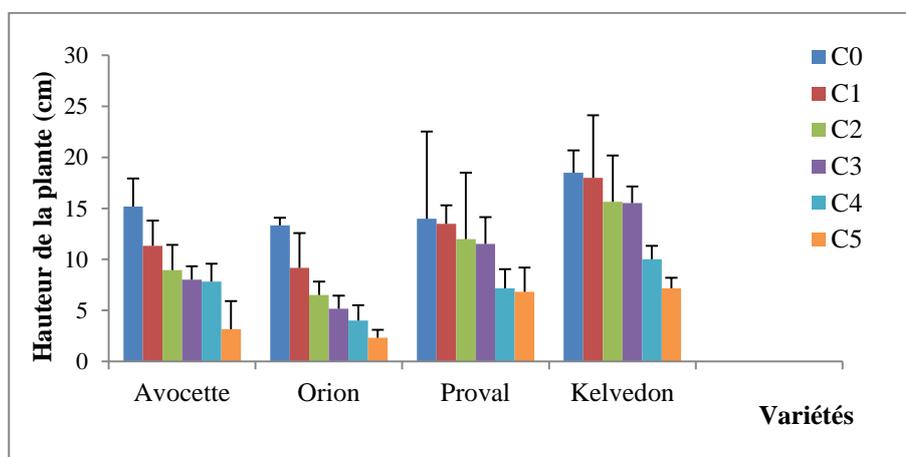


Figure 17: la hauteur des plantes (cm) pour des différentes variétés de petit pois soumis aux différentes concentrations de Na Cl (Mm).

2.2. La longueur de la racine principale

Les résultats illustrés dans la (Figure 18) montrent que la longueur de la racine principale est fortement influencée par la présence du sel dans le milieu et ce chez l'ensemble des variétés traitées par des concentrations croissantes de Na Cl comparativement aux témoins.

Une diminution de la longueur de la racine principale est observée chez les plantes soumises aux fortes concentrations de Na Cl notamment chez les variétés Avocette et Orion. Les valeurs moyennes enregistrées pour la concentration 200 mM sont comprises entre 7.2cm (Avocette) et 6.83 cm (Orion) en comparaison avec les témoins non traités (13.5 et 14 cm).

Certaines études montrent que la présence de sel dans le milieu de culture limiterait l'alimentation des plantes en calcium, ce qui conduirait à une inhibition de l'émergence et de la croissance des racines et des poils absorbants (**Zahran et spent, 1986**).

D'autres auteurs ont montré que les sels solubles peuvent empêcher les racines des plantes cultivées d'absorber l'eau et de nombreux éléments nutritifs ce qui affecte négativement la croissance des plantes (**Rahman et al., 1993**).

Werner et Finkelstein (1995), ajoutent que la salinité élevée peut inhiber l'élongation racinaire par la diminution du contenu en eau par la plante.

L'analyse de la variance à deux facteurs (concentration et variété) a montré que l'effet variété/concentration est hautement significatif de ($P=0.000$) et l'effet l'interaction est non significatif de ($P > 0.05$).

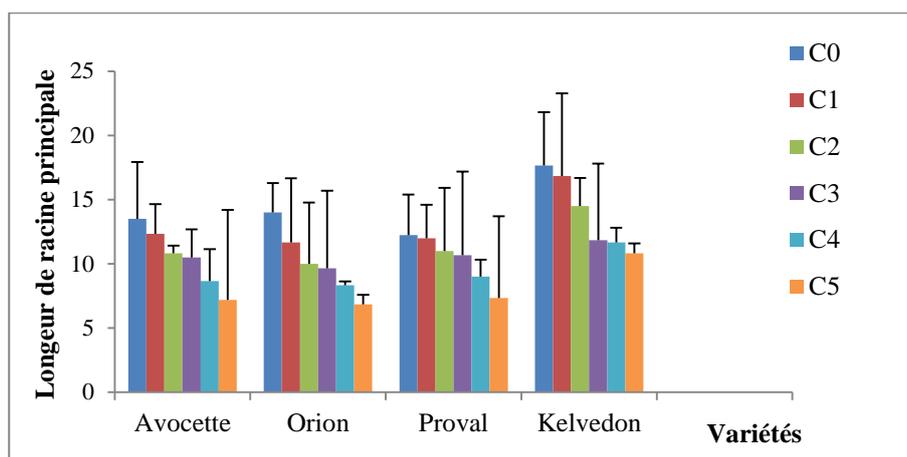


Figure 18: la longueur de la racine principale (cm) des variétés de petit pois soumise aux différentes concentrations de Na Cl (mM).

2.3. Le poids frais des parties aériennes et souterraines

Les résultats moyens obtenus pour ce paramètre (**figure 19 et 20**) montrent que la matière fraîche des parties aériennes se trouve généralement, réduite par l'accentuation de la salinité dans le substrat. Une diminution du poids frais de la partie aérienne est observée chez les variétés Orion et Proval à la concentration 200 mM, pour lesquelles nous avons noté respectivement les moyennes de 0,86g et 0,83g par rapport aux témoins non traités (1,81g et 1,64g).

L'étude statistique ANOVA à deux critères de classification a signalé un effet concentration significatif ($p > 0,01$) et un effet variété et interaction non significatif ($p > 0,05$).

L'emploi des différentes concentrations saline influe également la croissance de la partie souterraine des plantes de petit pois. Le poids frais de la partie racinaire est diminué chez les plantes stressées comparativement aux témoins non traités.

La diminution du poids frais de la partie souterraine était plus remarquable aux fortes concentrations de Na Cl notamment chez la variété Proval et Avocette d'où nous avons enregistré la valeur moyenne de 0,2 g pour la concentration 200 mM (0,76g et 0.8g pour le témoin).

L'analyse statistique ANOVA a montré un effet concentration et variété très hautement significatif ($p = 0,001$) et un effet interaction non significatif ajoutant ($p > 0,05$).

Certaines études ont révélé que le sel a un effet négatif sur le poids frais et le poids sec des tiges et des racines. La diminution enregistrée est d'autant plus importante que la concentration du milieu en Na Cl augmente (Mayak *et al.*, 2004).

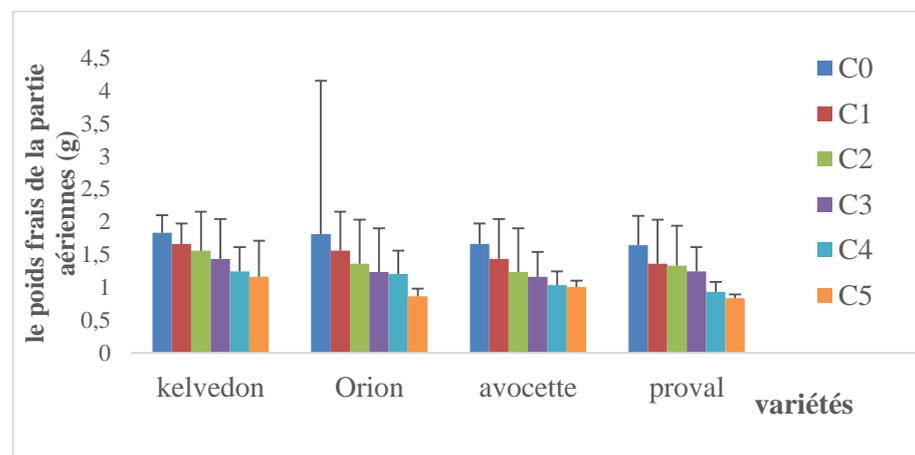


Figure 19 : Le poids frais de la partie aérienne (g) pour les différentes variétés soumises aux différentes concentrations de Na Cl (mM).

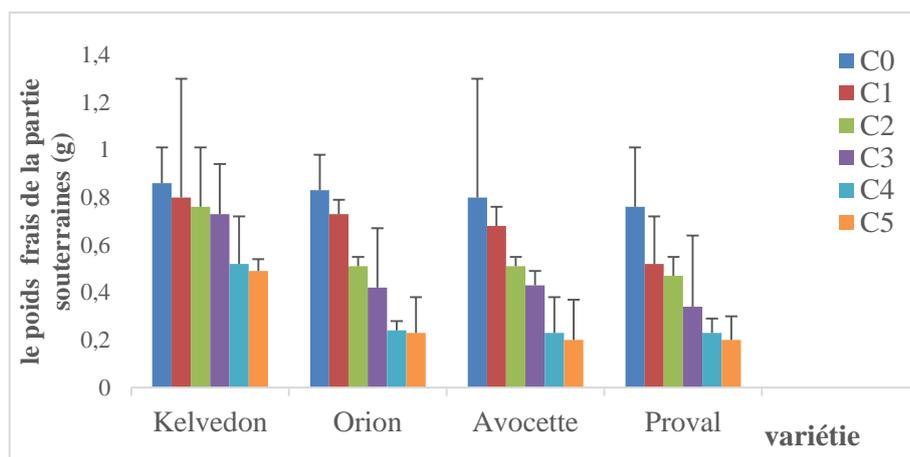


Figure 20 : Le poids frais de la partie souterraine (g) pour les différentes variétés soumises aux différentes concentrations de Na Cl (mM).

2.4. Le poids sec des parties aériennes et souterraines

Les résultats obtenus pour ce paramètre (**figure 21 et 22**) indiquent que l'application des différentes concentrations saline, influe grandement la teneur en matière sèche des parties aériennes et souterraines et ce chez l'ensemble des variétés étudiées. L'effet de la salinité sur le poids sec de la partie aérienne a été enregistré chez toutes les variétés étudiées en augmentant la concentration du Na Cl dans le milieu, notamment pour la concentration 200 mM d'où nous avons noté respectivement les valeurs moyennes de 0,04g et 0,03g chez les variétés Orion et Proval comparativement aux témoins non traités (0,25g et 0,23g).

Le traitement statistique ANOVA à deux critères de classification a révélé un effet concentration très hautement significatif ($p=0,000$) et un effet variété et interaction non significatif ($p>0,05$).

L'analyse des résultats obtenus révèlent que le stress salin appliqué est accompagné d'une importante réduction des valeurs de la matière sèche de la partie souterraine. Cette réduction est plus prononcée chez les variétés Avocette et Proval à la concentration 200 mM, les valeurs moyennes enregistrées est de l'ordre de (0,004g et 0,003g).

L'étude statistique ANOVA à deux critères de classification a avéré un effet concentration et variété très hautement significatif de ($p=0,000$) et un effet interaction non significatif ($p>0,05$).

Selon **Benmahioul et al., (2009)**, la présence de sel dans le milieu conduit à une diminution de la production de la matière fraîche et sèche des racines. Le stress salin

résulte aussi dans la diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines (Chartzoulakis *et al.*, 2000).

D'une façon générale, nous avons constaté que, la croissance en longueur des tiges et des racines et les biomasses fraîche et sèche diminuent avec l'augmentation de l'intensité du stress salin conformément à ce que plusieurs auteurs ont remarqué chez le petit pois (Okcu *et al.*, 2005), les céréales (Atak *et al.*, 2006), et la fève (Benidire *et al.*, 2015).

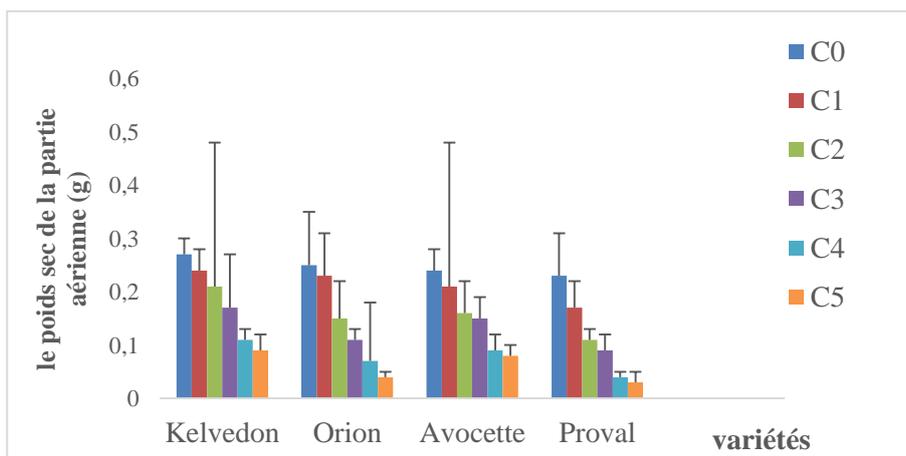


Figure 21 : Le poids sec de la partie aérienne (g) pour les différentes variétés soumises aux différentes concentrations de Na Cl (mM).

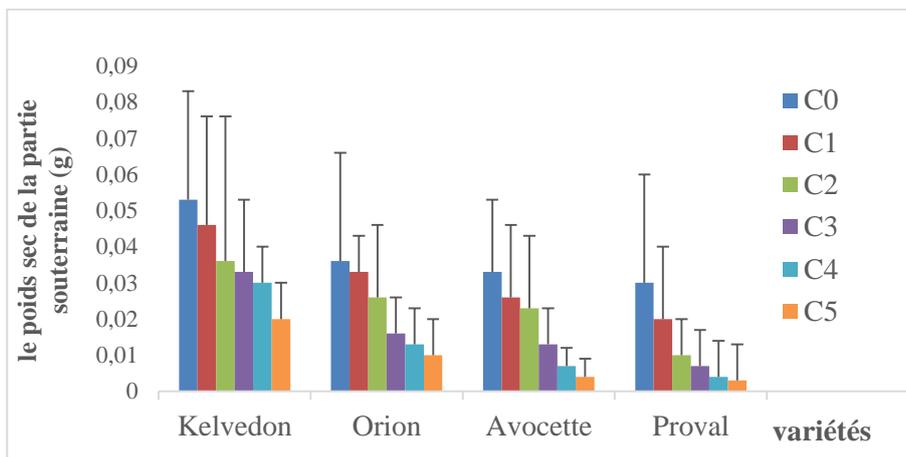


Figure 22 : Le poids sec de la partie souterraine (g) pour les différentes variétés soumises aux différentes concentrations de Na Cl (mM).

Conclusion générale

Conclusion

Cette étude a porté sur la germination et la croissance de quelques variétés de petit pois soumises aux différents niveaux de salinité dans le but de déterminer leur degré de tolérance au sel à partir des paramètres effectués.

Les résultats rapportés dans cette étude montrent qu'il y a une réponse négative vis-à-vis le stress salin pour la germination des graines et la croissance des plantules de petit pois chez toutes les variétés étudiées.

Les paramètres relatifs à la germination des graines révèlent que quelle que soit la variété signalée, la capacité germinative des graines stressées est réduite comparativement au témoin et ceci pour les concentrations utilisées. Ainsi que, les paramètres de la longueur de la radicule et la longueur de tigelle ont enregistré une diminution sous l'effet du stress salin pour toutes les graines de chaque variété traitée par des concentrations élevées de Na Cl.

Par ailleurs, l'accumulation des sels dans le milieu affecte considérablement la hauteur des plantes, la longueur de la racine principale, le poids frais et le poids sec de la partie aérienne, et le poids frais, le poids sec de la partie souterraines. A partir de ces paramètres nous avons noté également une diminution aux fortes concentrations du Na Cl pour l'ensemble des variétés étudiées.

D'une façon générale, nous avons constaté que la présence du sel dans le milieu affecte négativement les paramètres de germination des graines et de croissance des plantules examinés chez les variétés de petit pois. Cette réduction est d'autant plus importante que la concentration du milieu en Na Cl augmente.

En outre, les résultats obtenus révèlent que les variétés Kelvil et Proval sont le plus sensible par rapport aux autres variétés, pour lesquelles nous avons enregistré une diminution significative pour les paramètres de germination sur la variété Kelvil et pour certaine paramètre de germination et de croissance sur la variété Proval au fur à mesure que la concentration en sel dans le milieu augmente et une inhibition complète a été notée à la concentration 200 mM. D'autre part la variété Kelvedon possède des valeurs relativement plus élevées pour tous les paramètres mesurés ce qui indique que cette variété est la plus tolérante au stress salin pendant les deux phases, germination et croissance.

En fin, A travers cette étude, nous constatons que la salinité affecte négativement la germination des graines et la croissance des plantules de petit pois. Pour cela ce travail doit être poursuivi par d'autres études en utilisant une large gamme de concentrations de Na Cl et en estimant d'autres paramètres physiologiques et biochimique (dosage de la chlorophylle, dosage de la proline et des ions..) permettant de déterminer le niveau de tolérance face à la contrainte saline.

Résumé

الملخص

تشكل الملوحة خطرا حقيقيا في الجزائر لاسيما في المناطق الجافة والشبه جافة حيث الزيادة في تركيز الملح تؤدي الى الانخفاض في تطوير الإنتاج الزراعي وتعتبر الملوحة من اهم العوامل المؤثرة سلبا على زيادة المردود لاسيما في المناطق ذات الملوحة العالية

أجريت هذه الدراسة على ستة أصناف من نبات البازلاء : Proval, Douce Provence, kelvedon, Avocette, kelvil, Orion

عوملت بتراكيز متزايدة من ملح كلوريد الصوديوم NaCl : [50] mM, [75] mM, [100] mM, [150] mM, [200] mM.

وتهدف الى مقارنة درجة تحمل الملوحة عند الأصناف المدروسة وقد أجريت التجربة خلال مرحلتي الانبات والنمو

- ❖ تجربة الانبات وتمت داخل علب بتري لمعرفة مدى تأثير الملح على نسبة الانبات طول الجذير وطول السويقة لكل الأصناف المدروسة.
- ❖ تجربة النمو وتمت داخل البيت البلاستيكي في أصص متوسطة الحجم لمعرفة مدى تأثير الملوحة على طول النبات، طول الجذر الرئيسي والوزن الطري والجاف للجزئين الهوائي والترابي.

وقد أوضحت النتائج المتحصل عليها ان جل المعايير المدروسة تتناقص كلما زاد تركيز الملح في الوسط حيث ان الصنفان Proval و Kelvil اظهرا نوعا من الحساسية اتجاه الملوحة بالمقارنة مع الأصناف الأخرى خاصة عند التراكيز العالية حيث تم تسجيل تناقص في معايير الانبات للصنف Kelvil (نسبة الانبات ، وطول الجذير و طول السويقة) و تتناقص في معايير النمو بالنسبة للصنف Proval (الوزن الطري و الجاف للجزئين الهوائي و الترابي). بينما يبدو الصنف Kelvedon الأكثر تحملا وذلك من خلال النتائج المتحصل عليها لبعض المعايير المدروسة نسبة : الانبات وطول الجذير الرئيسي والوزن الجاف والطري للجزئين الهوائي والترابي.

الكلمات المفتاحية: بازلاء. تركيز. الملوحة. تحمل.

Résumé

La salinité est généralement perçue comme un problème important en Algérie, particulièrement dans les régions arides et semi-arides où l'augmentation de la concentration du sel conduit à la réduction du développement de la production agricole. Elle est considérée comme l'une des plus importantes contraintes limitantes du rendement.

Cette expérimentation menée sous différentes contraintes salines: [50] mM, [75] mM, [100] mM, [150] mM et [200] mM de NaCl a pour objet de comparer le degré de tolérance à la salinité chez six variétés de petit pois (*Pisum sativum L.*): Kelvil, Avocette, Kelvedon, Douce Provence et Proval, Orion.

Deux essais ont été effectués :

- ❖ Essai de germination des graines dans les boîtes de pétri pour déterminer l'effet de la salinité sur le pouvoir germinatif, la longueur de la racine et la longueur de la tige des variétés étudiées.
- ❖ Essai de croissance et de développement des plantules dans les pots et sous serre pour mettre en évidence l'effet nocif du sel sur certains paramètres morphologiques tels que la hauteur des plantes, la longueur de la racine principale, le poids frais et sec des parties aériennes et souterraines.

Les résultats obtenus montrent que : La majorité des paramètres étudiés diminuent au fur et à mesure que la concentration en NaCl augmente.

Cette étude a révélé que les variétés : Kelvil et Proval ont montré une sensibilité vis-à-vis le stress salin par rapport aux autres variétés notamment aux fortes concentrations de NaCl d'où nous avons noté une diminution importante pour les paramètres de germination chez la variété Kelvil (le pourcentage de germination, la longueur de la racine, la longueur de la tige), et pour certains paramètres de croissance chez la variété Proval comparativement aux témoins (le poids frais et sec de la partie aérienne et souterraine). Tandis que la variété Kelvedon semble être la plus tolérante à la salinité, ceci a été bien signalé par les résultats de certains tests effectués (pourcentage de germination, la longueur de la racine principale et le poids frais et sec des parties aériennes).

- **Mots clés :** petit pois, concentrations, tolérance, salinité.

Abstract

Salinity is generally seen as a major problem in Algeria, particularly in arid and semi-arid regions or the increase in salt concentration leads to a reduction in the development of agricultural production. It is considered to be one of the most important limiting constraints of performance.

This experiment conducted under different constraints salts: [50] Mm, [75] mm, [100] mm, [150] mm and [200] mm NaCl is intended to compare the degree of tolerance salinity in six varieties of peas (*Pisum sativum* L.): Kelvil, Avocet, Kelvedon, Mild Provence and Proval, Orion.

Two tests were carried out:

- ❖ Seed germination test in the Petri dishes to determine the effect of salinity on germ power, length of the radical and the length of the Tigelle of the studied varieties.
- ❖ Test for growth and development of seedlings in pots and under greenhouse to highlight the harmful effect of salt on certain morphological parameters such as plant height, the length of the main root, the cool and dry weight of the Aerial and underground parts.

The results showed that: The majority of the parameters studied the decrease as the concentration of NaCl increases.

This study revealed that the varieties: Kelvil and Proval showed sensitivity to saline stress in addition to the other varieties, particularly at high NaCl concentrations, where we noted a significant decrease in germination parameters in the Kelvil variety (percentage of germination, the length of the radicle, the length of the tigella), and for certain growth parameters in the Proval variety compared with controls (the coom and dry weight of the aerial and underground part). While the Kelvedon variety appears to be the most tolerant to salinity, this was well reported by the results of some performed tests (percentage of germination, length of main root and fresh and dry weight of aerial parts).

• **Keywords:** pea, concentrations, tolerance, salinity.

Références bibliographiques

- **Abdelly, C. 2006.** Caractérisation des halophytes pour le dessalement des sols salins et le traitement des eaux salines. Rapport d'activités 2007. Centre de biotechnologie à la technopole de Borj-Cedria, Tunisie: 28-31.
- **Agastian, P. Kingsley, S.J. Vivekanandan, M. 2000.** Effect of salinity on photosyntheses and Biochemical characteristics in mulberry genotypes. *Photosynthetica*, 38: 287-290.
- **Alem, C. Labhilili, M. Brahim, K. Jlibene, M. Nasrallah, N. and Filali-Maltouf, A. 2002.** Adaptations hydrique et photosynthétique du blé dur et du blé tendre au stress salin. *C. R. Biologies*, 325: 1097-1109.
- **Alem, C. Amri, A. 2005.** Importance de la stabilité des membranes cellulaires dans la tolérance à la salinité chez l'orge. *Reviews in biology and biotechnolgy*, 4(1): 20-31.
- **Ali, S.M. Nishchke, L.F. Dube, A.J. Krause, M.R. et Cameron, B. 1978.** Selection of pea lines for resistance to pathotypes of *Ascochyta pinodes*, *A pisi* and *Phoma medicaginis* var. *Pinodella*. *Aust J. Agric. Res.*, 29: 841-849.
- **Allen, R.D. 1995.** Dissection of oxidative stress tolerance using transgenic plants. *Plant Physiol*, 1049-1054.
- **Amara, G. Benrima, M.** Effet de la contrainte saline sur la croissance et le développement de la coriandre *Coriandrum sativum L.*, *Revue Agrobiologia*, 7(1): 203-209.
- **Aoun, M. 2009.** Action du cadmium sur les plants de moutarde indienne (*Brassica juncea L. Czern*) néoformés à partir de couches cellulaires minces et issus de semis. Analyses physiologiques et rôle des polyamines. Thèse de doctorat en science, université de Bretagne occidentale: 135p.
- **Ashraf, M. et Harris, 2004.** Potential Biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Sci.*, 166: 3-6.
- **Asloum, H. 1990.** Elaboration d'un système de production maraichère (*Tomate, Lycopersicum esculentum L.*) en culture hors sol pour les régions sahariennes. Utilisation de substrats sableux et d'eaux saumâtres. Thèse de doctorat, développement et amélioration des végétaux, Université de Nice Sophia-Antipolis: 24-32.
- **Atak, M. Kaya, M.D. Kaya, G. Cikili, Y. Et Ciftci, C.Y. 2006.** Effects of NaCl on the germination, seedling growth and water uptake of triticale. *Turk J Agric for.*, 30: 39-47.

- **Bajji, M. Lutts, S. and Kinet, M. 1998.** Salt stress effect on roots and leaves of *Atriplex halimus* L. And their coresponding callus cultures. *Plant science*. 137-142.
- **Bayuelo, J. 2002.** Salinity tolerance of *Phaseolus* species during germination and early seedling growth. *Crop. Sci.*, 2184-2192.
- **Belkheiri, O. 2008.** Adaptabilité des espèces du genre *Atriplex* aux conditions de salinité et d'aridité. Tesi di Dottorato in Agrometeorologia ed Ecofisiologia dei Sistemi Agrarie Forestali. Universit à di Sassari 42p.
- **Benchetrit, M. 1956.** Les sols d'Algérie. In *Revue de géographie alpine*, 44: 749-761.
- **Benderradji, L. Bouzerzour, H. Kellou, K. Ykhlef, N. Brini, F. Masmoudi, K. Djekoun, A. 2010.** Etude des mécanismes de tolérance a la salinité chez deux variétés de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) soumises à un stress salin. *Sciences et technologie*, 32: 23-30.
- **Benidire, L. Daoui, K. Fatemi, Z.A. Achouak, W. Bouarab, L. Et Oufdou, K. 2015.** Effet du stress salin sur la germination et le developpement des plantules de *Vicia faba* L. *J Mater Environ. Sci* 6 (3): 800-851.
- **Benmahioul, B. Daguin, F. Kaid-Harche, M. 2009.** Effet du stress salin sur la germination et la croissance *in vitro* du pistachier (*Pistacia vera* L.) *C. R. Biologies*, 332: 752-758.
- **Bennaceur, M. Rahmoun, C. Sdiri, H. Medahi, M. and Selmi, M. 2001 :** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production de grains de blé. *Sécheresse*, 12(3): 167-174.
- **Bennabi, F. 2005.** Métabolisme glucidique et azote chez une halophyte (*Atriplex halimus* L.) Stressée à la salinité. Mémoire de magistère en physiologie végétale, Université Es-Senia, Oran, 136 P.
- **Berthomieu, P. Conéjéro, G. Nublat, A. Brackenbury, W.J. Lambert, C. Savio, C. Uozumi, N. Oiki, S. Yamada, K. Cellier, F. Gosti, F. Simonneau, T. Essah, P.A. Tester, M. Véry, A.A. Sentenac, H. Casse, F. 2003.** Functional analysis of AtHKT1 in *Arabidopsis* shows that Na⁺ recirculation by the phloem is crucial for salt tolerance, *EMBO Journal*, 22 (9): 2004-2014.
- **Bezzala, A. 2005.** Essai d'introduction de l'arganier (*Argania spinosa* L. *Skeels*), dans la zone de M'doukel et évaluation de quelques paramètres de résistance à la sècheresse. Université el hadj lakhdar. Batna. Thèse de magister 143p.

- **Bot, A. Nachtergaele, F. et Young, A. 2000.** Land resource potential and constraints at regional and country levels. World Soil Resources Report 90. Rome : FAO of UN.
- **Bovey, R. Et Coll. 1972.** La défonce des plantes cultivées -Ed. Payot, Lausanne, 863p.
- **Boyer, J.S. 1982.** Plant productivity and environment. *Sci.*, New series, 218: 443-448.
- **Boyko, A. Kovalchuk, I. 2011.** Genome instability and epigenetic modification - heritable responses to environmental stress, *Current opinion in Plant Biology*, 14: 260-266.
- **Broughton, W.J. et Dilworth, M.J. 1971.** Control of leghemoglobin synthesis in snake beans. *Biochemistry Journal*, 125: 1075-1080.
- **Brun, A. 1981.** Mise au point bibliographique concernant l'étude des effets de la salinité sur les végétaux. *Ann. Fac. Sci.*, 28: 59-84.
- **Camara, B. Sanogo, S. Cherif, M. et Kone, D. 2018.** Effet du stress salin sur la germination des graines de trois légumineuses (*Phaseolus vulgaris*, *Glyscin max* et *Vigna unguiculata*). *J.Appl. Biosci.* 124 : 12424-12432.
- **Carpenter, J.F. Crowe, L.M. et Arakawa, T.1990.** Comparison of solute-induced protein stabilisation in aqueous solution and in the frozen and dried states. *J. Dairy Sci.* 73(12) : 3627-3633.
- **Chartzoulakis, K. et Klapaki, G. 2000.** Response of two greenhouse pepper hybrids to Na Cl salinity during different growth stages. *Scientia Horticulturae*, 86: 247-260.
- **Cheverry et robert. 1998.** La dégradation des sols irrigués et de la ressource en eau. *Revue Etude et gestion des sols* 5,4. 214-228.
- **Collard, B.C.Y. Jahufer, M.Z.Z. Brouwer, J.B. Pang, E.C.K. 2005.** An introduction to markers, quantitative trait loci (QTL) mapping and marker-assisted selection for crop improvement : the basic concepts. *Euphytica*, 142: 169-196.
- **Cornillon, P. et Palloix, A. 1995.** Influence de la salinité et de la température du substrat sur la croissance et la nutrition du piment. *Fruits*, 50: 469-471.
- **Cushman, J.C. Meyer, G, Michlowski, C.B. Schmitt, J.M. et Bohnert H.J. 1989.** Salt stress leads to differential expression of two isogenes of PEPCase during CAM induction in the common Ice plant. *Plant Cell* 1 :715-725.
- **Dadach, M. Boukhar, S. Mehdad, Z. Bendimred, F.Z. Latrech, A. Bouker, A. 2015.** Biochemical and physiological response of the tree Medic (*Medicago arborea*) to salt stress. *Les technologies de laboratoire*, 9 (37): 8-20.
- **Daoud, Y. Halitim, A. 1994.** Irrigation et salinisation au Sahara algérien. *Sécheresse* 5, 3: 151-160.

- **Derkaoui, K.M, 2009.** Les réponses morphologiques, physiologiques et anatomiques des racines de la tomate (*Solanum lycopersicum L.*) Vis-à-Vis du stress salin. Mémoire de Magistère en Biodiversité végétale méditerranéenne de l'Algérie occidentale, Université d'Oran, 80p.
- **Deulvot, C. Charrel, H. Marty, A. Jacquin, F. Donnadiou, C. Lejeune-Hénaut, I. Burstin, J. Auber, T.G. 2010.** Highly-multiplexed SNP genotyping for genetic mapping and germplasm diversity studies in pea BMC Genomic, 11: 468.
- **Ferdaous, M. 2005.** Amélioration génétique de quelques génotypes de pois protéagineux. Universitaires Européennes. France, 91p.
- **Flower, T.J. Troke, P.F. et Yeo, A.R. 1977.** The mechanism of salt tolerance in halophytes. Ann. Rev. Of Plant Physiol., 28: 89-121.
- **Fondevilla, S. Kuter, H. Krajinski, F. Cubero, J.I. Rubiales, D. 2011.** Identification of genes differentially expressed in a resistant reaction to *Mycosphaerella pinodes* in pea using microarray technology. BMC Genomics, 13: 12 -28.
- **Genoux, C. putzola, F. Maurin, G. 1991. Thème général. La lagune Méditerranéenne. T.PE. Les plantes halophytes.**
- **Gerber, H.S. 1983(1984).** Major Insect and Allied Pests of Vegetables in British Columbia. British Columbia Minist. Agric. Food Pulb., 83-7. 69pp.
- **Ghassemi, F. Jakeman, A.J. Nix, H.A. 1995.** Salinisation of land and water resources human causes, extent, management and case studies. Wallingford, Oxon, UK
- **Gill, P. K. Sharma, A.D. Singh, P. et Bhullar S.S. 2003.** Changes in germination, growth and soluble sugar contents of Sorghum bicolor L. Moench seeds under various abiotic stresses, Plant Growth Regulation, 40(2): 157-162.
- **Greenway, H. and Munns, R. 1980.** Mechanisms of Salt Tolerance in Non-Halophytes. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 31, 149-190.
- **Hajlaoui, H. Denden, M. Bouslama, M. 2007.** Etude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum L.*) au stade germination. Tropicultura, (25): 168-173.
- **Haltim, A. 1985.** Contribution à l'étude des sols salés des zones arides (hautes plaines steppique de l'Algérie), morphologie, distribution et rôle des sels dans la genèse et le comportement des sols, thèse doctorat Es. Sci. Univ. Reme., 384 p.

- **Hamdy, A. 2002.** A review paper on, soil salinity, crop salt. Response and crop salt tolerance mechanisms. Advances in soil salinity and drainage management to save water and water and protect the environment. Minister Agriculture Alger: 4-72.
- **Hammia, I. 2012.** Impact de l'irrigation sur la salinisation des sols dans les palmeraies de Oued Righ. Mém. Ing. Agro., université de ouargla, 18p.
- **Haouala, F. Ferjani, H. Ben ElHaj, S. 2007.** Effet de la salinité sur la répartition des cations (Na⁺, K⁺ et Ca²⁺) et du chlore (Cl⁻) dans les parties aériennes et les racines du ray-grass anglais et du chiendent. Biotechnol. Agronom. Soc. Environ, 11(3): 235-244.
- **Heller, H. Esnault, R. et Lance, C. 2004.** Physiologie végétale tome 1-nutrition Paris, dunod, ISBN 323p : 2-10, 48-70.
- **Holwach, L.P. 1982.** Dissertation abstracts international (42) cornell uni. Uthaca, NY, USA.
- **Hopkins, W.G. 2003.** Physiologie végétale. 2éme édition. De Boeck, Bruscelles, 476p.
- **Hu, Y. Fricke, Y.W. and Schmidhalter, U. 2005.** Salinity and the growth of non-halophytic grass leaves: the role of mineral nutrient distribution. Funct. Plant Biol. 32 : 973-985.
- **Jabnoue, M. 2008.** Adaptation des plantes à l'environnement : Stress salin. Présentation Power Point.
- **Jacob, W.K. Parthapar, S.A. Wopereis, M.C.S. Sahrawat, K.L. 1998.** How to manage Salinity in irrigated Lands. A Selective review with particular reference to irrigation in developing countries. SWIM paper, International Irrigation Management Institute, colombo, Sri Lanka.
- **Jendoubi, S. 1997.** Contribution à la caractérisation physiologique et biochimique de parois racinaires chez 2 espèces de blé. *Triticum durum* (Ben Béchir) et *Triticum aestivum* (Tanit) cultivées en milieu salin. Tunis. DEA de la Faculté des Sciences de Tunis, 86 p.
- **Jones, H.G. Flowers, T.J. et Jones, M.B. 1989.** Plants under stress. Univ. Cambridge. Breeding for abiotic. Stresses for sustainable agriculture. Phil. Trans. R. Soc. B., 363: 703-716.
- **ITGC, 2016.** Institut Technique des Grandes Culture.
- **Kabir, A.H. Paltridge, N.G. Able, A.J. Paull, J.G. Stangoulis, J.C. 2012.** Naturel variation for Fe-efficiency is associated with upregulation of Strategy I mechanisms and enhanced citrate and ethylene synthesis in *Pisum sativum* L. *Planta*, 235: 1409-1419.

- **Kaci, S. Bissati, S. et Djerroudi, O. 2012.** Effet d'un stress salin sur la réponse minérale D'atriplex Canescens(Pursh) nutt. Université Kasdi Merbah Ouargla. Revue des Bio Ressources, 2(2): 48-58.
- **Kadri, K. Maalam, S. Cheikh, M.H. Benabdallah, A. Rahmoune, C. et Ben Naceur, M. 2009.** Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques accessions Tunisiennes d'orge (*Hordeum vulgare* L.). Science and Technologie, 29: 72-79.
- **Kafkai, U. 1991.** Root growth under stress. Plant roots. He hidden half. New York, USA. Marcel Dekker, 375-391.
- **Karmous, C. 2007.** Contribution à l'étude des mécanismes de tolérance à la salinité au stade juvénile chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Aspects physiologique, biochimique et moléculaire. Thèse de doctorat en agronomie et science de la production végétale. Inat., Tunis, 211p.
- **Katembe, W.J. Ungar, I.A. Mitchell, J.P. 1998.** Effect of salinity on germination and early seedling growth of two Atriplex species (*Chenopodiaceae*). Ann. Bot., 167-75.
- **Khadri, M.L. Pliego, M. Soussi, C. Lluch and Ocaña, A. 2001.** Ammonium assimilation and ureide metabolism in common bean (*Phaseolus vulgaris*) nodules under salt stress. Agronomie 21: 635-643.
- **Khairi, Hanane. Lamani, Randa. 2008.** Mécanismes de protection des plantes de pois par des polysaccharides extraits d'une souche de *Rhizobium* contre *Orobanche crenata*. Production alimentaire et nutrition. Tunisie : Université de Monastir, 80p.
- **Khemiri, H. Belguith, H. Jridi, T. Ben El Arbi, M. et Ben Hamida, J. 2004.** Caractérisation biochimique d'une amylase active au cours du processus germinatif des graines de colza (*Brassica napus* L.). Enzymologie et métabolisme, Congrès International de Biochimie. Marrakech, 146-149.
- **Krajinski, F. Cubero, J.I. Rubiales, D. 2011.** Identification of genes differentially expressed in a resistant reaction to *Mycosphaerella pinodes* in pea using microarray technology. BMC Genomics, 13: 12-28.
- **Krawczak, M. 1999.** Informativity assessment for biallelic single nucleotide polymorphisms. *Electrophoresis*, 20: 1676-1681.
- **Lafrenchis, T. 2003.** Les papillons de jour-Coll. Parthénope, Ed. Biotope, Mèze 448p.

- **Lamaze, T. 1994.** Résistance de plantes à la sécheresse. mécanismes physiologiques. Le sélectionneur Français, 45: 75-85.
- **Lasram, M. 1995.** Comportement des plantes en milieu salé et placé en pourtour Méditerranée. A.C.R. Acad. Agric., 81(02): 47-60.
- **Laundon, G.F. et Waterston, J.M. 1965.** *Uromyces viciae-fabae*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria, No. 60. Commonw. Mycol. Inst, Kew, Surrey, Angleterre, 2pp.
- **Levitt, J. 1980.** Responses of plants to environmental stresses. Vol. II, Water, radiation, Salt and other stresses. Acad. Press, New York, 3-211.
- **Levitt, J. 1972.** Responses of plants to environmental stresses (by) J. Levitt Academic Press, New York.
- **Legros J.P. 2009.** La salinisation dans le monde. Académie des Sciences et Lettres de Montpellier, Conférence 4069(40): 257-269.
- **Loridon, K. McPhee, K. Morin, J. Dubreuil, P. Pilet-Nayel, M.L. Aubert, G. Rameau, C. Baranger, A. Coyne, C. Lejeune-Hènaut, I. Burstin, J. 2005.** Microsatellite merker polymorphism and mapping in pea (*Pisum sativum* L.). Theor Appl Genet, 111: 1022-1031.
- **MADR. 2014.** Annuaire statistique du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.
- **Maillard, J. 2001.** Le point sur et la salinité des sols en zone sahélienne risqué et recommandation handicapé international, document des centres d'actions et de réalisations international, France, 34-35.
- **Marambe, B. ndo, T. 1995.** Physiological basis of salinity tolerance of sorghum seeds during germination. *J. Agron. Crop Sci.*, 174 (5): 291-296.
- **Mashali, A. Suorez, D.L. Nabhan, H. et Rabindra, R. 2005.** Integrated management for sustainable use of Salt-affected Soils. Rome, FAO soils Bulletin.
- **Mayak, S. Tirosh, T. et Glick, B.R. 2004.** Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 42: 565-572.
- **McCallum, J. Timmerman-Vaughan, G. Frew, T.J. Russell, A.C. 1997.** Biochemical and genetic linkage analysis of green seed color in field pea (*Pisum sativum* L.). *J Am Soc Hort Sci.*, 122: 218-225.

- **Memecee, 2015.** Rapport de diagnostique de l'état de l'environnement au maroc (ministère de l'énergie, des mines, de l'eau et de l'environnement) <http://www.environnement.gov.ma/index.php/fr/etat-env>.
- **Menacer, F. 2007.** Contribution à l'étude de l'effet de la salinité sur un marqueur biochimique, cas de la proline chez *Atriplex halimus* L. Et *A triplex conescens* purch Nntt., 99p.
- **Mermoud, A. 2006.** Cours de physique du sol. Maîtrise de la salinité des sols. Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, 23p.
- **Mohamed, H.A. Shata, H.M. Abdelal, H.R. EL-Fahl, A.M. Ismail, I.A. 1983.** Host range and viability of urediospores of *Uromyces fabae* de bary. Agric. Res. Rev., 61: 73-82.
- **Moreno, R.R. 2009.** Localisation and characterization of yeild component quantitative trait loci (QTIs) in Recombinant Inbred Lines (RILs) of pea, *Pisum sativum* ssp. *PhD thesis*. Northern Illinois University.
- **Munns, R et Rawson, H.M. 1999.** Effect of salinity on salt accumulation and reproductive development in the apical meristem of wheat and barley. Aust. J. Plant Physiol, 459-464.
- **Munns, R. 2002.** Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environment, 25: 239-250.
- **Munns, R. 2005.** Genes and salt tolerance : bringing them together. New Phytol. 167(3): 645-663.
- **Munns, R. and Tester, M. 2008.** Mechanisms of salinity tolerance, Annu. Rev. Plant biol., 59: 651-81.
- **Nakamura, Y. Sato, S. Kaneko, T. Asamizu, E. Kato, T. Nakao, M. Sasamoto, S. Watanabe, A. One, A. Kawashima, K. Fujishiro, T. 2008.** Genome structure of the legume. *Lotus japonicus DNA Res*, 15: 227-239.
- **Noctor, G. et Foyer, C.H. 1998.** Ascorbate and glutathione : keeping active oxygen under control. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol., 49(1): 249-279.
- **Okcu, G. Kaya, M.D. Et Atar, M. 2005.** Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). Turk J Agric for., 29: 237-242.
- **Omami, E.N. 2005.** Reponse of amaranth to salinity stress. These Ph.D Horticulture. Departement of plant production and soil science, faculty of natural and agricultural sciencees, University of pretoria: 235p.

- **Orcutt, D.M. et Nilsen, E.T., 2000.** Physiology of plants under stress. John Wiley et Sons Inc., New York, NY, USA., 128p.
- **Organisation Européen et méditerranéen des plantes : Directive sur la bonne pratique phytosanitaire 1998.** Bulletin OEPP/EPPO, 28: 387-410.
- **Parida, A. Das, A.B. et Das, P. 2002.** Na Cl stress causes changes in photosynthetic pigments, proteins and other metabolic components in the leaves of a true mangrove, *Bruguiera arvilla*, in hydroponic cultures. Plant Biol., 45: 28-36.
- **Parida, A.K. et Das, A.B. 2005.** Salt tolerance and salinity effects on plants. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60: 324-349.
- **Pasternak, D. Malach, Y.D. 1994.** Crop irrigation with saline water. In : Pessarakli Mo (Ed.), Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker, New York, 599-622.
- **Prioul, S. Frankewitz, A. Deriot, G. Morin, G. Baranger, A. 2004.** Mapping of quantitative trait loci for resistance to *Mycosphaerella pinodes* in pea (*Pisum sativum*), at the seedling and adult plant stage. Theor Appl Genet, 108: 1322-1344.
- **Rahman, H. Pinty, B. and Verstraete, M.M. 1993.** Coupled surface-atmosphere reflectance (CSAR) model: 2. Semiempirical surface model usable with NOAA advanced very high resolution radiometer data. *Journal of Geophysical Research*, 98p.
- **Rangasamy, P. 2006.** World salinization with emphasis on Australia. J Exp Bot., 57: 1017-1023.
- **Saadallah, K. Drevonb, J.J. Hajjic, M. and Abdelya, C. 2001a.** Genotypic variability for tolerance to salinity of N₂-fixing common bean (*Phaseolus vulgaris*). Agronomie, 21: 675-682.
- **Saadallah, K. Drevonb, J.J. And Abdelya, C. 2001b.** Nodulation et croissance nodulaire chez le haricot (*Phaseolus vulgaris*) sous contrainte saline. Agronomie 21: 627-634.
- **Saidi, J. 2004.** Influence de la phase saline sur les propriétés physiques des matériaux Argileux du bas Cheliff. Thèse de Doctorat d'Etat en Science Agronomiques. Spécialité Science du sol. 181p.
- **Sairam, R.K. et Tyagi, A. 2004.** Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. Curr. Sci., 86: 407-421.
- **Shannon, M.C. Grieve, C.M. 1999.** Tolerance of vegetable crops to salinity. Sci. Hortic., 78:5-38

- **Sheng, M. Tang, M. Chan, H. Yang, B. Zhang, F. et Huang, Y. 2008.** Influence of arbuscular mycorrhizae on photosynthesis and water status of maize plants under salt stress. *Mycorrhiza*, 18: 287-296.
- **Shilpi et Narendra, 2005 :** cold salinity and drought stress.
- **Slama, A.D. Afifi, W.M. Mousa A.Z. et Shams El Din. 1992.** Biochemical study on the effect of salinity on cucumber seedlings. *Annals Agric. Sci. Ain Shams Univ. Cairo.*, 37(2): 339-349.
- **Slama, F. 1998.** Cultures industrielles et légumineuses à graines. Ed centre de diffusion Universitaire Tunisie : 300p.
- **Szablocks, I. 1989.** Salt affected Soils. Boca Raton : CRC press.
- **Szablocs, I. 1994.** Prospects of soil salinity for the 21 st century trans. *Int cong of soil sc*, 123-141.
- **Tacques, Lanore. 1985.** Tables de composition des aliments, Institut scientifique d'hygiène alimentaire.
- **Tavili, A. Biniaz, M. 2009.** Different salts effects on the germination of *Hordeum vulgare* and *Hordeum bulbosum*. *Pakistan journal of nutrition*, 8:63-68.
- **Tester, M. et Davenport, R.J. 2003.** Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Ann. Bot. Lond.*, 91 (5): 503-527.
- **Thakur, P.S. Et Rai, V.K. 1982.** Dynamics of Amino-Acid Accumulation of 2 Differentially Drought Resistant *Zea-Mays* Cultivars in Response to Osmotic Stress. *Environmental and Experimental Botany*, 22(2): 221-6.
- **Timmerman-Vaughan, G.M. McCallum, J.A. Frew, T.J. Weeden, N.F. Russell, A.C. 1996.** Linkage mapping of quantitative trait controlling seed weight in pea (*Pisum sativum L.*). *Theor Appl Genet*, 93: 431-439.
- **Varela, J. Sanchez- Monge, R. Lopez- Torrejon, G. Pascual, C.Y. Martin, Esteban, M. et Salcedo, G. 2004.** Vicilin and convicilin are potentiel major allergens from pea, Unidad Bioquímica, Departamento biotecnología, ETS Ingenieros Agronomos, Madrid, and Clin Exp Allergy. Résumé dans NCBI (National center for Biotechnology Information) consulté le 20 October 2008.
- **Varshney, R.K. Chen, W. Li, Y. Bharti, A.K. Saxena, R.K. Schlueter, J.A. Donoghue, M.T. Azam, 2011.** Draft genome sequence of pigeonpea (*Cajanus cajan*), an orphan legume crop of resource-poor farmers. *Nat Biotech*, 30: 83-89.

- **Yan, W. and Hunt, L.A. 1999.** An equation for modelling the temperature response of plants using only the cardinal temperatures. *Annals of Botany*, 84: 607-614.
- **Yancey, P.H. Clark, M.E. Hand, S.C. Bowlus, R.D. et Somero, G. N. 1982.** Living with water stress. Evolution of osmolyte systems. *Science*, 217(4566): 1214-1222.
- **Yoshida, K. 2002.** Plant biotechnology genetic engineering to enhance plant salt tolerance. *J. Biosci. Bioeng.*, 94: 585-590.
- **Waisel, Y., 1972.** Biology of halophytes. Academic Press, New York, NY.
- **Weeden, N.F. Ellis, T.H.N. Timmerman-Vaughan, G.M. Swiecicki, W.K. Rozov, S.M. Berdnikov, V.A. 1998.** A consensus linkage map for *Pisum sativum*. *Pisum Genet*, 30: 1-4.
- **Werner, J.E. Finkelstein, R.R. 1995.** Arabidopsis mutant with reduced response to Na Cl and osmotic stress. *Physiol. Plant.* 93: 659-666.
- **West, D.W. et François, L.E. 1982.** Effects of salinity on germination, growth and yield of cowpea. *Irrig. Sci.*, 3:169-175.
- **Xing, C. Schumacher, F.R. Xing, G. Lu, Q. Wang, T. Elston, R.C. 2005.** Comparaison of microsatellites, single-nucleotide polymorphisms (SNPs) and composite markers derived from SNPs in linkage analysis. *BMS Genet*, 6: S29.
- **Zahran, H.H. Sprent, J.I. 1986.** Effects of sodium chloride and polyethylene glycol on root-hair infection and nodulation of *Vicia faba L.* plants by *Rhizobium leguminosarum*, *Planta*, 167: 303-309.
- **Zhu, J.K. 2001.** Plant salt tolerance *Trends in Plant Sci.* 6: 66-71.
- **Zhu, J.K. Jagendorf, A. et Chinnusamy, V. 2005.** Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop Science Society of America*, 45: 437-448.

Site d'internet :

- [1] : [www.Unilet.fr / culture par culture >pois](http://www.Unilet.fr/culture%20par%20culture%20%3Epois) 28/03/2018.
- [2] : <https://parkseed.com/image/xxl/52739-pk-p1.jpg> 06/06/2018.
- [3] : <https://books.google.dz> 22/04/2018.
- [4] : <https://googel.dz> 26/04/2018
- [5] : [https:// Google. Image.fr. image.26/04/2018.](https://Google.Image.fr.image.26/04/2018)
- [6] : <https://www.poteger.biz/wp-content/uploads/2017/05/petits-pois.jpg> 29/05/2018.
- [7] : [https://www.via-lesherbes. Les plantes de la famille des fabacées.com](https://www.via-lesherbes.com/les-plantes-de-la-famille-des-fabacees) 22/04/2018.
- [8]: https://www.google.com/search?q=cycle+de+vie+de+petit+pois&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjNqsXC8b7bAhWDu1MKHXBnCC0Q_AUICigB&biw=1366&bih=657#imgrc=oEokq4bgyJfLIM: 06/06/2018.
- [9] : <https://books.google.dz> 22/04/2018.
- [10] : [www. Terresunivia.fr](http://www.Terresunivia.fr) 12/05/2018.
- [11] : <https://www.terresinovia.fr/fileadmin/cetiom/Cultures/Pois/Maladies/pois-ascochyose> 29/05/2018.
- [12] : www.Unite.légumes conserve et surgelés.com 29/03/2018.
- [13] : <https://c8.alamy.com/comp/D48MKE/grey-mould-botrytis-cinerea-infection-in-the-stem> 29/05/2018.
- [14] : <https://www.terresinovia.fr/fileadmin/cetiom/culture/pois/Maladie/pois-mildiou> 27/05/2018.
- [15]: <https://binette-et-cornichon.com/bundles/chouchieplant/images/posts/oidium/pois.jpg> 29/05/2018.
- [16] : [https://www.fiches.arvalis-infos.fr/fiche_accident/img.php ? ID=3810](https://www.fiches.arvalis-infos.fr/fiche_accident/img.php?ID=3810) 05/06/2018.
- [17] : www.Terresinovia guide de culture pois 2017.fr 17/04/2018.

[18] : https://www.agrireseau.net/agroenvironnement/documents/Salinisation_irrigation.pdf
03/04/2018.

[19] : https://www.actuenvironnement.com/ae/dictionnaire_environnement/definition/lixivation.php4. 03/04/2018.

[20] : https://www.memoireonline.com/12/13/8258/m_Analyse-de-la-reponse-de-quelques-genotypes-de-ble-dur--Triticum-turgidum-ssp-durum---la-cont.html. 20/04/2018.

[21] : <https://www.google.dz/search?q=les+type+de+vari%C3%A9t%C3%A9+de+petit+pois+origin+france&hl=fr&ei=V4EnW9XkEcX5UPWIr4gI&start=10&sa=N&biw=1352&bih=642>. 21 /04/2018.

Annexe

Annexe

Tableau 01 : Pourcentage de la germination (%) pour les différentes variétés de petit pois soumises aux différentes concentrations de Na Cl (Mm).

Concentration	0 mM	50 mM	75 mM	100 mM	150 mM	200 mM
variété						
Avocette	91.66	79.16	62.5	50	37.5	12.5
Douce Provence	83.33	70.83	58.33	45.83	33.33	20.83
Kelvil	58.33	54.16	45.83	37.5	16.66	0
Kelvedon	100	95.83	83.33	75	45.83	29.16
Proval	91.66	83.33	75	58.33	33.33	25
Orion	95.83	91.66	87.5	66.66	41.66	16.66

Tableau 02 : La longueur de la racine (cm) des variétés de petit pois soumises aux différentes concentrations de Na Cl (mM).

Concentration	0 mM	50 mM	75 mM	100 mM	150 mM	200 mM
Variété						
Avocette	7.26	6.83	5.2	4.8	3.93	3
Douce Provence	6.6	5.4	4.83	3.4	3	2.4
Kelvil	5.1	4.53	4.26	4	3.4	0
Kelvedon	11.4	10.1	9.63	7.7	6.8	5
Proval	8.16	7.2	6	5.33	4.3	3.26
Orion	9.36	8.13	7.53	6.5	5.43	4.43

Tableau 03 : La longueur de la tige (cm) des plantules des variétés de petit pois soumises aux différentes concentrations du Na Cl (mM).

Concentration	0 mM	50 mM	75 mM	100 mM	150 mM	200 mM
variété						
Avocette	6.86	5.76	4.8	4.1	3.36	2.36
Douce Provence	5.33	4.7	4.16	3.26	2.76	2.16
Kelvil	4.46	4.3	3.63	3	2.63	0
Kelvedon	9.5	8.66	7.56	6.96	5	3
Proval	6.63	6.16	5.5	4.3	3.7	2
Orion	8.36	7	6.6	5.76	4.43	3.13

Tableau 04 : Les moyennes de la hauteur des plantes (cm) pour les différentes variétés du petit pois soumises aux différentes concentrations de Na Cl (cm).

Concentration	0 mM	50 mM	75 mM	100 mM	150 mM	200 mM
variété						
Avocette	15,17	11,33	8,96	8	7,83	3,17
Orion	13,33	9,17	6,5	5,17	4	2,33
Proval	14	13,5	12	11,5	7,16	6,83
Kelvedon	18,5	18	15,66	15,53	10	7,17

Tableau 05 : La longueur de la racine principale (cm) des variétés de petit pois soumises aux différentes concentrations de Na Cl (mM).

Concentration	0 mM	50 mM	75 mM	100 mM	150 mM	200 mM
variété						
Avocette	13,5	12,33	10,83	10,5	8,66	7,2
Orion	14	11,66	10	9,66	8,33	6,83
Proval	12,23	12	11	10,66	9	7,33
Kelvedon	17,66	16,83	14,5	11,83	11,67	10,83

Tableau 06: Le poids frais de la partie aérienne (g) des différentes variétés de petit pois soumises aux différentes concentrations de Na Cl (mM).

Concentration	0mM	50mM	75mM	100mM	150mM	200mM
Variété						
Kelvedon	1,83	1,66	1,56	1,43	1,24	1,16
Orion	1,81	1,56	1,36	1,23	1,2	0,86
Avocette	1,66	1,43	1,23	1,16	1,03	1
Proval	1,64	1,36	1,33	1,24	0,93	0,83

Tableau 07: Le poids frais de la partie souterraine (g) des différentes variétés des soumis aux différentes concentrations de Na Cl (mM). Cl (mM).

Concentration	0mM	50mM	75mM	100mM	150mM	200mM
Variété						
Kelvedon	0,86	0,8	0,76	0,73	0,52	0,49
Orion	0,83	0,73	0,51	0,42	0,24	0,23
Avocette	0,8	0,68	0,51	0,43	0,23	0,2
Provel	0,76	0,52	0,47	0,34	0,23	0,2

Tableau 08 : Le poids sec de la partie aérienne (g) des différentes variétés de petit pois soumises aux différentes concentrations de Na Cl (mM).

Concentration	0mM	50mM	75mM	100mM	150mM	200mM
Variété						
Kelvedon	0,27	0,24	0,21	0,17	0,11	0,09
Orion	0,25	0,23	0,15	0,11	0,07	0,04
Avocette	0,24	0,21	0,16	0,15	0,09	0,08
Provel	0,23	0,17	0,11	0,09	0,04	0,03

Tableau 09: Le poids sec de la partie souterraine (g) des différentes variétés de petit pois soumises aux différentes concentrations de Na Cl (mM).

Concentration	0mM	50mM	75mM	100mM	150mM	200mM
Variété						
Kelvedon	0,053	0,046	0,036	0,033	0,03	0,02
Orion	0,036	0,033	0,026	0,016	0,013	0,01
Avocette	0,033	0,026	0,023	0,013	0,007	0,004
Provel	0,03	0,02	0,01	0,007	0,004	0,003

Analyse statistiques : analyse de variance de deux critères (concentration/variétés)

Tableau 10: analyse de la variance de pourcentage de germination

Source	DDL	CM	F	P
Concentration	5	12914.6	157.52	*** 0.000
Variété	5	2886.9	35.21	*** 0.000
Concentration*Variété	25	88.9	1.12	** 0.347
Erreur	97	82.0	-	-
Totale	107	-	-	-

Tableau 11 : analyse de la variance de la longueur de la racicule

Source	DDL	CM	F	P
Concentration	5	58.1288	123.72	*** 0.000
Variété	5	57.1579	121.66	*** 0.000
Concentration*Variété	25	0.8533	2.53	*** 0.001
Erreur	97	0.4698	-	-
Totale	107	-	-	-

Tableau 12 : analyse de la variance de la longueur de la tigelle.

Source	DDL	CM	F	P
Concentration	5	53.4227	111.65	*** 0.000
Variété	5	34.5539	72.21	*** 0.000
Concentration*Variété	25	0.7736	2.06	** 0.009
Erreur	97	0.4785	-	-
Totale	107	-	-	-

Tableau 13 : analyse de la variance de la Hauteur de la plante.

Source	DDL	CM	F	P
Concentration	5	169.838	18.20	*** 0.000
Variété	3	174.467	18.69	*** 0.000
Concentration*Variété	15	5.565	0.53	*** 0.911
Erreur	63	9.333	-	-
Totale	71	-	-	-

Tableau 14 : analyse de la variance de la longueur de la racine principale.

Source	DDL	CM	F	P
Concentration	5	65.974	5.01	0.001
Variété	3	57.863	4.40	0.007
Concentration*Variété	15	1.589	0.09	1.000
Erreur	63	13.156	-	-
Totale	71	-	-	-

Tableau 15 : Le poids frais de la partie aérienne.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Concentration (NaCl)	5	4.3589	0.87177	2.57	0.035*
Variétés	4	0.7933	0.19833	0.58	0.675
Erreur	62	21.0364	0.33930	-	-
Lack-of-Fit	15	0.2551	0.017001	0.04	1.000
Pure Erreur	47	20.7813	0.44216	-	-
Total	71	26.4936	-	-	-

Tableau 16 : Le poids frais de la partie souterraine.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Concentration (NaCl)	5	2,9206	0,58413	15,62	0,000***
Variétés	4	0,8664	0,21660	5,79	0,001***
Erreur	62	2,3191	0,03741	-	-
Lack-of-Fit	15	0,2760	0,01840	0,42	0,998
Pure Erreur	47	2,0431	0,04347	-	-
Total	71	6,1526	-	-	-

Tableau 17 : Le poids sec de la partie aérienne.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Concentration (NaCl)	5	0.308536	0,061707	9.05	0,000***
Variétés	4	0.045958	0,011490	1,68	0,165
Erreur	62	0,422850	0,006820	-	-
Lack-of-Fit	15	0,006733	0,000449	0,05	1,000
Pure Erreur	47	0,416117	0,008854	-	-
Total	71	0,784687	-	-	-

Tableau 18 : Le poids sec de la partie souterraine.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Concentration (NaCl)	5	0,006807	0,001361	6,09	0,000***
Variétés	4	0,005932	0,001483	6,64	0,000***
Erreur	62	0,013850	0,000223	-	-
Lack-of-Fit	15	0,000219	0,000015	0,05	1,000
Pure Erreur	47	0,013631	0,000290	-	-
Total	71	0,027130	-	-	-

Analyses des variances d'un seul critère :

Tableau 19 : analyse de la variance de pourcentage à un seul critère (concentration) chez

Variété	Source	DDL	CM	F	P
	Concentration	5	2472.22	25.89	*** 0.000
Avocette	Erreur	12	95.49	-	-
	Totale	17	-	-	-
	Concentration	5	1640.63	31.50	*** 0.000
Douce Provence	Erreur	12	52.08	-	-
	Totale	17	-	-	-
	Concentration	5	1557.29	44.85	*** 0.000
Kelvil	Erreur	12	34.72	-	-
	Totale	17	-	-	-
	Concentration	5	2404.51	27.70	*** 0.000
Kelvedon	Erreur	12	86.81	-	-
	Totale	17	-	-	-
	Concentration	5	2229.17	25.68	*** 0.000
Proval	Erreur	12	86.81	-	-
	Totale	17	-	-	-

tout

	Concentration	5	3055.6	25.14	*** 0.000
Orion	Erreur	12	121.5	-	-
	Totale	17	-	-	-

Tableau 20 : analyse de la variance de la longueur de la racicule a un seul critère (concentration).

Variété	Source	DDL	CM	F	P
	Concentration	5	8.1232	10.35	0.001
Avocette	Erreur	12	0.7850	-	-
	Totale	17	-	-	-
	Concentration	5	7.7339	40.23	0.000
Douce Provence	Erreur	12	0.1922	-	-
	Totale	17	-	-	-
	Concentration	5	10.0263	52.92	0.000
Kelvil	Erreur	12	0.1894	-	-
	Totale	17	-	-	-
	Concentration	5	16.8072	51.36	0.000
Kelvedon	Erreur	12	0.3272	-	-
	Totale	17	-	-	-

	Concentration	5	9.8636	45.88	0.000
Proval	Erreur	12	0.2150	-	-
	Totale	17	-	-	-
	Concentration	5	9.8413	31.63	0.000
Orion	Erreur	12	0.3111	-	-
	Totale	17	-	-	-

Tableau 21 : analyse de la variance de la longueur de la tige à un seul critère (Concentration).

Variété	Source	DDL	CM	F	P
	Concentration	5	7.9676	12.28	*** 0.000
Avocette	Erreur	12	0.6489	-	-
	Totale	17	-	-	-
	Concentration	5	4.3733	12.34	*** 0.000
Douce Provence	Erreur	12	0.3544	-	-
	Totale	17	-	-	-
	Concentration	5	7.9112	56.06	*** 0.000
Kelvil	Erreur	12	0.1411	-	-
	Totale	17	-	-	-

	Concentration	5	17.4410	48.45	*** 0.000
Kelvedon	Erreur	12	0.3600	-	-
	Totale	17	-	-	-
	Concentration	5	8.9742	26.74	*** 0.000
Proval	Erreur	12	0.3357	-	-
	Totale	17	-	-	-
	Concentration	5	10.62	25.53	*** 0.000
Orion	Erreur	12	0.4161	-	-
	Totale	17	-	-	-

Tableau 22 : analyse de la variance de la hauteur de la plante a un seul critère (Concentration).

Variété	Source	DDL	CM	F	P
Avocette	Concentration	5	47.896	8.96	0.001
	Erreur	12	5.348	-	-
	Totale	17	-	-	-
Orion	Concentration	5	47.292	15.48	0.000
	Erreur	12	3.056	-	-
	Totale	17	-	-	-
Proval	Concentration	5	29.03	1.30	0.328
	Erreur	12	22.40	-	-

	Totale	17	-	-	-
Kelvedon	Concentration	5	62.31	5.55	0.007
	Erreur	12	11.24	-	-
	Totale	17	-	-	-

Tableau 23 : analyse de la variance de la longueur de la racine principale a un seul critère (Concentration).

Variété	Source	DDL	CM	F	P
	Concentration	5	16.03	1.13	0.397
Avocette	Erreur	12	14.23	-	-
	Totale	17	-	-	-
	Concentration	5	18.99	1.26	0.340
Orion	Erreur	12	15.01	-	-
	Totale	17	-	-	-
	Concentration	5	10.63	0.51	0.766
Proval	Erreur	12	20.98	-	-
	Totale	17	-	-	-
	Concentration	5	25.09	1.49	0.265
Kelvedon	Erreur	12	16.86	-	-
	Totale	17	-	-	-

Tableau 24 : Le poids frais de la partie aérienne :

Kelvedon	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Source					
Concentration (NaCl)	5	0,9772	0,1954	0,89	0,519
Errer	12	2,6424	0,2202	-	-
Total	17	2,6424	-	-	-
Orion	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Source					
Concentration (NaCl)	5	1,593	0,3187	0,28	0,915
Errer	12	13,665	1,1387	-	-
Total	17	15,258	0,3187	-	-
Avocette	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Source					
Concentration (NaCl)	5	5,004	1,0009	5,48	0,007**
Errer	12	2,193	0,1828	-	-
Total	17	7,198	-	-	-
Provel	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Source					
Concentration (NaCl)	5	1,329	0,2657	1,35	0,310

Errer	12	2,368	0,1973	-	-
Total	17	3,696	-	-	-

Tableau 25 : Le poids frais de la partie souterraine :

Kelvedon	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Source					
Concentration (NaCl)	5	0,3483	0,06966	1,00	0,456
Errer	12	0,8318	0,06932	-	-
Total	17	1,1801	-	-	-
Orion	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Source					
Concentration (NaCl)	5	0,9265	0,18530	9,72	0,001***
Errer	12	0,2287	0,01906	-	-
Total	17	1,1553	-	-	-
Avocette	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Source					
Concentration (NaCl)	5	1.3031	0.26062	5,60	0,007**
Errer	12	0.5581	0.04651	-	-
Total	17	1.8612	-	-	-
Provel	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value

Source					
Concentration (NaCl)	5	1,329	0,2657	1,35	0,310
Errer	12	2,368	0,1973	-	-
Total	17	3,696	-	-	-

Tableau 26 : Le poids sec de la partie aérienne :

Kelvedon	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Source					
Concentration (NaCl)	5	0,07860	0,01572	1,11	0,404
Errer	12	0,16960	0,01413	-	-
Total	17	0,24820	-	-	-
Orion	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Source					
Concentration (NaCl)	5	0,10069	0,020139	3,52	0,035*
Errer	12	0,06873	0,005728	-	-
Total	17	0,16943	-	-	-
Avocette	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Source					
Concentration (NaCl)	5	0,1154	0,02309	1,78	0,192

Errer	12	0,1558	0,01298	-	-
Total	17	0,2712	-	-	-
Provel	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Source					
Concentration (NaCl)	5	1,329	0,2657	1,35	0,310
Errer	12	2,368	0,1973	-	-
Total	17	3,696	-	-	-

Tableau 27 : Le poids sec de la partie souterraine :

Kelvedon	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Source					
Concentration (NaCl)	5	0,002133	0,000427	0,75	0,60455
Errer	12	0,006867	0,000572	-	-
Total	17	0,009000	-	-	-
Orion	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Source					
Concentration (NaCl)	5	0,001803	0,000361	1,87	0,174
Errer	12	0,002314	0,000193	-	-
Total	17	0,004116	-	-	-
Avocette	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Source					

Concentration (NaCl)	5	0,002387	0,000477	2,72	0,073
Errer	12	0,002109	0,000176	-	-
Total	17	0,004496	-	-	-
Provel	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Source					
Concentration (NaCl)	5	1,329	0,2657	1,35	0,310
Errer	12	2,368	0,1973	-	-
Total	17	3,696	-	-	-