

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université 8 Mai 1945 Guelma

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la Terre et de l'Univers

DEPARTEMENT D'ÉCOLOGIE ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT



Mémoire de Master2

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière: Sciences agronomique

Spécialité/Option :Phytopharmacie et protection des végétaux

**Contribution à l'étude de l'effet de la salinité sur la germination et la croissance du pois (*Pisum sativum* L.)**

Présenter par:

SAYOUD Fatma Zahra

NEZZARE Asma

Devant le jury composé de:

Président(e) :ALLIOUI N.

M.C.A

Université de Guelma

Examineur:KHALADI O.

M.C.B

Université de Guelma

Encadreur:LAOUAR H.

M.C.B

Université de Guelma

**Juin2023**

***Remerciement:***

***Tous nos remerciements vont d'abord à Dieu Tout-Puissant qui nous a comblés de***

***Son cœur et nous a donné force et patience pour accomplir cette humble œuvre, et qui nous a aidés à réaliser ce message.***

***Nous remercions Mme. AlliouïN, Maître assistante à l'université 08 mai 1945, pour accepter de présider ce jury.***

***Nous exprimons également ma gratitude à Mer. Kheladi O, professeur adjoint Université 08 mai 1945 pour avoir accepté de soumettre sa contribution au jugement sur cet un travail.***

***Nous voudrions remercier Mme .Laour Hadia, maître assistante à l'Université du 08 Mai***

***1945, pour avoir accepté la tâche de nous surveiller tout le temps***

***Dédié à ces nombreux métiers. Merci pour votre patience et Empathie et confiance durant ce travail.***

***Nos sincères remerciements à la technicienne du laboratoire, Mme Boushabout Louisa.***

***De peur d'oublier les noms, nous remercions tous ceux qui m'ont aidé de loin ou de près***

***Prêt à terminer ce travail.***

***Nous aimerions traverser notre plus grande gratitude au  
superviseur pour l'avoir accepté si volontiers***

***Partagez ces souvenirs.***

***Et aussi pour ses efforts et Ses conseils***

***avisés, sa patience et sa persévérance***

***.juin2023.***

## ***Dédicace:***

***Tout d`abord louanges à Allah, seigneur de l'univers qui nous a éclairés notre chemin vers la science et la connaissance.***

***Mes plus grands soutiens et sources d'inspiration, je dédie mon travail avec tout mon amour et ma gratitudes ans bornes.***

***À ma mère Kamila qui a toujours été mon épingle et ma boussole, merci pour votre***

***Amour inconditionnel et votre soutien indéfectible, vous avez été la lumière qui a éclairé mon chemin à travers les moments difficiles.***

***À mon père Mohammed qui m'a appris l'importance du travail acharné, de la***

***Persévérance et de l'honnêteté, je suis reconnaissant pour vos conseils avisés et votre soutien indéfectible. Je suis infiniment reconnaissant de votre soutien***

***Indéfectible et de votre confiance en moi.***

***A mon frère Houcine, mes sœurs Hasna et Jana qui ont été mes piliers dans les moments difficiles.***

***À mon fiancé, Raid qui a été mon soutien pendant cette période et qui m'a soutenu et motivé dans mes études.***

***À la mère de mon fiancé, merci pour votre gentillesse, votre soutien et votre amour pour moi.***

***Au père de mon fiancé (que Dieu lui fasse miséricorde) qui m'a encouragé et inspiré***

***A viser plus haut et à pour suivre mes rêves.***

***Enfin, à mon binôme Asma qui est devenue une amie chère et une  
collaboratrice***

***Talentueuse, merci pour notre collaboration fructueuse et notre  
amitié.***

***Tu as été une source d'inspiration et de motivation pour moi tout  
au long de parcours.***

***Sayoud Fatma Zahra***

## ***Dédicace:***

***A la plus merveilleuse de toutes les femmes du monde, celle qui m'a soutenue durant toutes mes années d'études, à celle qui m'a donné la vie à ma très chère mère qui me donne toujours de l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi.***

***A mon cher père pour le quel je souhaite une longue et heureuse vie pleine de bonheur, pour Leurs sacrifices sans limites, et leur amour et leur encouragement.***

***A ma sœur.***

***A mes frères.***

***Pour ma chérie binôme fatma pour leur entente, leur sympathie, leur aide et supports dans les moments difficiles ainsi que pour tous les merveilleux souvenirs.***

***A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.***

***NEZZAR ASMA***

## Table de matière

**Résumé**

**Liste des abréviations**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

### **Chapitre I: Introduction générale**

Introduction..... 1

### **Chapitre II: Matériels et méthodes**

1- Le but de l'étude.....	9
2- Site expérimental.....	9
3- Matériel végétale.....	10
Caractéristiques des deux variétés étudiées.....	10
Variété A«ONWARD».....	10
3-1-2-Variété B«KELVEDON».....	10
4- Méthodologie de travail.....	11
Test de germination.....	11
Préparation des graines.....	11
Germination sous stress salin.....	11
Le dispositif expérimental.....	12
Préparation des pots.....	13
Caractéristiques de la tourbe.....	13
L'arrosage.....	14
Application de stress.....	15
5- Paramètres étudiés.....	15

Paramètre relatifs à la germination des graines .....	15
Essai en boites de pétrie.....	15
Cinétique de la germination.....	15
Taux quotidienne de la germination.....	16
Réversibilité de l'effet du NaCl .....	16
Paramètres relatifs à la croissance des plantes.....	17
La surface foliaire SF«cm2».....	17
Hauteur de la tige(HT).....	17
Longueur racinaire(LR) .....	17
Poids frais des parties souterraines.....	18
Poids sec des parties souterraines.....	18
Dosage des Pigments Chlorophylliens .....	18
6- Analyses statistiques .....	19

### **ChapitreIII: Résultats et discussions**

1- Effet de la salinité sur le taux de germination final(GF%) .....	20
2- La Cinétique de germination.....	21
3- Taux quotidien de la germination.....	23
3-1-Taux quotidien de la germination de la variété «onward».....	23
3-2-Taux quotidien de la germination de la variété «kelvidon».....	24
4- Réversibilité de l'effet du NaCl.....	26
5- La surface foliaire.....	26
6- Longueur de la racine principale.....	28
7- Longueur des tiges.....	31
8- Poids frais des racines.....	36
9- Poids sec des racines.....	36
10- Poids frais des tiges .....	38

11- Poids sec des tiges .....	40
12- Effets de la salinité sur les pigments chlorophylliens.....	42
12-1-Teneur en Chlorophylle(Chl a) .....	42
12-2-Teneur en Chlorophylle b (Chl b).....	44
12-3-Teneur en Chlorophylle total chlorophylle( a+b) .....	47
<b>Conclusion .....</b>	<b>52</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>54</b>

## Résumé:

La salinisation des terres est un problème majeur à l'échelle du globe. En Algérie, plus de 20 % des sols irrigués sont concernés par le problème de la salinité. Le présent travail est réalisé à l'université 8 mai 45 à Guelma dans l'objectif est d'étudier l'effet de la salinité sur la germination et la croissance de deux variétés de pois (*Pisum sativum*L.) (Onward et kelvedon). Les graines sont mises à germer dans des boîtes de Pétri et en pots contenant des concentrations croissantes en NaCl (0,50,75,100,150et200mM), plusieurs paramètres ont été testés (taux de germination, cinétique de la germination, taux quotidien de la germination, surface foliaire, longueur des racines, longueur des tige, poids sec et frais des racines, poids sec et frais des tiges, la chlorophylle (a), la chlorophylle (b) et la chlorophylle (a+b), Les résultats obtenus ont montré que la salinité a clairement influencé la germination et la croissance chez les deux variétés à travers plusieurs paramètres étudiés qui sont affectée par les concentrations salines appliquées par rapport au témoin. Les paramètres (surface foliaire, longueur des racines, poids sec et frais des racines, poids frais des tiges et la chlorophylle) ont donné des résultats statistiques non significatives entre les deux variétés, alors que le résultat longueur de la tige a révélé une résistance plus élevée de la variété onward que la variété kelvedon et le contraire pour le paramètre poids sec des tiges.

**Mots clés :** Salinisation, salinité, germination, *Pisum sativum*L., NaCl, onward et kelvedon.

## الملخص:

تملح الاراضي هي مشكلة كبرى في العالم. في الجزائر اكثر من 20% من الاراضي المسقية تعاني من مشاكل الملوحة. تم اجراء هذا العمل في جامعة 8 ماي 1945 بقالة بهدف دراسة تأثير الملوحة على انبات و نمو الصنفين من البزلاء كالفيدون و اونوارد. تبنيت البذور في علب بيثري و في اصف تحتوي على تراكيز متزايدة من كلوريد الصوديوم (200,150,100,75,50,0 ملغم) ، تم اختيار العديد من العوامل (معدل الانبات ، حركية الانبات ، معدل الانبات اليومي ، مساحة الاوراق ، طول الجذر ، طول الساق ، الوزن الجاف و الطازج للجذور ، الوزن الجاف و الطازج لسيقان ، كلوروفيل ا ، كلوروفيل ب ، كلوروفيل ا و ب) ، اظهرت النتائج التي تم الحصول عليها ان الملوحة اثرت بشكل واضح على الانبات و نمو في كلا الصنفين من خلال العديد من العوامل المدروسة و التي تائرت بتراكيز الملح المطبقة مقارنة بالشاهد .  
العوامل (مساحة الورقة ، طول الجذر ، الوزن الجاف و الطازج للجذور ، الوزن الطازج لسيقان و الكلوروفيل ) اعطت النتائج من صنف كالفيدون و العكس لمعامل الوزن الجاف لسيقان.

الكلمات المفتاحية:

*Pisum Sativum L.*، مملح ، انبات ، كلوريد الصوديوم ، كالفيدون و اونوارد.

## Abstract:

Salinisation of the earth is a major global problem. In Algeria, more than 20% of irrigated land is affected by the problem of salinity. This work was carried out at the University of 8 May 45 in Guelma with the aim of studying the effect of salinity on the germination and growth of two varieties of pea (*Pisum sativum*L.) (Onward and kelvedon). The seeds were germinated in Petri dishes and pots containing increasing concentrations of NaCl (0,50,75,100,150 and 200mM), Several parameters were tested (germination rate, germination kinetics, daily germination rate, leaf area, root length, stem length, dry and fresh root weight, dry and fresh stem weight, chlorophyll a, chlorophyll b and chlorophyll (a+b),The results obtained showed that salinity clearly influenced germination and growth of both varieties through several parameters studied which were affected by the saline concentrations applied compared with the control. The parameters (leaf area, root length, root dry weight, root fresh weight, stem fresh weight and chlorophyll) gave statistically significant results between the two varieties, while the stem length result showed a higher resistance of the onward variety than the kelvedon variety and the opposite for the stem dry weight parameter.

Key words: Salinisation, salinity, germination, *Pisum sativum*L., NaCl, onward and kelvedon.

## Liste des abréviations:

**%**:pourcentage.

**°C**:Degré.

**µm**:micromètre

**.Cm**:centimètre.

**Cm2**:centimètrecarré.

**FAO**:food and agriculture organization

**G**:gramme.

**Ht** : hauteur de tige.

**Kcal**:kilocalorie

**.L**:litre.

**LR**:longueur de racine.

**MI**:millilitre.

**mm**:millimètre.

**mM**:Milli-molaire.

**N2**:l'azote atmosphérique.

**NaCl**:chlorure de sodium.

**Nm**:Nanomètre.

**Pf** :poids de feuille.

**Sf**:surface foliaire.

**TRE**: La Teneur Relative en Eau.

**λ**:lambda.

## Liste des figures :

<b>Figure1:</b> Quelques variétés de légumineuses.....	2
<b>Figure2 :</b> Serre de la faculté (FSNVSTU) .....	9
<b>Figure3 :</b> Les deux variétés étudiées .....	10
<b>Figure4:</b> Test de germination.....	12
<b>Figure5:</b> Le dispositif expérimental de notre travail.....	12
<b>Figure6:</b> Préparation des pots .....	13
<b>Figure7:</b> Tourbe utilisé .....	14
<b>Figure8:</b> Détermination de la capacité au champ.....	15
<b>Figure9:</b> Les boites de pétrie dans l'étuve .....	16
<b>Figure10:</b> Pesage des feuilles.....	17
<b>Figure11:</b> Pesage des racines .....	18
<b>Figure12:</b> Matériel de dosage de chlorophylle .....	19
<b>Figure13:</b> Dosage de la chlorophylle des deux variétés.....	19
<b>Figure14:</b> Pourcentage de germination (%) pour les deux variétés du pois aux différentes concentrations de NaCl(mM) .....	20
<b>Figure15:</b> Effets des différentes concentrations salines sur la cinétique de germination des deux variétés du pois étudiés pendant 4 jours .....	22
<b>Figure16:</b> Taux quotidien de germination de la variété onward.....	23
<b>Figure17:</b> Taux quotidien de germination de la variété kelvidon. ....	25
<b>Figure18:</b> le pourcentage de la surface foliaire des deux variétés du pois sous stress salin .....	26
<b>Figure19:</b> Longueur de la racine principale de deux variétés de pois sous stress salin. ....	28

<b>Figure20:</b> Longueur de la tige principale de deux variétés de pois sous stress salin. .....	31
<b>Figure21:</b> Poids frais des racines de deux variétés de pois sous stress salin.	34
<b>Figure22:</b> Poids sec des racines de deux variétés de pois sous stress salin.	36
<b>Figure23:</b> Poids frais des tiges de deux variétés de pois sous stress salin.	38
<b>Figure 24 :</b> Poids sec des tiges de deux variétés de pois sous stress salin.	40
<b>Figure 25 :</b> La chlorophylle (a) des deux variétés du pois sous stress salin. .....	43
<b>Figure 26 :</b> La chlorophylle (b) des deux variétés du pois sous stress salin.	45
<b>Figure27:</b> La chlorophylle (a+b) des deux variétés du pois sous stress salin.	47

## Liste des tableaux :

<b>Tableau 1</b> : analyse de la variance AV1 de la variété onward (surface foliare).....	26
<b>Tableau 2</b> :analyse de la variance AV1 de la variété kelvidon(surface foliare).....	27
<b>Tableau 3</b> : analyse de la variance AV2 (surface foliare).....	27
<b>Tableau 4</b> : analyse de la variance AV1 la variété kelvedon (longeur de racine principale).	28
<b>Tableau 5</b> :Grouping Information UsingTukeyMethod de la variété kelvedon.....	29
<b>Tableau 6</b> : analyse de la variance AV1 la variété Onward(longeur de racine principale)..	29
<b>Tableau 7</b> :Grouping Information UsingTukeyMethod de la variété Onward.....	29
<b>Tableau 8</b> : analyse de la variance AV2 (longeur de racine principale).....	30
<b>Tableau 9</b> : analyse de la variance AV1 la variété Onward (longeur des parties aériennes)..	31
<b>Tableau10</b> :Grouping Information Using Tukey Method de la variété Onward.....	31
<b>Tableau11</b> : analyse de la variance AV1 la variété kelvedon (longeur des parties aériennes)	32
<b>Tableau 12</b> :Grouping Information Using Tukey Method de la variété kelvedon.....	32
<b>Tableau 13</b> : analyse de la variance AV2(longeur des parties aériennes).....	32
<b>Tableau 14</b> : analyse de la variance AV1 la variété kelvedon(poids frais des racines).....	34
<b>Tableau 15</b> : analyse de la variance AV1 la variété onward (poids frais des racines).....	34
<b>Tableau 16</b> : analyse de la variance AV2 (poids frais des racines).....	34
<b>Tableau 17</b> :analyse de la variance AV1 la variété onward (poids sec des racines).....	36
<b>Tableau 18</b> : analyse de la variance AV1 la variété kelvedon (poids sec des racines).....	36
<b>Tableau 19</b> : analyse de la variance AV2 (poids sec des racines).....	36
<b>Tableau20</b> : analyse de la variance AV1 la variété kelvedon.(poids frais des parties aériennes).....	38
<b>Tableau 21</b> :Grouping Information UsingTukeyMethod de la variété kelvedon.....	38
<b>Tableau22</b> : analyse de la variance AV1 la variété onward .(poids frais des parties aériennes).....	38
<b>Tableau23</b> :analyse de la variance AV2. (poids frais des parties aériennes).....	39
<b>Tableau 24</b> : analyse de la variance AV1 la variété onward .(poids sec des parties aériennes).....	40
<b>Tableau 25</b> :Grouping Information UsingTukeyMethod de la variété onward.....	40
<b>Tableau 26</b> : analyse de la variance AV1 la variété kelvedon(poids sec des parties aériennes).....	40
<b>Tableau 27</b> : analyse de la variance AV2 (poids sec des parties aériennes).....	41
<b>Tableau 28</b> : analyse de la variance AV1 la variété kelvedon (chlorophylle a).....	42
<b>Tableau 29</b> :analyse de la variance AV1 la variété onward (chlorophylle a).....	43

<b>Tableau30:</b> analyse de la varience AV2 (chlorophylle a.....	43
<b>Tableau31</b> :analyse de la varience AV1 la variété kelvedon (chlorophylle b).....	44
<b>Tableau 32</b> :analyse de la varience AV1 la variété onward(chlorophylle b).....	45
<b>Tableau 33:</b> Grouping Information UsingTukeyMethod de la variété onward.....	45
<b>Tableau 34</b> :analyse de la varience AV2(chlorophylle b).....	47
<b>Tableau 35</b> :analyse de la varience AV1 la variété kelvedon(chlorophylle a+b).....	47
<b>Tableau36</b> :analyse de la varience AV1 la variété onward (chlorophylle a+b).....	47
<b>Tableau37</b> : analyse de la varience AV2(chlorophylle a+b).....	47

### Introduction:

Les légumineuses sont des plantes dicotylédones appartenant à la famille botanique des Fabacées, qui représente la troisième famille de plante par le nombre d'espèces à savoir 18 000 référencées, après les composées astéracées et les orchidées. La plupart des légumineuses cultivées appartiennent à une des sous-familles les *Faboideae* ou *Papilionoideae* et plus précisément aux tribus des *Fabeae*, des *Phaseoleae* et des *Trifolieae* (Anne et al., 2016).

Les légumineuses sont caractérisées par des fleurs papilionacées en forme de papillon pour la plupart des espèces cultivées, une gousse contenant des graines. Et pour la majorité des membres de cette famille, la capacité d'utiliser l'azote atmosphérique (N<sub>2</sub>) pour produire ses propres composants protéiques, cette capacité est permise par la symbiose avec des bactéries du sol fixatrices de l'azote au sein d'organes spécialisés (les nodules) qui se développent sur les racines (Anne et al., 2016).

Selon la définition de la FAO, les légumineuses désignent un type de cultures récoltées uniquement pour l'obtention de grains secs. Les légumineuses sont classées en 5 grandes familles : haricots secs, lentilles, pois cassés, pois chiches et fèves (Rio, 2017).

Les légumineuses haricots, pois et lentilles sont consommées depuis au moins 10 000 ans et comptent parmi les aliments les plus utilisés au monde (figure 1). Une grande variété de légumes secs peut être cultivée dans le monde entier, ce qui leur confère une importance à la fois économique et nutritionnelle. Les légumes secs fournissent des protéines et des fibres, ainsi qu'une source importante de vitamines et de minéraux, tels que le fer, le zinc, l'acide folique et le magnésium. La consommation d'une demi-tasse de haricots ou de pois par jour peut améliorer la qualité du régime alimentaire en augmentant les apports de ces nutriments. En outre, les substances phytochimiques, les saponines et les tanins présents dans les légumes secs ont des effets antioxydants et anticancéreux, ce qui indique que les légumes secs peuvent avoir des effets anticancéreux significatifs. La consommation de légumes secs améliore également les profils lipidiques sériques et a un effet positif sur plusieurs autres facteurs de risque de maladies cardiovasculaires, tels que la pression artérielle, l'activité plaquettaire et

l'inflammation. Les légumes secs sont riches en fibres et ont un faible indice glycémique (Mudryj, 2014).



**Figure 1:** Quelques variétés de légumineuses (Mani, 2017).

Le pois cultivé (*Pisum sativum* L.) appartient à la classe des dicotylédones, à la famille des légumineuses et la sous famille des papilionacées, c'est une plante diploïde:  $2n=14$  (Mani, 2015), plante annuelle, parfois cultivée comme plante bisannuelle, feuilles composées, terminées par un vrille, fleurs blanches ou violettes naissant à l'aisselle des feuilles, fruits en gousses (Argoub, 2013).

Perrot (1995) rapporte que la graine de pois est un organisme complexe, qui à l'abri de ses téguments, contient un embryon figé dans sa croissance. Elle contient aussi les réserves qui lui permettront, lorsque les conditions seront favorables, de s'enraciner et de devenir une nouvelle plante. La graine de pois est, du point de vue physiologique, une graine ex albuminée : contrairement aux céréales, elle ne contient pas d'albumen, tissu spécialisé dans l'accumulation des réserves, mais est totalement remplie, à maturité, par un embryon chargé de réserves dans lequel une différenciation est déjà esquissée. Les réserves contenues dans la graine de pois sont des protéines 20 à 25 % du poids sec, des glucides amidon principalement : 30 à 50 % du poids sec, et des lipides moins de 2% du poids sec. Les cellules sont presque totalement remplies de

## **Chapitre I: Introduction générale**

réserves : l'amidon, stocké sous forme de grains d'amidons, de forme ovoïde et de diamètre de 30µm environ et les protéines, stockées dans des organites spécialisés, les corps protéiques, de forme sphérique et de diamètre de 2 µm environ. Les pois sont cultivés comme une source importante d'alimentation animale et humaine depuis de nombreux siècles. Au fil du temps, le pois a été sélectionné pour ces usages.

Selon (**Zhang et al., 2019**) la protéine de pois est un type relativement nouveau de protéines végétales et a été utilisée comme ingrédient fonctionnel dans l'industrie alimentaire mondiale. La protéine de pois comprend quatre classes principales globuline, albumine, prolamine et glutéline.

Plusieurs milliers de variétés de pois existent dans le monde. Elles peuvent être classées dans les catégories suivantes

- Les pois fourragers, qui fournissent du fourrage pour l'alimentation animale ;
- les pois maraîchers, dont les gousses sont récoltées pour la consommation humaine tant que légume frais ;
- les pois de garde, destinés à la mise en conserve ou à la congélation;
- les pois secs, destinés en partie à la consommation humaine pour l'alimentation humaine, mais surtout pour l'alimentation animale.

Les pois secs ont fait l'objet de développements considérables au cours de la dernière décennie (**Cousin, 1997**).

Le pois est connu depuis l'Antiquité (**Théophraste, 1961**), dans son livre *Enquiry into plants* traduit en anglais par Arthur Hort, mentionne des traces de pois bien avant 300ans avant J.-C. Il décrit plusieurs espèces de légumineuses et en particulier le "pois" et révèle que les pois étaient utilisés comme fourrage en alimentation humaine. Les pois sont probablement originaires d'Abyssinie et d'Afghanistan, les régions méditerranéennes ayant été colonisées plus tard. Les botanistes ont décrit des espèces sauvages qui ne diffèrent des pois cultivés que par des caractères morphologiques (**Cousin, 1997**).

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

## **Chapitre I: Introduction générale**

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, 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, 2008**).

Les pois secs sont comparables à d'autres légumineuses (haricots secs, lentilles, fèves sèches, pois chiches), et aux céréales par leur valeur énergétique (330 kcal/100 g)(**Sanchez M et al., 2004**).

Souvent, l'agriculteur est intéressé par la culture de pois visant ses besoins agronomiques. En effet, le pois est capable de fournir ses besoins en azote par une simple fixation symbiotique de l'azote atmosphérique. Cette fixation symbiotique d'azote se fait grâce à une interaction entre les plantes de pois et les souches *derhizobium* qui sont des bactéries Gram négatif, en forme de bâtonnets mobiles. Ces bactéries induisent chez la plante la formation des nodules sur les racines (**Chahbani et al., 2018**).

En grande culture, l'agriculteur peut utiliser le pois en tête de rotation pour profiter de, l'enrichissement du sol en azote. Les composés phénoliques de petit pois peuvent protéger contre de nombreuses maladies chroniques, telles que les cancers, l'athérosclérose, le vieillissement, les maladies inflammatoires, cardiovasculaires et neuro dégénératives. Ainsi, les propriétés de l'amidon et des fibres du pois en font un aliment à faible indice glycémique, et donc bénéfique dans la prévention et la gestion du diabète de type 2 (**Chahbani et al., 2018**).

Les régions les plus occupées par la culture de pois en Algérie sont : Skikda, Guelma, Ain t'émouchent et AinAldafla (**Madr, 2014**). Et au niveau mondial la culture du petit pois est considérée parmi les plus anciennes dans les pays d'Afrique. De l'Ethiopie, du Burundi, de la Tanzanie, de l'Ouganda et du Rwanda. En Inde, Pakistan et Bangladesh.

Les ravageurs du pois sont les organismes animaux qui parasitent les cultures de pois ou s'en nourrissent. Ce sont généralement des insectes, mais d'autres classes d'animaux

## **Chapitre I: Introduction générale**

Le stress est le dysfonctionnement produit dans un organisme ou dans un système vivant, par exemple par un carence. Le stress est donc, un ensemble de conditions qui provoquent des changements de processus physiologiques résultant éventuellement de dégâts, dommages, blessures, inhibition de croissance ou de développement (**Dutuit et al., 1994**)

Il est différencié en deux types: Le stress abiotique qui est lié à l'action néfaste du non-vivant sur le vivant, en particulier l'action exercée par les facteurs environnementaux ;susceptibles de déclencher des modifications dommageables, provoquant ainsi chez une espèce végétale une augmentation du taux de mortalité de la population (**Amrouche et Mesbah, 2017**). En revanche, la réponse du végétal dépend, entre autres: des paramètres environnementaux (tels que le type de la contrainte : sécheresse, salinité ou température extrême) et génétiques espèce et/ou génotype(**Hopkins, 2003**). Et Le stress biotique qui est dû 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**).

D'après **Imalet(1979)**, la salinité est la quantité globale des sels contenus dans « la solution du sol». L'accumulation de sels entraîne l'assimilation des sels dissous dans le sol, ce qui se traduit par une salinité du sol. La salinité affecte le rendement des cultures en réduisant les niveaux de minéraux disponibles, en induisant une toxicité par les ions, un stress osmotique, un niveau de régulateurs de croissance et une production d'espèces réactives de l'oxygène qui conduisent finalement à l'inhibition de la germination des graines, de la croissance des semis, du début de la floraison et de la nouaison des fruits(**Richa et al., 2019**).

La salinité constitue l'un des stress abiotiques les plus répandus au niveau de la planète et limite fortement les rendements (**Khales et Baaziz, 2006**).

## **Chapitre I: Introduction générale**

Les problèmes de salinité dans l'agriculture sont généralement limités aux régions arides et semi-arides où les précipitations ne sont pas suffisantes pour transporter les sels de la zone racinaire des plantes (**Carter, 1975**).

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**).

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. Ces chiffres sont susceptibles d'être augmentés à l'avenir (**Szablocs, 1994**).

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**).

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 où 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 Harris, 2004**).

Le pH du sol est généralement ( $7,5 \leq \text{pH} \leq 8,5$ ) (**Daoud et Halitim, 1994**); Ce qui fait qu'au niveau physique : l'accumulation de sodium peut avoir une action néfaste sur la structure du sol. En présence de quantité importante de sodium, le gonflement des terres tel qu'il aboutit à la séparation des particules d'argiles et de la matière organique ; le résultat en est un tassement serré des particules du sol. Ce tassement des particules réduit le volume et le nombre des espaces poreux, et de ce fait l'eau et l'air ne peuvent plus circuler dans le sol (**Snoussi, 2001 cité in ouzal**). La capacité de rétention en eau est très faible (**Daoud et Halitim, 1994**).

La salinité peut affecter la croissance des plantes de deux façons : par effet osmotique et à cause de certains ions.

## **Chapitre I: Introduction générale**

La plante peut absorber l'eau de deux façons, Cette absorption d'eau est un phénomène d'osmose. Dans un sol convenablement irrigué, la pression osmotique est très faible. Lors que le sol s'assèche ou lorsqu'il est salé, la pression osmotiques élève à plusieurs atmosphères (**Lafon, 1988**).Cependant, les fortes concentrations en sels sont inextricablement liées au stress hydrique. Des concentrations salines élevées génèrent de bas potentiel hydrique du sol, une forme de sécheresse physiologique, qui rendent de plus en plus difficile l'acquisition d'eau et de nutriments par les plantes. Comme elles offrent en commun des aspects, de stress osmotique (**Shakespeare, 2003**).Au furet à mesure que la concentration de la solution externe devient hyper tonique par rapport aux cellules, les molécules d'eau auraient plutôt tendance à sortir de la cellule qu'à entrer, et les cellules deviendraient déshydratées et mourraient éventuellement. La salinisation accentue les effets de la sécheresse en limitant le prélèvement de l'eau par la plante, par réduction de la différence des potentiels osmotiques entre la solution du sol et les cellules végétales. Le stress salin est cependant plus complexe que le stress hydrique, car cet effet physique est combiné à des phénomènes de toxicité ioniques.

L'excès des sels dans les sols provoque chez les végétaux en premier lieu une réduction de la croissance qui se traduit par une diminution du contrôle de statut hydrique, désordre nutritionnel, ralentissement de la synthèse protéique, perturbation de la stabilité des structures membranaires et inhibition de l'activité des enzymes, changement dans l'extensibilité de la paroi cellulaire, en relation avec sa composition protéique, réduction de la capacité photosynthétique et altération du métabolisme hormonal (**Rochdi et al., 2005**). Jusqu'à une certaine concentration où tout va être bloqué et on assistera à la mort de la plante.

Dans les régions semi-arides, l'apparition des taches nues sur un champ planté d'une culture peut être l'indication de la présence d'un et en eu rassee élevée en sel du sol pour tuer les semences en germination. Les sols à forte teneur en carbonate de calcium, ou l'eau de l'irrigation riche en bicarbonate, sont souvent la cause de chlorose chez les plantes. Des nécroses marginales au niveau des feuilles peuvent apparaître. Les extrémités de certaines feuilles de plantes ont une apparence roussie ou brûlées et lors qu'elles sont arrosées avec des eaux salées, les dommages dus au sel ne font que brûler ou tuer les feuilles en contacte directe avec cette solution. Les dommages sont plus importants lors que l'irrigation se produit par temps chaud et sec(**Donahus, 1958**).

## **Chapitre I: Introduction générale**

La tolérance de la salinité est l'habilité des plantes à croître et compléter leur cycle de vie sur un substrat contenant la forte concentration de sel soluble. Les plantes qui peuvent survivre sur des concentrations élevées de sel dans la rhizosphère et croître normalement sont appelées halophytes. Dépendant de leur capacité à tolérer le sel (Parida et Das, 2005).

Il existe deux principales stratégies que les plantes utilisent pour faire face à la salinité : la compartimentation des ions toxiques aisein de la vacuole et leur exclusion hors de la cellule. D'autre part, les plantes modifient la composition de leur sève; elles peuvent accumuler les ions  $[Na^+]$  et  $[Cl^-]$  pour ajuster le potentiel hydrique des tissus, nécessaire pour maintenir la croissance. La concentration résultant eouavecune compartimentation entre les divers composants de la cellule ou de la plante (Hanana et al., 2011).

L'objectif visé par cette étude est de comparer l'effet de la salinité sur deux variétés de pois (*Pisum sativum* L.): kelvedon et onward.

**Matériels et méthodes:**

**1- Le but de l'étude:**

Cet essai a été réalisé sur deux variétés de pois (*Pisum sativum* L.) soumi ses à cinq concentrations différentes de chlorure de sodium (NaCl) : [50mM], [75mM], [100mM], [150mM], [200mM], et un traitement n'ayant pas reçu de NaCl constitue le témoin.

L'objectif de cette étude est de déterminer l'effet du stress salin sur la germination et la croissance de deux variétés du pois (ONWARD et KELVEDON), en vue d'identifier leur niveau de tolérance à la salinité.

**2- Site expérimental :**

Le travail a été réalisé au niveau de la serre de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers (FSNVSTU) à l'université 8 Mai 1945 à Guelma durant la période de début de février jusqu'à fin de mars 2023 (figure 2).



**Figure2:**Serre de la faculté (FSNVSTU) (Photo personnelle).

## **2- Matériel végétale:**

Pour évaluer l'effet de la salinité sur le processus de germination et de croissance du pois (*Pisum sativum* L.), nous avons utilisé des graines appartenant à deux variétés, le premier est (ONWARD)et l'autre(KELVEDON) (Figure3).



**Figure3:** Les deux variétés étudiées (Photo personnelle).

### **Caractéristiques des deux variétés étudiées :**

#### **VariétéA«ONWARD»:**

#### **Les caractéristiques de la variété ONWARD sont:**

- ✚ Lotn°:P25L33
- ✚ Germination:85%
- ✚ Pureté:98%
- ✚ Année de récolte :
- ✚ 2022Datedefermeture:06-  
2022
- ✚ Paysd'origine:NouvelleZélande

#### **3-1-2-Variété B «KELVEDON»:Ces caractéristiques sont:**

- ✚ N°:60022-12
- ✚Germination : Mini
- ✚ 85% Pureté: 99%

- ✚ Année de récolte :
- ✚ 2022 Date de fermeture : 07-
- ✚ 2022 Quantité: 25 KG
- ✚ Pays d'origine: Nouvelle Zélande

### 4 – Méthodologie de travail:

#### Test de germination:

##### Préparation des graines :

- Trier et stériliser les graines des deux cultivars étudiés (Pois KELVEDON, Pois ONWARD) en les lavant à l'eau de Javel pendant 5 minutes.
- Rincez ensuite abondamment à l'eau distillée pour éliminer l'eau de Javel et les conservateurs collent aux graines.
- Pour favoriser et homogénéiser leur germination, placez les graines dans l'eau distillée pendant une nuit. Les boîtes de Pétri utilisées étaient des boîtes stériles d'un diamètre de 9 cm et d'une hauteur de 1 cm, dans chaque boîte nous avons placé 10 graines sur du papier buvard auquel nous avons ajouté 15 ml d'eau distillée stérile, pour chaque variété nous avons réalisé 3 répétitions (R1, R2, R3), pendant 8 jours (Benidire et al., 2015)

##### Germination sous stress salin :

Nous avons préparé les graines par la même méthode de test de germination et nous avons appliqué les stress par l'irrigation des graines avec les différentes concentrations salines de NaCl (50, 75, 100, 150 et 200 mM) et le témoin (Figure 4).



Figure 4 : Test de germination (photo personnelle).

**Le dispositif expérimental:**

La Figure suivante présente le dispositif expérimental de notre travail (Figure 5).

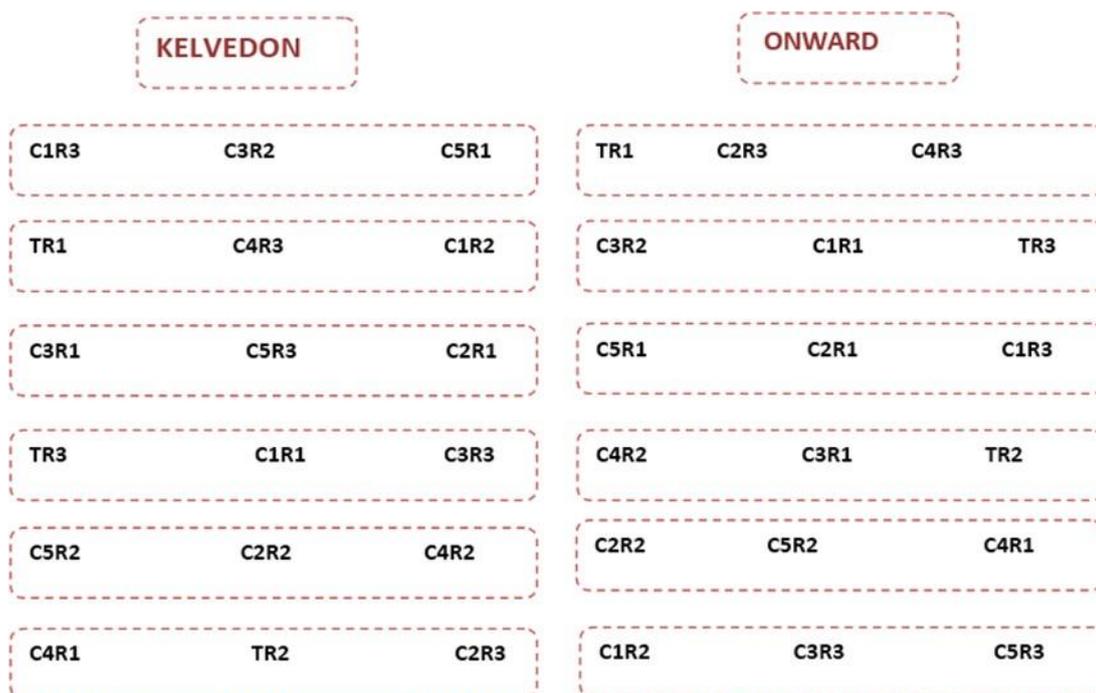


Figure 5: Le dispositif expérimental de notre travail.

### Préparation des pots:

Des pots en plastiques d'une capacité de 800g, d'un diamètre de 10cm et d'une hauteur de 15cm, sont remplis de 517.7g de substrat de tourbe. Chaque variété est représentée par 18 échantillons (six concentrations de NaCl avec trois répétitions pour chaque variété) (figures 6) .



**Figure6:**Préparation des pots (Photo personnelle).

### Caractéristiques de la tourbe:

La tourbe utilisée est la tourbe kekkilaOy qui a les caractéristiques suivantes.

Fabricant:kekkilaOy.Ratatie11.FI-01300Vantaa,Finlandia.(figure7)



**Figure7:**Tourbe utilisé (Photo personnelle).

**L'arrosage:**

L'irrigation a été réalisée avec de l'eau distillée dont la capacité au champ a été déterminée par la différence entre la quantité d'eau avant arrosage et la quantité d'eau récupérée après 24 heures de décantation (méthode utilisée au laboratoire). L'arrosage est effectué pendant 20jours (Figure 8).



**Figure8** :Détermination de la capacité au champ (**Photo personnelle**).

**Application de stress:**

Après 20 jours d'arrosage, nous avons appliqué le stress salin aux plantes pendant 30 jours.

**5- Paramètres étudiés:**

**Paramètre relatifs à la germination des graines:**

**Essai en boites de pétrie:**

Les paramètres estimés (après 7 jours de l'application du stress) sont:

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

**Cinétique de la germination :**

Pour mieux appréhender la signification physiologique du comportement germinatif des populations de pois étudiées, le nombre de graines germées ont été compté quotidiennement jusqu'au 8ème jour de l'expérience (**Hadjlaoui et al., 2007**)(Figure9).



**Figure9:** Les boîtes de pétrie dans l'étuve (photo personnelle).

**Taux quotidienne de la germination:**

C'est le pourcentage quotidien de germination maximale ou taux quotidien de germination obtenu dans les conditions choisies par l'expérimentateur, il dépend des conditions de germination et des traitements préalablement subis par les semences (Mazliak, 1982 ).

Taux de germination= (Nombre totale des graines germées /Nombre totale des graines testées) \*100

**Réversibilité de l'effet du NaCl:**

C'est un paramètre qui permet de déterminer l'origine de l'effet dépressif (osmotique et/ou toxique). Dans ce cadre, les graines qui n'ayant pas pu germer à la concentration de 200 mM ont été mises dans un nouveau milieu ne contenant que l'eau distillée stérile et ensuite les graines ayant germé ont été comptées pour chaque concentration de salinité (Benidire et al., 2014).

**Paramètres relatifs à la croissance des plantes:**

**La surface foliaire SF«cm2» :**

La mesure de la surface foliaire a été déterminée par la méthode suivante :

- prendre la feuille de le pois sur papier calque et découper les contours de la feuille, ce dernier est pesé (Pf).
- couper un carré de 1cm (S (1cm2)) de coté de ce même papier qui est également pesé (P (1cm2)).(figure 10)
- déduire la surface foliaire SF par la formule suivante :

$$SF (cm2) = Pf. S (1cm2) / P (1cm2)$$



**Figure10:Pesage des feuilles (photo personnelle).**

**Hauteur de la tige (HT) :**

La hauteur de la tige a été déterminée après trois semaines de stress sal  
Exprimé en centimètres (Cm) ces mesures sont effectuées par règle graduée.

**Longueur racinaire (LR) :**

La longueur des racines est mesurée après déterrement et exprimée en Cm.

### Poids frais des parties souterraines :

Trois plantes ont été prélevées pour chaque concentration de NaCl, 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 les racines sont rapidement placés dans du papier aluminium préalablement taré, et leur masse de matière fraîche a été déterminée à l'aide d'une balance de précision.

### Poids sec des parties souterraines :

Les organes des plantes utilisés pour déterminer le poids frais des parties souterraines, pour les deux variétés ont été placés dans l'étuve à 105°C pendant 24 h pour déterminé le poids sec.(Figure 11)



**Figure11:** Pesage des racines (photo personnelle).

### Dosage des Pigments Chlorophylliens:

Les teneurs moyennes en chlorophylle a, b et a+b sont déterminées par la méthode de Rao et le blanc (1965). L'extraction de la chlorophylle est réalisée par broyage de 0.5g de matière fraîche de la feuille de chaque échantillon qui est additionnée de carbonate de calcium et d'acétone (20ml à 80%). La solution obtenue est filtrée à l'abri de la lumière pour éviter l'oxydation de la chlorophylle. On procède ensuite aux mesures spectrophotométriques (JENWA6300) à deux longueurs d'onde ( $\lambda_1 = 645$  et  $\lambda_2 = 663$ nm)

## Chapitre II: matériels et méthodes

(Bouchelaghem, 2012). Le calcul de la qualité de la chlorophylle est obtenu par la formule suivante (Figure 12 et 13) :

\*Chl a:  $12,7 (DO663) - 2,69 (DO645)$ .

\*Chl b:  $22,9 (DO645) - 4,86 (DO663)$ .

\*Chl a+b:  $8,02 (DO645) + 20,20 (DO663)$ .



**Figure 12:** matériel de dosage de chlorophylle (photo personnelle)



**Figure 13:** Dosage de la chlorophylle des deux variétés (photo personnelle)

### 6- Analyses statistiques:

Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide de logicielle Minitab 16, en étudiant l'analyse de la variance à un seul critère de classification (AV1) et aussi à deux critères de classification (AV2).

Résultats et discussions:

1- Effet de la salinité sur le taux de germination final(GF%):

Le taux de germination final est représenté dans la figure 14:

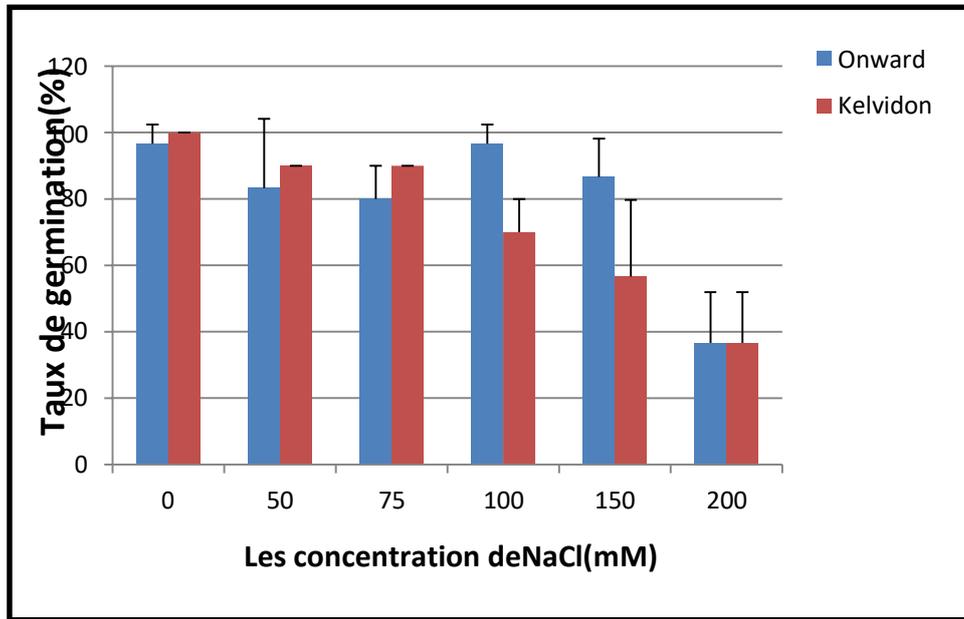


Figure 14 : Pourcentage de germination (%) pour les deux variétés du pois aux différentes concentrations de NaCl (mM).

La figure 14 montre que la germination des graines du pois est affectée par le stress salin. Cependant, une diminution du taux de germination a été notée pour l'ensemble des boîtes traitées par différentes concentrations de NaCl pour les deux cultivars étudiés.

L'effet de la salinité sur la germination des graines de pois est plus observé pour les concentrations élevées du NaCl comparativement aux témoins non traités.

Pour la variété <<kelvedon>> le taux de germination diminue progressivement par la concentration de NaCl, les taux de germination enregistrés sont (100%, 90%, 90%, 70%, 56.66% et 36.66%) pour les concentrations (0mM, 50mM, 75mM, 100mM, 150mM, 200mM) respectivement.

La deuxième variété « onward » représente le pourcentage le plus élevé, leur taux de germination final diminue en augmentant la concentration de NaCl, les valeurs enregistrés pour les concentrations (0, 50, 75, 100et 150mM) sont

### ***Chapitre III: Résultats et discussions***

respectivement (96.66%, 83.33%, 80%, 96.66% et 86.66% ) et une diminution remarquable (36.66%) chez la concentration la plus élevée 200 mM.

#### **2- La Cinétique de germination:**

La figure 15 représente l'évolution de la germination des deux variétés de pois en fonction du temps (8 jours) pour l'ensemble des traitements (0mM, 50mM, 75mM, 100mM, 150mM et 200mM).

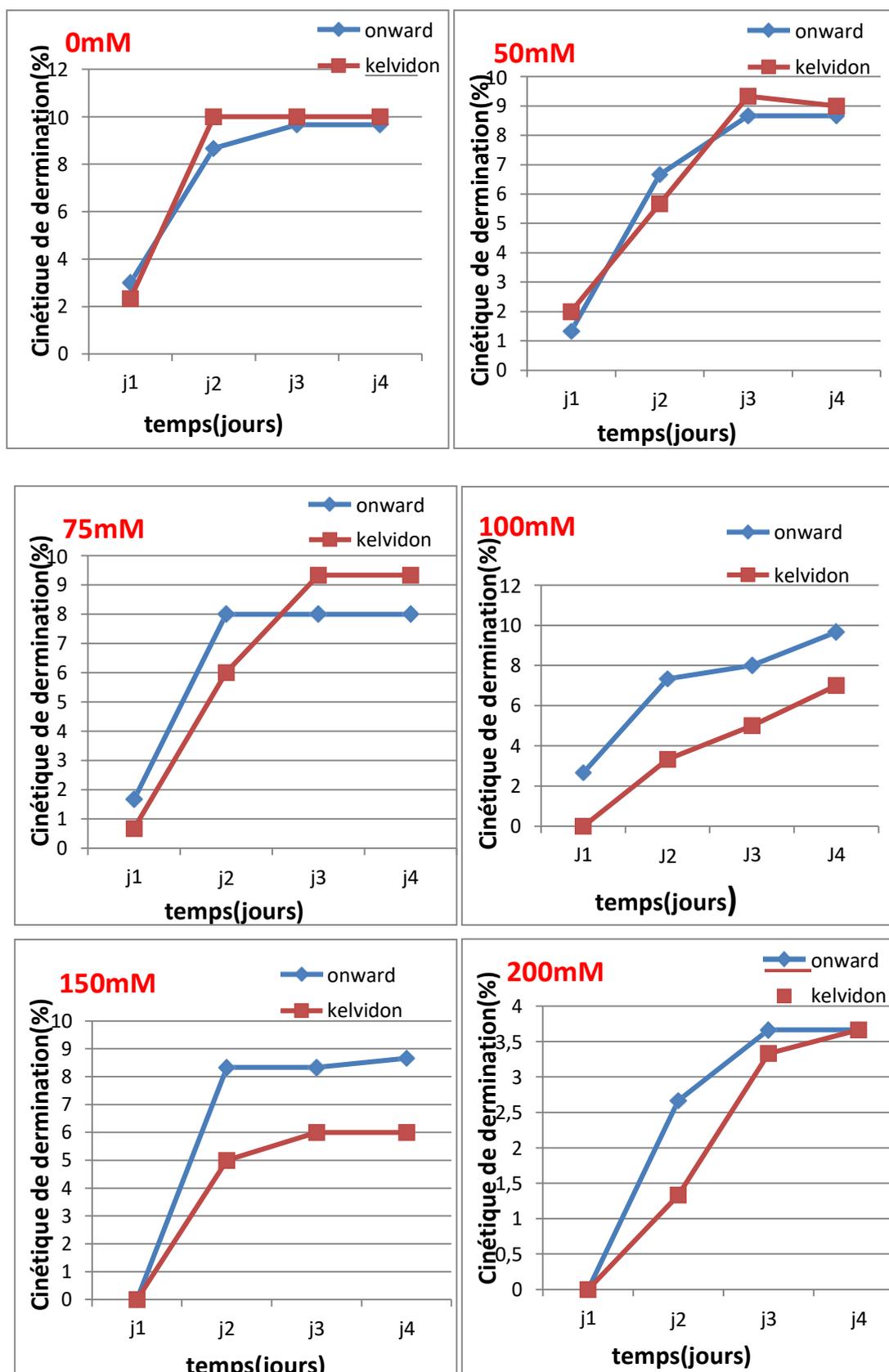


Figure 15 : Effets des différentes concentrations salines sur la cinétique de germination des deux variétés du pois étudiés.

En absence du sel, la germination des graines après 24 heures chez la variété «Onward» est 3 et chez la variété «Kelvedon» 2,33.

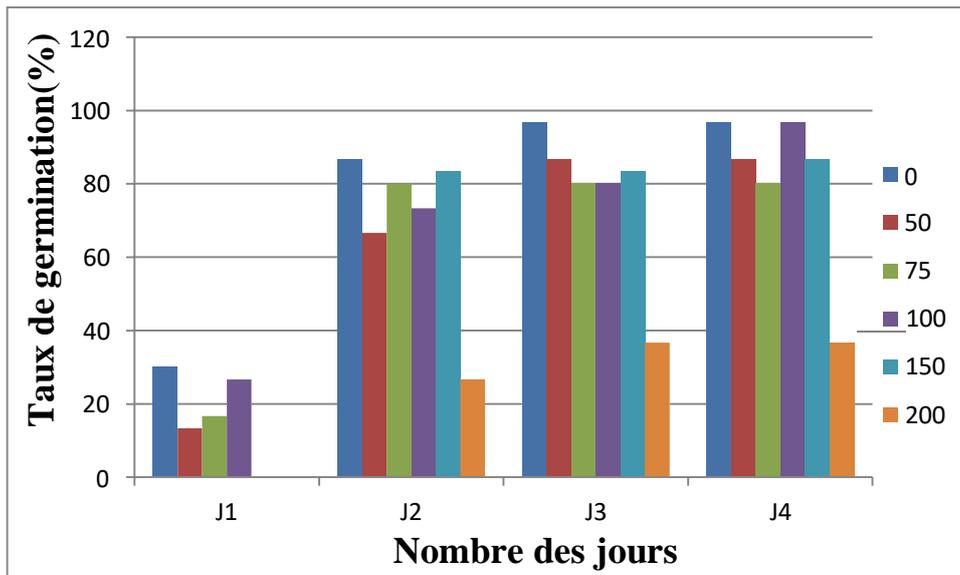
Avec les concentrations (50mM) et (75mM), la variété Kelvedon a enregistré les taux les plus élevés de germination par rapport à l'autre variété Onward. Pour les deux variétés nous avons enregistré des cinétiques de germination élevés après 4 jours.

Pour la concentration (100mM), les résultats montrent une augmentation de la germination pour les deux variétés par rapport au premier jour de l'expérience. Pour la concentration (150mM), la variété Kelvedon a enregistré en générale les taux les plus faibles de germination par rapport à l'autre variété étudié.

Pour la concentration 200mM de NaCl ; nous avons noté un faible taux de germination pour les deux variétés durant les premiers jours de l'expérience. En général les deux variétés ont enregistré le même taux de germination à la fin de l'expérience.

**3-1-Taux quotidien de la germination de la variété «onward»:**

Le taux quotidien de la germination de la variété « Onward » est représenté dans la figure 16.



**Figure 16:** Taux quotidien de germination de la variété onward.

### **Chapitre III: Résultats et discussions**

D'après la figure 16, nous avons remarqué que le taux de germination de la variété Onward était 30 % après 24 heures en absence de sel, et après 48 heures le taux de germination a augmenté à 86,66%, et le 3ème et le 4ème jour le taux de germination était 96,66%.

Dans le premier jour sous la concentration 50mM, le taux de germination est 13,33%, et dans le deuxième jour ce taux est élevé à 86,66%, après le taux de germination a augmenté à 96,66% à la fin de l'expérience.

À une concentration de NaCl de 75 mM le taux de germination après 24 heures est 16,66%, et dans le 2ème, 3ème et 4ème jour la germination est 80%.

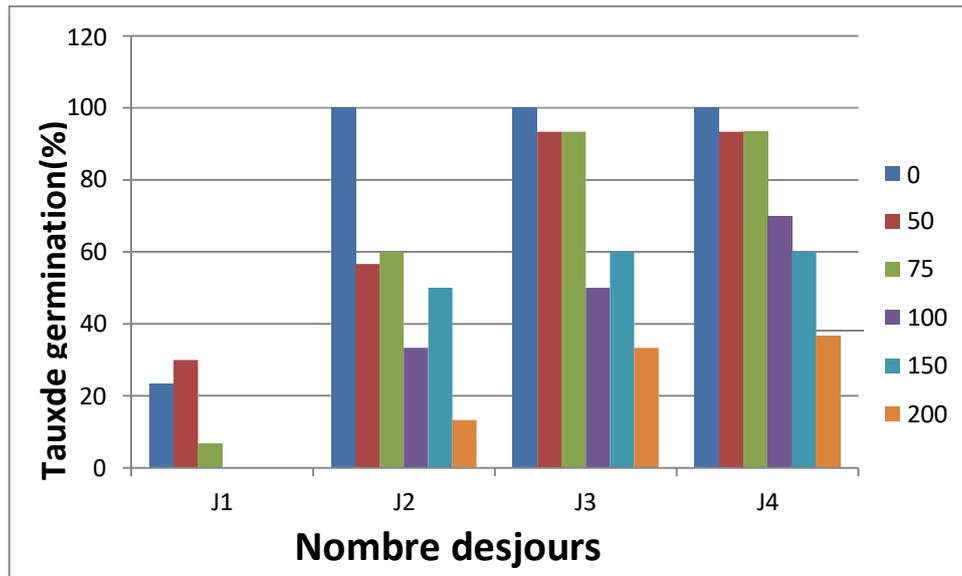
Sous le traitement 100mM dans le premier jour le pourcentage de germination était 26,66%, après 48 heures le pourcentage est augmenté à 73,33%, dans le troisième jour ce taux est 80%, et dans le quatrième jour le taux de germination était 96,66%.

Pour la concentration 150mM, on remarque que le pourcentage de germination est le même pour le 2ème et 3ème jours de stress (83,33%), ce pourcentage augmente le 4ème jour et accéder aux taux: 86,66%.

Pour la dernière concentration, après 24 heures aucune graine n'a germé, le taux de germination de 2ème jour est 26,66% et pour le 3ème et le 4ème jour la concentration est 36,33%.

#### **3-2-Taux quotidien de la germination de la variété «kelvedon» :**

Le taux quotidien de la germination de la variété « kelvedon » est représenté dans la figure 17.



**Figure 17:** Taux quotidien de germination de la variété kelvedon.

Les résultats obtenus dans la figure 17 indiquent que la germination des graines dans la concentration 0mM est 23,33% le premier jour et après 48 heures ce taux est augmenté à 100% et reste stable jusqu'au quatrième jour.

Sous la concentration 50mM, après 24 heures la germination était 30%, dans le 2ème jour le taux a augmenté à 56,66%, après la concentration arrive jusqu'au 93,33% dans le 3ème jour et reste stable jusqu'à la fin de l'expérience.

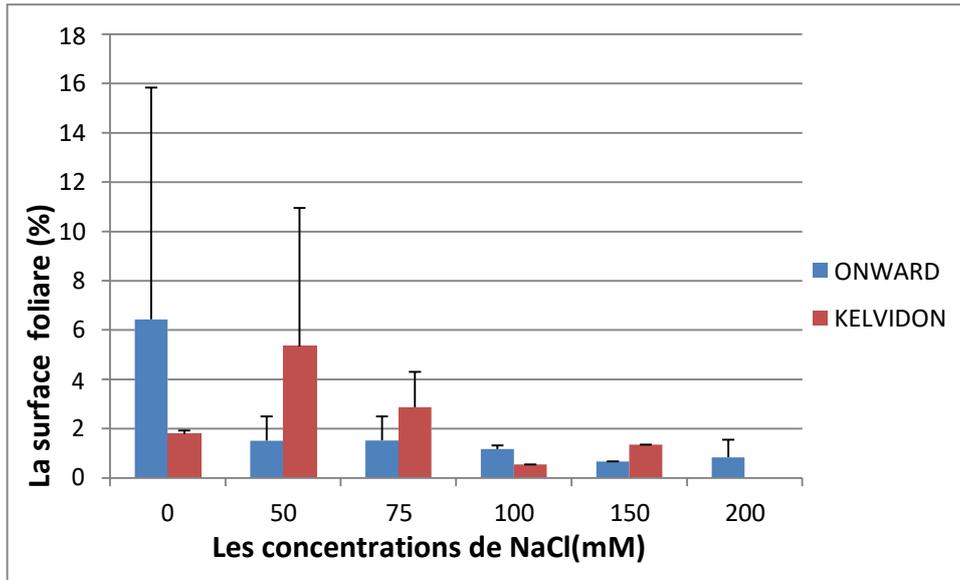
Sous traitement 75mM, dans le 1er jour la germination enregistrée est 6,66%, ce pourcentage augmente le 2ème jour pour accéder à 60%, dans le 3ème et le 4ème jour le taux est 93,33%. A une concentration de NaCl 100mM, la germination est commencée dans le deuxième jour par un taux de germination de 33,33%, après dans le troisième jour le taux de germination arrive jusqu'au 50% et dans le dernier jour la germination a augmenté à 70%. Sous la concentration de 150mM, on remarque que le premier jour de l'expérience aucun grain n'a germé, le 2ème jour le taux de germination était 50% et dans le 3ème et le 4ème jour de stress ce taux est 60%. Lors du dernier traitement (200mM), le taux de germination du stress salin commence à partir du deuxième jour par une valeur de 13,33%, le pourcentage arrive jusqu'au 33,33% le 3ème jour et à la fin de l'expérience le taux de germination enregistré est 36,66%.

**3- Réversibilité de l'effet du NaCl:**

Aucune germination n'a été notée pour les deux variétés de pois.

**4- La surface foliaire:**

La figure 18 représente la surface foliaire des deux variétés de pois sous stress salin.



**Figure 18 :** la surface foliaire des deux variétés du pois sous stress salin.

Les résultats obtenus dans la Figure 18 montrent une différence remarquable pour ce paramètre entre les deux variétés. En effet, le pourcentage maximal est de 6,43% obtenu pour Onward dans la concentration 0mM et de 5,34% pour kelvedon à la concentration 50mM. D'autre part, les deux génotypes soumis à la salinité présentent une réduction de la surface foliaire comparée au témoin non stressé.

- Analyses statistiques :**

**Tableau 1 :** analyse de la variance AV1 de la variété onward (surface foliaire).

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT	5	76,0	15,2	1,00	0,456
Error	12	181,8	15,2		
Total	17	257,9			

### Chapitre III: Résultats et discussions

**Tableau 2 :** analyse de la variance AV1 de la variété Kelvedon (surface foliaire).

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT_1	3	42,37	14,12	1,68	0,247
Error	8	67,06	8,38		
Total	11	109,43			

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% montre que les concentrations de NaCl (50, 75, 100, 150, 200mM) ont une différence non significative sur la surface foliaire pour les deux variétés ( $p > 0,05$ ).

**Tableau 3 :** analyse de la variance AV2 (surface foliaire).

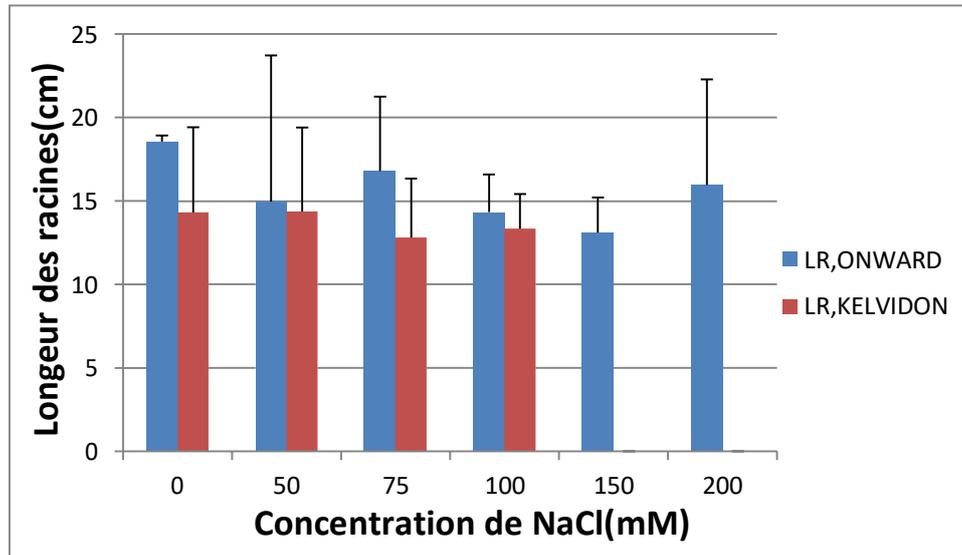
Source	DL	SeqSS	AdjSS	AdjMS	F	P
variétés	1	0,08	0,08	0,08	0,01	0,944
variétés*TRAITEMENTS	3	58,75	58,75	19,58	1,27	0,320
TRAITEMENTS	3	40,89	40,89	13,63	0,88	0,472
Error	16	247,57	247,57	15,47		
Total	23	347,30				

#### Observation inhabituelles pour la surface foliaire :

On constate une différence non significative entre les deux variétés et pour l'interaction variétés- traitements, la différence est aussi non significative ( $p > 0,05$ ).

**5-Longueur de la racine principale :**

La longueur de la racine principale est représentée dans la figure suivante:



**Figure 19:** Longueur de la racine principale de deux variétés de pois sous stress salin.

D'après nos résultats, les changements sont plus prononcés aux fortes concentrations de NaCl notamment à la concentration 150 et 200mM, pour lesquelles nous avons enregistré une inhibition de la croissance de la racine chez la variété Kelvedon.

La longueur de l'axe principale est limitée par des valeurs proches entre (14,36 et 12,80 cm) donné par la variété Kelvedon et des autre valeurs divergents entre (18,58 et 13,10cm) donnée par Onward. La longueur maximale est enregistrée au niveau de lot 0mM pour Onward et le lot 50mM pour kelvedon.

- **Analyse statistique :**

**Tableau 4 :** analyse de la variance AV1 la variété kelvedon (longueur de la racine principale).

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT	5	133,16	26,63	4,87	0,003
Error	12	46,49	3,87		
Total	17	179,65			

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% montre que les concentrations de NaCl (50,75,100,150 et 200mM) ont une différence significatif sur la longueur des racines principales pour la variété kelvedon ( $p < 0,05$ ).

### Chapitre III: Résultats et discussions

**Tableau 5 :** Grouping Information Using Tukey Method de la variété kelvedon

TRAIT	N	Mean	Grouping
0	3	8,633	A
1	3	7,400	A
2	3	3,833	AB
3	3	3,367	AB
4	3	1,667	B
5	3	1,467	B

**Tableau 6 :** analyse de la variance AV1 la variété Onward (longueur de la racine principale).

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT	5	166,158	33,232	49,64	0,00
Error	12	8,033	0,669		
Total	17	174,191			

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% montre que les concentrations de NaCl (50, 75, 100, 150, 200 mM) ont une différence significative sur la longueur de racines principale pour la variété onward ( $p < 0,05$ ).

**Tableau 7 :** Grouping Information Using Tukey Method de la variété Onward.

TRAIT	N	Mean	Grouping
0	3	8,633	A
1	3	7,733	A
2	3	4,100	B
4	3	1,567	C
3	3	1,567	C
5	3	1,133	C

**Tableau 8 :** analyse de la variance AV2(longueur de la racine principale).

Source	DF	SeqSS	AdjSS	AdjMS	F	P
VARIETES	1	0,667	0,667	0,667	0,29	0,593
VARIETES*traitementss	5	4,648	4,648	0,930	0,41	0,838
traitementss	5	294,666	294,666	58,933	25,94	0,00
Error	24	54,527	54,527	2,272		
Total	35	354,507				

**Observation inhabituelles pour la longueur des racines:**

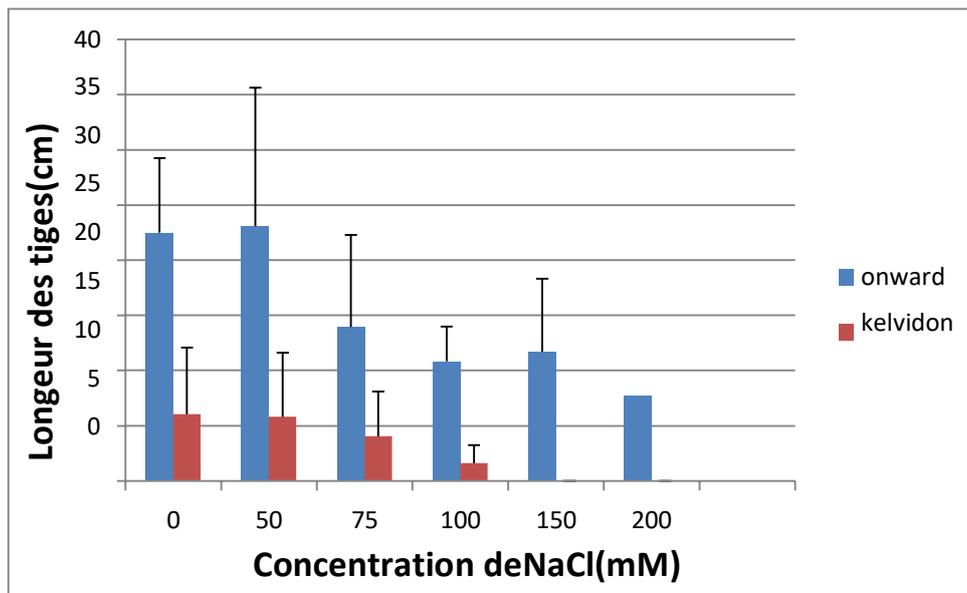
Les résultats indiquent

- Une différence non significative entre les variétés( $p>0,05$ ).
- Pour l'interaction variétés- traitements, la différence est non

significative( $p>0,05$ ).

**6- Longueur des parties aériennes:**

La figure20 montre la longueur des parties aériennes des deux variétés du pois.



**Figure20:**Longueur de les parties aériennes principale de deux variétés de pois sous stress salin.

### Chapitre III: Résultats et discussions

Les résultats de la figure 20 montrent que la longueur de la tige principale est fortement influencée par la présence du sel dans le milieu et ce chez les deux variétés traitées par des concentrations croissantes de NaCl comparativement aux témoins. Nous avons enregistré une inhibition de la longueur de la tige dans la concentration (150 et 200mM) pour la variété Kelvedon. Pour la variété Onward, la longueur la plus élevée est notée sous la concentration 50 mM (23,10 cm) et pour la variété Kelvedon la valeur la plus élevée est 6,04cm chez le témoin. Nous avons enregistré la tige la plus courte dans la concentration 100 mM de valeur 1,62 cm pour la variété Kelvedon, et 7,73 cm pour la variété Onward dans la concentration 200 mM.

- **Analyses statistiques :**

**Tableau 9 :** analyse de la variance AV1 la variété Onward (longueur les parties aériennes).

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT	5	171,24	34,25	22,38	0,00
Error	12	18,36	1,53		
Total	17	189,60			

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% montre que les concentrations de NaCl (50, 75, 100, 150, 200 mM) ont une différence significative sur la longueur des tiges principale pour la variété onward ( $p < 0,05$ ).

**Tableau 10:** Grouping Information Using Tukey Method de la variété Onward

TRAIT	N	Mean	Grouping
0	3	9,767	A
2	3	4,800	B
1	3	4,733	B
4	3	1,900	BC
3	3	1,533	BC
5	3	0,500	C

**Chapitre III: Résultats et discussions**

**Tableau 11 :** analyse de la variance AV1 la variété kelvedon (longeur les parties aériennes).

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT	5	70,051	14,010	16,43	0,000
Error	12	10,233	0,853		
Total	17	80,284			

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% montre que les concentrations de NaCl (50, 75, 100, 150, 200 mM) ont une différence significatif sur la longueur des tiges principale pour la variété kelvedon ( $p < 0,05$ ).

**Tableau 12:** Grouping Information Using Tukey Method de la variété kelvedon.

TRAIT	N	Mean	Grouping
0	3	6,3000	A
2	3	2,6000	B
1	3	2,2333	B
4	3	1,2000	B
3	3	0,7333	B
5	3	0,4000	B

**Tableau 13 :** analyse de la variance AV2 (longeur les parties aériennes).

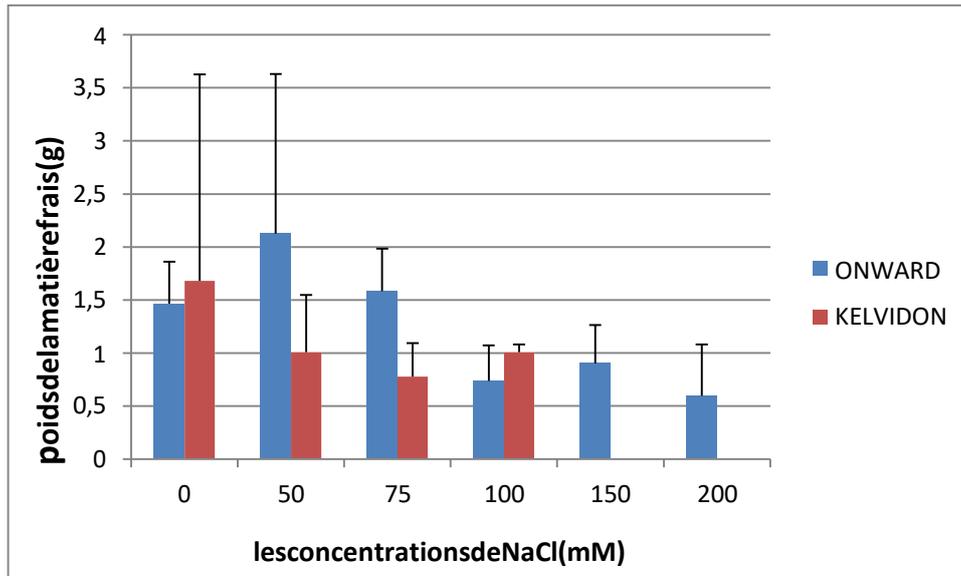
Source	DF	SeqSS	AdjSS	AdjMS	F	P
VARIETES	1	23,847	23,847	23,847	20,02	0,00
VARIETES*traitements	5	12,525	12,525	2,505	2,10	0,100
Traitements	5	228,762	228,762	45,752	38,40	0,00
Error	24	28,593	28,593	1,191		
Total	35	293,728				

**Observation inhabituelles pour la longueur des tiges:**

D'après les résultats nous remarquons une différence significative entre les deux variétés et pas d'effet variété-traitement.

**7- Poids frais des racines :**

La figure 21 montre le poids frais des racines des deux variétés du pois



**Figure 21:** Poids frais des racines de deux variétés de pois sous stress salin.

Dans la figure 21 nous avons remarqué que le poids frais des racines de la variété Kelvidon est supérieur que celui de la variété Onward dans les concentrations 0 et 100 mM. Et pour les concentrations restantes la variété Kelvedon enregistre un poids frais inférieur à la variété Onward. Pour la variété Onward nous avons noté à 100, 150 et 200 mM une forte diminution du poids frais des racines (0,73g, 0,90g et 0,59g) et le poids est plus élevé dans la concentration 50mM à 2,12g, par contre à 0mM et 75mM les valeurs de poids sont (1,46g et 1,58g). Pour Kelvedon nous avons noté à 50mM et 100 mM le même poids frais des racines (1,00 g) et une diminution du poids dans la concentration 75mM (0,77g) par rapport au témoin (1,67g).

- **Analyses statistiques:**

**Tableau 14 :** analyse de la variance AV1 la variété kelvedon (poids frais des racines).

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT	5	6,360	1,272	1,82	0,183
Error	12	8,384	0,699		
Total	17	14,744			

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% montre que les concentrations de NaCl (50, 75, 100, 150, 200 mM) ont une différence non significative sur le poids frais des racines pour la variété kelvedon ( $p > 0,05$ ).

**Tableau 15 :** analyse de la variance AV1 la variété onward (poids frais des racines).

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT	5	5,211	1,042	2,04	0,144
Error	12	6,117	0,510		
Total	17	11,328			

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% montre que les concentrations de NaCl (50, 75, 100, 150, 200 mM) ont une différence non significative sur le poids frais des racines pour la variété onward ( $p > 0,05$ ).

**Tableau 16 :** analyse de la variance AV2 (poids frais des racines).

Source	DF	Seq SS	Adjss	Adj MS	F	P
variétés	1	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	1,000
variétés*TRAITEM	3	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	1,000
TRAITEME	3	5,8936	5,8936	1,9645	2,92	0,066
Error	16	10,7710	10,7710	10,7710	0,6732	
Total	23	16,6647				

Selon les résultats, on constate que ( $p > 0,05$ ) donc une différence non significative entre les deux variétés.

8- Poids sec des racines:

Les poids sec des racines de deux variétés de pois sous stress salin sont représentés dans la figure 22..

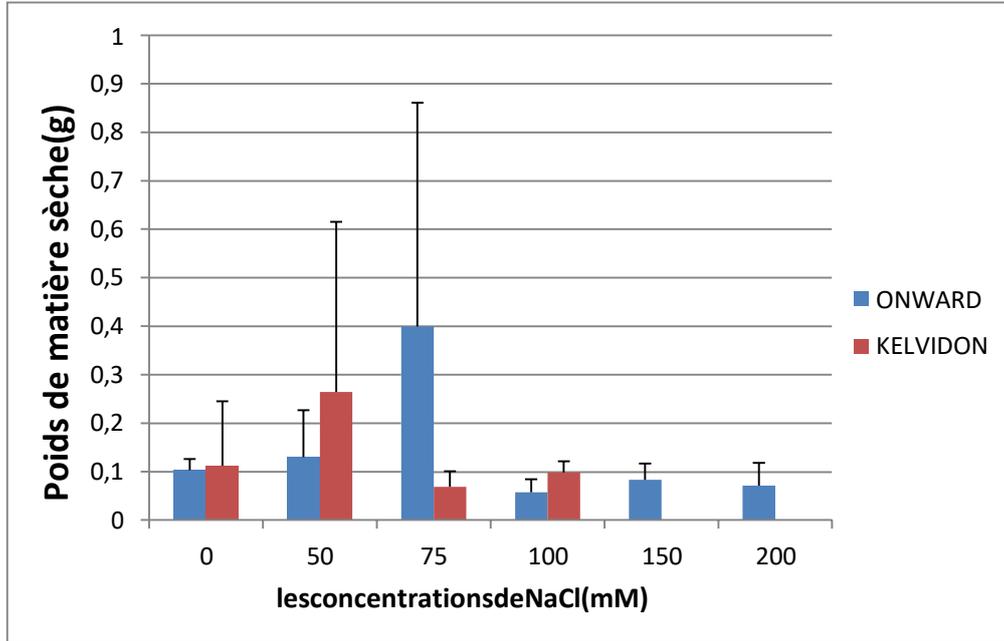


Figure 22: Poids sec des racines de deux variétés de pois sous stress salin.

La figure 22 montre que l'effet de la salinité sur le développement des deux variétés du pois peut être apprécié par la mesure du poids des racines après séchage. Pour la variété Onward, nous remarquons une augmentation progressive des poids pour les concentrations 0mM, 50mM et 75mM (0,10g, 0,12g et 0,39g) successivement, nous avons noté à 100mM, 150mM et 200mM une forte diminution du poids sec des racines (0,05g, 0,08g et 0,07g).

Pour Kelvedon nous avons enregistré sous les traitements 75mM et 100mM (0,06g et 0,09g), alors que le poids noté à la concentration 50mM prend une valeur plus élevée (0,26g) par rapport au témoin (0,11g) et dans les concentrations (150mM et 200mM) n'y a pas une croissance des plantes.

• **Analyses statistiques :**

**Tableau 17 :** analyse de la variance AV1 la variété onward (poids sec des racines).

Source	DF	SS	MS	F	P
Traitement	5	0,2020	0,0404	0,93	0,494
Error	12	0,5204	0,0434		
Total	17	0,7224			

**Tableau 18 :** analyse de la variance AV1 la variété kelvedon (poids sec des racines).

Source	DF	SS	MS	F	P
traitme	3	0,00490	0,00163	0,33	0,805
Error	8	0,03970	0,00496		
Total	11	0,04460			

Les analyses statistiques montrent que la différence est non significative pour les deux variétés.

**Tableau 19 :** analyse de la variance AV2 (poids sec des racines) .

Source	DF	SeqSS	AdjSS	AdjMS	F	P
Variétés	1	0,03671	0,03671	0,03671	1,06	0,318
variétés*TRAITEMENTS	3	0,10521	0,10521	0,03507	1,01	0,412
TRAITEMENTS	3	0,07128	0,07128	0,02376	0,69	0,573
Error	16	0,55345	0,55345	0,03459		
Total	23	0,76665				

**Observation inhabituelles pour poids sec des racines:**

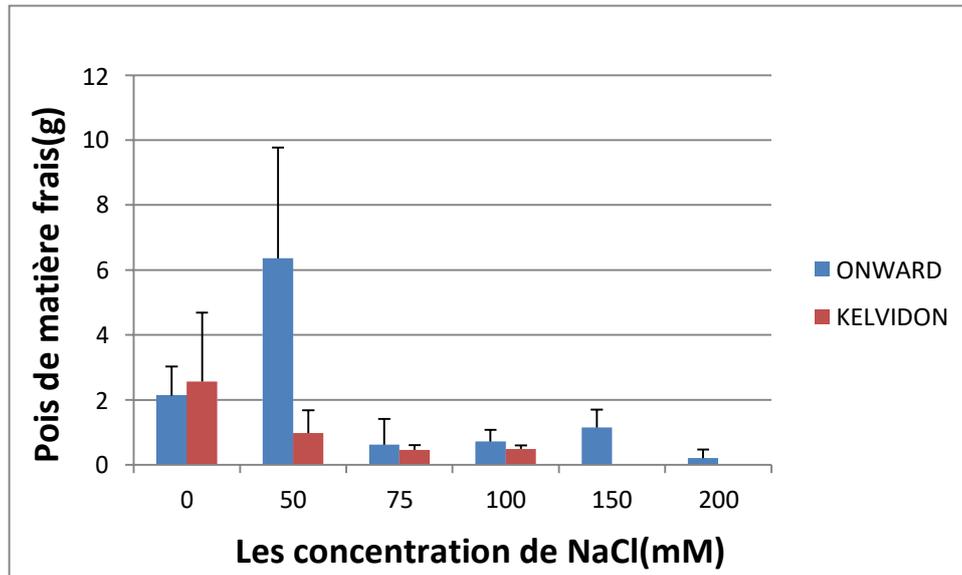
D'après l'étude statistique:

- La différence est non significative entre les deux variétés.
- Pas d'effet traitement\*variété.

**9- Poids frais des parties aériennes:**

### Chapitre III: Résultats et discussions

Les poids frais des parties aériennes de deux variétés de pois sous stress salin sont représentés dans la figure 23.



**Figure 23** : Poids frais des parties aériennes de deux variétés de pois sous stress salin.

Dans la figure 23 nous avons remarqué que le poids frais des tiges de la variété Onward est supérieur que celui de la variété Kelvedon dans les concentrations 50mM, 75mM, 100mM, 150mM et 200mM, par contre il est inférieur que celui de kelvedon à la concentration 0mM.

Pour la variété kelvedon le poids des tiges diminue progressivement, en terme de concentration 0Mm le poids est 2,57g, pour la concentration 50mM le poids sec de tige est 0,98g, dans la concentration 75mM le poids de tige était 0,45g et dans la concentration 100mM le poids est 0,48g, c'est-à-dire que plus la concentration est élevée, plus le poids est faible, et pour les concentrations 150mM et 200mM il n'y a pas des plantes.

Pour la variété Onward le poids des tiges le plus élevé est remarqué dans la concentration 50mM (6,36g) et le plus faible dans la concentration 200mM avec une valeur de 0,20g et dans les concentrations qui restent (0 mM, 75 mM, 100 mM et 150 mM), les poids sont respectivement (1.20, 0.62, 0.71 et 1.14g).

### Chapitre III: Résultats et discussions

- **Analyses statistiques :**

**Tableau 20 :** analyse de la variance AV1 la variété kelvedon (poids frais des parties aériennes) .

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT	5	13,939	2,788	3,34	0,040
Error	12	10,016	0,835		
Total	17	23,955			

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% montre que les concentrations de NaCl (50, 75, 100, 150, 200 mM) ont une différence significative sur le poids frais de tige pour la variété kelvedon ( $p < 0,05$ ).

**Tableau 21:** Grouping Information Using Tukey Method de la variété kelvedon.

TRAIT	N	Mean	Grouping
0	3	2,5701	A
1	3	0,9854	AB
3	3	0,4887	AB
2	3	0,4587	AB
5	3	0,0000	B
4	3	0,0000	B

**Tableau 22 :** analyse de la variance AV1 la variété onward (poids frais des parties aériennes) .

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT	5	30,94	6,19	2,74	0,071
Error	12	27,12	2,26		
Total	17	58,06			

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% montre que les concentrations de NaCl (50, 75, 100, 150, 200 mM) ont une différence non significative sur le poids frais des tiges pour la variété onward ( $p > 0,05$ ).

**Tableau 23** : analyse de la variance AV2 (poids frais des parties aériennes) .

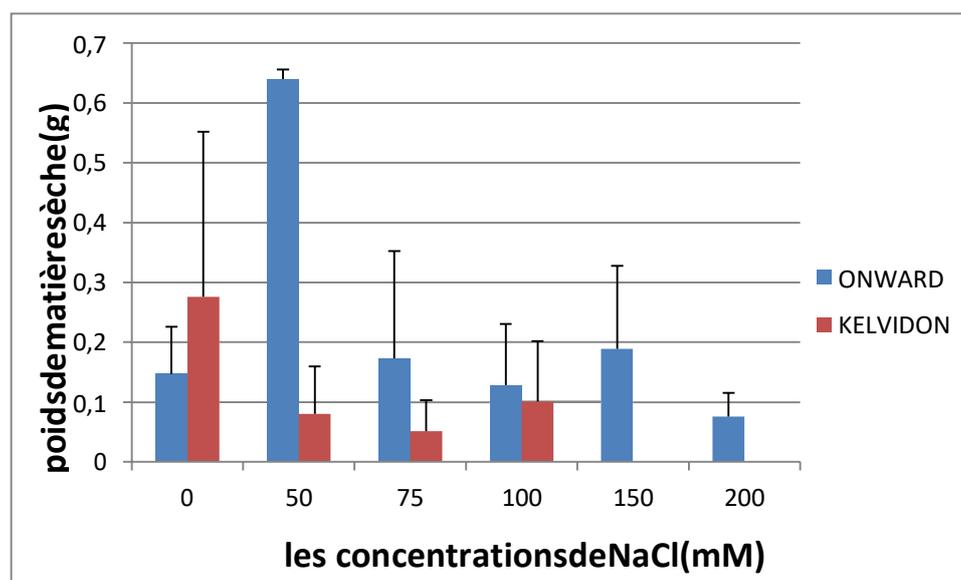
Source	DF	SeqSS	AdjSS	AdjMS	F	P
Variétés	1	5,260	5,260	5,260	2,31	0,148
variétés*TRAITEMENTS	3	13,583	13,583	4,528	1,99	0,156
TRAITEMENTS	3	15,352	15,352	5,117	2,25	0,122
Error	16	36,390	36,390	2,274		
Total	23	70,585				

D'après les études statistiques:

- l'effet est non significatif entre les deux variétés.
- Pas d'effet traitement-variété.

**10- Poids sec des parties aériennes:**

Les poids sec des parties aériennes de deux variétés de pois sous stress salin sont représentés dans la figure 24 :



**Figure 24:** Poids sec des parties aériennes de deux variétés de pois sous stress salin.

La figure 24 montre que l'augmentation des concentrations de NaCl affecte le poids sec des racines de la variété onward, nous avons noté à 50mM le poids le plus élevé avec une valeur de 0.63g, par contre une diminution dans les concentrations 75, 100, 150 et 200mM (0.17g, 0.12g, 0.18g et 0.07g).

Pour la variété kelvedon, nous avons remarqué une diminution de poids sec des tiges dans les concentrations 50mM, 75mM et 100mM (0.07g, 0.05g et 0.10g) par rapport au témoin (0.27g) et pour les concentrations 150mM et 200mM l'inhibition de la

### Chapitre III: Résultats et discussions

croissance des plantes.

**Tableau 24 :** analyse de la variance AV1 la variété onward (poids sec des parties aériennes) .

Source	DF	SS	MS	F	P
Traitments	5	0,6410	0,1282	10,99	0,000
Error	12	0,1400	0,0117		
Total	T4317	0,7810			

L'analyse de la variance de sécurité 5% montre que les concentrations de NaCl (50, 75, 100, 150, 200 mM) et le témoin ont une différence significative sur le poids sec des racines pour la variété Onword ( $p < 0,05$ ).

**Tableau 25:** Grouping Information Using Tukey Method de la variété onward.

traitment	N	Mean	Groping
2	3	0,6397	A
5	3	0,1889	B
3	3	0,1730	B
1	3	0,1470	B
4	3	0,1281	B
6	3	0,0759	B

**Tableau 26 :** analyse de la variance AV1 la variété kelvedon (poids sec des parties aériennes) .

Source	DF	SS	MS	F	P
Traitm	3	0,0923	0,0308	1,61	0,262
Error	8	0,1528	0,0191		
Total	11	0,2451			

### Chapitre III: Résultats et discussions

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% montre que les concentrations de NaCl (50, 75, 100, 150 et 200mM) ont une différence non significatif sur le poids frais des tiges pour la variété kelvidon ( $p > 0,05$ ).

**Tableau 27** : analyse de la variance AV2(poids sec des parties aériennes).

Source	DF	SeqSS	AdjSS	AdjMS	F	P
variétés	1	0,12604	0,12604	0,12604	8,03	0,012
variétés*TRAITEMENTS	3	0,39207	0,39207	0,13069	8,32	0,001
TRAITEMENTS	3	0,24415	0,24415	0,08138	5,18	0,001
Error	16	0,25119	0,25119	0,01570		
Total	23	1,01345				

#### **Observation inhabituelles pour poids sec des parties aériennes:**

Selon les résultats, on constate une différence significative entre les deux variétés et aussi pour l'interaction variétés-traitements ( $p < 0,05$ ).

#### **11- Effets de la salinité sur les pigments chlorophylliens:**

##### **12-1-Teneur de Chlorophylle (Chla):**

La figure 25 représente la teneur de la chlorophylle (a) chez les deux variétés du pois sous stress salin.

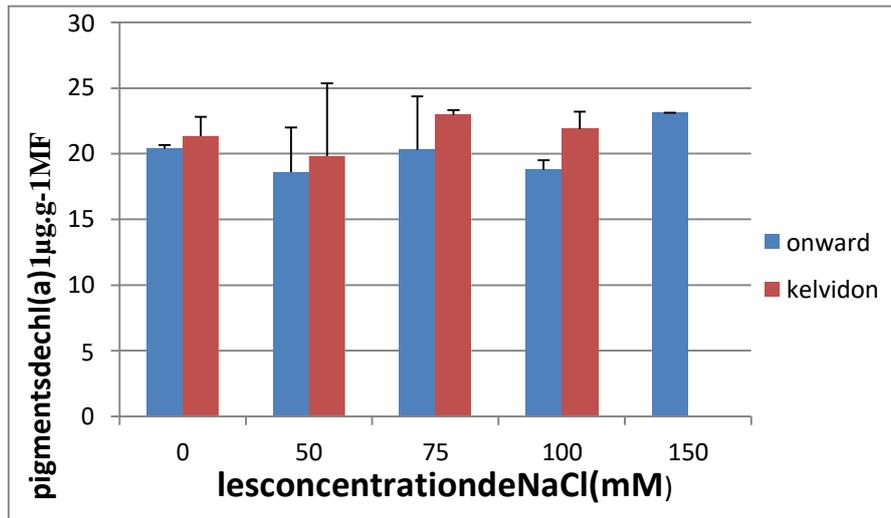


Figure 25: La chlorophylle(a) des deux variétés du pois sous stress salin.

La présence du sel dans le milieu engendre également des baisses des teneurs en chlorophylle (a) chez la variété onward par rapport à la variété kelvedon qui présente des valeurs plus grandes. Les réductions des pigments les plus importantes ont été notées à 50mM, 75mM et 100mM chez onward (18.59  $\mu\text{g.g-1MF}$ , 20.29  $\mu\text{g.g-1MF}$ , et 18.76  $\mu\text{g.g-1MF}$ ), et pour la concentration 150 mM la valeur augmente (23.11  $\mu\text{g.g-1MF}$ ) par rapport au témoin (20.36  $\mu\text{g.g-1MF}$ ). Chez la variété kelvedon nous avons remarqué que les valeurs des concentrations 50mM, 75mM et 100mM étaient (19.80  $\mu\text{g.g-1MF}$ , 22.95  $\mu\text{g.g-1MF}$  et 21.86  $\mu\text{g.g-1MF}$ ) relativement proche avec le témoin (21.33  $\mu\text{g.g-1MF}$ ).

- **Analyses statistiques:**

Tableau 28 : analyse de la variance AV1 la variété kelvedon (chlorophylle a)

Source	DF	SS	MD	F	P
TRAIT_1	3	99,4	33,1	0,36	0,784
Error	8	738,0	92,3		
Total	11	837,4			

### Chapitre III: Résultats et discussions

**Tableau 29** : analyse de la variance AV1 la variété onward (chlorophylle a) .

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT_1	3	8,26	2,75	0,38	0,768
Error	8	57,53	7,19		
Total	11	65,78			

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% montre que les concentrations de NaCl (50, 75, 100, 150, 200 mM) ont une différence non significative sur la teneur en chlorophylle(a) pour les deux variétés ( $p > 0,05$ ).

**Tableau 30** : analyse de la variance AV2 (chlorophylle a) .

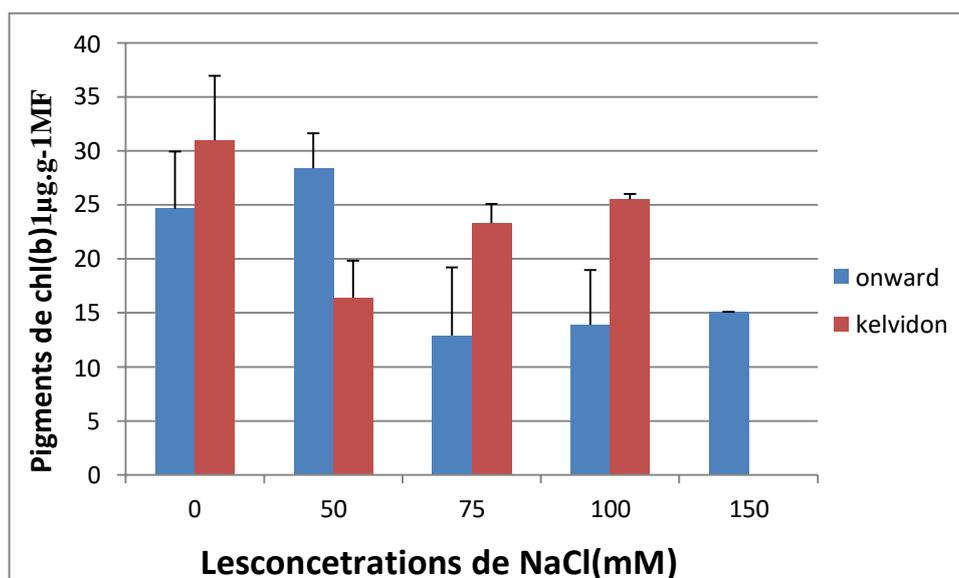
Source	DF	SeqSS	AdjSS	AdjMS	F	P
variété	1	18,32	18,32	18,32	0,37	0,552
variété*TRAIT	3	48,97	48,97	16,32	0,33	0,805
TRAIT	3	58,68	58,68	19,56	0,39	0,759
Error	16	795,53	795,53	49,72		
Total	23	921,51	921,51			

#### **Observation inhabituelles pour la chlorophylle(a):**

L'analyse de la variance à deux critères de classification (ANOVA), a montré qu'il n'y a pas de différences significatives entre les variétés ( $p > 0,05$ ) et pour l'interaction variétés-traitements, la différence est non significative pour ce paramètre ( $p > 0,05$ ).

#### **12-2-Teneur en Chlorophylle b (Chlb):**

La figure 26 représente la teneur de la chlorophylle (b) chez les deux variétés du pois étudiées.



**Figure 26:** La chlorophylle (b) des deux variétés du pois sous stress salin.

Les résultats de cette étude indiquent que la teneur en chlorophylle (b) est différente chez les deux variétés en présence des différentes concentrations. Les valeurs des concentrations 75mM, 100mM et 150mM étaient (12.90  $\mu\text{g.g-1MF}$ , 13.88  $\mu\text{g.g-1MF}$ , et 15.101  $\mu\text{g.g-1MF}$ ), et la valeur (28.41  $\mu\text{g.g-1MF}$ ) est la plus élevée donnée par la concentration 50mM pour la variété Onward.

Par contre chez la variété Kelvedon, la chlorophylle est plus élevée au traitement 75mM et 100mM ou nous avons enregistré (23.32  $\mu\text{g.g-1MF}$ ) et (25.50  $\mu\text{g.g-1MF}$ ) et pour la concentration 50mM la teneur en chlorophylle b est très faible par rapport au témoin (16.401  $\mu\text{g.g-1MF}$ ).

- **Analyses statistiques:**

**Tableau 31 :** analyse de la variance AV1 la variété kelvedon (chlorophylle b) .

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT_1	3	486	162	1.45	0.299
Error	8	895	112		
Total	11	1381			

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% montre que les concentrations de NaCl (50, 75, 100, 150, 200 mM) ont une différence non significative sur la chlorophylle (b) pour la variété kelvedon ( $p > 0,05$ ).

### Chapitre III: Résultats et discussions

**Tableau 32** : analyse de la variance AV1 la variété onward (chlorophylle b) .

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT_1	3	540,5	180,2	6,93	0,013
Error	8	207,9	26		
Total	11	748,3			

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% montre que les concentrations de NaCl (50, 75, 100, 150, 200 mM) ont une différence significative sur la chlorophylle (b) pour la variété onward ( $p < 0,05$ ).

**Tableau 33**: Grouping Information Using Tukey Method de la variété onward.

TRAIT_1	N	Mean	Grouping
1	3	28,414	A
0	3	24,659	AB
3	3	13,885	B
2	3	12,910	B

**Tableau 34** : analyse de la variance AV2 (chlorophylle b).

Source	DF	SeqSS	AdjSS	AdjMS	F	P
variété	1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,996
variété*TRATEM	3	301,20	301,20	100,40	1,46	0,264
TRAITEMENT	3	725,58	725,58	241,86	3,51	0,040
Error	16	1102,52	1102,52	68,91		
Total	23	2129,31				

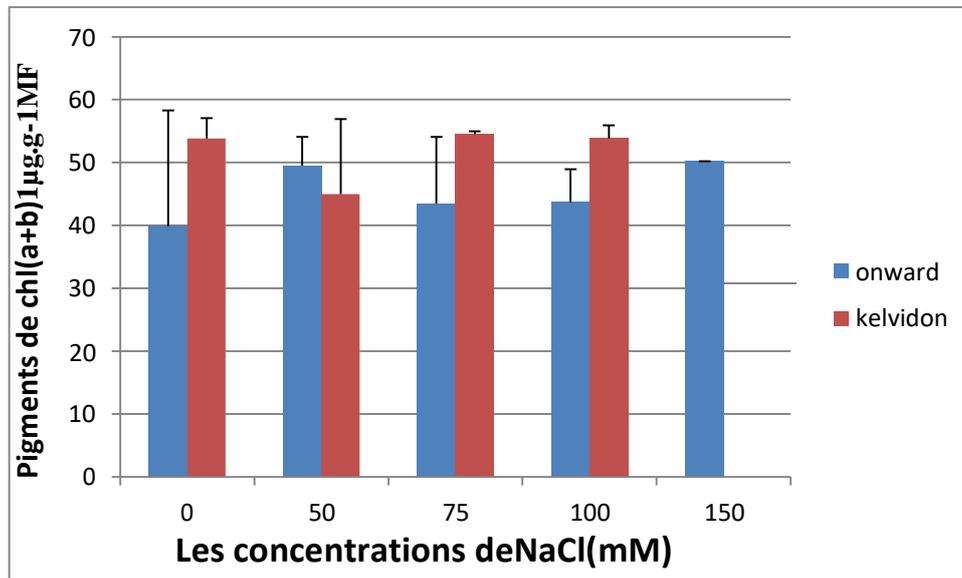
#### Observation inhabituelles pour chlorophylle b:

Les résultats de l'AV2 pour ce paramètre indiquent:

- La différence est non significative entre les deux variétés.
- Pour l'interaction variétés-traitements, la différence est non significative ( $p > 0,05$ ).

**12-3-Teneur en Chlorophylle total chlorophylle(a+b):**

La figure 27 représente la teneur de la chlorophylle (a+b) chez les deux variétés du pois étudiées.



**Figure 27:** La chlorophylle (a+b) des deux variétés du pois étudiées.

Les résultats obtenus dans la figure 27 montrent une différence remarquable pour ce paramètre entre les deux variétés du pois.

Les teneurs en chlorophylle (a+b) des deux variétés étudiées, sont réduites de manière non significative sous l'effet des différentes concentrations du sel, on remarque que pour la variété onward les résultats sont élevés et varient en fonction de l'évolution des concentrations pour le témoin (39.85 µg.g-1MF), les valeurs enregistrés sont (49.53 µg.g-1MF, 43.47 µg.g-1MF, 43.70 µg.g-1MF et 50.23 µg.g-1MF) pour les concentration 50mM ,75mM , 100mM et 150mM. Pour la deuxième variété kelvedon, les valeurs sont relativement proches avec les concentrations changeantes par apport au témoin, les résultats sont (53.821µg.g-1MF, 54.56 1µg.g-1MF et 53.83 1µg.g-1MF) respectivement pour (0mM, 75mM et 100mM) et dans la concentration 50mM nous avons noté une diminution de la teneur chlorophylle (a+b) jusqu'à (44.99 1µg.g-1MF).

- **Analyses statistiques:**

### Chapitre III: Résultats et discussions

**Tableau 35** :analyse de la variance AV1 la variété kelvedon (chlorophylle a+b) .

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT_1	3	646	215	0,41	0,752
Error	8	4228	529		
Total	11	4875			

**Tableau 36** :analyse de la variance AV1 la variété onward (chlorophylle a+b).

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT_1	3	144	48	0,38	0,767
Error	8	1000	125		
Total	11	1144			

L'analyse de la variance au seuil de sécurité 5% montre que les concentrations de NaCl (50, 75, 100, 150,200 mM) ont une différence non significative sur la teneur en chlorophylle a+b pour les deux variétés ( $p > 0,05$ ).

**Tableau 37** :analyse de la variance AV2 (chlorophylle a+b)

Source	DF	SeqSS	AdjSS	AdjMS	F	P
variétés	1	11,3	11,3	11,3	0,03	0,855
Variétés*TRAITEMENTS	3	479,7	479,7	159,9	0,49	0,695
TRAITEMENTS	3	310,9	310,9	103,6	0,32	0,813
Error	16	5228,5	5228,5	326,8		
Total	23	6030,3				

#### **Observation inhabituelles pour la chlorophylle (a+b):**

Selon les résultats, on constate une différence non significative entre les deux variétés et pour l'interaction variétés- traitements, la différence est aussi non significative ( $p > 0,05$ ).

### Discussion

La salinité est l'un des facteurs limitant pour la germination et la croissance des plantes. Les ions sodium et chlorure dissous dans le sol aboutissent dans la végétation par voie indirecte. Ils sont absorbés par les racines et dérèglent l'équilibre nutritif.

Dans notre étude nous remarquons une diminution du taux de germination pour l'ensemble des boîtes traitées par les différentes concentrations de NaCl pour les deux cultivars étudiés. Nos résultats sont similaires aux résultats signalés par **Okçu et al., 2005**, qui ont montré que l'application des différents niveaux de NaCl induit une réduction significative du taux de germination final de pois.

L'étude de **Caméra et al., 2018** a montré que le sel réduit considérablement le taux de germination et la croissance des légumineuses. Ainsi que Wang et al. en 2001 ont montré que le sel a un effet dépressif sur le taux de germination et les premiers stades de croissance chez les plantes, cet effet varie en fonction de l'intensité du stress et de l'espèce en question.

D'après **Okçu et al., 2005**, l'échec de la germination des plantes dû au NaCl résulte d'une barrière osmotique induite par le NaCl.

**Redmann, (1974)** a constaté que l'effet osmotique du NaCl sur la germination de la luzerne était plus important que l'effet toxique. Cependant, la croissance des plantules était plus sensible au stress salin que la germination.

Nos résultats ont montré que toutes les concentrations utilisés dans notre étude ont affecté la longueur des racines chez les deux variétés kelvedon et onward, alors que pour la longueur des tiges les deux variétés ont été affectées mais la variété kelvedon était très sensible que la variété onward.

**Delgado et al. en (1994)** dans un travail sur les effets du stress salin sur la croissance et la fixation de l'azote par le pois, la féverole, le haricot commun et le soja, ont indiqué que le pois était la légumineuse la plus sensible parmi eux, La longueur des racines et des tiges ainsi que le poids frais et sec des plante ont diminué avec l'augmentation du NaCl.

Pour la surface foliaire les études statistiques de notre travail ont montré une différence non

### ***Chapitre III: Résultats et discussions***

significative entre les deux variétés et entre les traitements pour la même variété, alors que **Bartells et sunkar en (2005)** a montré que sous stress salin la plante s'adapte par un faible allongement de la tige et de racine et une diminution de la surface foliaire.

Dans notre étude la chlorophylle n'est pas affectée par les fortes concentrations en solution salines du milieu, par contre **(Acila, 2003)** a montré que la concentration saline, provoque une effet néfaste sur la production des feuilles, et diminue nettement la teneur en chlorophylles totale chez deux variétés de blé dur (*Triticum Durum* ,Desf).

## **Conclusion:**

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 source essentielle de protéine en particulier, dans Europe et en Afrique.

Les comportements physiologiques et nutritionnels des plantes sont limités par différentes conditions environnementales dans lesquelles elles se développent, l'une de ces conditions est la salinité des eaux d'irrigation et des sols qui constitue l'un des problèmes agricoles les plus importants sous les conditions climatiques arides et semi-arides dans le monde.

Le comportement de deux variétés du pois (*Pisum sativum* L.) (onward et kelvedon) vis-à-vis du stress salin a fait l'objet de deux expérimentations dans notre étude. Le premier test a été réalisé au laboratoire et impliquait l'effet de la salinité sur la germination, la seconde expérimentation a été mise en place dans la serre de la faculté de SNVSTU pour étudier l'effet de cette contrainte sur certains paramètres morphologiques et physiologiques, Cinq concentrations de NaCl ont été utilisées (0mM, 50mM, 75mM, 100mM, 150mM et 200mM).

D'après les résultats de notre travail nous avons constaté que :

-La germination des graines du pois est affectée par le stress salin chez les deux variétés et que l'effet de la salinité sur la germination des graines de pois est plus observé pour les concentrations élevées du NaCl, pour la variété kelvedon la germination enregistrée chez les traitements 150mM, 200mM était 56.66% et 36.66%, alors que chez les traitements 50mM et 75 mM la valeur enregistrée était 90% pour les deux. Chez la variété onward les valeurs enregistrées pour les concentrations 100 et 150 mM étaient 96.66% et 86.66% respectivement et la valeur la plus faible est 36.66% chez les plantes traitées par la concentration la plus élevée 200 mM.

-Pour la surface foliaire, les résultats statistiques de l'AV1 indiquent une différence non significative entre les traitements utilisés dans l'irrigation des plantes pour les deux variétés et même l'AV2 a indiqué le même résultat entre les deux variétés -Pour le paramètre longueur de la racine principale, les diminutions sont remarquées aux fortes concentrations de NaCl notamment à la concentration 150 et 200mM, pour les quelles nous avons enregistré une inhibition de la croissance de la racine chez la variété Kelvedon.

Et la réaction des deux variétés était la même (AV2 indique une différence non significative entre les deux variétés pour ce paramètre).

-Les résultats de la longueur de la tige ont montré que la différence est significative entre les concentrations chez les deux variétés et entre les variétés c'est-à-dire que la variété onward résiste au stress salin mieux que la variété kelvedon.

-Pour les paramètres poids frais et sec des racines, l'analyse statistique a montré que la différence est non significative entre les concentrations chez les deux variétés et entre les variétés (AV2).

-Pour le paramètre poids frais des tiges, l'analyse statistique a montré que les concentrations de NaCl (50, 75, 100, 150, 200 mM) ont un effet significatif sur le poids frais de tige pour la variété kelvedon et non significative pour la variété onward mais il n'y a pas une différence entre les deux variétés.

-En ce que concerne le poids sec des tiges les résultats montrent que l'augmentation des concentrations de NaCl affecte le poids sec des racines de la variété onward et que l'analyse statistique à deux critères de classification a montré qu'entre les deux variétés la différence est non significative.

-Pour la chlorophylle (a) et la chlorophylle (a+b), les résultats de l'analyse ont montré qu'il n'y a pas une différence significative entre les concentrations pour les deux variétés et entre les deux variétés.

Pour la chlorophylle (b) le résultat de l'analyse de la variété onward était significatif.

Enfin, afin d'apporter plus d'informations concernant les mécanismes de résistances des plantes au NaCl, d'autres concentrations de NaCl doivent être utilisées et d'autres paramètres comme la proline et les sucres totaux doivent être testés en vue d'une valorisation agronomique, écologique et économique.

## Références bibliographiques :

- 1) **Acila I. 2003.** Influence de la salinité sur les mécanismes morpho-physiologiques, biochimiques et la balance ionique chez le blé dur (*Triticum Durum Desf.*). Mémoire de magister en biol. Vég. Univ. Annaba.
- 2) **Adriana N. Mudryj, Nancy Yu, Harold M Aukema. 2014.** Nutritional and health benefits of pulses. *Appl Physiol Nutr Metab*, 39, 11, p. 197-204.
- 3) **Amrouche I. et Mesbah El K. A. 2017.** Effet du stress abiotique sur l'accumulation des protéines totales chez deux variétés de blé dur (*Triticum durum Desf.*). Mémoire de Master en Biologie et Génétique Végétale. Université des Frères Mentouri Constantine. 25p.
- 4) **Anne S. Christian H. Thierry M. Françoise L. Corinne P. Benoit C. 2015.** Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables. Paris: Quae, 11p.
- 5) **Argoub I. 2013.** L'agronomie de A à Z. Alger : pages bleues internationales, p222.
- 6) **Argoub I. 2013.** L'agronomie de A à Z. Alger: pages bleues Internationales, p222.
- 7) **Ashraf M. et Harris. 2004.** Potential Biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Sci.*, 166, p. 3-6.
- 8) **Bartels D. et Sunkar R. 2005.** Drought and salt tolerance in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 24, p. 23-58.
- 9) **Benidire L. Daoui K. Fatemi Z. A. Achouak W. Bouarab, L. Et Oufdou, K. 2015.** Effet du stress salin sur la germination et le développement des plantules de *Vicia faba* L. *J Mater Environ. Sci* 6, 3, p. 800-851.
- 10) **Bouchelaghem S. 2012.** Contribution à l'étude de l'impact d'un engrais couramment utilisé en Algérie (NPK) sur la croissance, le métabolisme et le développement racinaire d'un modèle végétal blé dur. Thèse de doctorat. Univ. Constantine
- 11) **Camara B. Sanogo S. Cherif M. et Kone D. 2018.** Effet du stress salin sur la germination des graines de trois légumineuses (*Phaseolus vulgaris*, *Glycine max* et *Vigna unguiculata*). *J. Appl. Biosci.* 124, p. 12424-12432.

- 12) **Carter D.I. 1975.** Problems of salinity in agriculture. Plants in Saline Environments .Springer-Verlag Berlin. pp. 25-35.
- 13) **Chahbani A. Fakhfakh N. Balti M. A. Mabrouk M. El Hatmi H. Zouari N. et Kechaou, N. (2018).** Micro wave drying effects on drying kinetics, bioactive compounds and antioxidant activity of green peas (*Pisum sativum* L.). Food Bioscience, 25, 32-38.
- 14) **Chaux C. et Foury C. 1994.** Production légumière : légumineuses potagères, légumes fruits, Lavoisier, Paris, pp. 4-8.
- 15) **Cheverry et Robert. 1998.** La dégradation des sols irrigués et de la ressource en eau. Revue Etude et gestion des sols 5, 4, p. 214-228.
- 16) **Cousin R. 1997.** Peas (*Pisum sativum* L.). Field Crops Research, 53, 3, p. 111-130.
- 17) **Daoud Y et Halitim A. 1994.** Irrigation et salinisation au Sahara algérien. Sécheresse 5, 3, p. 151-160.
- 18) **Delgado M. Ligerio F. et Lluch C. 1994.** Effects of salt stress on growth and nitrogen fixation by pea, faba-bean, common bean and soybean plants. Soil Biology and Biochemistry, 26, 3, p. 371-376.
- 19) **Donahue R. 1958,** "Nature des sols et croissance végétale" ,Ed. Intercontinental , p. 312.
- 20) **Dutuit P. Pourrat Y. Dutuit J.M. 1994.** La notion de stress de la cellule à l'écosystème. Sécheresse, 5. 1: 23-31
- 21) **Hajlaoui H. Denden M. Bouslama M. 2007.** Etude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) : étude de germination. Tropicultura, (25): 168-173.
- 22) **Hanana M. Hamrouni L. Olivier C. Blumwald E. 2011.** Mécanismes et stratégies cellulaires de tolérance à la salinité (NaCl) chez les plantes. Environmental journal .Science and Technology journals. 3P.
- 23) **Hopkins W. G. 2003.** Physiologie végétale. Bruxelles, Belgique : Editions De Boeck Supérieur.
- 24) **Imalet R. 1979.** Influence de différentes concentrations des sels (NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>) des eaux d'irrigation de l'agriculture sur le rendement du haricot. Thèse Ing, INA, EL Harrach , 43p.
- 25) **Jacob W.K. Parthapar S.A. Wopereis M.C.S. Sahrawat K.L. 1998.** How to manage Salinity in irrigated Lands. AS elective review with particular reference

to irrigation in developing countries. SWIM paper, International Irrigation Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

- 26) **Khairi H. et Lamani R. 2008.** Mécanismes de protection des plantes de pois par des polysaccharides extraits d'une souche de *Rhizobium* contre *Orobanchaceae*. Production alimentaire et nutrition. Tunisie : Université de Monastir, 80p.
- 27) **Khales A et Baaziz M. 2006.** Etude des peroxydases d'écotypes d'*Opuntia Ficus indica* L en relation avec le développement dans les conditions de stress salin. Congrès international de Biochimie, Agadir, p. 133-136.
- 28) **Lafon J.P. Tharaud- Prayer C. et Levy G. 1988.** "Biologie des plantes cultivées organisation physiologique de la nutrition", Ed. Technique et Documentation - Lavoisier, Paris, 238 p
- 29) **Madr. 2014.** Annuaire statistique du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.
- 30) **Maillard J. 2001.** Le point sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone aride : Risques et Recommandations. Handicap International. p. 1-34.
- 31) **Mani F. 2015.** Amélioration génétique de quelques génotypes de pois protéagineux. Saarbrücken: universitaires européennes, p11.
- 32) **Mazliak P. 1982.** Physiologie végétale croissance et développement. Tome 3. Ed Hermann éditeurs des sciences et des arts, collecteméthodes. Paris, 420P.
- 33) **Okçu G. Kaya MD. Atak M. 2005.** Effects of Salt and Drought Stresses on Germination and Seedling Growth of Pea (*Pisum sativum* L.). Turk J Agric. 29, p. 237-242.
- 34) **Ouzal F. 2005.** Effets des antagonismes ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), potassium ( $\text{K}^+$ ) sur l'absorption du sodium ( $\text{Na}^+$ ) pour la nutrition du haricot (variété, contentier) par des eaux salines non conventionnelles. Mémoire de magistère en agronomie. option agronomie, école nationale supérieure agronomique d'Alger, p5.
- 35) **PARIDA A. K. DAS A. B. 2005.** Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety. Vol 60. P 324-349.
- 36) **Perrot C. 1995.** Les protéines de pois : de leur fonction dans la graine à leur utilisation en alimentation animale. Productions Animales, 8, 3, p. 151-164.
- 37) **Redmann R.E. 1974.** Osmotic and specific ion effect on the germination of alfalfa. Canadian Journal of Botany, 52, p. 803-808.

- 38) **Richa S. Anu S. et Vivek S. 2019.** Microbes mediated plant stress tolerance insaline agricultural ecosystem. *Plant and Soil*,442,31, p.1-22.
- 39) **RioC.2017.**Les légumessecs, aliments de choix à valoriser *Pulses, An excellent healthy food choice*,52, 2, p. 71-77.
- 40) **Rochdi O. Lemsellek J. Bousarhal A. et Rachidi A. 2005.** “Evaluation sous serre de la tolérance à la salinité de quelques porte-greffes d’agrumes : *Citrus aurantium* et deux hybrides de *Poncirus trifoliata* (*Poncirus* × *Citrus sinensis* et *Poncirus* × *Mandarinier sunki* ”, *Biotechno. Agrom. Soc. Environ*, 9, 1, p.65 –73.
- 41) **Shakespeare W.2003.** “La physiologie des plantes soumises aux stress”, In : *Physiologie végétale*, Ed. De Boeck et Larcier, Bruxelles, 451-475.
- 42) **Shilpi M. et Narendra T. 2005.** Cold, Salinity and Drought Stresses: An Overview, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 444, 2, p. 139-158.
- 43) **Szablocs I. 1994.** Prospects of soil salinity for the 21st century *trans .Int congofsoilsc*, 7, 4, p.123-141.
- 44) **Wang W.X. Vinocur B. Shoseyov, O. et Altman A. 2001.** Biotechnology of plant osmotic stress tolerance: physiological and molecular considerations. *Acta Hort*.560, p.285-292.
- 45) **Y C Zhang, Z X Lu, J F He, D J Bing. 2020.** Composition, physicochemical properties of pea protein and its application in functional foods, *Crit Rev Food Sci Nutr*, 60, 15, p. 2593-2605.