



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA TERRE ET
DE L'UNIVERS

DEPARTEMENT D'ECOLOGIE ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT

Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences agronomique

Spécialité/Option : phytopharmacie et protection des végétaux

Thème :

Contribution à l'étude de l'effet de déficit hydrique sur

le pois (*Pisum sativum* L.)

Présentée par :

Djebbar Mohamed Ilyas

Devant le jury composé de :

Président (e) : Khaladi O. (M.C.B) Université de Guelma

Examineur : Aissaoui R. (M.C.B) Université de Guelma

Encadreur : LAOUAR H. (M.C.B) Université de Guelma

Juin 2023

Remercîment :

نتقدم أولا بالشكر الله عز وجل الذي أنارنا بنعمة العلم وأمدنا بالقوة وألهمنا بالصبر وأعاننا على إنجاز هذا البحث وما توفيقى إلا بتوفيقه سبحانه وتعالى " من لم يشكر الناس لم يشكر الله "

فاللهم لك الحمد كما ينبغى لجلال وجهك وعظيم سلطانك

Mes respects et ma reconnaissance vont au **Monsieur. Khaladi O.** (MCB) à l'Université de Guelma non seulement pour avoir accepté de présider et participer à ce jury.

Toute ma reconnaissance à **Monsieur Aissaoui R.** (MCB) à l'Université de Guelma, pour avoir pris sur son temps et accepter d'examiner ce travail et participer à ce jury.

En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur **Mme: Laouar H.** (MCB) ; à l'Université de Guelma 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.

Enfin, je tiens à remercier tous l'enseignants et collègues qui nous ont encouragés et soutenus pour mener à bien cette recherche.

Enfin ; je remercie vivement toute les personnes qui m'ont épaulé et aidé au cours de ce travail ; mes parents, mes frère, ma famille, mes amis, mes collègues, a tous les membres de l'enseignants et membres de Laboratoire de

l'Université de Guelma.

Merci à tous.

Dédicace :

بسم الله الرحمن الرحيم
﴿ قل أعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله
والمؤمنون ﴾
صدق الله العظيم
إلى خير خلق الله محمد بن عبد الله صلوات الله عليه
وسلم تسليما، إلى
من قال فيهما رب العالمين بعد بسم الله
الرحمان الرحيم
﴿ وقضى ربك ألا تعبدوا إلا إياه وبالوالدين
إحسان ﴾

A toi, ma chère mère Berremdan F. Qui a illuminé et éclaire encore
ma vie et mon chemin, à toi, la plus belle des roses qui a parfumé mes
jours et m'a soutenue pour atteindre ce niveau à toi, la plus belle
femme qui existe

À mon cher père Ammar, qui a toujours été mon modèle et mon
compagnon sur mon chemin, qui a toujours lutté pour mon bonheur et
travaillé dur pour mon confort.

A mes amis (frères) les plus chers que la vie m'a donnés : Akrem F.
Akrem S. Atef, Imad, Omar, Fethi, Raid

A tous les proches, en particulier ma tante Salima et mes proches
petits et grands

A tous ceux qui sont dans mon cœur et qui ne les ont pas cité ma
plume

إلى كل هؤلاء أهدي هذا العمل راجيا من الله عز وجل أن يعلمنا بما ينفعنا وينفعنا بما علمنا
ويزدنا علما.



Sommaire

Liste des figures	
Liste de tableaux	
Liste des abréviations	
Résumé	
الملخص	
Abstract	
I. Introduction.....	1
CHAPITRE 1 : MATÉRIEL ET MÉTHODES	
1. Objectif de l'étude.....	6
2. présentation de situ de l'essai	6
3. Matériel Végétal	7
a. Semence de petit pois	7
4. Origines et caractéristiques des variétés	7
5- Plan expérimental	7
5.1. Teste de germination	7
5.2. Etude de stress hydrique sous serre	8
5.2.1. -Détermination et application de niveaux de stress.....	8
5.2.1.1. Préparation des pots.....	8
5.2.1. 2. Application de stress.....	10
5.2.1.3. Dispositif expérimental	10
7. Paramètre étudiés	11
a. Paramètres morphologiques.....	11
a. 1. Hauteur des plantes.....	11
a. 2. Longueur de la racine principale.....	11
a. 3. Poids frais de parties aériennes et souterraines.....	12
a. 4. Poids sec des parties aériennes et souterraines.....	12
a.5. La surface foliaire(SF).....	12
b. Paramètres physiologiques	12
b. 1 : Détermination de la teneur moyenne en chlorophylle	12
CHAPITRE 2 : RÉSULTATS ET DISCUSSION	
1. Pourcentage de germination des graines.....	14
2. Longueur de radicule.....	14
3. Longueur de racines	16
4. Poids frais des tiges	18
5. Poids frais des racines	20
6. Poids sec des racines	23
7. poids sec des tiges	25
8. La surface foliaire	27
9. Teneur en chlorophylle a (Chl a), Chlorophylle b (Chl b) et la chlorophylle a+b	29
9.a. Teneur en chlorophylle a (Chl a)	29
9.b. Teneur en chlorophylle b (Chl b)	31
9.c. Teneur en chlorophylle a + b	33
Discussion	35
IV. Conclusion	37
Reference bibliographique	

Liste des figures :

N°	Titre	page
1	Serre de la faculté (SNV et STU).	6
2	Essai de germination de petit pois (<i>Pisum sativum</i> L.).	8
3	préparation des pots	9
4	Description de la disposition expérimentale de l'essai de croissance dans les pots.	10
5	Essai de croissance dans les pots et sous serre.	11
6	dosage de chlorophylle.	13
7	Spectrophotomètre.	13
8	Longueur de la tige de la variété de petit pois (kelvedon/onward).	14
9	Longueur des racines de la variété de petit pois (kelvedon/onward).	16
10	Poids frais des tiges de la variété de petit pois (kelvedon/onward).	18
11	Poids frais des racines de la variété de petit pois (kelvedon/onward)	21
12	Poids sec des racines de la variété de petit pois (kelvedon/onwarde)	23
13	Poids sec des tiges de la variété de petit pois (kelvedon/onwarde)	26
14	Surface foliaire des deux variétés exprimées en cm ² .	28
15	Teneur en chlorophylle a (Chl a) de variété de petit pois (kelvedon/onwarde)	31
16	Teneur en chlorophylle a (Chl b) de variété de petit pois (kelvedon/onwarde)	33
17	Teneur en chlorophylle a + b de variété de petit pois (kelvedon/onwarde).	34

Liste de tableaux :

N°	Titre	page
1	Les caractéristiques des variétés de petit pois (kelvedon/onward)	7

Liste des abréviations :

C0 : Témoin arrosé par 100% de solution nutritive

C1 : Traitement par 75% de solution nutritive

C2 : Traitement par 50% de solution nutritive

C3 : par 25% de solution nutritive

Chl a : Chlorophylle a

Chl a+b : chlorophylle a+b

Chl b : chlorophylle b

Cm: centimeter

ED : Eau distillé

FAO: food and agriculture organization

LR : longueur de la racine

LT : longueur de la tige

Pf : poids frais

Pi : poids initial de la feuille

PS : poids sec

R1 : répétition 1

R2 : répétition 2

R3 : répétition 3

SF : La surface foliaire

T : Température

Résumé :

La famille des légumineuses (Fabaceae) comprend de nombreuses plantes agricoles et alimentaires importantes (haricots, petit pois, lentilles, fèves) qui jouent un rôle considérable dans l'économie, l'agriculture et la sécurité alimentaire. Cependant, en plus du changement climatique et du climat aride qui domine la plupart des sols algériens, il est nécessaire de tester et de sélectionner des variétés de pois capables de pousser dans ces conditions tout en offrant des rendements plus élevés. Le pois (*Pisum sativum* L.) a été sélectionné parmi d'autres légumineuses pour son importance agronomique et nutritionnelle. Un essai a été réalisé au niveau de la serre de la faculté des sciences de la nature et de vie et sciences de la terre et de l'univers à l'Université 8 mai 1945 à Guelma durant l'année 2023 dont l'objectif principal est d'étudier l'effet de déficit hydrique sur deux variétés de pois (kelvedon/onward) en utilisant quatre niveaux d'irrigation (100%, 75%, 50%, 25% de capacité au champ), différents paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques ont été testés (surface foliaire, longueur de la racine principale, longueur des tiges, poids frais et sec des parties aériennes et souterraines, teneur en chlorophylle) pour sélectionner la meilleure variété. Les résultats validés par des études statistiques ont montré que le stress hydrique entraînait une diminution de nombreuses variables chez la variété (onward) (la hauteur de la tige et le poids frais des racines). Alors que les autres paramètres testés ont montré le même comportement des deux variétés vis-à-vis le stress hydrique.

Mots clés : Légumineuses (Fabaceae), pois, déficit hydrique, *Pisum sativum* L., tolérance.

ملخص:

تضم عائلة البقوليات (Fabaceae) العديد من النباتات الزراعية والغذائية المهمة (الفاصولياء والبازلاء والعدس والبقول) التي تلعب دورًا كبيرًا في الاقتصاد والزراعة والأمن الغذائي. ومع ذلك، بالإضافة إلى تغير المناخ والمناخ الجاف الذي يهيمن على معظم التربة الجزائرية، هناك حاجة لاختبار واختيار أنواع البازلاء التي يمكن أن تنمو في هذه الظروف مع توفير غلات أعلى. تم اختيار البازلاء (*Pisum sativum L.*) بين البقوليات الأخرى لأهميتها الزراعية والغذائية. تم إجراء اختبار على مستوى دفيئة كلية العلوم الطبيعية وعلوم الحياة وعلوم الأرض والكون في جامعة 8 مايو 1945 بمدينة قالمة خلال عام 2023 هدفه الرئيسي دراسة تأثير عجز مائي لنوعين من البازلاء (Onward/kelvedon) باستخدام أربعة مستويات من الري (100%، 75%، 50%، 25% من السعة الحقلية) تم اختبار متغيرات مورفولوجية وفسولوجية مختلفة (مساحة الورقة، طول الجذر الرئيسي، طول الساق، الوزن الطازج والجاف للأجزاء الهوائية وتحت الأرض، محتوى الكلوروفيل) لاختيار أفضل صنف. أظهرت النتائج التي تم التحقق منها من خلال الدراسات الإحصائية أن الإجهاد المائي أدى إلى انخفاض في العديد من المتغيرات في الصنف (Onward) (طول الساق والوزن الطازج للجذور) بينما أظهرت المعايير الأخرى المختبرة نفس السلوك لكلى الصنفين فيما يتعلق بالإجهاد المائي .

الكلمات المفتاحية: البقوليات، البازلاء، عجز المياه، *Pisum sativum L.*، التحمل.

Summary:

The legume family (Fabaceae) includes many important agricultural and food plants (beans, peas, lentils, broad beans) that play a considerable role in the economy, agriculture and food security. However, in addition to climate change and the arid climate that dominates most Algerian soils, there is a need to test and select pea varieties that can grow in these conditions while providing higher yields. The pea (*Pisum sativum L.*) was selected among other legumes for its agronomic and nutritional importance. A test was carried out at the level of the greenhouse of the faculty of natural and life sciences and sciences of the earth and the universe at the University 8 May 1945 in Guelma during the year 2023 whose objective main objective is to study the effect of water deficit on two varieties of peas (kelvedon/onward) using four levels of irrigation (100%, 75%, 50%, 25% of field capacity). Different morphological and physiological parameters were tested (leaf area, main root length, stem length, fresh and dry weight of aerial and underground parts, chlorophyll content) to select the best variety. The results validated by statistical studies showed that water stress led to a decrease in many variables in the (onward) variety (the height of the stem and the fresh weight of the roots). While the other parameters tested showed the same behavior of the two varieties with respect to water stress.

Key words: Legumes (Fabaceae), peas, water deficit, *Pisum sativum L.*, tolerance.

I. INTRODUCTION GENERALE

I. Introduction :

Les légumineuses alimentaires jouent un rôle important dans les systèmes de culture et dans le régime alimentaire des populations y compris pour la population algérienne (**Sinclair et Vadez, 2012**). Elle regroupe près de 20000 espèces, réparties dans des zones écologiques très variées, parmi lesquelles on trouve aussi bien des plantes herbacées que des lianes, des arbustes et même des arbres. Les légumineuses sont divisées en 3 sous-familles : Caesalpinioideae, Mimosoideae et Papilionoideae. Cette dernière est de loin la plus grande parmi les 3 et regroupe près de 476 genres et 14000 espèces. La majorité des espèces cultivées en font partie (**Tayeh, 2013**).

Les légumineuses regroupent différentes caractéristiques faisant d'elles des cultures d'intérêt majeur (**Stagnari et al., 2017**), Les graines et les fourrages constituent une source de protéines végétales de bonne valeur nutritionnelle utilisées pour l'alimentation animale ou humaine (graines), Les légumineuses ont également la capacité de pouvoir s'associer avec des bactéries du sol fixatrices d'azote de type rhizobia au sein de structures racinaires appelées nodosités (**Rhijn et Vanderleyden, 1995**),

De plus, l'introduction de légumineuses dans une rotation culturale participe d'une part à augmenter la diversité (microbienne, des insectes, ...) mais également à créer une rupture dans le cycle de certains ravageurs et peut ainsi permettre une réduction de l'utilisation de Produits phytosanitaires (**Munier-Jolain et Carrouee, 2003**). 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**).

Les légumineuses à graines constituent toujours une part importante de l'alimentation de par le monde, particulièrement dans les pays en voie de développement où elles sont la principale source de protéines pour l'homme. Citons le Haricot (*Phaseolus vulgaris*) en Amérique latine, le pois Chiche (*Cicer arietinum*), la lentille (*Lens culinaris*) et la Fève (*Vicia faba*) dans le bassin méditerranée, le Soja (*Glycine max*) en Asie sans oublier l'Arachide (*Arachypogea*) et le pois (*Pisums ativum*) dans le monde entier (**Lazrek-Ben Friha, 2008**).

Les légumineuses, telles que le pois, représentent des cultures d'intérêt majeur. Cela est d'autant plus vrai que l'azote est l'un des nutriments les plus limitant pour cette plante (**Doré**

et *al.*, 1998 ; Davidson et *al.*, 2007), le pois est parmi les premières espèces à avoir été domestiquée au néolithique, à côté des céréales et de la lentille (Zohary et *al.*, 2012 cité par OUAFI, 2018).

Le pois est une légumineuse largement cultivée et consommée dans le monde (Sarikamis et *al.*, 2010). La production globale de pois a atteint 11 332 772 tonnes en 2014, avec une superficie de 6 668 131 ha (FAOSTAT, 2014), le pois une importante source de protéine de bonne qualité et de moindre coût (21 à 25 %). Il contient également des niveaux élevés d'hydrates de carbone, de minéraux et de vitamines, Ainsi, il joue un rôle important dans l'équilibre alimentaire des hommes (Harmankaya et *al.*, 2010 ; Enderes et *al.*, 2016 cité par OUAFI, 2018).

Le pois, *Pisum sativum*, est une Plante grimpante herbacée annuelle, c'est une plante diploïde : ($2n=14$ chromosome), appartient à la famille des légumineuses (Fabacées) (Krajinski et *al.*, 2011), autogame (Deulvot et *al.*, 2010), de la Famille des Fabacées (couramment appelé Légumineuses) (Marolleau, 2020), le pois cultivé appartient au genre *Pisum*, de la famille des légumineuses (papilionacées), tribu des Viciées, au même titre que les genres : *Lathyrus*, *Lens*, et *Vicia*. La particularité morphologique du genre *Pisum*, qui va nous permettre de le distinguer des autres genres de la même tribu (*Lathyrus*, *Vicia*, *Lens*) c'est la taille des stipules. Ces dernières sont au moins aussi grandes que la foliole, *Pisum sativum* espèce très polymorphe groupant toutes les formes annuelles, à fleurs blanche, rose ou violette, que l'on rencontre dans les régions méditerranéennes, en Abyssinie et en Egypte, dans l'Ouest Asiatique et dans certaines régions de l'Europe (Quezel et Santa, 1962).

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

D'un point de vue cultural, on distingue deux types de pois protéagineux, le pois de printemps qui se sème entre février et mars et se récolte en juillet, et dont le cycle de développement est de 90 à 140 jours, et le pois d'hiver qui se sème début novembre et se récolte fin juin. Le pois d'hiver a l'avantage d'avoir un cycle de culture plus long (en moyenne 240 jours)

permettant d'améliorer le rendement mais également d'éviter les stress de fin de cycle tels que le stress thermique ou hydrique, On distingue deux types de pois d'hiver, les variétés dites « hr » (high réponse) non réactives à la photopériode et les variétés dites « Hr » répondant de manière qualitative à la photopériode. Cette réponse à la photopériode permet d'éviter une floraison trop précoce et de réduire les risques de gel à floraison. En effet, il existe différents facteurs pouvant être limitants pour l'élaboration du rendement tout au long du cycle de culture (**Lecomte et al., 2009**).

D'un point de vue botanique, le pois est une plante grimpante herbacée annuelle. L'appareil aérien est composé d'une ou plusieurs tiges présentant toutes la même organisation : un empilement d'unités structurales, les phytomères, se terminant par un méristème caulinaire. Chaque phytomère est composé d'un entre nœud, d'une feuille et d'un méristème axillaire (**MunierJolain et al., 2005**).

Chez le pois, malgré trente années de sélection variétale ayant permis une amélioration de son rendement en graines, le niveau reste bien en dessous de celui des céréales. Nous pouvons aussi noter que depuis le début des années 2000, une très forte variabilité interannuelle se fait sentir sur les rendements agricoles. Souvent, la culture de pois disparaît des rotations ou se retrouve déplacée vers de moins bonnes terres (**Voisin et al., 2013**). Qui plus est, les rendements ont été beaucoup affectés ces dernières années par le changement climatique, en particulier par les fortes températures ou encore la fréquence et l'intensité des stress hydriques (**Vadez et al. 2012**).

Le stress abiotique limite la productivité des cultures. Le stress abiotique et ses effets sur les plantes dans les milieux naturels et agricoles est un sujet qui reçoit une attention croissante en raison des impacts potentiels du changement climatique sur les régimes de précipitations et les températures extrêmes, la salinisation des terres agricoles par l'irrigation et la nécessité globale de maintenir ou augmenter la productivité agricole sur les terres marginales. Au champ, une plante peut subir plusieurs stress abiotiques distincts (**Boyer, 1982**)

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 (**Tester et Bacic, 2005**).

Il existe de nombreuses définitions du stress hydrique. En agriculture, il est défini comme un déficit marqué et ce compte tenu des précipitations qui réduisent significativement les productions agricoles par rapport à la normale pour une région de grande étendue (**Mckay, 1985 cité in Bootsma et al., 1996**).

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**).

Environ 90% des terres cultivables souffrent de stress environnementaux, et les prédictions semblent montrer le déficit hydrique comme un facteur abiotique majeur (**Dita et al., 2006 cité par Marolleur, 2014**).

Un stress hydrique se traduit par une réduction de la croissance de la plante et de sa production par rapport au potentiel du génotype. Un stress hydrique précoce affecte en parallèle la croissance des racines et des parties aériennes, le développement des feuilles et des organes reproducteurs (**Debaeke et al., 1996**).

L'effet du stress hydrique peut se traduire, selon la stratégie adaptative de chaque espèce ou génotype, par des modifications morphologiques pour augmenter l'absorption d'eau et pour diminuer la transpiration et la compétition entre les organes pour les assimilés. Ces modifications affectent la partie aérienne ou souterraine (**Bajji, 1999**).

La diminution de la surface foliaire des feuilles et du nombre de talles est considérée comme une réponse ou adaptation au manque d'eau (**Blum, 1996**).

Une des principales modifications structurelles, observée sur des plantes ayant subi un stress hydrique, concerne l'altération des propriétés physico-chimiques des parois cellulaires (**Dixon et Paiva, 1995**). Ces changements peuvent être induits par des modifications au niveau des enzymes impliquées dans la biosynthèse des monolignols ou dans leur assemblage dans la paroi. L'augmentation de l'expression de ces gènes peut être reliée à l'arrêt de la croissance et à l'épaississement de la paroi (**Dixon et Paiva, 1995**).

La réduction de la perte en eau par la fermeture stomatique est un moyen d'adaptation des plantes au stress hydrique (**Djekoun et Planchon, 1992**). Cette diminution de la transpiration peut engendrer une réduction de la photosynthèse. Ainsi, les génotypes qui ont la capacité photosynthétique intrinsèque la moins affectée par le stress hydrique présentent une efficacité de l'utilisation de l'eau (photosynthèse/transpiration) plus élevée et une plus grande capacité de survie (**Ykhlef, 2001**). Pour lutter contre le manque d'eau, les plantes développent plusieurs stratégies adaptatives qui varient en fonction de l'espèce et des conditions du milieu (Esquive, évitement et tolérance) (**Turner, 1986**).

Les paramètres phénologiques d'adaptation, ou paramètre de précocité, constituent un important mécanisme d'esquive à la sécheresse de fin de cycle (**Ben Naceur et al., 1999**).

Ce travail vise à étudier l'effet du stress hydrique sur le comportement de deux variétés de pois (*Pisum sativum* L.), la première variété est kelvidon et l'autre est onward.

Cette étude se divise en trois parties : la première partie est destinée à la présentation des matériels et des méthodes utilisés, la deuxième partie expose les résultats obtenus et la dernière partie présente la discussion des résultats ainsi que la conclusion et les perspectives.

II. Chapitre 1 :
Matériel et méthodes

II. Chapitre 1 : Matériel et méthodes :

1. Objectif de l'essai :

Cet essai a été conduit sur deux variétés de petits pois (*Pisum sativum* L.) soumises sous différents volumes de l'eau distillée (25%, 50%, 75% et 100 % de la capacité au champ).

Le présent travail a pour objectif d'étudier les effets du stress hydrique sur la germination, la croissance et la variabilité de la réponse chez deux variétés de petit pois, en vue de déterminer leur niveau de tolérance et pour sélectionner les variétés les plus résistantes à la sécheresse.

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.



Figure 1 : Serre de la faculté (SNV et STU) (Photo personnelle).

3. Matériel végétal :

3.1. Semence de petit pois :

Notre étude a été portée sur deux variétés de petits pois (*Pisum sativum* L.) : (**kelvedon et onward**)

4. Origines et caractéristiques des variétés :

L'origine et les caractéristiques de chaque variété sont regroupées dans le tableau suivant (tableau 1)

Tableau 1 : Les caractéristiques des variétés

Variété	Origine	Caractéristique
kelvedon	Nouvelle- Zélande	Légume graine La date de récolte : 2022 Traitement : Green Metalaxyl
Onward	Nouvelle- Zélande	Légume graine La date de récolte : 2022 Traitement : Metalaxyl rouge

5. Plan expérimental :

a. Test de germination :

a. 1. Préparation des graines :

- Trier et stériliser les graines des deux cultivars étudiés de petit pois (kelvedon, onward) par lavage à l'hypochlorite de sodium pendant 5 minutes
- Rincez ensuite abondamment à l'eau distillée pour éliminer l'eau de Javel et les conservateurs adhérant aux graines.
- Pour favoriser et homogénéiser leur germination, placez les graines dans de 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 filtre auquel nous avons ajouté 15ml d'eau distillée stérile, pour chaque variété nous avons réalisé 3 répétitions (R1, R2, R3), pendant 8 jours (**L. BENIDIRE, K.DAOUI, Z.A. FATEMI, W. ACHOUAK, L.**

BOUARAB, K. OUFDOU, 2014 cité in BOUSSAHA, 2021).



Figure 2 : Essai de germination de petit pois. (Photo personnelle).

5. 2. Etude de stress hydrique sous serre :

L'expérimentation est conduite sous serre durant la période de (22 Janvier jusqu'au 19 Mars).

5.2.1. Détermination et application de niveaux de stress :

5.2.1.1. Préparation des pots :

Des pots en plastique de 15,7 cm de diamètre et de 12,9 cm de hauteur ont été remplis par une quantité de 450g de tourbe, cette valeur de poids et retenue pour déterminer la capacité de rétention de ce substrat. Cette caractéristique hydrique est nécessaire car elle permet le calcul de la quantité d'eau distillée utilisée pour irriguer les pots.

Pour calculer ces niveaux d'irrigation (100,75, 50, et 25%) par rapport à la capacité de rétention des pots, nous avons pesé des pots contenant 450g de substrat sec utilisé dans l'expérimentation (figure 3 et 4), P1 (P1 = poids de substrat sec), ensuite nous avons irrigué ces derniers jusqu'à saturation après 24h de repos, les pots ont été pesés de nouveau P2 (P2

= poids à saturation). La différence entre p_2 et p_1 et la quantité d'eau retenue par le sol et qui représente la capacité de rétention de pots (capacité au champ) (Baba sidi-kaci, 2010). On estime la capacité de rétention (C.R) par l'équation suivante :

$$CR = \frac{(P_2 - P_1)}{P_1 \cdot 100}$$

Puis les graines germées ont été repiquées dans des pots à raison de 10 plantules par pot. Les pots sont placés dans une serre et arrosés régulièrement trois fois par semaine jusqu'à la fin de l'expérience.



Figure 3 : Préparation des pots (Photo personnelle).

5.2.1.2. Application de stress :

Le semis a été réalisé le (23/ 01/ 2023), après 20 jours de semis nous avons appliqué le stress hydrique aux plantes par quatre niveaux de stress (100, 75, 50, 25 % de CR) avec trois répétitions pour chaque niveau.

5.2.1.3. Dispositif expérimental :

La Figure 4 présente le dispositif expérimental de notre expérience

A (Variété 01 : Kelvedon)			B (Variété 02 : Onward)		
C2V1R3	C3V1R2	C0V1R3	C3V2R3	C1V2R1	C0V2R3
C3V1R1	C0V1R1	C2V1R2	C0V2R2	C2V2R1	C3V2R1
C2V1R1	C1V1R3	C1V1R2	C1V2R2	C2V2R2	C3V2R2
C1V1R1	C0V1R2	C3V1R3	C1V2R3	C2V2R3	C0V2R1

Figure 4 : Description de la disposition expérimentale de l'essai de croissance dans les pots.

C0 : témoin 100% (120 ml), C1 : traitement par 75% (90ml), C2 : traitement par 50% 120(60ml), C3 : traitement par 25% (30ml), R1 : répétition 1

V1 : Variété 01 : Kelvedon V2 : Variété 02 : Onward

R2 : répétition 2, R 3 : répétition 3.



Figure 4 : Essai de croissance dans les pots et sous serre.

6. Paramètre Etudiés :

6.1. Paramètres morphologiques :

On mesure la longueur de la tige (LT) et la longueur de la racine (LR), a été mesurée à l'aide d'un ruban à mesurer (cm)

6.1.1. Hauteur de la plante :

La hauteur des plants de pois des deux cultivars traités avec des quantités croissantes d'eau distillée, 35 jours après l'application de la pression, a été mesurée à l'aide d'un ruban à mesurer (cm) du collet à l'extrémité de la partie aérienne.

6.1.2. Longueur de la racine principale :

On prend trois plantes de chaque variété dans chaque taille (une plante de chaque récidue), puis on a séparé les parties aériennes du sol, et les racines sont rincées sous un jet d'eau et essorées entre deux papiers filtres. La longueur de la racine principale est mesurée à l'aide d'un ruban à mesurer (cm).

6.1.3. Poids frais de parties aériennes et souterraines :

Après avoir séparé les parties aériennes et souterraines nous les pesons immédiatement pour obtenir leur poids frais (tige PF) (racine PF) a été mesurée l'aide d'une balance de précision.

6.1.4. Poids sec de la partie aérienne et souterraine :

Les deux organes sont rapidement placés dans une feuille d'aluminium préenduit, et les organes végétaux servant à déterminer le poids frais des parties aériennes et souterraines, des différents cultivars, sont ensuite placés à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures pour déterminer le poids sec (PS tige) et (PS racine).

6.1.5. La surface foliaire SF « cm² » :

La surface foliaire est déterminée par la méthode de Paul (**Paul et al., 1979**), elle a été mesurée de la manière suivante :

- Prendre une feuille de pois sur papier calque et découper les bordures de la feuille, cette dernière est pesée (Pf).

- Découpez un carré de 1cm (S (1cm²)) sur le côté de la même feuille de papier également lesté (P (1cm²)).

- En déduire la surface foliaire SF à l'aide de la formule suivante :

$$SF \text{ (cm}^2\text{)} = \frac{pf.S \text{ (1cm}^2\text{)}}{P \text{ (1cm}^2\text{)}}$$

6.2. Paramètres physiologiques :

6.2.1 : Détermination de la teneur moyenne en chlorophylle :

Les teneurs moyennes en chlorophylle a, b et a+b sont déterminées par la méthode de Rao et le Blanc (**Rao et le Blanc, 1965**). L'extraction de la chlorophylle est réalisée par broyage de 1g 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 (JENWAY 6300) à deux longueurs d'onde ($\lambda_1= 645 \text{ nm}$ et $\lambda_2= 663 \text{ nm}$) (figure 5 et 6).

Le calcul de la qualité de la chlorophylle est obtenu par la formule suivante :

* Chl a: $12.7 \text{ (DO 663)} - 2, 69 \text{ (DO 645)}$.

* Chl b: $22.9 \text{ (DO 645)} - 4, 86 \text{ (DO663)}$. (**Hiscot et Israelstam, 1978**).

*Chl a+b: $8.02 \text{ (DO645)} + 20, 20 \text{ (DO663)}$. (**Brown et White, 1986**).



Figure 5 : dosage de chlorophylle
(Photo personnelle.)



Figure 6 : spectrophotomètre (Photo
(Photo personnelle.)

7. Analyse statistique :

Les analyse statistique ont été effectuée a l'aide de logicielle Minitab 16 en étudiant l'analyse de la variance de deux critère de classification (AV1) et (AV2).

III. Chapitre2 :
Résultats et discussion

III. Chapitre2 : Résultats et discussion

1. Taux de germination des graines :

Nous avons remarqué que le taux de germination après 8 jours était 100% pour la première variété (kelvedon) et 90 % pour la deuxième variété (onward).

2. Longueur des tiges :

La longueur des tiges est représentée dans la figure 7

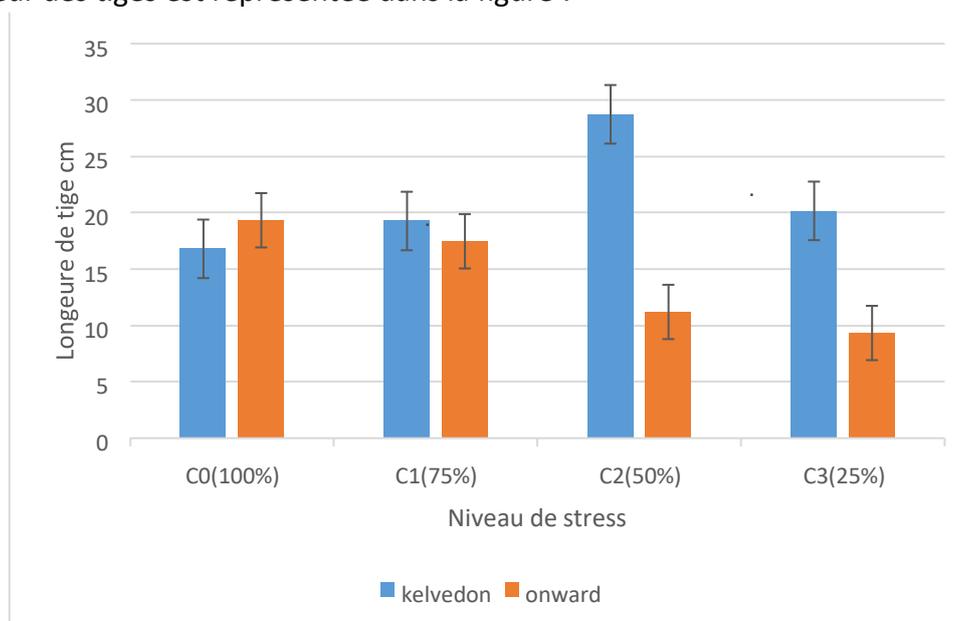


Figure 7 : Longueur des tiges des deux variétés de petit pois étudiées (kelvedon/onward)

Les résultats obtenus indiquent que la croissance des graines de petit pois est affectée par le déficit hydrique. La valeur la plus élevée (28.7 cm) est enregistrée à 50% de la capacité au champ pour la variété (kelvedon), alors que la valeur la plus faible (9.3cm) est observée à 25% de la capacité au champ pour l'autre variété (onward).

- **Les études statistiques :**

One-way ANOVA : Hauteur de la tige (kelvedon) versus traitement

Source	DF	SS	MS	F	P
Traitement	3	242,7	80,9	1,75	0,234
Error	8	369,6	46,2		
Total	11	612,3			

One-way ANOVA : Hauteur de la tige (onward) versus traitement

Source	DF	SS	MS	F	P
Traitement	3	208,9	69,6	1,84	0,217
Error	8	302,1	37,8		
Total	11	511,0			

Le résultat statistique indique une différence non significative entre les traitements pour les deux variétés.

General Linear Model : Hauteur de tige versus traitements; variétés

Factor	Type	Levels	Values
traitements	fixed	4	1; 2; 3; 4
variétés	fixed	2	1; 2

Analysis of Variance for Hauteur de tige, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	AdjS	AdjMS	F	P
traitements	3	86,33	86,33	28,78	0,69	0,574
traitements*variétés	3	365,30	365,30	121,77	2,90	0,067
variétés	1	286,35	286,35	286,35	6,82	0,019
Error	16	671,68	671,68	41,98		
Total	23	1409,67				

L'analyse de la variance à deux critères de classification (ANOVA), a montré qu'il y'a une différence significatives entre les variétés ($p>0.05$) et pour l'interaction variétés-traitements, la différence est non significative pour ce paramètre ($p>0.05$).

3. Longueur de racines :

La figure suivante montre la longueur des racines des deux variétés du pois étudiées.

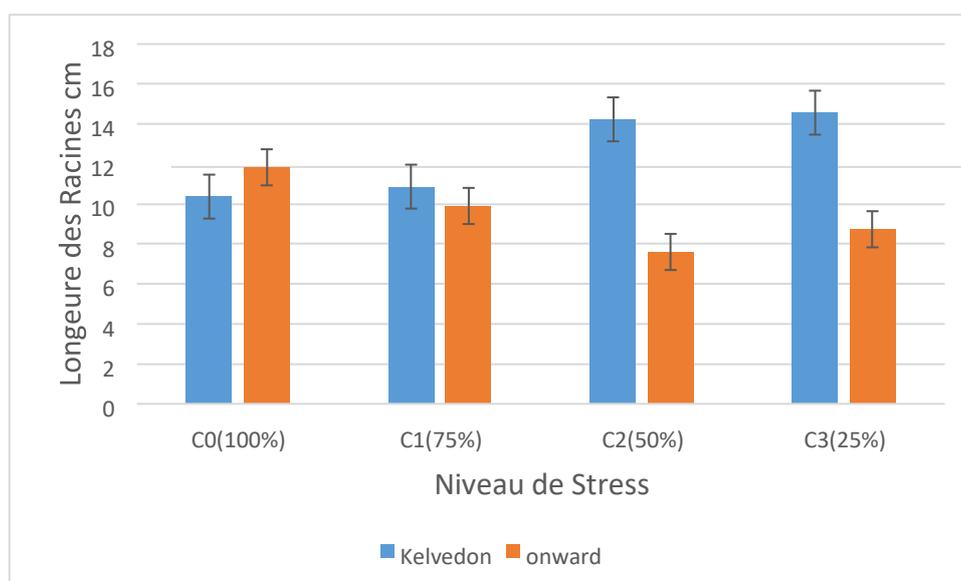


Figure 8 : Longueur des racines de la variété de petit pois (*kelvedon/onward*)

Pour la deuxième variété (*onward*) les résultats obtenus (Figure 8) nous indiquent que la longueur de la racine diminue lorsque le niveau de stress diminue, nous avons noté que la valeur la plus élevée (11.83cm) est donné par le traitement (100%) de la capacité au champ, pour (50%) de la capacité au champ la valeur observée est la plus petite (7.6 cm). Par contre, pour la première variété (*kelvedon*), les résultats obtenus (Figure 10) étaient opposés aux résultats de la variété précédente indiquant que la valeur la plus élevée (14.56 cm), est enregistrée à 25% de la capacité au champ pour la variété, alors que la valeur la plus faible (10.36cm) est observée à 100% de la capacité au champ.

□ Etudes statistiques :

One-way ANOVA : Longueur des racines variété (kelvedon) versus traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P
Traitement	3	43,5	14,5	0,43	0,739
Error	8	271,7	34,0		
Total	11	315,2			

One-way ANOVA: longueur des Racines variété (onward) versus traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P traitement
3	29,40	9,80	1,88	0,212	
Error	8	41,79	5,22		
Total	11	71,20			

Pour ce paramètre les résultats sont non significatifs entre les traitements appliqués pour les deux variétés étudiées.

General Linear Model: longueur des racines versus traitements; variétés :

Factor Type Levels Values

Traitements fixed 4 1; 2; 3; 4

variétés fixed 2 1; 2

Analysis of Variance for longueur racines, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	AdjSS	Adj MS	F	P
Traitements	3	4,91	4,91	1,64	0,08	0,968
traitements*variétés	3	67,97	67,97	22,66	1,16	0,357
variétés	1	53,70	53,70	53,70	2,74	0,117
Error	16	313,50	313,50	19,59		
Total	23	440,09				

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 ($p>0,05$).

4. Poids frais des tiges :

La figure 9 représente le poids frais des tiges des deux variétés de pois étudiées.

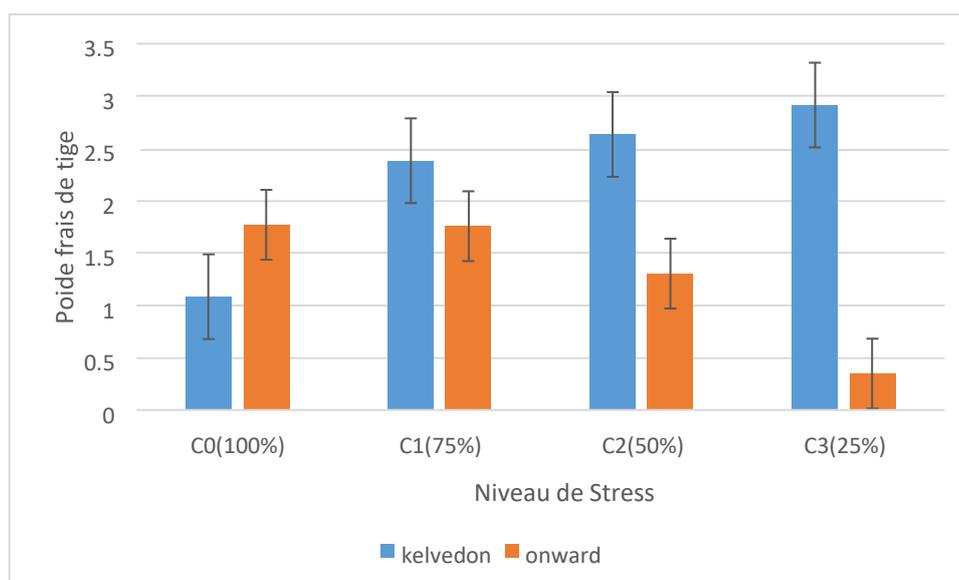


Figure 9 : Poids frais des tiges de la variété de petit pois (kelvedon/onward)

Une différence observable pour le poids frais des tiges entre les deux variétés, une variabilité au niveau de poids frais des plantes de la variété (kelvedon), le résultat des plantes témoins (100%) est de 1.08g ; puis (2.38g) pour les plantes traitées 75% de la capacité au champ, (2.63g) pour les plantes traitées avec 50% de la capacité au champ, le poids diminue au maximum dans le dernier traitement voir (2.91g) pour 25% de la capacité au champ. Pour la deuxième variété (onward) les résultats obtenus nous indiquent que la valeur la plus élevée est (1.77g) pour 100% de la capacité au champ, pour 25% de la capacité au champ la valeur la plus faible (0.34g) ; pour les niveaux de stress qui restent (50% ; 75%) les valeurs trouvées (1.75g ; 1,30g) successivement.

- **Etudes statistiques :**

One-way ANOVA: Poids frais des tiges variété (kelvedon) versus traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P
traitement	3	5,90	1,97	0,60	0,635
Error	8	26,41	3,30		
Total	11	32,31			

One-way ANOVA: poids frais Tiges variété (onward) versus traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P
traitement	3	4,005	1,335	7,04	0,012
Error	8	1,518	0,190		
Total	11	5,522			

Les résultats de l'AV1 montrent que la différence est non significative entre les traitements pour la variété Kelvedon et significative pour la variété onward.

Grouping Information Using Tukey Method:

traitement	N	Mean	Grouping
1	3	1,7696	A
2	3	1,7563	A
3	3	1,3033	A B
4	3	0,3480	B

General Linear Model: poids frais tiges versus traitements; varieties:

Factor Type Levels Values

traitement fixed 4 1; 2; 3; 4

Variétés fixed 2 1; 2

Analysis of Variance for poids frais tiges, using Adjusted SS for

Tests Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
traitements	3	1,596	1,596	0,532	0,30	0,822
traitements*variétés	3	8,308	8,308	2,769	1,59	0,232
Variétés	1	5,509	5,509	5,509	3,16	0,095
Error	16	27,930	27,930	1,746		
Total	23	43,343				

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 ($p > 0,05$).

5. Poids frais des racines :

La figure 10 représente le poids frais dans notre étude.

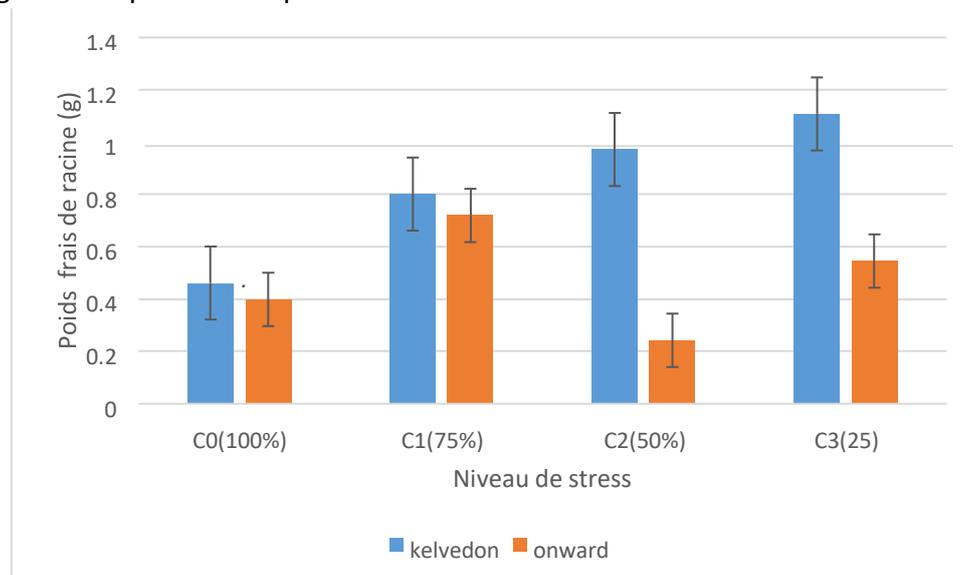


Figure10 : Poids frais des racines de la variété de petit pois (*kelvedon/onward*)

D'après la figure, pour la variété *kelvedon* les résultats indiquent une augmentation du poids frais avec la diminution du volume d'eau, la valeur la plus élevée (1.1 g) est enregistrée à 25%

de la capacité au champ, alors que la valeur la plus faible (0.46g) est observée à 100% de la capacité au champ.

Pour la variété onward les résultats obtenus sont comme suit : pour le témoin (100%) la moyenne de poids est 0,39g, 0,54g pour le faible niveau de stress (25%), 0,72g pour 50 % de stress et enfin 0,24g pour 75 % (Figure 10).

- **Analyses statistiques :**

One-way ANOVA: poids frais de racines variété (kelvedon) versus traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P
traitement	3	0,701	0,234	0,92	0,472
Error	8	2,025	0,253		
Total	11	2,726			

One-way ANOVA: poids frais des racines variété (onward) versus traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P
traitement	3	0,3742	0,1247	3,66	0,063
Error	8	0,2725	0,0341		
Total	11	0,6467			

Le test statistique révèle qu'il que les niveaux d'eau (25, 50, 75 et 100%) ont un effet non significative sur le poids frais des racines pour les deux variétés.

General Linear Model: poids frais racines versus traitements; varieties:

Factor Type Levels Values

traitements fixed 4 1; 2; 3; 4

Variétés fixed 2 1; 2

Analysis of Variance for poids frais racines, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
traitements	3	0,5607	0,5607	0,1869	1,30	0,308
traitements*variétés	3	0,5148	0,5148	0,1716	1,20	0,343
variétés	1	0,7734	0,7734	0,7734	5,39	0,034
Error	16	2,2974	2,2974	0,1436		
Total	23	4,1462				

Pour le poids frais des racines, l'analyse statistique indique que :

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

6. Poids sec des racines :

Le poids sec des racines est présenté dans la figure 11

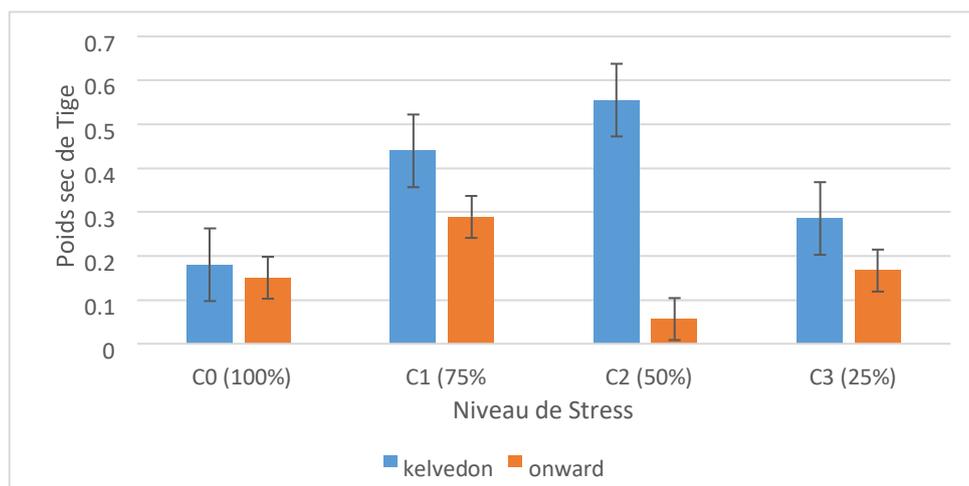


Figure11 : Poids sec des racines de la variété de petit pois (*kelvedon/onward*)

Les résultats obtenus indiquent que la croissance des graines de petit pois étudiées est affectée par le déficit hydrique.

La valeur la plus élevée (0.55 g) est enregistrée à 50% de la capacité au champ pour la variété (kelvedon), alors que la valeur la plus faible (0.056g) est observée à 50% de la capacité au champ pour d'autre variété (onward).

Pour la variété (kelvedon), les résultats montrent une différence observable de poids sec des racines des plantes dans les différents traitements. Le résultat des plantes témoins est de 0.18g ; puis 0.43g pour les plantes traitées 75% de la capacité au champ, 0.28g pour les plantes traitées avec 50% de la capacité au champ.

Les résultats de la deuxième variété (onward) sont ainsi obtenus comme suit : Le témoin (100%) affiche une valeur de 0.15g, pour les capacités au champ (75% et 50%) le poids sec des racines augmente (0.29g ; 0.056g) successivement.

- **Analyses statistiques :**

One-way ANOVA: Poids sec des racines variété (kelvedon) versus traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P
traitement	3	0,2466	0,0822	1,33	0,330
Error	8	0,4938	0,0617		
Total	11	0,7404			

- Pas de différence significative chez la variété kelvedon.

One-way ANOVA : Poids sec racins variété (onward) versus traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P
traitement	3	0,08221	0,02740	4,42	0,041
Error	8	0,04965	0,00621		
Total	11	0,13187			

- Existe des différences significatives entre traitements chez la variété onward.

Grouping Information Using Tukey Method:

traitement	N	Mean	Grouping
2	3	0,28890	A
4	3	0,16663	A B
1	3	0,15037	A B
3	3	0,05620	B

Means that do not share a letter are significantly different.

General Linear Model: Poid sec Racine versus traitements; variétés:

Factor Type Levels Values

traitements fixed 4 1; 2; 3; 4

variétés fixed 2 1; 2

Analysis of Variance for Poid sec Racine, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq	SS Adj	SS AdjMS	F	P
Traitements	3	0,13779	0,13779	0,04593	1,35	0,293
traitements*variétés	3	0,19105	0,19105	0,06368	1,87	0,175
variétés	10	2,3858	0,23858	0,23858	7,02	0,017
Error	16	0,54345	0,54345	0,03397		
Total	23	1,11087				

Les résultats statistiques montrent une différence significative entre les deux variétés et l'interaction variété-traitement et non significative aussi.

7. Poids sec des tiges :

Le poids sec des tiges est présenté dans la figure 12

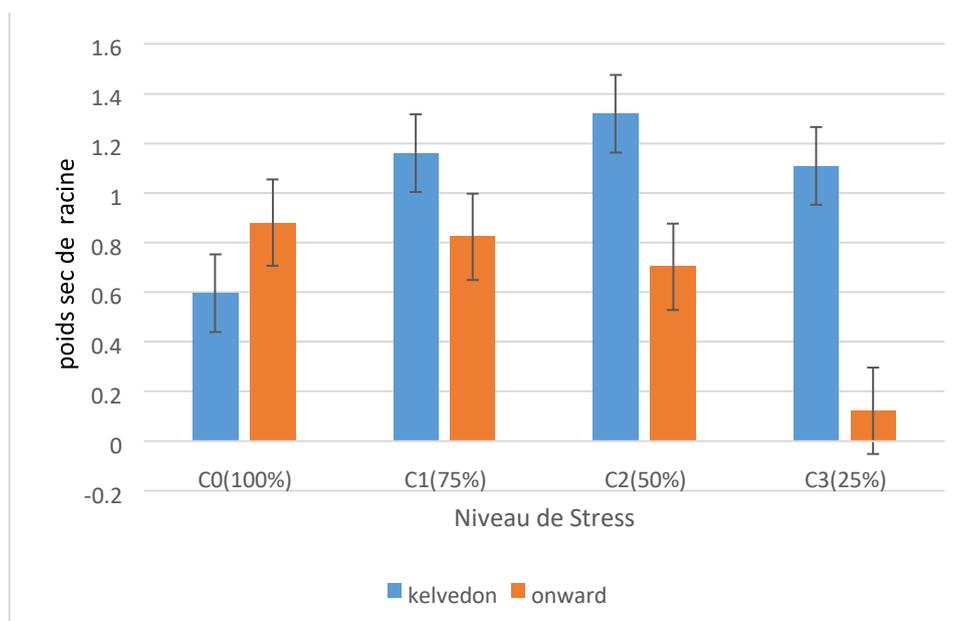


Figure 12 : Poids sec des tiges des deux variétés de petit pois étudiés (kelvedon/onward)

On remarque selon la figure, une variabilité au niveau de poids sec des tiges des plantes de la variété (kelvedon). Le résultat des plantes témoins (100%) est de (0.59 g) ; puis (1.15g) pour les plantes traitées 75% de la capacité au champ, (1.31g) pour les plantes traitées avec 50% de la capacité au champ et le poids diminue dans le dernier traitement voir (1.10g) pour 25% de la capacité au champ.

Pour la deuxième variété (onwarde) les résultats obtenus nous indiquent que la valeur la plus élevée est (0.88g) pour 100% de la capacité au champ, pour 25% de la capacité au champ la valeur est la plus petite (0.12g) ; pour les niveaux de stress qui reste (75 % et 50%) les valeurs trouvés sont (0.82g et 0.70g) successivement.

- **Etudes statistiques :**

One-way ANOVA: poids sec des tiges variété kelvedon versus traitement:

Source	DF	SS	MS	F	P
Traitement	3	0,881	0,294	0,56	0,656
Error	8	4,192	0,524		
Total	11	5,073			

- Pas de différence significative enregistrée entre les traitements.

One-way ANOVA: poids SEC des tiges variété Onward versus traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P
traitement	3	1,088	0,363	2,70	0,116
Error	8	1,074	0,134		
Total	11	2,162			

- Pas de différence significative remarquée entre les traitements.

General Linear Model: POID SEC T versus traitements; variétés :

Factor Type Levels Values

traitements fixed 4 1; 2; 3; 4

variétés fixed 2 1; 2

Analysis of Variance for POID SEC T, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
traitements	3	0,6761	0,6761	0,2254	0,68	0,574
traitements*variétés	3	1,2930	1,2930	0,4310	1,31	0,306
variétés	1	1,0273	1,0273	1,0273	3,12	0,096
Error	16	5,2663	5,2663	0,3291		
Total	23	8,2626				

Les résultats de l'AV2 indiquent que :

- ✓ Pas de différence significative entre les variétés.
- ✓ Pas d'interaction variété-traitement.

8. La Surface foliaire :

Les résultats de la surface foliaire des deux variétés de pois étudiées sont représentés dans la figure (13).

D'après la figure 13 on constate que chez la variété kelvedon une variabilité au niveau de la surface foliaire entre les niveaux de stress, qui commence pour le témoin par une moyenne de (0,031cm²) Pour les autres niveaux de stress nous avons noté les résultats suivants :

(0,046cm²) pour 75 % de stress et (0,014cm²) pour de (50 %), La moyenne de (0,048cm²) pour le faible niveau de stress (25%),

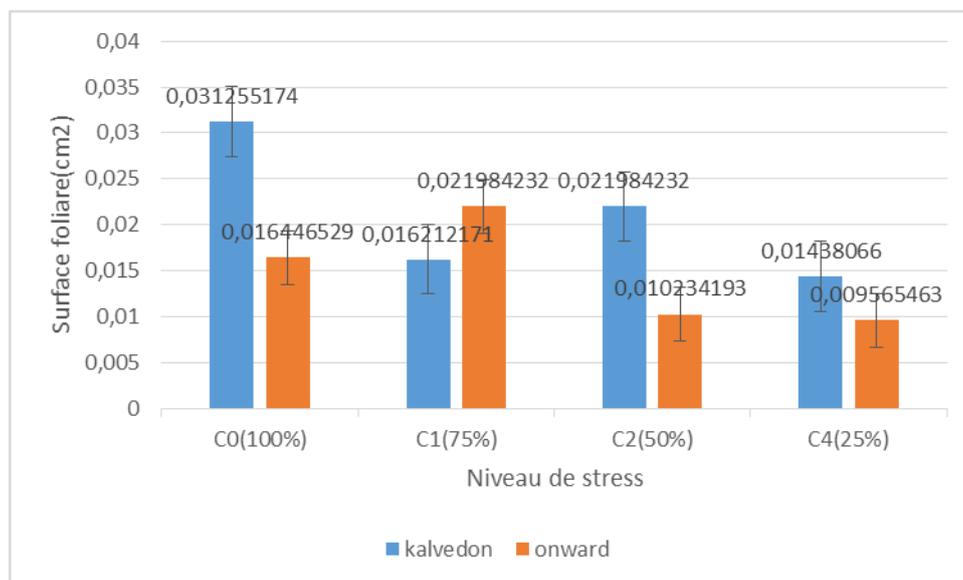


Figure 13 : Surface foliaire des deux variétés exprimées en cm².

Pour la variété onward : les résultats obtenus sont : (0,016cm²) pour le témoin, (0,021cm²) pour (75%) de la capacité au champ, (0,010cm²) pour (50%) du la capacité au champ et enfin pour le faible niveau de stress (0,095cm²).

• **Etudes statistiques :**

One-way ANOVA: surface Foliaire variété (kelvedon) versus traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P traitement
3	0,00224	0,00075	0,48	0,707	
Error	8	0,01254	0,00157		
Total	11	0,01478			

Pas de différences significatives entre les niveaux de stress

One-way ANOVA: Surface Foliaire variété (onward) versus traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P
traitement	3	0,0003079	0,0001026	2,02	0,190
Error	8	0,0004073	0,0000509		
Total	11	0,0007152			

Pas de différences significatives entre les niveaux de stress pour la deuxième variété.

Général Linear Model: Surface foliaire versus traitements; variétés :

Factor Type Levels Values

traitements fixed 4 1; 2; 3; 4

variétés fixed 2 1; 2

Analysis of Variance for surface foliaire, using Adjusted SS for Tests:

Source	DF	Seq SS	Adj SS	AdjMS	F	P
Traitements	3	0,0015708	0,0015708	0,0005236	0,65	0,596
traitements*variétés	3	0,0009810	0,0009810	0,0003270	0,40	0,752
variétés	1	0,0025277	0,0025277	0,0025277	3,12	0,096
Error	16	0,0129448	0,0129448	0,0008091		
Total	23	0,0180243				

Pour ce paramètre :

- ✓ il y'a pas un effet traitements * variétés.
- ✓ la différence est non significative entre les deux variétés significatives.

9. Teneur en chlorophylle a (Chl a), chlorophylle b (Chl b) et chlorophylle a+b :

9.1. Teneur en chlorophylle a (Chl a) :

Les résultats obtenus ont montré que les niveaux de chlorophylle a étaient similaires malgré les différents cultivars et traitements appliqués aux petit pois (Figure 14), Les quantités de chlorophylle (a) dans la variété (kelvedon) sont toujours légèrement supérieures aux quantités de chlorophylle (a) dans la deuxième variété (onward).

La valeur la plus élevée (23,47), est enregistrée à 25% de la capacité au champ pour la variété (kelvedon), alors que la valeur la plus faible (18,73) est observée à 100% de la capacité au champ pour l'autre variété (onward), alors que le reste des valeurs étaient proches.

- **Etude statistiques :**

One-way ANOVA : Chl a variété (kelvedon) versus traitement :

Source	DF	SS	MS	F	P
Traitement	3	2,04	0,68	0,51	0,686
Error	8	10,63	1,33		
Total	11	12,67			

Pas de différences significatives entre les niveaux de stress.

One-way ANOVA: Chl a variété (onward) versus traitement:

Source	DF	SS	MS	F	P
Traitement	3	42,8	14,3	1,06	0,418
Error	8	107,4	13,4		
Total	11	150,2			

Pas de différences significatives entre les stress appliqués.

General Linear Model: Chl a versus traitements; variétés:

Factor	Type	Levels	Values
traitements	fixed	4	1; 2; 3 4
variétés	fixed	2	1; 2

Analysis of Variance for Chl a, using Adjusted SS for Tests:

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Traitements	3	23,703	23,703	7,901	1,07	0,389
Traitements*variétés	3	21,098	21,098	7,033	0,95	0,439
Variétés	1	8,520	8,520	8,520	1,15	0,298
Error	16	118,037	118,037	7,377		
Total	23	171,359				

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 ($p > 0.05$).

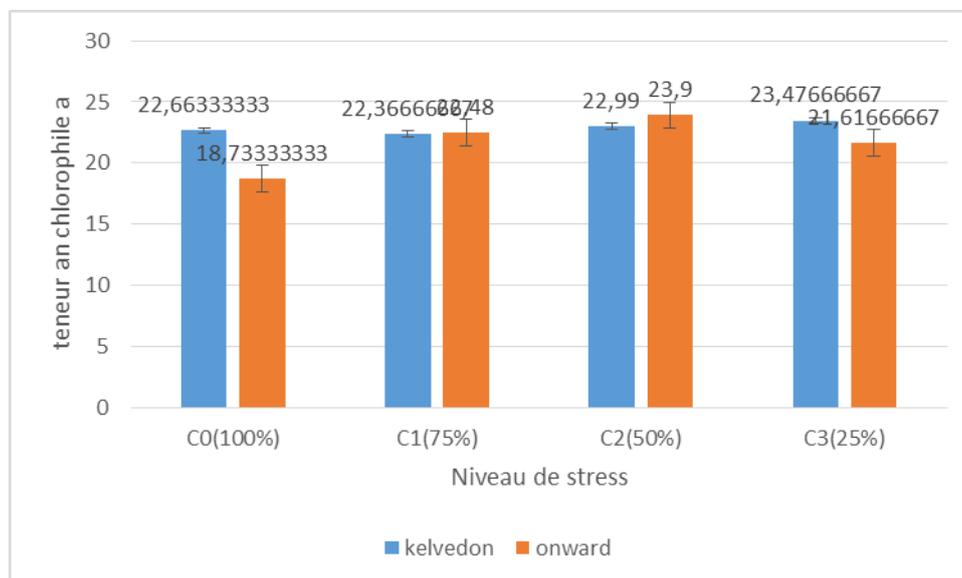


Figure 14 : Teneur en chlorophylle a (Chl a) chez les deux variétés de pois (kelvedon/onward)

9.2. Teneur en chlorophylle b (Chl b) :

Les résultats obtenus (figure 14) ont montré que les teneurs de chlorophylle (b) chez la variété (Onward) sont toujours supérieures aux teneurs de chlorophylle (b) chez la deuxième variété (Kelvedon) sauf à la capacité de champ (100%) où nous avons enregistré 26,52 pour la variété (kelvedon) et 25.26 pour l'autre variété (onward).

La valeur la plus élevée (32,52), est enregistrée à 25% de la capacité au champ pour la variété (onward), alors que la valeur la plus faible (22,54) est observée à 100% de la capacité au champ pour la même variété (onward).

- **Etudes statistiques :**

One-way ANOVA: chl b variété (kelvedon) versus Traitement:

Source	DF	SS	MS	F	P
Traitement	3	16,4	5,5	0,13	0,937

Error	8	326,5	40,8
Total	11	342,9	

- Pas de différences significatives entre les stress appliqués.

One- way ANOVA: CHL b variété (onward) versus Traitement

Source	DF	SS	MS	F	P
Traitement	3	154,6	51,5	1,28	0,345
Error	8	321,9	40,2		
Total	11	476,5			

Pas de différences significatives

General Linear Model: chl b versus traitements; variétés:

Factor Type Levels Values
traitements fixed 4 1; 2; 3; 4
variétés fixed 2 1; 2

Analysis of Variance for chl b, using Adjusted SS for Tests:

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
traitements	3	117,48	117,48	39,16	0,97	0,433
traitements*variétés	3	53,48	53,48	17,83	0,44	0,728
variétés	1	57,01	57,01	57,01	1,41	0,253
Error	16	648,42	648,42	40,53		
Total	23	876,40				

Selon l'AV2 la différence est non significative entre les variétés et aussi pour l'interaction traitements-variétés.

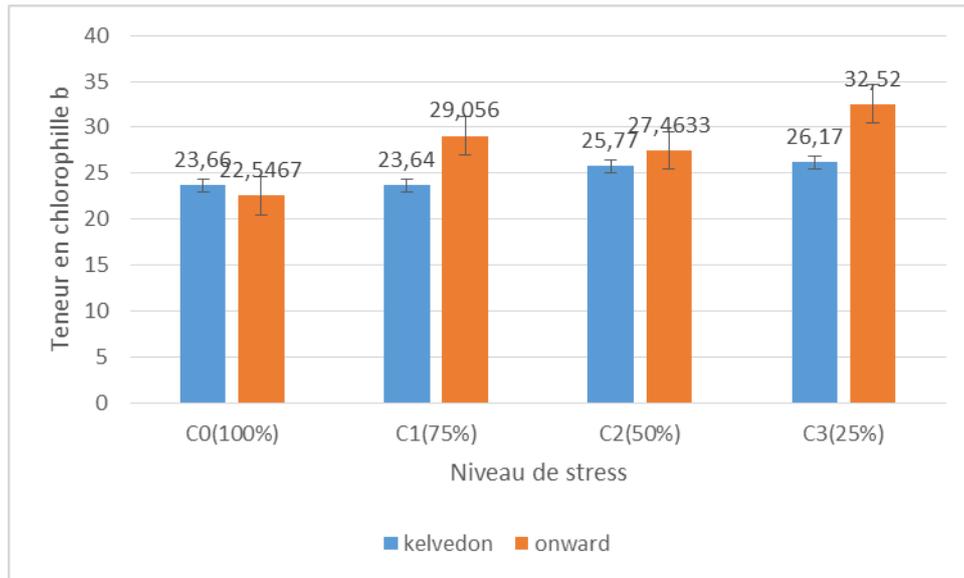


Figure 15 : Teneur en chlorophylle b (Chl b) des deux variétés de pois (kelvedon/onward)

9.3. Teneur en chlorophylle a+b (Chl a + Chl b) :

Ce paramètre est représenté dans la figure (16)

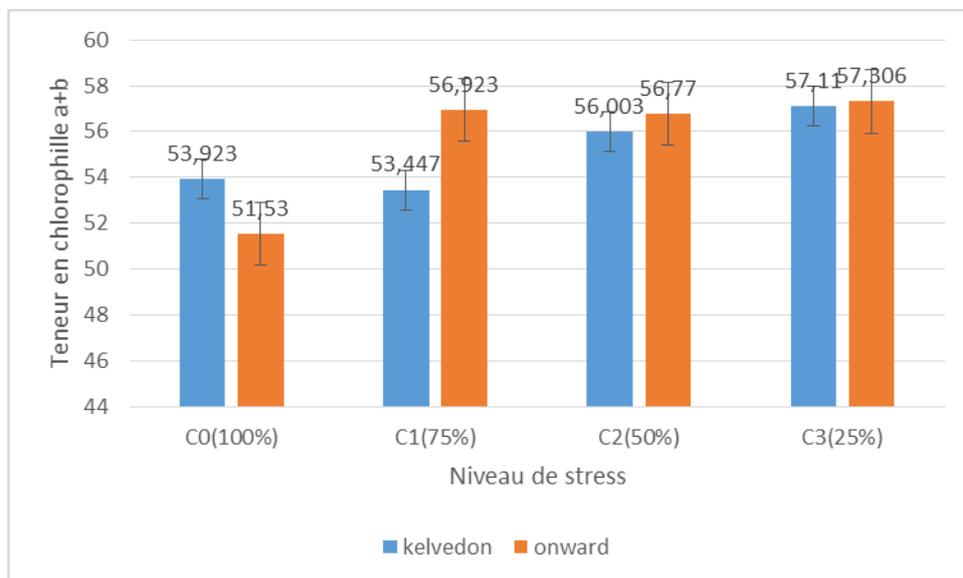


Figure16 : Teneur en chlorophylle a + b de variété de petit pois (kelvedon/onward).

Selon la figure16, la valeur la plus élevée (57,30) de chlorophylle a+b est enregistrée à 25% de la capacité au champ pour la variété (onward), alors que la valeur la plus faible (51,53) est observée à 100% de la capacité au champ pour la même variété (onward), Les résultats obtenus ont montré que le reste des proportions étaient proches entre (53,44 et 557,11) chez les deux variétés.

- **Etudes statistiques :**

One-way ANOVA: Chl a+b variété (Kelvedon) versus traitement:

Source	DF	SS	MS	F	P
Traitement	3	27,05	9,02	1,01	0,438
Error	8	71,51	8,94		
Total	11	98,55			

- Pas de différences significatives.

One-way ANOVA : CHL a+b variété (onward) versus traitement:

Source	DF	SS	MS	F	P
traitement	3	67,80	22,60	2,30	0,154
Error	8	78,49	9,81		
Total	11	146,29			

- Pas de différences significatives.

General Linear Model: Chl a+B versus traitements;

variétés: Factor Type Levels

Values traitements fixed 4 1; 2; 3; 4

variétés fixed 2 1;2

Analysis of Variance for Chl a+B, using Adjusted SS for Tests:

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Traitements	3	68,806	68,806	22,935	2,45	0,101
traitements*variétés	3	26,043	26,043	8,681	0,93	0,451
variétés	1	1,576	1,576	1,576	0,17	0,687
Error	16	149,992	149,992	9,375		
Total	23	246,417				

- Les résultats des analyses statistiques (AV2) ne présentent pas une différence significative entre les deux variétés et l'absence de l'effet variété-traitement.

Discussion :

Les mécanismes de résistance des plantes à la sécheresse peuvent être regroupés en termes d'évitement ou mécanismes de tolérance. Les mécanismes d'évitement de la sécheresse sont associés à des mécanismes physiologiques de la plante entière tels que la réduction de la surface foliaire (qui diminuent l'adsorption et la transpiration des rayonnements), la fermeture des stomates et la formation de cire cuticulaire (qui réduisent la perte d'eau) et les ajustements au puits-source allocations en modifiant la profondeur et la densité des racines, le développement des poils absorbants et conductance hydraulique des racines (**Beard et Sifers, 1997; Rivero et al., 2007**).

Le stress hydrique a retardé le cycle de développement des plantes, a diminué la surface des feuilles et a réduit la taille des plantes (**Thakur et Rai, 1982**).

Dans cette étude, en ce qui concerne la hauteur de la tige, d'après les résultats nous avons observé la tolérance de la première variété (kelvedon), tandis que les résultats de la deuxième variété (onward) rejoignent les observations de **Munns (2002)** et **Yang et al. (2008)**. La réduction de la hauteur de la tige chez l'arachide suite à un stress hydrique a été constatée par **Lazali (2009)** et **Tellah (2016)**. En revanche, **Bacha (2002)** dans un travail réalisé sur le pois chiche, a montré que la réduction de la hauteur des plants est observée lorsque le stress est appliqué au stade végétatif et que la réduction touche aussi le poids frais et sec de la tige.

Nos résultats ont montré que la longueur des racines chez les deux variétés kelvedon et onward n'est pas affecté par tous les volumes d'irrigation utilisés dans notre étude. Alors que **Benjamin et Nielsen en (2006)**, ont montré que les racines de pois se développaient plus profondément dans le sol en condition de stress hydrique que dans des conditions optimales d'irrigation. Cependant, il semblerait qu'un stress osmotique (induit par du polyéthylène glycol) aurait pour résultat un raccourcissement de la racine primaire et une augmentation du nombre de racines latérales (**Kolbert et al., 2008**).

Huang et Gao en (2000) rapportent qu'après un stress hydrique, la durée de vie du système racinaire est réduite ce qui conduit à une augmentation de la matière organique dans le sol.

D'après nos résultats de la surface foliaire, nous avons remarqué une différence significative entre les deux variétés et nous avons noté la tolérance de la première variété (kelvedon).

Dans la région méditerranéenne, la diminution de la surface foliaire et racinaire compense les fluctuations de la disponibilité en eau dues à l'intensité et à la durée de la sécheresse. La croissance réduite des feuilles est l'une des premières manifestations de la réduction de la transpiration due à la rareté de l'eau (**bidai, 2017**).

De plus, le stress hydrique entraîne une réduction de la surface foliaire des plantes (d'après **Parry et al., 2005 ; Lebon et al., 2006 ; Issaad, 2013**). La réduction de la surface foliaire des plantes sous stress hydrique diminue avec la sévérité du stress.

Concernant les hauteurs des tiges nos résultats statistiques indiquent des différences non significatives entre les quatre différents volumes d'eau chez les deux variétés étudiées.

Le travail de **Kebbas et al.** réalisé en 2015 a montré une diminution significative de la croissance des tiges chez les plantes de *R. pseudoacacia*, après une semaine d'arrêt d'arrosage. La réduction de la teneur relative en eau des feuilles suite à l'application du stress induit une diminution de la pression de turgescence des cellules, provoquant ainsi un arrêt de l'élongation cellulaire qui se traduit par une réduction de la croissance.

Les résultats de cette étude montrent que la teneur en chlorophylle n'est pas affectée par le déficit hydrique chez les deux variétés testées.

Le déficit hydrique induit également une réduction de la photosynthèse qui s'accompagne d'un déficit de la nutrition minérale. Celui-ci est dû principalement à des réductions de flux d'éléments vers les racines, ce qui a pour conséquence une réduction de la croissance des plants (**Kebbas et al., 2015**)

La teneur en pigments photosynthétiques dans les feuilles (chlorophylles et caroténoïdes), tels que Chl a / b et Chl et Caroténoïdes sont de bons indicateurs pour la détection du stress et de la tolérance des plantes aux stress (**Foyer et al., 2002**).

IV. Conclusion

IV. Conclusion :

Les légumineuses viennent juste après les céréales, notamment en termes de superficie cultivée et de production. Les légumineuses, comme les pois, sont des cultures de grand intérêt. Le pois, comme toutes les autres espèces de grandes cultures, est généralement exposé à divers stress environnementaux défavorables qui limitent la production, comme la sécheresse et la salinité.

Le présent travail vise à étudier l'effet comparatif de déficits hydrique sur la germination et la croissance de deux variétés de pois (*Pisum sativum* L.) (kelvidon/onward) cultivées sous la serre de l'université 8 mai 1945 à Guelma.

Avant de réaliser notre étude, un test de germination a été réalisé au laboratoire pour déterminer le pourcentage de germination des deux variétés. En estimant plusieurs paramètres physiologiques et morphologiques liés et au développement des deux variétés de pois, après l'exposition des graines à quatre différents volumes d'eau (100 %, 75%, 50%, et 25% de la capacité au champ).

D'après les résultats obtenus, il a été observé que :

- Les Hauteurs des tiges montrent des différences non significatives entre les quatre différents volumes d'eau (100 %, 75%, 50%, et 25% de la capacité au champ) chez les deux variétés étudiées et que la variété kelvidon a donné les valeurs les plus élevées.
- La longueur des racines est presque la même chez le témoin (100 %) et les plantes irriguées par les autres niveaux d'eau chez les deux variétés.
- Pour le poids frais des tiges, l'AV1 a montré que la différence est non significative entre les traitements pour la variété Kelvidon et significative pour la variété onward, alors que l'AV2 a montré que la différence est non significative entre les deux variétés.
- Le poids frais des racines indique une augmentation chez la variété kelvidon par rapport à la variété onward.
- En ce qui concerne la surface foliaire, les résultats ont montré que la variété (kelvidon) répond face à la sécheresse mieux que la variété (onward).

-Les résultats de l'AV2 pour (poids frais des tiges, la teneur en chlorophylle a, b et a+b) ont montré une différence non significative entre les deux variétés, tandis que les résultats d'AV1 ont montré des différences significatives entre traitements pour la variété (onward) pour le poids sec des racines.

En outre, les résultats obtenus révèlent que la variété (onward) est le plus sensible par rapport aux l'autres variété (kelvidon) dans quelques paramètres.

En fin, A travers cette étude, nous constatons que le déficit hydrique affecte négativement la croissance des plantules de pois. Pour cela ce travail doit être poursuivi par d'autres études comme l'irrigation en petite quantité d'eau et l'utilisation d'autres variétés, en estimant d'autres paramètres physiologiques et biochimique (dosage des sucres soluble, dosage de la proline et des ions...) permettant de déterminer le niveau de tolérance face à la contrainte de la sécheresse.

Reference bibliographique :

- Bajji M. 1999. Étude des mécanismes de résistance au stress hydrique chez le blé dur : caractérisation de cultivars différant par leurs niveaux de résistance à la sécheresse et de variants somaclonaux sélectionnés In vitro. Thèse de doctorat. Univ. Louvain.
- Beard JB, Sifers SI (1997) Genetic diversity in dehydration avoidance and drought resistance within the *Cynodon* and *Zoysia* species. *Int Turfgrass Soc Res J* 8:603–610.
- Ben Naceur, M., Gharbi, M.S., Paul, R. 1999. L'amélioration variétale et les autres actions contribuant à la sécurité alimentaire en Tunisie en matière de céréales. *Sécheresse* ; 10 : 27-33.
- Benjamin J.G. et Nielsen D.C. (2006). Water deficit effects on root distribution of soybean, field pea and chickpea. *Field Crops Res* 97, 248-253.
- Blum A. 1988. *Plant breeding for stress environments*. CRC Press Inc Florida, USA; 223p
- Blum A. 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation plant growth regulation. *20*: 135 - 148 p.
- Bootsma A., Boisvert J.B., Dejong R. & Baier W. 1996. La sécheresse et l'agriculture canadienne. *Sécheresse* : 277 - 285 p.
- 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 végétale blé dur. Thèse de doctorat, Univ. Constantine.
- Boyer J.S. 1982. Plant productivity and environment. *Sci, New series*. 218: 443 - 448 p.
- Boyko, A. Kovalchuk, I. 2011. Genome instability and epigenetic modification - heritable responses to environmental stress, *Current opinion in Plant Biology*, 14: 260-266.
- Brown D.H, White H., 1986. The effect of mercury on the physiology of
- Davidson EA, de Carvalho CJR, Figueira AM, et al., 2007. Recuperation of nitrogen cycling in Amazonian forests following agricultural abandonment. *Nature* 447: 995–998.
- Debaeke P., Cabelguenne M., Casals ML. & Puech J. 1996. Élaboration du rendement du blé d'hiver en conditions de déficit hydrique. II. Mise au point et test d'un modèle de simulation de la culture de blé d'hiver en conditions d'alimentation hydrique et azotée variées. *Epicphase-blé. Agronomie*. 16 : 25 - 46 p.
- Deulvot, C. Charrel, H. Marty, A. Jacquin, F. Donnadieu, 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
- Dixon R. et Paiva N. L. 1995. Stress - induced phenylpropanoid metabolism. *The plant cell*. 7: 1085 - 1097 p.

- Djekoun A. et planchon C. 1992. Stomatal conductance photosynthesis and acetylenereduction rate in Soybean genotypes. *Can. J. Plant sci.* 72: 383 - 390 p.
- Doré T, Meynard JM, Sebillotte M. 1998. The role of grain number, nitrogen nutrition and stem number in limiting pea crop (*Pisum sativum*) yields under agricultural conditions. *European Journal of Agronomy* 8: 29–37
- Dubois, M., Gilles, K.A., Hamilton, J.K., Rebers, P.A. et Smith. (1956). Colorimetric method for determination of sugar and related substances. *Anal chem*, 28, p350-356.
- Fatma lazrek- ben friha. 2008 : Analyse de la diversité génétique et symbiotique des populations naturelles tunisiennes de *Medicago truncatula* et recherche de QTL liés au stress salin soutenue le 29 Septembre 2008 / UNNIVERSITÉ DE TOULOUSE.
- Hiscot J.D, Israelstam G.F., 1978. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration, *DIV. life Science, University of Toronto*; 1332-1334.
- Huang, B. & Gao, H. (2000). Root physiological characteristics associated with drought resistance in tall fescue cultivars. *Crop Science, Vol. 40*, pp. 196-203
- Kebbas S., Lutts S., Aid F., 2015. Effect of drought stress on the photosynthesis of *Acacia tortilis* subsp. *raddiana* at the young seedling stage. *Photosynthetica*, 53 (2): 288-298.
- Kolbert Z., Bartha B., and Erdei L., (2008). Osmotic stress and indole-3-butyric acid induced NO generation are partially distinct processes in root growth and development in *Pisum sativum*. *Physiologia Plantarum, Vol 133 Issue 2*.
- 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.),
- Lecomte C, Prost L, Gauffreteau A. 2009. Présentation d'une méthode pour améliorer la connaissance des aptitudes variétales, intérêt des modèles, besoins de développements nouveaux.
- Levitt, J. 1972. Responses of plants to environmental stresses (by) J. Levitt Academic Press, New York.
- Marolleau.j, 2013/2014, Effet d'un stress hydrique de début et de fin de cycle chez le pois université de bourgogne, 24p.
- Mitchell R.L. and Russell W.J., (1971). Root Development and Rooting Patterns of Soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) Evaluated Under Field Conditions. *Crop Science, Vol. 63 No. 2*, p. 313-316.
- Munier-Jolain N, Biarnès V, Chaillet I, Lecoœur J. 2005. Agrophysiologie du pois protéagineux. Editions Quae.
- Munier-Jolain N, Carrouée B. 2003. Considering pea in sustainable agriculture: agricultural and environmental arguments. *Cahiers d'Etudes et de Recherches Francophones Agricultures (France)*.
- Nadim Tayeh, 2013, Mise en évidence la syntenie de QTL de tolérance au gel sur les groupes de liaison VI chez *Pisum sativum* (WFD 6.1) et *Medicago truncatula* (Mt FTQTL6) et cartographie fine de Mt-FTQTL6, soutenue le 21 Mai 2013, Université Lille 1, Sciences et Technologies.

- Ouafi Leila. 2017/2018 : Etude de la variabilité agro-morphologique de quelques génotypes /de pois (*Pisum sativum* L.) ECOLE NATIONALE SUPERIEURE d'AGRONOMIE (ENSA d'El-Harrach)
- Quezel P. et Santa S., 1962 - Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, Ed. CNRS, Paris, Tom .1, 523-524p.
- Rao D.N., and Le blanc B.F., 1965. Effects of sulfur dioxide on the Lichens algea, with reference to chlorophyll. *Bryologie*, 69; 69-75.
- Rhijn P van, Vanderleyden J. 1995. The Rhizobium-plant symbiosis. *Microbiological Reviews* 59: 124–142
Rhytidialdelphus squarrosus warnst. University of Bristol *J. Bryol.*14; 367-374.
- 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.
- Sinclair, T. R., et Vadez, V. (2012). The future of grain legumes in cropping systems. *Crop and Pasture Science*, 63(6), 501-512.
- Turner NC. 1986. Adaptation to water deficit: a changing perspective. *Aust J Plant Physiol.* 13: 175- 90 p.
- Ykhlef N. 2001. Photosynthèse, Activité photochimique et tolérance au déficit hydrique chez le blé dur (*Triticum durum* ; Desf). Thèse de doctorat. Univ. Mentouri .Constantine