

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث 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 la tolérance à la salinité chez deux fabacées.

Présentée par :

BEDJIRI Hadil

FARHI Aya

Devant le jury composé de :

Président(e) : AISSAOUI R. M.C.B Université de Guelma

Examineur : CHAHAT N. M.C.B Université de Guelma

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

Juin2024



Remerciement

Avant tout, nous remercier Dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage et la volonte pour accomplir ce modeste travail.

On remercie Mr. Aissaoui R, maitre de conférences à l'université 08 mai 1945, pour accepter de présider ce jury.

Nous exprimons également nos reconnaissances à Mme. Chahat N, maitre de conférences à l'université 08 mai 1945 d'avoir bien voulu apporter sa contribution pour juger ce travail.

Nous voudrions remercier Mme. Laouar Hadia, maitre de conférences à l'Université du 08 Mai1945, Pour avoir accepté de nos encadrer, la tâche de nous surveiller tout le temps Dédié à ces nombreux métiers. Merci pour votre patience et Empathie et confiance durant ce travail.

Prêt à terminer ce travail.

Dédicace

Je dédie ce travail à mes très chers parents, à qui je dois cette fierté et qui m'ont beaucoup soutenu et aidé.

À ma sœur, et mes frères en leur souhaitant toutes bonne réussite dans leur vie.

À mon binôme qui est devenue une amie chère, merci pour ta précieuse collaboration et ton soutien constant.

À tous mes ami(e)s pour leur soutien et leur encouragement Sans oublier tous les professeurs que ce soit du primaire, du moyen du lycée et de l'enseignement supérieur.

À mes chers élèves, vos encouragements sont une véritable motivation. Merci pour votre soutien inestimable et votre positivité.

AYA FARHI

Dédicace

Tout d'abord, je remercie le bon Dieu le tout puissant de m'avoir prêté foi, courage, santé et volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

À mon Chère Mère, Avec tous mes sentiments de respect, avec l'expérience de ma reconnaissance, je dédie ma remise de diplôme et ma joie à mon paradis, à la prunelle de mes yeux, à la source de ma joie et de mon bonheur, ma lune et le fil d'espoir qui allume mon chemin, ma moitié.

À Mon cher père, Ma source de vie d'amour et d'affection, mon support qui était toujours à mes côtés pour me soutenir et m'encourager, et son dévouement.

À mon cher frère Wassim et à mes chers sœurs Marwa, Mayssa et Darinne; pour leur confiance et leur soutien inestimable; de l'amour et de l'affection que je porte pour vous. Je vous remercie d'être l'épaule sur laquelle je peux toujours compter.

À mon cher grand-père qui je souhaite une bonne santé.

À mon binôme, pour son courage, confiance et sécurité.

À mon meilleure ami Djoumana, Pour tous ces moments inoubliables, merci d'être dans ma vie

Enfin, je remercie mes amis Aya, Nihed, Manar et Souad qui ont toujours été là pour moi.

Et à tous ce qui ont contribué de près ou de loin, je vous remercie.

BEDJIRI HADIL

Table des matières

Table des matières	III
Résumé.....	III
Abstract	IV
المخلص	V
Liste des abréviations.....	VI
Liste des figures	VII
Liste des tableaux	VIII
Introduction générale.....	1

Chapitre I : Matériel et méthodes

1-Le but de l'étude :	8
2-Site expérimental :	8
3-Matériel végétale :.....	9
4-Les caractéristiques des deux variétés étudiées :	10
4.1- Les caractéristiques de la variété d' Haricot (coco rose):.....	10
4.2- Les caractéristiques de la variété Pois chiches (FLIP R2):	10
5- Méthodologie de travail :	11
5.1- Test de germination :.....	11
5.1.1-Préparation des graines :	11
5.2- Test de croissance :.....	14
5.2.1- Préparation des pots :	14
5.2.2-Les caractéristiques de la tourbe:	15
5.2.3-Les conditions expérimentales :	16
5.2.4-L'arrosage:	16
5.2.5-La culture des grains :	16
5.3- L'application sous stress salin:	17
5.3.1- Germination sous stress salin :.....	17
5.3.2- -L'application de stress salin au niveau des pots :	18
6- Paramètres étudiés :	19
6.1- Le taux de germination des graines (%) :.....	19
6.2- La surface foliaire SF «cm ² » :.....	19
6.3- Hauteur de la tige HT (cm):	20
6.4- Longueur des racines LR (cm) :.....	21
6.5- Poids frais :	21

6.6- Poids sec :	22
6.7- Dosage des pigments chlorophylliens :.....	22
6.8- Analyses statistiques :	23

Chapitre II : Résultats et discussion

1-Résultats du test de germination pour les deux variétés étudiées :	25
2- Effet de la salinité sur la germination :	25
2-1. Effet de la salinité sur le taux de germination final (GF%):	25
2-3.Taux quotidien de la germination :	28
2-3.1- Taux quotidien de la germination de la variété Haricot « Coco rose » :.....	28
2-3.2- Taux quotidien de la germination de la variété Pois chiche « Flip R2».....	29
3-Effet de la salinité sur la croissance :	30
3-1. La surface foliaire :	30
3-2. Longueur de la racine principale :	32
3-3. Longueur des parties aériennes :	34
3-4. Poids frais des racines :	36
3-5.Poids sec des racines :	39
3-6.Poids frais des parties aériennes :	42
3-7.Poids sec des parties aériennes :	44
3-8.Effets de la salinité sur les pigments chlorophylliens :	47
3-8.1- Teneur de chlorophylle (a) (Chl a) :.....	47
3-8.2- Teneur en chlorophylle (b) (Chl b) :	49
3-8.3- Teneur de chlorophylle total (chlorophylle (a+b)) :.....	52
Conclusion.....	59
Références bibliographiques	62

Résumé

Cette étude a été réalisée en conditions de laboratoire et la serre de la faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre et l'univers - université de 8 mai 45 à Guelma. Dont l'objectif d'étudier l'effet de la salinité sur la germination et la croissance de deux variétés de la famille des légumineuses : le haricot (Coco Rose) et le pois chiche (FlipR2). Pour mettre en évidence l'effet nocif du sel sur la germination, nous avons étudié: le pouvoir germinatif, la cinétique de la germination et le taux de germination, et sur la croissance les différents paramètres étudiés sont : la longueur de la radicule, la longueur de la tige, le poids frais et secs des parties aériennes et souterraines, la surface foliaire, la chlorophylle (a), la chlorophylle (b) et la chlorophylle (a+b) sous des différentes concentrations de NaCl (50,75,100,150 et 200mM) et le témoin (l'eau distillée ,0Mm de NaCl). A partir des résultats obtenus, nous avons remarqué que la majorité des paramètres étudiés diminuent au fur et à mesure que la concentration en NaCl augmente. D'autre part cette étude à révéler que la variété coco rose a montré une sensibilité aux stress salin par rapport à la variété FLIP R2, notamment aux fortes concentrations de NaCl d'où nous avons noté une diminution importante pour certains paramètres comparativement aux témoins, tandis que la variété Flip R2 être la plus tolérante à la salinité.

Mots clés : Salinité, Pois chiche, Haricot, concentrations, tolérance.

Abstract

This investigation, conducted within laboratory and greenhouse settings under the auspices of the Faculty of Natural and Life Sciences, and Earth and Universe Sciences, May 8, 1945 in Guelma, aimed to analyze the impact of salinity on the germination and growth dynamics of two leguminous species: *Phaseolus vulgaris* (cultivar: Coco rose) and *Cicer arietinum* (commonly known as chickpea). The research focused on elucidating the deleterious effects of salt on germination and subsequent growth by assessing parameters such as germination force, movements, and rate, alongside various growth metrics including root length, shoot length, aerial and subterranean biomass (both fresh and dry weights), leaf area, and chlorophyll content (specifically chlorophyll A, chlorophyll B, and their combined sum, chlorophyll A + B). These assessments were conducted across a range of sodium chloride concentrations (50, 75, 100, 150, and 200 mmol), with distilled water serving as the control (0 mmol). Analysis of the findings revealed a consistent reduction in most parameters with increasing sodium chloride concentrations. Notably, *Phaseolus vulgaris* exhibited greater sensitivity to salt stress compared to *Cicer arietinum*, with significant declines observed in several metrics relative to the control group. Conversely, *Cicer arietinum* displayed greater resilience to salt-induced stress, thus emerging as the more salt-tolerant species within the study.

Key words: Salinity, chickpea, bean, concentrations, tolerant.

الملخص

أجريت هذه الدراسة في ظل ظروف مخبرية ودفينة لكلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون 8 ماي 45 في قالمه هدفها هو دراسة تأثير الملوحة على إنبات ونمو نوعين من عائلة البقوليات: الفاصوليا (Coco rose) والحمص (FlipR2). لتسليط الضوء على التأثير الضار للملح على الإنبات درسنا القوة الإنباتية وحركات الإنبات ومعدل الإنبات، وفيما يتعلق بالنمو، فإن المعايير المختلفة التي تمت دراستها هي: طول الجذور، وطول الساق، والوزن الطازج والجاف للأجزاء الهوائية و الترابية ، ومساحة الأوراق، والكلوروفيل (أ)، والكلوروفيل (ب)، والكلوروفيل (أ+ب) تحت تراكيز مختلفة من كلوريد الصوديوم (50, 75, 100, 150, 200 ميلي مول) و الشاهدة (ماء مقطر أي 0 ميلي مول). ومن النتائج التي تم الحصول عليها، لاحظنا أن غالبية المعايير المدروسة تنخفض مع زيادة تركيز كلوريد الصوديوم من ناحية أخرى كشفت هذه الدراسة أن صنف الفاصولياء المدروس سابقا، اظهر حساسية للإجهاد الملحي مقارنة بصنف الحمص التي لاحظنا منها انخفاضاً كبيراً لمعايير معينة مقارنة بالعناصر الشاهدة في حين ان صنف الحمص (FlipR2) كان الأكثر تحملاً للملوحة.

الكلمات المفتاحية: الملوحة، الحمص، الفاصولياء، التراكيز، التحمل.

Liste des abréviations

%: pourcentage.

°C: Degré.

Cm: centimètre.

Cm2: centimètre carré.

FAO: food and agriculture organization

G: gramme.

Ht: hauteur de tige.

Kcal: kilocalorie

L: litre.

LR: longueur de racine.

ml: millilitre.

mm: millimètre.

mM: Milli-molaire.

N₂: l'azote atmosphérique.

NaCl: chlorure de sodium.

Nm: Nanomètre.

Pf: de feuille.

SF: surface foliaire.

Chl (a): chlorophylle (a).

Chl (b): chlorophylle (b).

Chl (a+b): chlorophylle totale.

Liste des figures

Figure 1: La culture du pois chiche	2
Figure 2: La culture du Haricot	4
Figure 3: Laboratoire 07 de la faculté (FSNVSTU)	8
Figure 4: Serre de la faculté (FSNVSTU)	9
Figure 5: Les deux variétés de semences étudiées	9
Figure 6: les fournitures nécessaires du Test de germination.	11
Figure 7: la stérilisation des graines (Photo personnelle).....	12
Figure 8: la préparation des boîtes de Pétri	12
Figure 9 : la disposition des graines sur le papier-filtre	13
Figure 10: la placement les boîtes de Pétri dans l'étuve.....	13
Figure 11: L'arrosage des graines	14
Figure 12: Préparation des pots	15
Figure 13: Tourbe utilisé	15
Figure 14: Détermination de la capacité au champ	16
Figure 15: La culture des grains dans les pots	17
Figure 16: La germination sous stress salin	18
Figure 17 : dispositif expérimental de notre travail	19
Figure 18 : La méthode pour évaluer la surface foliaire	20
Figure 19: la hauteur de la tige du pois chiche Flip R2.....	21
Figure 20: -Le pois frais des parties aériennes de la variété Haricot coco rose.	21
Figure 21: Séchage des parties aériennes et souterraines des deux variétés	22
Figure 22: Dosage des pigments chlorophylliens de deux variétés.	23
Figure 23: Résultats du test de germination des deux variétés étudiées.	25
Figure 24: Pourcentage de germination (%) pour les deux variétés étudiées sous les différentes concentrations de NaCl (mM)	26
Figure 25: Effets des différentes concentrations salines sur la cinétique de germination des deux variétés étudiées.....	27
Figure 26: Taux quotidien de germination de la variété « <i>Coco rose</i> »	28
Figure 27: Taux quotidien de germination de la variété « <i>Flip R2</i> ».....	29
Figure 28: La surface foliaire des deux variétés sous stress salin.	30
Figure 29: Longueur de la racine principale chez les variétés testées.....	32
Figure 30: Longueur des tiges des deux variétés sous stress salin	34
Figure 31: Poids frais des racines des deux variétés sous stress salin.....	37
Figure 32: Le poids sec des racines des deux variétés sous stress salin.....	39
Figure 33: Le poids frais des parties aériennes des deux variétés sous stress.....	42
Figure 34: Le poids sec des parties aériennes des deux variétés testées	45
Figure 35: La chlorophylle (a) des deux variétés testées sous stress salin.....	48
Figure 36: La chlorophylle (b) des deux variétés étudiées sous stress salin	50
Figure 37: La teneur en chlorophylle (a+b) des deux variétés sous stress.....	53

Liste des tableaux

Tableau 1: Les caractéristiques de la variété « <i>Haricot coco rose</i> ».....	10
Tableau 2: Les caractéristiques de la variété « <i>Pois chiches Flip R2</i> ».....	10
Tableau 3: Analyse de la variance AV1 de la surface foliaire de la variété Pois chiche Flip R2.	31
Tableau 4: Analyse de la variance AV1 de la surface foliaire de la variété d'Haricot Coco rose.	31
Tableau 5: Analyse de la variance AV2 (surface foliaire).	31
Tableau 6: Analyse de la variance AV1 de la variété de pois chiche* Flip R2* (Longueur de la racine principale).	33
Tableau 7: analyse de la variance AV1 de la variété d'Haricot *coco rose*(Longueur de la racine principale).	33
Tableau 8: Analyse de la variance AV2 (Longueur de la racine principale).	33
Tableau 9: Analyse de la variance AV1 de la variété Pois chiche *Flip R2* (Longueur des parties aériennes).	35
Tableau 10: Grouping Information Using Tukey Method de la variété Pois chiche Flip R2 : 35	
Tableau 11: Analyse de la variance AV1 de la variété d'Haricot *Coco rose* (Longueur des parties aériennes).	35
Tableau 12: Grouping Information Using Tukey Method de la variété Haricot Coco rose: ...	36
Tableau 13: Analyse de la variance AV2 (Longueur des parties aériennes).	36
Tableau 14: Analyse de la variance AV1 de la variété Pois chiche *Flip R2*.....	37
Tableau 15: Analyse de la variance AV1 de la variété d'Haricot *coco rose*(le poids frais des racines).	38
Tableau 16: Grouping Information Using Tukey Method de la variété Haricot coco rose:....	38
Tableau 17: Analyse de la variance AV2 (le poids frais des racines).	39
Tableau 18: Analyse de la variance AV1 de la variété Pois chiche *Flip R2* (Le poids sec des racines).	40
Tableau 19: Grouping Information Using Tukey Method de la variété Pois chiche Flip R2 : 40	
Tableau 20: Analyse de la variance AV1 de la variété Haricot* Coco rose*(Le poids sec des racines).	41
Tableau 21: Grouping Information Using Tukey Method de la variété Haricot Coco rose : ..	41
Tableau 22: Analyse de la variance AV2 (Le poids sec des racines).	41
Tableau 23: Analyse de la variance AV1 de la variété Pois chiche *Flip R2* (Le poids frais des parties aériennes).	43
Tableau 24: Grouping Information Using Tukey Method de la variété Pois chiche Flip R2 : 43	
Tableau 25: Analyse de la variance AV1 de la variété Haricot *Coco rose*(Le poids frais des parties aériennes).	43
Tableau 26: Grouping Information Using Tukey Method de la variété Haricot Coco rose : ..	44
Tableau 27: Analyse de la variance AV2 (Le poids frais des parties aériennes).	44
Tableau 28: Analyse de la variance AV1 de la variété Pois chiche *Flip R2*(Le poids sec des parties aériennes).	45
Tableau 29: Grouping Information Using Tukey Method de la variété Pois chiche Flip R2 : 46	

Tableau 30: Analyse de la variance AV1 de la variété Haricot *Coco rose* (Le poids sec des parties aériennes).	46
Tableau 31: Grouping Information Using Tukey Method de la variété Haricot Coco rose :..	47
Tableau 32: Analyse de la variance AV2 (Le poids sec des parties aériennes).	47
Tableau 33: Analyse de la variance AV1 de la variété Pois chiche Flip R2 (la teneur de chlorophylle (a))......	48
Tableau 34: Analyse de la variance AV1 de la variété Haricot *Coco rose* (la teneur de chlorophylle (a))......	49
Tableau 35: Analyse de la variance AV2 (la teneur de chlorophylle (a)).	49
Tableau 36: Analyse de la variance AV1 de la variété Pois chiche *Flip R2* (la teneur de chlorophylle (b))......	51
Tableau 37: Grouping Information Using Tukey Method de la variété Pois chiche Flip R2 :	51
Tableau 38: Analyse de la variance AV1 de la variété Haricot *Coco rose*(la teneur de chlorophylle (b))......	51
Tableau 39: Grouping Information Using Tukey Method de la variété Haricot Coco rose:...	52
Tableau 40: Analyse de la variance AV2 (la teneur de chlorophylle (b))......	52
Tableau 41: Analyse de la variance AV1 de la variété Pois chiche *Flip R2* (teneur en chlorophylle total chlorophylle (a+b)).	53
Tableau 42: Grouping Information Using Tukey Method de la variété Pois chiche Flip R2 :	54
Tableau 43: Analyse de la variance AV1 de la variété Haricot Coco rose(Teneur en chlorophylle total chlorophylle (a+b)).	54
Tableau 44: Analyse de la variance AV2 (teneur en chlorophylle (a+b))......	55

*I*ntroduction *G*énérale

Introduction générale

La famille des fabacées est reconnue comme l'une des plus importantes familles parmi les dicotylédones. Le groupe des plantes est le troisième le plus important au monde, derrière les céréales qui occupe le premier rang. Il est généralement admis qu'elle a émergé il y a environ 90 millions d'années et que leur processus de diversification a commencé au début du Tertiaire. Plus de 20 000 espèces et environ 700 genres font partie de la famille des fabacées. Les légumineuses sont destinées à la consommation humaine **(Temani et Khairi, 2009)**. Les légumineuses sont très riches en protéines et en minéraux tels que le phosphore, le fer, etc. Cela représente une excellente source de vitamines du groupe B (mine, riboflavine et niacine) **(Temani et Khairi, 2009)**. Ce dernier est caractérisé par une densité énergétique élevée et une densité nutritionnelle élevée.

Ces produits alimentaires contiennent des fibres, des protéines, des hydrates de carbone, du magnésium, du manganèse et du zinc, ainsi que des acides gras essentiels disponibles. En plus d'assurer une alimentation équilibrée, les graines de légumineuses, en particulier les légumes secs, offrent des bénéfices incontestables pour la santé humaine et/ou pour l'alimentation animale (comme le soja, la luzerne...etc.). Elles constituent également une grande source d'huiles végétales (comme l'arachide) et de bois de qualité (comme le bois de rose et l'ébène) **(Tabet et Zaibet, 2022)**.

Les légumineuses jouent un rôle clé en introduisant de l'azote. La culture des légumineuses ne nécessite pas l'apport d'engrais azotés, elle permet de réduire les apports azotés sur la culture suivante de la rotation. **(Tabet et Zaibet, 2022)**. La culture des légumineuses occupe une place importante dans le système de culture et dans l'alimentation de la population, elles sont essentiellement cultivées pour leur rôle en alimentation humaine et dans l'amélioration et la fertilité des sols **(FAO,2006)**. Les légumineuses alimentaires, telles que le pois chiche (*Cicer arietinum* L.), jouent un rôle essentiel dans notre alimentation en raison de leur valeur nutritionnelle, agronomique et économique **(Hamadache et al., 1998)**. En raison de sa composition nutritive riche, le pois chiche est utilisé dans la préparation de nombreux plats algériens. La majorité de ses composants est composée d'un sucre lent (l'amidon : 41%), d'un taux élevé de protéines (23%) **(Muehlbauer et Tullu, 1997)**, de sels minéraux (4%) et de vitamines (0,003%). Il convient de noter que ses protéines contiennent une variété d'acides aminés et que ses matières grasses sont constituées d'acides gras essentiels **(Ramalho et Portugal, 1990, Muehlbauer et Tullu, 1997)**.

L'Asie du Sud-ouest et la région méditerranéenne sont les deux principales sources de pois chiche, tandis que l'Éthiopie est un centre d'origine secondaire. Actuellement, le pois chiche occupe la troisième place mondiale en tant que culture de légumineuses à grains, après le Haricot sec et le pois. La production mondiale totale de légumineuses à grains représente 15 % de cette production (Figure 01) (Taran, 2015).



Figure 1: La culture du pois chiche (Taran, 2015).

La culture du pois chiche est couramment cultivée en hiver en Inde, au Moyen-Orient, en Australie, ainsi qu'en Amérique centrale et en Amérique du Sud. Le développement de cette plante est encouragé lorsque la température diurne est comprise entre 21 et 29°C, et la température nocturne est comprise entre 18 et 21°C. La température optimale pour la germination est de 15°C, même si lorsque la température du sol atteint seulement 5°C, la germination peut commencer pour le pois chiche (ITGC, 2018). Le pois chiche a une résistance assez élevée à la sécheresse. En raison de sa racine pivotante longue, la plante peut utiliser l'eau à une profondeur supérieure à celle des autres légumineuses à grains. Si aucune maladie n'est présente, le pois chiche offre un rendement plus élevé (ITGC, 2018). Le continent asiatique est le plus important producteur de pois chiche avec un taux de 91% (Upadhyaya et al., 2001).

En Algérie, Les pois chiches sont la deuxième légumineuse alimentaire après la fève et la féverole (Hamadache et al., 1998). La production de pois chiches, l'une des sources importantes de protéines, est inférieure à la demande nationale. En effet, l'Algérie est le cinquième importateur de pois chiches au monde et le premier importateur de pois chiches en Afrique (FAO, 2019). La production nationale qui est en moyenne de 290 000 quintaux, reste

insuffisante et ne couvre pas les besoins de consommation de la population qui sont de 816-130 quintaux (**Dsasi, 2015**). Ainsi, le rendement moyen de cette culture n'est seulement que 9,8 q/ha. Cette faiblesse de rendement est la résultante d'un ensemble de facteurs abiotiques (faible pluviométrie, sécheresse, pH et salinité du sol) et biotiques (mauvaises herbes, ravageurs et maladies dues aux champignons, bactéries et virus), ainsi qu'une sous-utilisation des semences réglementaires (**ITGC, 2018**). Le stress salin reste une contrainte majeure limitant la production de pois chiches cultivés en conditions pluviales (**Saxena, 1987**).

Le haricot appartient à la famille des Fabacées, anciennement appelée légumineuses. Il s'agit d'une culture annuelle originaire d'Amérique du Sud. Le haricot est consommé pour sa gousse ou ses graines. Selon les variétés, plusieurs types de ports sont retrouvés chez cette plante herbacée : grimpant (haricot à rames) ou nain érigé et plus ramifié. Le haricot nain est le plus multiplié. Le haricot possède un système racinaire fort, s'associant à des *Rhizobium* du sol en développant des nodosités. Celles-ci, en fixant l'azote atmosphérique, apportent à la plante sa nutrition azotée. La production de semences de haricot dure entre 80 et 120 jours selon le type, la variété et les conditions climatiques de l'année (**Augagneur et al., 2022**).

Le haricot est une plante très peu tolérante à la salinité, il est considéré comme une légumineuse alimentaire fondamentale dans de nombreux pays d'Afrique centrale et orientale, Il s'agit, pour les familles de toutes ces régions, d'une source importante de protéines, de fer, de zinc, de fibres et de carbohydrates. Il représente une source d'alimentation pour plus de 100 millions d'africains et une source de revenus notables (**Mihoubi et Ziabet, 2019**).

Le haricot est une plante originaire d'Amérique Centrale et connue pour ses graines consommées de nos jours en tant que légumes. Au-delà de ses propriétés nutritives intéressantes, le haricot possède des vertus diurétiques, anti-inflammatoires, hypoglycémiantes, régulatrices du transit et cicatrisantes. Il représente un véritable avantage pour les problèmes rénaux, les douleurs articulaires, le transit, les diabétiques, la perte de poids et les lésions cutanées. (**Catrysse, 2021**).

Les haricots sont une excellente source de protéines végétales et de fibres alimentaires. Ils sont également riches en vitamines et minéraux essentiels, ce qui en fait un aliment sain et nutritif. Il existe différentes variétés de haricots, notamment les haricots verts, les haricots rouges, les haricots noirs, les haricots blancs, etc., chacune ayant ses propres bienfaits pour la santé. Les haricots poussent généralement dans des conditions climatiques chaudes et ensoleillées. Ils

nécessitent un sol bien drainé et fertile pour une croissance optimale. Les températures idéales pour la croissance des haricots se situent généralement entre 18 et 24 degrés Celsius. Trop de chaleur ou de froid peut affecter négativement leur croissance. De plus, les haricots sont sensibles au gel, donc il est préférable de les planter après le dernier gel du printemps. Ils ont également besoin d'une quantité adéquate d'eau, mais un excès d'humidité peut favoriser les maladies fongiques. En résumé, les haricots prospèrent dans un climat chaud, ensoleillé et modérément humide (**Trabut et Marés, 1907**).

En Algérie, les haricots sont cultivés dans différentes régions du pays, principalement dans les zones à climat méditerranéen et semi-aride. Les haricots verts et les haricots secs sont parmi les variétés les plus couramment cultivées. Les agriculteurs algériens cultivent souvent des haricots dans des systèmes agricoles traditionnels, ainsi que dans des exploitations plus modernes.

La culture des haricots en Algérie est souvent saisonnière (Figure 02), avec des périodes de plantation et de récolte spécifiques en fonction des conditions climatiques locales. Les agriculteurs doivent gérer les ressources en eau de manière efficace, car la disponibilité de l'eau peut être limitée dans certaines régions (**ITCMI, 2022**).



Figure 2: La culture du Haricot (**Congelados de Navarra, 2021**)

La salinisation des sols constitue un processus important, notamment dans les zones arides et semi-arides (**Saidi et al., 2004**), provoquant une dégradation des propriétés physiques, chimiques, et biologiques des sols. Les conséquences de cette dégradation est la diminution de la fertilité des sols qui entraîne une réduction des rendements des cultures, et parfois la disparition du couvert végétal naturel (**Mihoubi et Ziabet, 2019**).

La salinisation des eaux et des sols, est considérée comme un facteur limitant majeur de la production agricole dans plusieurs pays méditerranéens dont l'Algérie fait partie. Pour valoriser les zones salines et/ou les zones n'ayant que des ressources en eau saumâtre, il est impératif de sélectionner des variétés capables de se développer et de produire dans ces zones (**Saidi et al., 2004**).

A l'inverse des halophytes naturellement tolérantes aux sels (Na Cl étant en général majoritaire), la plupart des espèces d'intérêt agronomique sont rangées dans le groupe des glycophytes, dont la croissance est diminuée en présence de sel. La quantité de sels dans le sol que les plantes peuvent supporter varie avec les familles, les genres et les espèces, mais aussi les variétés considérées. Pour parvenir à définir des pratiques culturales permettant de surmonter un stress salin et pour créer des variétés tolérantes au sel, des études physiologiques, biochimiques, moléculaires et génétiques sont nécessaires (**Levigneron et al., 1995**).

La salinité entraîne un déficit hydrique chez les plantes, dû au stress osmotique éventuellement couplé à des perturbations biochimiques induites par l'afflux d'ions sodium (**Parida et Das, 2005**). En effet, sous contrainte saline, un développement tardif favorise l'accumulation d'ions toxiques pouvant entraîner la mort des plantes avant la fin de leur cycle de développement (**Maaouia-Houimli et al., 2011**). La tolérance au sel peut donc être évaluée par la précocité de la germination. La réponse au sel des espèces végétales dépend de plusieurs variables, commençant par l'espèce même, de sa variété, aussi de la concentration en sel, des conditions de culture et du stade de développement de la plante (**Alaoui et al., 2013**).

Les impacts du sel sur le développement et le rendement des plantes sont nombreux. Chez plusieurs espèces végétales, les dégâts produits par le stress salin se manifestent communément par une séquence de changements morphologiques et physiologiques (**Levigneron et al., 1995**). Les fortes concentrations salines peuvent affecter les différents stades de développement de la plante (**Patridge et Wilson, 1987**). Elles entraînent un déséquilibre ionique et une toxicité chez les végétaux, ce qui peut affecter certains processus métaboliques vitaux. (**Thamir et al,1992**) **Zraibi et Nabloussi en 2012**, indiquent que la présence de NaCl a entraîné une faible diminution de la croissance des plantules (diminution de la hauteur des plantes et de la surface foliaire). Au niveau foliaire, l'effet du sel s'est traduit par une accumulation des teneurs en sucres solubles et en proline, une baisse de la teneur en pigments chlorophylliens. De même, il y a eu diminution du rendement photosynthétique et du nombre de graines par plante. L'existence de corrélations positives entre la réduction de l'activité photosynthétique, d'une part, et la

diminution de la teneur en chlorophylle et du nombre de graines, d'autre part, indique que la réduction du nombre de graines sous l'effet du stress salin serait une conséquence de la réduction de l'activité photosynthétique, expliquée par une diminution de la teneur en chlorophylle.

Afin de comprendre les mécanismes impliqués dans la tolérance des fabacées à la salinité nous avons étudié l'effet de la salinité sur la germination, quelques paramètres morphologiques, physiologiques et biochimiques chez la variété Flip R2 de pois chiche (*Cicer arietinum* L.) et la variété Coco rose de l'haricot (*Phaseolus vulgaris* L.)

Chapitre I :
Matériel et méthodes

1- Le but de l'étude :

Cette étude a été effectuée sur deux variétés de légumineuses différentes : une variété de pois chiche (Flip R2) et une variété de Haricot (Coco rose), qui ont été soumis à cinq concentrations différentes de chlorure de sodium (Na Cl) : [50mM], [75mM], [100mM], [150mM], [200mM] et un témoin n'ayant pas reçu de Na Cl.

Cette recherche vise à évaluer l'impact du stress salin sur la germination et la croissance de deux variétés de semences étudiées afin de déterminer leur capacité à supporter la salinité.

2- Site expérimental :

Le travail a été réalisé au niveau de laboratoire de botanique et 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 d'avril jusqu'à fin mai 2024 (figure 3 et 4).



Figure 3: Laboratoire de botanique de la faculté (FSNVSTU) (Photo personnelle)



Figure 4: Serre de la faculté (FSNVSTU) (Photo personnelle).

3- Matériel végétale :

Afin de tester l'impact de la salinité sur la germination et la croissance de quelques légumineuses, deux variétés de deux espèces ont été étudiées :

- Le pois chiche (*Cicer arietinum L*) variété : **Flip R2**
- Le haricot (*Phaseolus vulgaris L*) variété : **coco rose**. (Figure5).



Figure 5: Les deux variétés de semences étudiées (Photo personnelle).

4- Les caractéristiques des deux variétés étudiées :

4.1- Les caractéristiques de la variété d' *Haricot (coco rose)*:

Les caractéristiques de la variété Coco rose sont présentées dans le tableau 1 :

Tableau 1: Les caractéristiques de la variété *Haricot coco rose*

Germination	85%
Pureté	99%
Année de récolte	2021
Date de fermeture	05/2022
Pays d'origine	Tanzanie

➤ **Classifications botaniques du Haricot :**

Règne : Plantae

Nom commun : Haricot.

Sous règne: Tracheobionta.

Division: Magnoliophyta.

Classe: Magnoliopsida

Ordre: Fabales.

Famille: fabacées.

Genre: phaseolus.

Espèce: *Phaseolus vulgaris L.* (cité in Belaadi, 2014)

4. 2- Les caractéristiques de la variété *Pois chiches (FLIP R2)*:

Le tableau 02 montre les caractéristiques de la variété *Flip R2* :

Tableau 2: Les caractéristiques de la variété *Pois chiches (Flip R2)*.

Germination	90%
Pureté	99%
Année de récolte	2022
Date de fermeture	04/2023
Pays d'origine	Turquie

➤ **Classifications botanique de pois chiche:**

Règne: Plantae

Nom commun: Pois chiche.

Sous règne: Tracheobionta.

Division: Magnoliophyta.

Classe: Magnoliopsid

Ordre: Fabales.

Famille: fabacées.

Genre: Cicer.

Espèce : *Cicer arietinum* L.

5- Méthodologie de travail :

5.1- Test de germination :

L'objectif de cette expérience de germination est d'évaluer le potentiel de germination d'un lot de semences, ce qui peut servir à contrôler la qualité des lots de semences, mais aussi à évaluer la qualité germinative des semences en vue d'un semis.

5.1.1- Préparation des graines :

Selon le protocole :

- 1- Nous avons préparé les fournitures nécessaires : des graines, des boîtes de Pétri, du papier-filtre, de l'eau distillée, l'eau, de coton, une étuve ou un incubateur, une éprouvette et une pipette graduée (Figure06).



Figure 6: Fournitures nécessaires du Test de germination. (Photo personnelle).

- 2- Nous avons trié et stériliser les graines des deux cultivars étudiés (Pois chiche, haricots) 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 (Figure07).



Figure 7: Stérilisation des graines (Photo personnelle).

- 3- Nous avons Placé de coton et un morceau de papier filtre humidifié au fond de chaque boîte de Pétri (Figure 08).



Figure 8: Préparation des boîtes de Pétri (Photo personnelle).

- 4- Nous avons Disposé les graines sur le papier-filtre de manière uniforme. Nous avons utilisé une quantité de 10 graines pour chaque boîte (Figure 09).

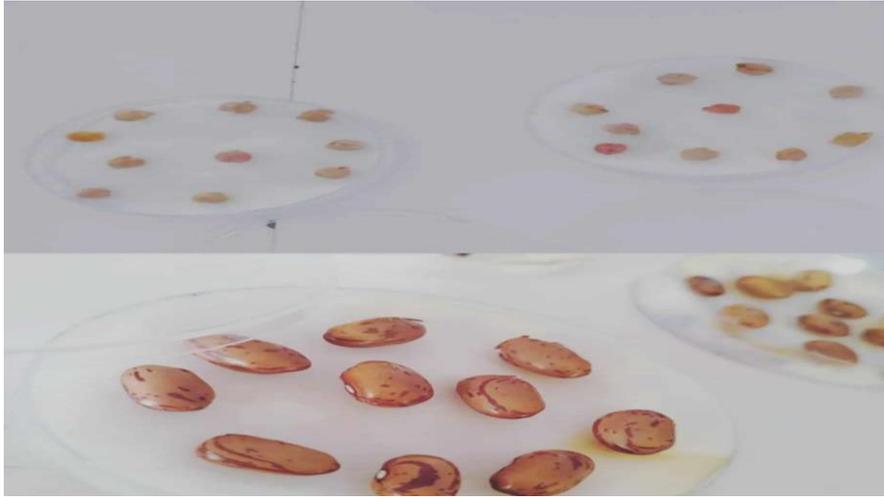


Figure 9 : Disposition des graines sur le papier-filtre (Photo personnelle).

5- Placer les boîtes de Pétri dans l'étuve à une température de 25°C (Figure 10).



Figure 10: Placement des boîtes de Pétri dans l'étuve. (Photo personnelle)..

6- Après nous avons arrosé régulièrement les graines par l'eau distillée (Figure 11).



Figure 11: L'arrosage des graines (Photo personnelle).

7- Après un certain laps de temps. Nous avons noté le nombre de graines germées.

5.2- Test de croissance :

5.2.1- Préparation des pots :

Nous avons utilisé des pots en plastiques d'une capacité de 800g, d'un diamètre de 10cm et d'une hauteur de 15cm, les pots sont remplis de 484g de substrat de tourbe. Chaque variété est représentée par 18 échantillons (Figure 12).



Figure 12: Préparation des pots (Photo personnelle).

5.2.2- Les caractéristiques de la tourbe:

La tourbe utilisée est la tourbe Terracult qui a les caractéristiques suivantes (Figure 13) :

- **Fabrication** : Germany.
- **Structure** : fine.
- **PH** : 5.5.
- **Volume** ;70L EN-Norm 12580.



Figure 13: Tourbe utilisé (Photo personnelle).

5.2.3- Les conditions expérimentales :

L'expérience a été réalisée dans une serre à l'université de 08 mai 1945. Les graines ont été cultivées à une température de 26 °C jour avec la lumière naturelle.

5.2.4- L'arrosage:

On a effectué l'irrigation avec de l'eau distillée, dont la capacité au champ a été calculée en fonction de la différence entre la quantité d'eau avant l'arrosage et la quantité d'eau récupérée après 24 heures de décantation (méthode utilisée en laboratoire) (Figure 14).



Figure 14: Détermination de la capacité au champ (Photo personnelle) .

5.2.5- La culture des grains :

- 1- Nous avons placé 10 graines de manière espacée dans chaque pot, et chaque variété a été assigné 5 pots traités, et un pot témoin, et nous avons répété le processus trois fois pour chaque concentration.
- 2- Nous avons numéroté, identifié, mélangé et distribué de façon aléatoire de manière à obtenir les mêmes conditions climatiques.
- 3- Nous avons arrosé les pots pendant 10 jours, jour après jour, en ajoutant de l'eau distillée de 200 ml par pot, en suivant leur croissance .(figure 15)



Figure 15: La culture des grains dans les pots (Photo personnelle).

5.3- L'application sous stress salin:

5.3.1- Germination sous stress salin :

Nous avons préparé des boîtes de pétri contenant chacune 3 boîtes avec 20 graines réparties de manière équitable entre elles. Nous avons numéroté, identifié, mélangé et distribué de façon aléatoire de manière à obtenir les mêmes conditions climatiques. Ensuite, nous les avons arrosés jour après jour avec l'eau distillée pour les boîtes témoins, et par l'eau salée à 5 concentrations différentes, comme mentionné précédemment (Figure 16).



Figure 16: La germination sous stress salin (Photo personnelle).

- **La préparation des concentrations de NaCl :**

Nous avons préparé cinq concentrations différentes de chlorure de sodium Na Cl : 0mM, 50mM, 75mM, 100mM, 150mM, 200mM.

5.3.2- -L'application de stress salin au niveau des pots :

Dix jours après la plantation des graines et leur arrosage avec de l'eau distillée, nous avons commencé à appliquer la salinité et nous avons observé l'effet de la salinité sur leur croissance.

- **Dispositif expérimental :**

Le dispositif expérimental est présenté dans la figure 17 :

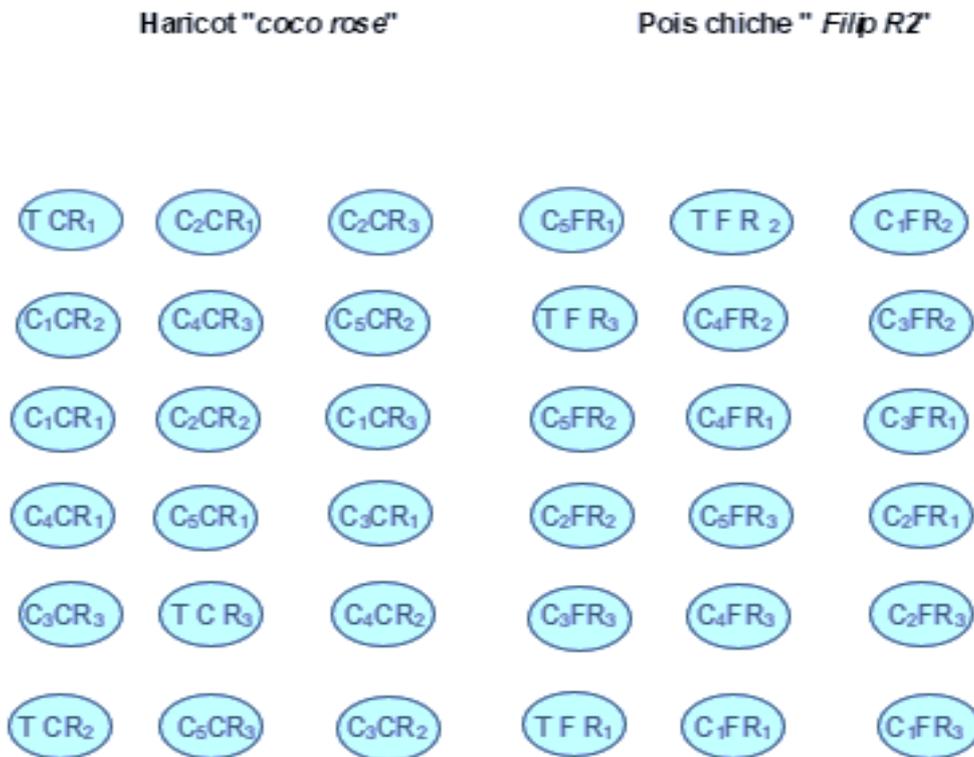


Figure 17 : Dispositif expérimental de notre travail

6- Paramètres étudiés :

6.1- Le taux de germination des graines (%) :

Le nombre de graines germées en termes de levées a été compté chaque jour par boîtier de pétri jusqu'à 8 -ème jour.

- Le taux final de germination (TG) est calculé :

$$\text{Taux de germination} = \frac{\text{Nombre de graine germées} \times 100}{\text{Nombre de graine semées}}$$

6.2- La surface foliaire SF «cm²» :

La méthode de *Paul et al. (1979)* permet d'évaluer la surface des feuilles en posant la feuille de la plante sur une feuille de papier.

- Découper la feuille en suivant les contours.

- Évaluer la portion+ du calque qui affiche la feuille (PF).
- Calculer le poids (Pc) correspondant à la surface (sq) connue d'un carré du même papier calque en utilisant une pesée (Figure 18).

La formule suivante permet de calculer la surface de la feuille (SF) :

$$Sf = (Pf. Sq) / Pc.$$



Figure 18 : Méthode pour évaluer la surface foliaire (Photo personnelle).

6.3- Hauteur de la tige HT (cm):

Cette mesure de la hauteur des parties aériennes des plantes à l'aide d'une règle graduée. Nous avons commencé à mesurer la hauteur des plantes 4 semaines après le début de l'irrigation à l'eau salée. Afin d'évaluer l'impact du stress sur la croissance des tiges par rapport au témoin (Figure 19).



Figure 19: Mesure de la hauteur de la tige du pois chiche Flip R2 (Photo personnelle).

6.4- Longueur des racines LR (cm) :

C'est la mesure de la longueur des racines et on l'exprime en centimètres.

6.5- Poids frais :

Trois plantes ont été prélevées pour chaque concentration de Na Cl. Après avoir séparé les parties aériennes et souterraines, les deux organes sont rapidement insérés dans du papier aluminium préalablement taré, puis leur masse de matière fraîche a été évaluée à l'aide d'une balance de précision (Figure 20).

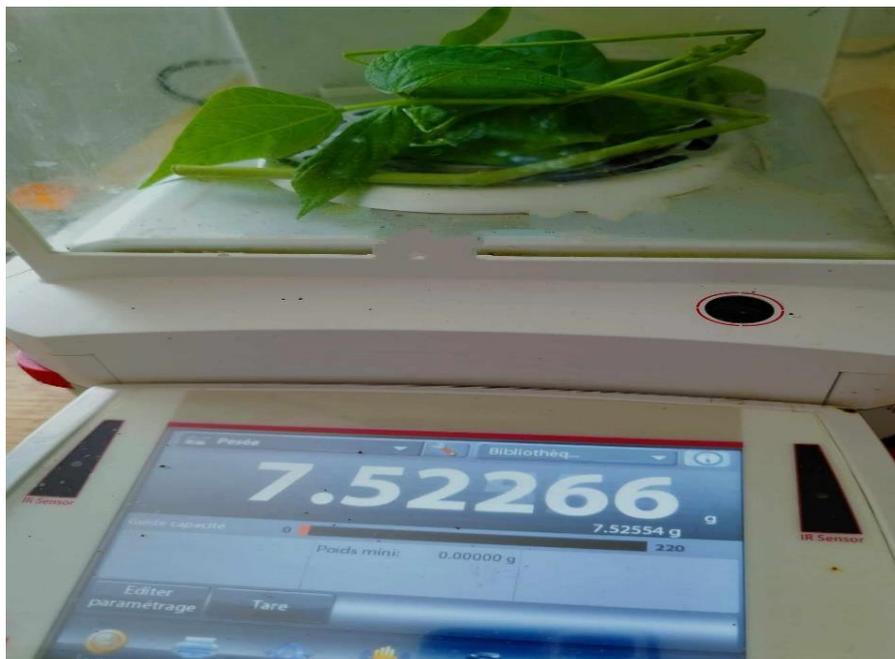


Figure 20: Poids frais des parties aériennes de la variété Haricot coco rose (Photo personnelle).

6.6- Poids sec :

Les organes des plantes utilisés pour évaluer le poids frais des parties aériennes et souterraines ont été placés dans l'étuve à une température de 105°C pendant 24 heures afin d'évaluer le poids sec (Figure 21).



Figure 21: Séchage des parties aériennes et souterraines des deux variétés

(Photo personnelle).

6.7- Dosage des pigments chlorophylliens :

La méthode de Rao et le blanc (1965) permet de calculer les concentrations moyennes de chlorophylle a, b et a+b. La chlorophylle est extraite en broyant 0,5g de matière fraîche provenant de chaque feuille, ainsi que du sable (pour faciliter le broyage), puis en ajoutant 20ml d'acétone. Il est nécessaire de filtrer la solution obtenue à l'abri de la lumière afin d'éviter l'oxydation de ce composé. Les mesures spectrophotométriques (JENWA6300) sont ensuite effectuées à deux longueurs d'onde ($\lambda_1 = 645$ et $\lambda_2 = 663\text{nm}$). La formule suivante est utilisée pour calculer la qualité de la chlorophylle (Figure22) :

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

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

*Chla+b:8,02(DO645) +20,20(DO663).

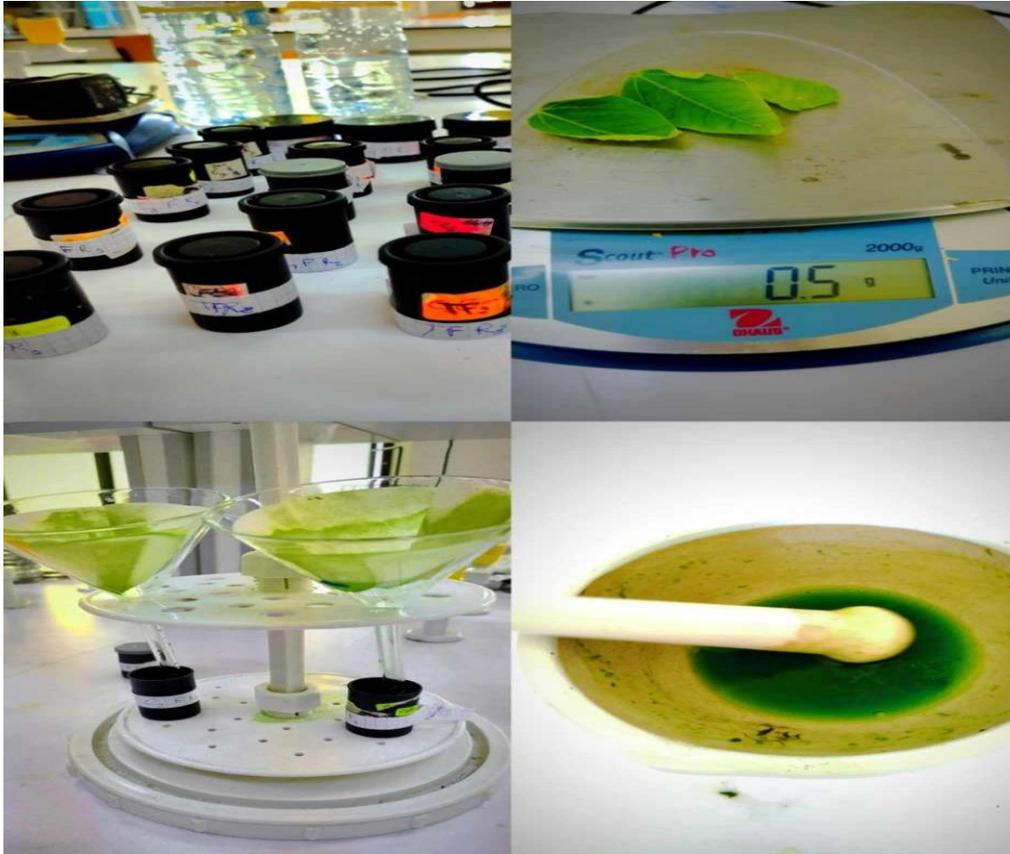


Figure 22: Dosage des pigments chlorophylliens de deux variétés (Photo personnelle).

6.8- Analyses statistiques :

Nous avons étudié l'analyse de la variance à un seul critère de classification et à deux critères de classifications à l'aide de Minitab 16.

Chapitre II

Résultats et discussion

1- Résultats du test de germination pour les deux variétés étudiées :

D'après le test de la germination de deux variétés étudiées, nous avons constaté que le taux de germination est élevé, d'environ 90 %, pour les deux variétés d'haricots et de pois chiches. Ainsi, nous avons la possibilité d'utiliser ces deux variétés pour étudier l'effet de la salinité sur la germination et le développement des plantes sous stress salin (Figure 23).



Figure 23: Résultats du test de germination des deux variétés étudiées (Photo personnelle).

2- Effet de la salinité sur la germination :

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

Le taux de germination final est représenté dans la figure 24 :

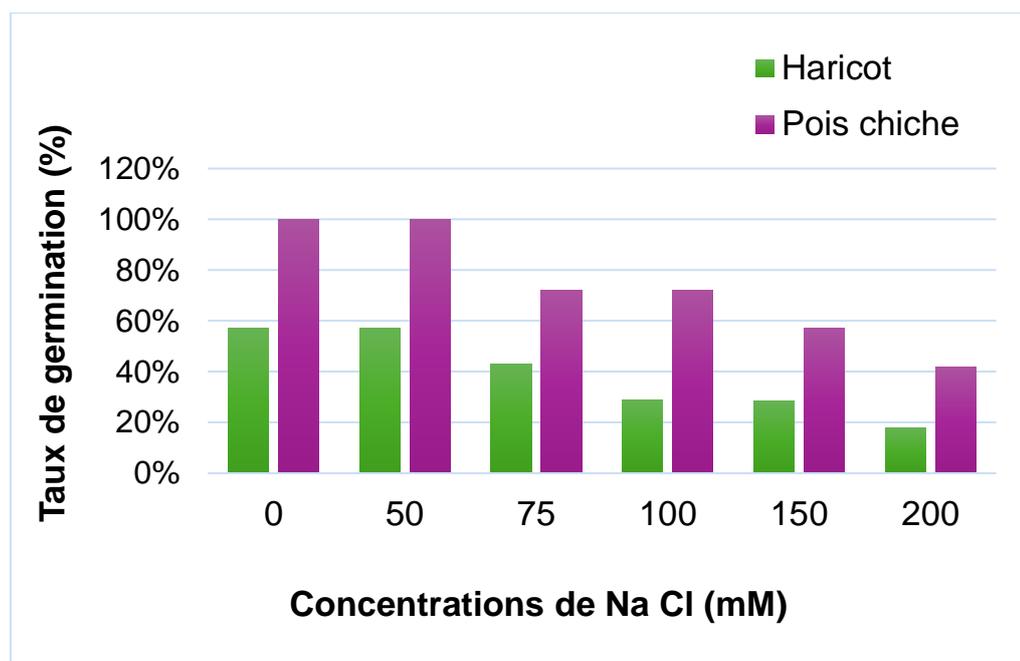


Figure 24: Taux de germination (%) pour les deux variétés étudiées sous les différentes concentrations de NaCl (mM)

Selon la figure 24, il est démontré que le stress salin a un impact sur la germination des graines du pois chiche et du haricot. Toutefois, on a observé une baisse du taux de germination pour toutes les boîtes traitées avec différentes concentrations de NaCl pour les deux cultivars étudiés.

On observe une influence plus marquée de la salinité sur la germination des graines de pois chiche et d'haricot pour les concentrations élevées de NaCl par rapport aux témoins non traités.

La variété d'haricot *coco rose* présente une diminution graduelle du taux de germination en fonction de la concentration de NaCl. Les taux de germination enregistrés sont respectivement de 57%, 57%, 43 %, 29 %, 28.50 % et 18 % pour les concentrations (0 mM, 50 mM, 75 mM, 100 mM, 150 mM, 200 mM).

Le pourcentage le plus élevé est observé chez la deuxième variété *pois chiche flip*. Leur taux de germination final diminue lorsque la concentration de NaCl augmente. Les valeurs enregistrées pour les concentrations (0, 50, 75, 100 et 150 mM) sont respectivement 100%, 100%, 72%, 72% et 57%, avec une diminution significative (43%) chez la concentration la plus élevée.

2-2. La Cinétique de germination :

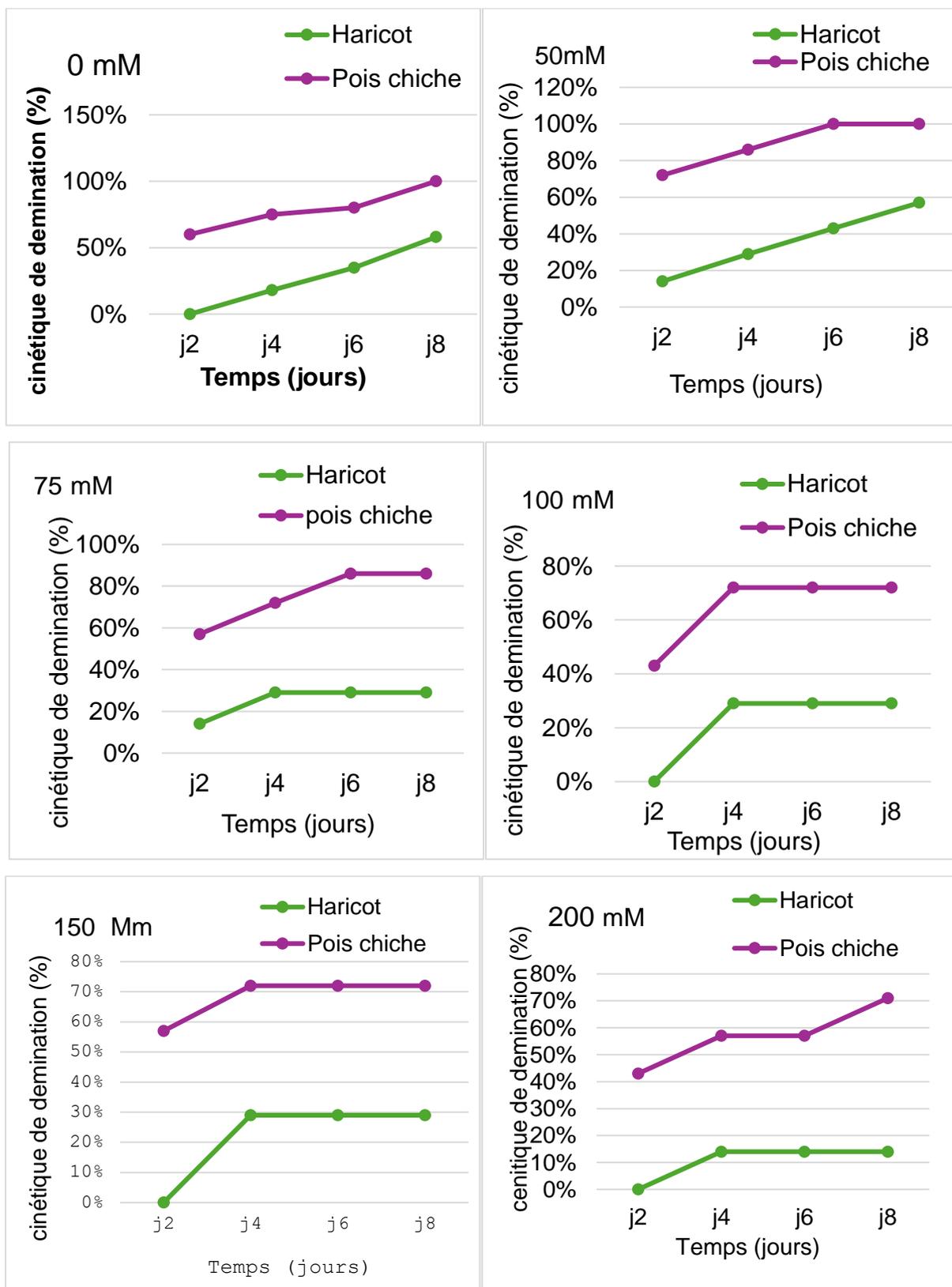


Figure 25: Effets des différentes concentrations salines sur la cinétique de germination des deux variétés étudiées.

La figure 25 représente l'évolution de la germination des deux variétés étudiées en fonction du temps (8 jours) pour l'ensemble des traitements (0mM, 50mM, 75mM, 100mM, 150mM et 200mM).

Lorsque le sel n'est pas présent, la germination des graines après 24 heures chez le haricot est de 0 et chez le pois chiche est 5,96.

En utilisant des concentrations de (50mM) et (75mM), la variété de pois chiche a connu les taux de germination les plus élevés par rapport à la variété du haricot. Des taux de germination élevés ont été observés pour les deux variétés après 2 jours.

Les résultats sous la concentration (100 mM) indiquent une augmentation et une stabilité de la germination pour les deux variétés par rapport au premier jour de l'expérience. En général, la variété d'haricot a connu les taux de germination les plus bas par rapport à la variété du pois chiche pour la concentration (150 mM). En utilisant une concentration de (200 mM) de NaCl, nous avons observé une germination faible et une stabilité en particulier pour la variété du haricot.

2-3. Taux quotidien de la germination :

2-3.1- Taux quotidien de la germination de la variété Haricot « *Coco rose* » :

Le taux quotidien de la germination de la variété « *Coco rose* » est représenté dans la figure 26 :

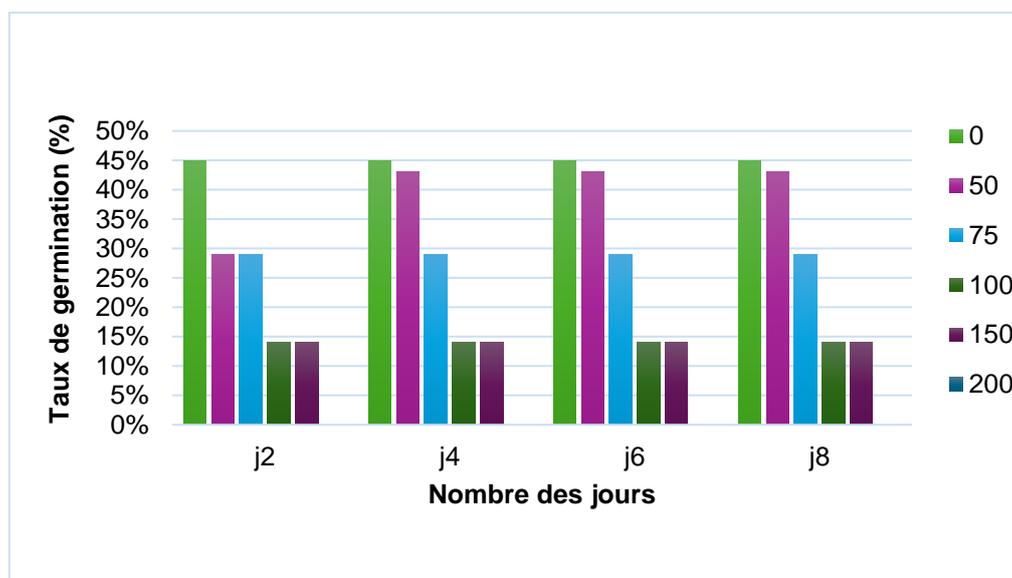


Figure 26: Taux quotidien de germination de la variété « *Coco rose* ».

Selon la représentation graphique, nous avons constaté que le taux de germination de la variété coco rose était de 45 % après 24 heures en l'absence de sel. Après 48 heures, le taux de

germination est resté constant à 45 %, tandis que le taux de germination était de 45 % le 3ème et le 4ème jour.

Le taux de germination est de 29 % lors du premier jour à 50 mM, tandis que le taux de germination est élevé à 46 % le deuxième jour. Après cela, le taux de germination reste stable jusque à 4 % à la fin de l'expérience.

Au niveau de 75 mM de NaCl, le taux de germination après 24 heures est de 29 %, tandis que dans le deuxième, troisième et quatrième jour, la germination est de 29 %.

Dans le 2ème jour, lors du traitement à 100mM, le taux de germination était de 15%, tandis que dans le 4ème, 6ème et 8ème jour, le taux de germination est resté de 15%.

En ce qui concerne la concentration de 150mM, il est observé que le taux de germination reste constant pendant les 8 jours de stress à 15%.

Pour la concentration 200mM aucune graine n'a germé.

2-3.2- Taux quotidien de la germination de la variété Pois chiche « *Flip R2* »

Le taux quotidien de la germination de la variété « *Flip R2* » est représenté dans la figure 27 :

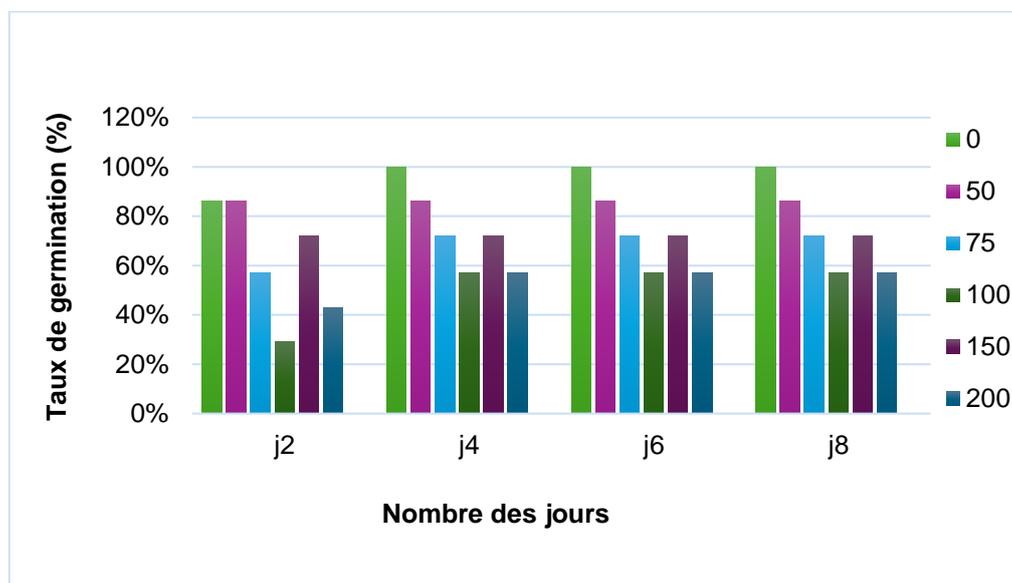


Figure 27: Taux quotidien de germination de la variété « *Flip R2* ».

Selon les résultats présentés dans la figure 27, il est observé que la germination des graines à une concentration de 0mM est de 83 % le 2ème jour. Ce taux est ensuite augmenté à 100 % après 48 heures et reste stable jusqu'au 8ème jour.

Après 24 heures, la germination était de 83 % sous la concentration 50 mM, et elle reste stable jusqu'à la fin de l'expérience.

Lors du traitement avec 75mM, la germination enregistrée est de 46% au 2ème jour, ce pourcentage augmente au 4ème jour pour atteindre 65%, tandis que le taux reste de 65% le 6ème et le 8ème jour.

Au niveau de 100mM de NaCl, la germination débute avec un taux de germination de 23%. Au cours du 4ème jour, le taux de germination augmente jusqu'à 57% et reste constant jusqu'à la fin de l'expérience.

La concentration de 150mM permet de constater que le taux de germination reste constant pendant les 8 jours, avec un taux de 66%. Au cours de l'expérience précédente (200mM), le taux de germination du stress salin était de 42%. Dans le 4ème jour, on a constaté des augmentations jusqu'à la fin de l'expérience à partir de 58%.

3-Effet de la salinité sur la croissance :

3- 1. La surface foliaire :

La figure 28 représente la surface foliaire des deux variétés Pois chiche « *Flip R 2* » et Haricot « *Coco roses* » sous stress salin :

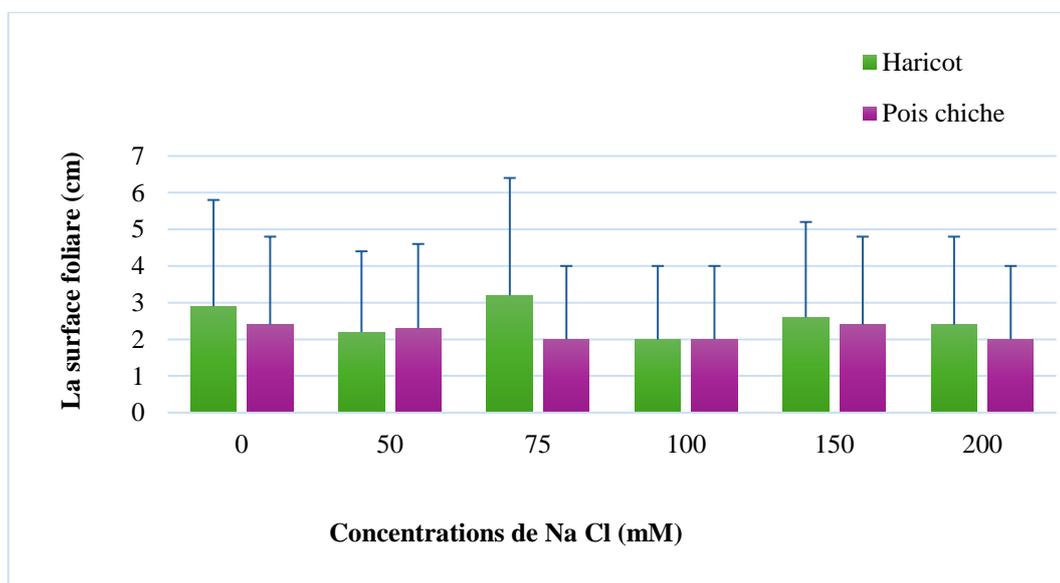


Figure 28: Surface foliaire des deux variétés sous stress salin.

Les données présentées dans la Figure 28 démontrent une grande similitude pour ce paramètre entre les deux espèces. Effectivement, on obtient un taux maximal de 3,43% pour le haricot à une concentration de 75mM et de 2,34% pour le pois chiche à une concentration de 150mM.

- **Analyses statistiques** : Les résultats des analyses statistiques de ce paramètre sont illustrés dans les tableaux suivants.

Tableau 3: Analyse de la variance AV1 de la surface foliaire de la variété Pois chiche « Flip R2 ».

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT	5	0,696	0,139	0,97	0,475
Error	12	1,726	0.144		
Total	17	2,422			

Tableau 4: Analyse de la variance AV1 de la surface foliaire de la variété d'Haricot « Coco rose ».

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT	5	2,824	0,565	1,57	0,242
Error	12	4,318	0,360		
Total	17	7,143			

Selon les analyses de la variance, il est observé que les concentrations de NaCl (50, 75, 100, 150, 200mM) ne présentent pas de différence significative sur la surface foliaire pour les deux variétés ($p > 0,05$).

Tableau 5: Analyse de la variance AV2 (surface foliaire).

Source	DF	SeqSS	AdjSS	AdjMS	F	P
Variétés	5	2,1003	2,1003	0,4201	1,67	0,181
Variétés*TRAITEMENTS	5	1,4203	1,4203	0,2841	1,13	0,373
TRAITEMENTS	1	1,1678	1,1678	1,1678	4,64	0,042
Error	24	6,0446	6,0446	0,2519		
Total	35	10,7330				

Les résultats du tableau 5 montrent qu'il n'y a pas une différence significative entre les deux variétés étudiées ($p > 0,05$).

L'interaction entre les variétés et les traitements est non significative ($p > 0,05$).

3-2. Longueur de la racine principale :

La figure suivante représente les résultats de la longueur des racines principales chez les deux variétés testées :

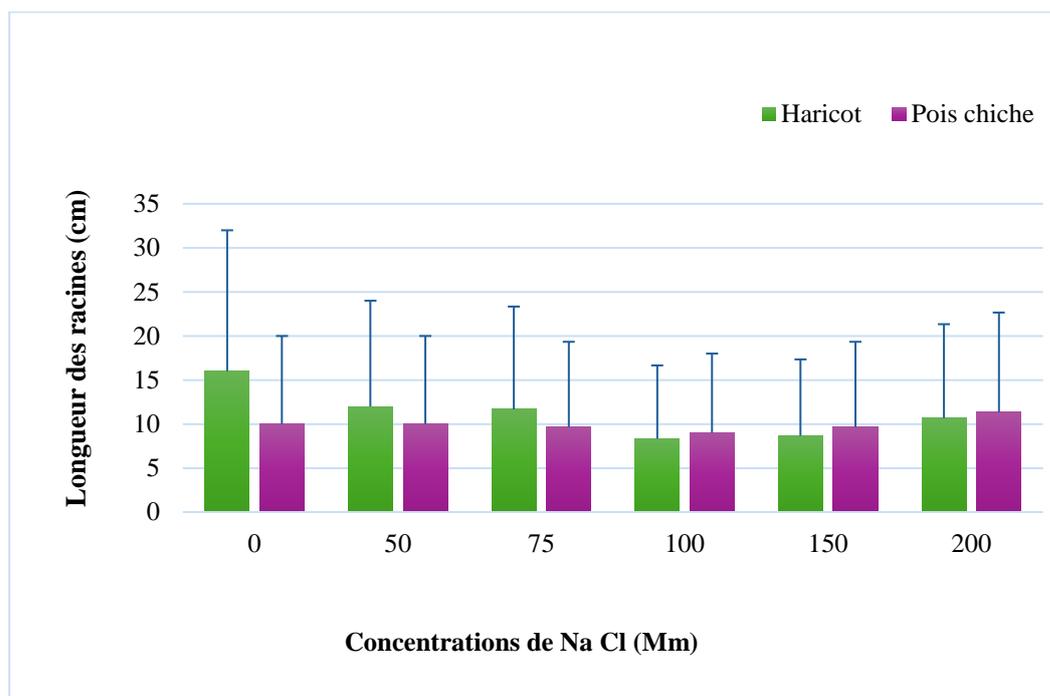


Figure 29: Longueur de la racine principale chez les variétés testées.

Selon nos résultats, les modifications sont plus marquées à des concentrations élevées de NaCl, en particulier à des concentrations de 100Mm et 150Mm chez les deux variétés.

L'axe principal est restreint par des valeurs similaires (15,85 à 8,8 cm) pour la variété d'haricot et par des valeurs différentes (11 à 9 cm) pour le pois chiche. On enregistre la longueur maximale au niveau du lot 0 mM pour le haricot et du lot 200 mM pour le pois chiches.

➤ Analyses statistiques :

Les tableaux 6, 7 et 8 montrent les résultats statistiques réalisés pour ce paramètre.

Tableau 6: Analyse de la variance AV1 de la variété de pois chiche « Flip R2 » (Longueur de la racine principale).

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT	5	9,33	1,87	0,84	0,546
Error	12	26,67	2,22		
Total	17	36,00			

Selon l'analyse de la variance à un critère de classification, il est observé que les concentrations de NaCl (50, 75,100, 150 et 200mM) ne présentent pas de différence significative dans la longueur des racines principales pour la variété de pois chiche ($p>0,05$).

Tableau 7: analyse de la variance AV1 de la variété d'Haricot « coco rose » (Longueur de la racine principale).

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT	5	202,3	40,5	1,49	0,265
Error	12	326,7	27,2		
Total	17	528,9			

Selon l'analyse de la variance, il est observé que les concentrations de NaCl (50, 75,100, 150 et 200mM) ne présentent pas de différence significative dans la longueur des racines principales pour la variété d'haricot ($p>0,05$).

Tableau 8: Analyse de la variance AV2 (Longueur de la racine principale).

Source	DF	SeqSS	AdjSS	AdjMS	F	P
Variétés	5	119,14	119,14	23,83	1,62	0,193
Variétés*TRAITEMENTS	5	92,47	92,47	18,49	1,26	0,315
TRAITEMENTS	1	38,03	38,03	38,03	2,58	0,121
Error	24	353,33	353,33	14,72		
Total	35	602,97				

Une différence non significative est observée entre les deux variétés, tandis que pour l'interaction entre les variétés et les traitements, la différence est également non significative ($p > 0,05$).

3-3. Longueur des parties aériennes :

La Longueur des parties aériennes est représentée dans la figure 30.

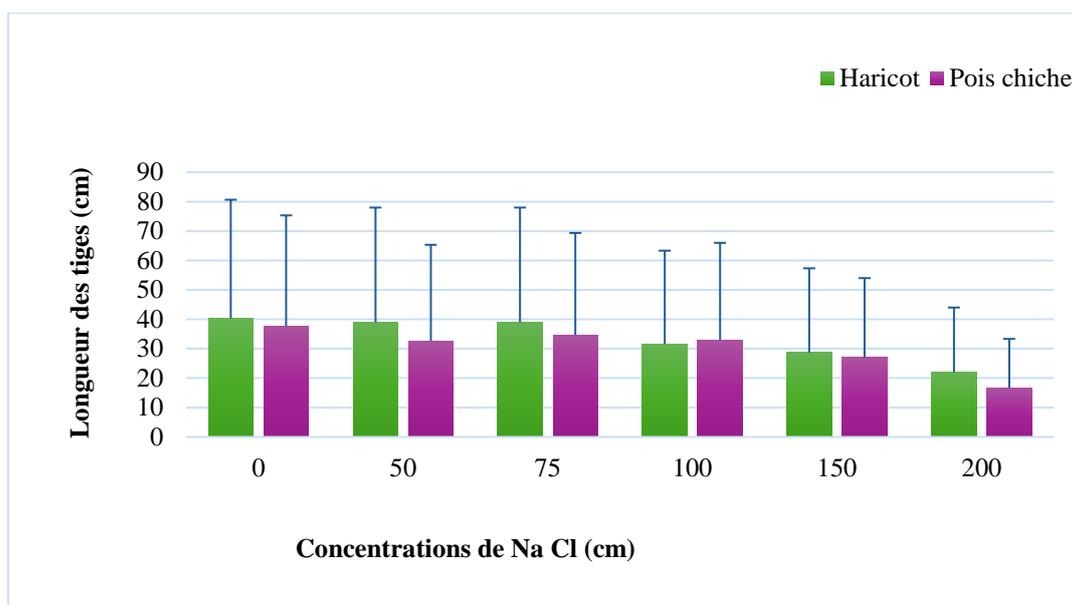


Figure 30: Longueur des tiges des deux variétés sous stress salin

Selon la figure 30, il est évident que la longueur de la tige principale n'est pas fortement influencée par la présence de sel dans l'environnement, et ce, chez les deux variétés traitées avec des concentrations de NaCl plus élevées (50, 75 et 150 mM) par rapport aux témoins. Une diminution de la longueur de la tige a été observée dans les concentrations (150 et 200 mM) pour les deux variétés.

La longueur la plus élevée est observée pour la variété de coco rose à une concentration de 75 mM (35 cm), tandis que pour la variété de pois chiche, la valeur la plus élevée est de 38 cm chez le témoin. La tige la plus courte a été enregistrée dans la concentration de 200 mM, avec des valeurs de 21 cm et 18 cm respectivement pour la variété d'haricot et de pois chiche.

➤ Analyses statistiques :

Les analyses statistiques de ce paramètre sont montrées dans les tableaux suivants :

Tableau 9: Analyse de la variance AV1 de la variété Pois chiche « Flip R2 » (Longueur des parties aériennes).

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT	5	848,9	169,8	3,91	0,025
Error	12	520,7	43,4		
Total	17	1369,6			

Selon l'analyse de la variance, il a été constaté que les concentrations de NaCl (50, 75, 100, 150, 200 mM) ont une influence significative sur la longueur des parties aériennes principales pour la variété de pois chiche ($p < 0,05$).

Tableau 10: Grouping Information Using Tukey Method de la variété Pois chiche « Flip R2 » :

treatments	N	Mean	Grouping
0	3	37,667	A
2	3	34,667	A B
3	3	33,000	A B
1	3	32,667	A B
4	3	27,000	A B
5	3	16,667	B

Tableau 11: Analyse de la variance AV1 de la variété d'Haricot « Coco rose » (Longueur des parties aériennes).

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT	5	798,4	159,7	4,36	0,017
Error	12	440,0	36,7		
Total	17	1238 ,4			

Les résultats de l'analyse de la variance indiquent que les concentrations de NaCl (50, 75, 100, 150, 200 mM) présentent une inégalité significative dans la longueur des parties aérienne principale pour la variété d'haricot ($p < 0,05$).

Tableau 12: Grouping Information Using Tukey Method de la variété Haricot Coco rose:

treatments	N	Mean	Grouping
0	3	40,333	A
2	3	39,000	A
3	3	39,000	A
1	3	31,667	A B
4	3	28,667	A B
5	3	22,000	B

Tableau 13: Analyse de la variance AV2 (Longueur des parties aériennes).

Source	DF	SeqSS	AdjSS	AdjMS	F	P
Variétés	5	1589,14	1589,14	317,83	7,94	0,000
Variétés*TRAITEMENTS	5	58,25	58,25	11,65	0,29	0,913
TRAITEMENTS	1	90,25	90,25	90,25	2,25	0,146
Error	24	960,67	960,67	40,03		
Total	35	2698,31				

Une différence significative est observée entre les deux variétés, tandis que pour l'interaction entre les variétés et les traitements, la différence est également non significative ($p > 0,05$).

3-4. Poids frais des racines :

La figure 31 montre le poids frais des racines des deux variétés testées.

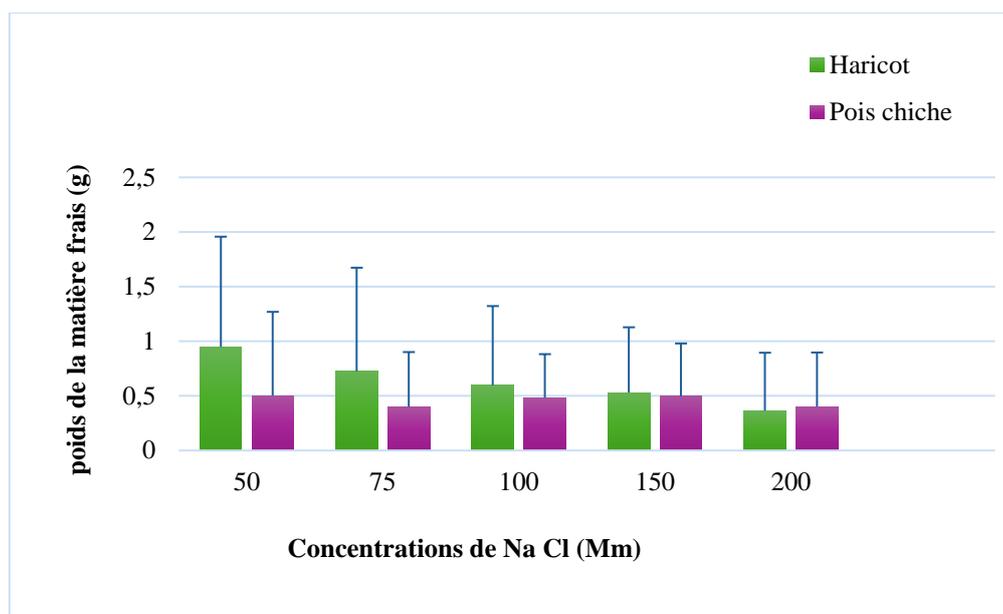


Figure 31: Poids frais des racines des deux variétés sous stress salin.

La figure 32 montre que le poids de la variété d'haricot est plus élevé que celui de la variété de pois chiche dans les différentes concentrations. Pour les concentrations 0 et 100 mM, la variété de pois chiche présente un poids frais inférieur à celui du haricot. Pour les concentrations restantes, nous avons observé une baisse du poids frais des racines pour les variétés de pois chiche à 100, 150 et 200 mM (0,51 g, 0,53 g et 0,4 g). En revanche, nous avons constaté une diminution significative pour toutes les concentrations du haricot. Le poids avec la concentration la plus élevée est de 0,9 g. La concentration minimale est de 0,38 g à 200 Mm.

- **Analyses statistiques :** les tableaux 14, 15, 16 et 17 montrent les résultats statistiques de l'analyse de la variance.

Tableau 14: Analyse de la variance AV1 de la variété Pois chiche « Flip R2 » (Le poids frais des racines).

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT	5	0,2770	0,0554	2,82	0,066
Error	12	0,2357	0,0196		
Total	17	0,5127			

Selon l'analyse de la variance, il ressort que les concentrations de NaCl (50, 75, 100, 150, 200 mM) n'ont pas un effet significatif sur le poids frais des racines pour la variété de pois chiche ($p > 0,05$).

Tableau 15: Analyse de la variance AV1 de la variété d'Haricot « coco rose » (le poids frais des racines).

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT	5	0,2770	0,0554	2,82	0,019
Error	12	0,2357	0,0196		
Total	17	0,8127			

Selon l'analyse de la variance, il est démontré que les concentrations de NaCl (50, 75, 100, 150, 200 mM) causent une disparité significative dans le poids frais des racines pour la variété d'haricot ($p < 0,05$).

Tableau 16: Grouping Information Using Tukey Method de la variété Haricot « coco rose »:

trait	N	Mean	Grouping
0	3	1,0090	A
1	3	0,9473	A
2	3	0,7247	A B
3	3	0,5973	A B
4	3	0,5310	A B
5	3	0,3640	B

Tableau 17: Analyse de la variance AV2 (le poids frais des racines).

Source	DF	SeqSS	AdjSS	AdjMS	F	P
Variétés	5	0,93477	0,93477	0,18695	5,89	0,001
Variétés*TRAITEMENTS	5	0,26963	0,26963	0,05393	1,70	0,173
TRAITEMENTS	1	0,32986	0,32986	0,32986	10,40	0,004
Error	24	0,76143	0,76143	0,03173		
Total	35	2,29568				

Selon les résultats obtenus, il est possible de constater une différence significative entre les deux variétés et il n'y a pas d'effet pour l'interaction variété et traitement.

3-5. Poids sec des racines :

La figure 32 représente le poids sec des racines de deux variétés testées.

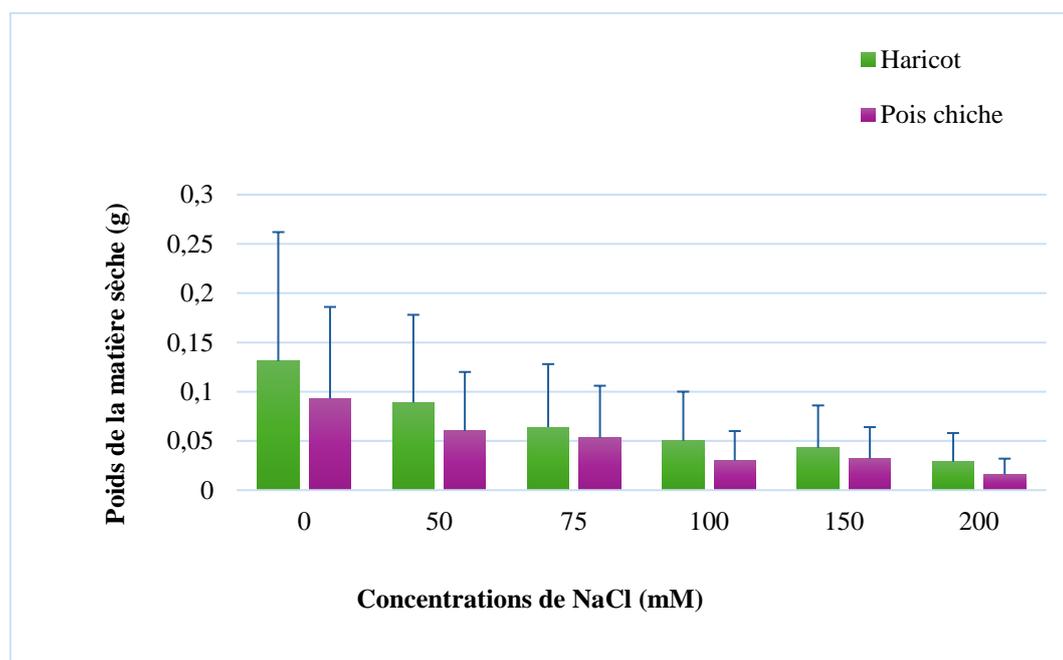


Figure 32: Poids sec des racines des deux variétés sous stress salin.

Selon la figure 33, il est possible d'évaluer l'impact de la salinité sur le développement des deux variétés étudiées en mesurant le poids des racines après le séchage. Nous observons une diminution graduelle des poids pour les concentrations de 0mM, 50mM et 75mM (0,13g, 0,12g et 0,11g) pour la variété d'haricot. Par la suite, nous avons observé une stabilité du poids sec

des racines à 100mM et 150mM (0,06g, 0,06g) ainsi qu'une faible variation dans les concentrations de 200mM, notée à 0,03.

Nous avons observé chez le pois chiche à des concentrations de 75mM, 100mM et 150mM, les poids (0,06g, 0,05g et 0,05g) respectivement, tandis que le poids enregistré à une concentration de 50mM est plus élevé (0,05g) par rapport au témoin (0,11g) et à une concentration de 200mM est de (0,04) g.

➤ **Analyses statistiques :** Les tableaux suivants montrent les résultats de l'anova.

Tableau 18: Analyse de la variance AV1 de la variété Pois chiche « Flip R2 » (Le poids sec des racines).

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT	5	0,011503	0,002301	8,87	0,001
Error	12	0,003113	0,000259		
Total	17	0,014616			

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

Tableau 19: Grouping Information Using Tukey Method de la variété Pois chiche « Flip R2 » :

treatments	N	Mean	Grouping
0	3	0,09333	A
1	3	0,06033	A B
2	3	0,05300	A B C
4	3	0,03200	B C
3	3	0,03000	B C
5	3	0,01600	C

Tableau 20: Analyse de la variance AV1 de la variété Haricot « Coco rose » (Le poids sec des racines).

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT	5	0,020518	0,004104	4,31	0,018
Error	12	0,011413	0,000951		
Total	17	0,031930			

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

Tableau 21: Grouping Information Using Tukey Method de la variété Haricot « Coco rose » :

treatments	N	Mean	Grouping
0	3	0,13067	A
1	3	0,08833	AB
2	3	0,06367	A B
3	3	0,04967	A B
4	3	0,04300	B
5	3	0,02900	B

Tableau 22: Analyse de la variance AV2 (Le poids sec des racines).

Source	DF	SeqSS	AdjSS	AdjMS	F	P
Variétés	5	0,0311483	0,0311483	0,0062297	10,29	0,000
Variétés*TRAITEMENTS	5	0,0008725	0,0008725	0,0001745	0,29	0,915
TRAITEMENTS	1	0,0035800	0,0035800	0,0035800	5,91	0,023
Error	24	0,0145260	0,0145260	0,0006052		
Total	35	0,0501267				

D'après l'étude statistique AV2, nous avons constaté que :

- La différence est significative entre les deux variétés.
- La différence n'est pas significative entre traitement*variété.

3-6. Poids frais des parties aériennes :

La figure 33 représente le poids frais des parties aériennes de deux variétés testées sous stress salin.

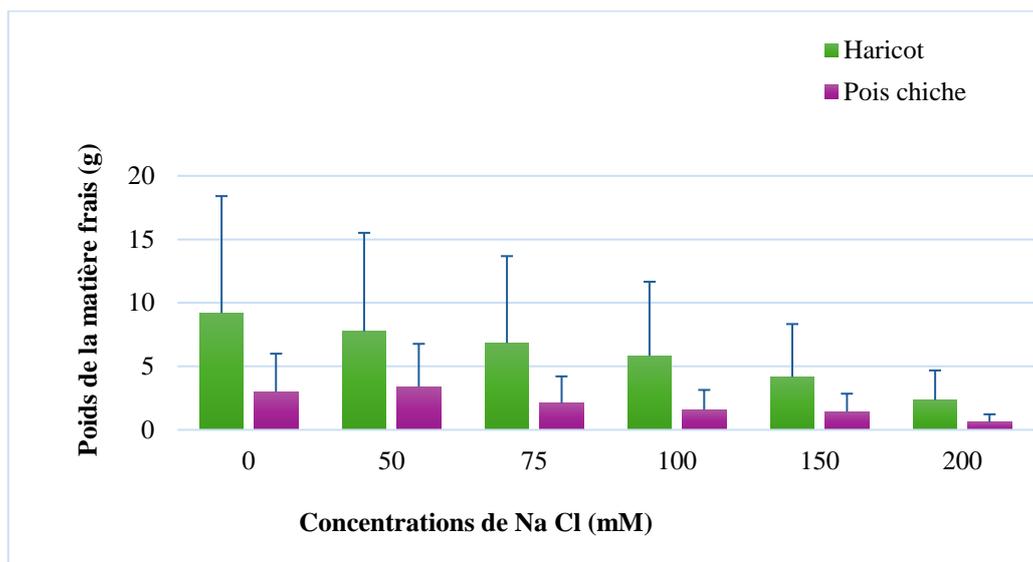


Figure 33: Poids frais des parties aériennes des deux variétés sous stress salin.

Le poids frais des tiges de la variété d'haricot est plus élevé que celui de la variété de pois chiche dans les concentrations de 0mM, 50mM, 75mM, 100mM, 150mM et 200mM, comme le montre la figure 34.

Dans le cas de la variété de pois chiche, le poids des tiges diminue progressivement. En ce qui concerne la concentration 0Mm, le poids est de 2,57g, tandis que pour la concentration 50mM, le poids sec de la tige est de 2,52g et pour la concentration 75mM, le poids de la tige était de 2,00g. En d'autres termes, plus la concentration est élevée, plus le poids est faible.

Dans la variété d'haricot, on observe que le poids des tiges est le plus élevé à 0mM (9,00g) et le plus faible à 200mM (2,20g). Dans les autres concentrations (50 mM, 75 mM, 100 mM et 150 mM), les poids sont respectivement (7,95, 6,45, 5,70 et 4.20g).

➤ Analyses statistiques :

Les tableaux 23, 24, 25, 26 et 27 montrent les études statistiques pour ces paramètres.

Tableau 23: Analyse de la variance AV1 de la variété Pois chiche « Flip R2 » (Le poids frais des parties aériennes).

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT	5	16,075	3,215	9,72	0,001
Error	12	3,968	0,331		
Total	17	20,043			

L'analyse de la variance montre que les concentrations de NaCl (50, 75, 100, 150,200 mM) ont une différence significative sur le poids frais des tiges principales pour la variété de pois chiche ($p < 0,05$).

Tableau 24: Grouping Information Using Tukey Method de la variété Pois chiche « Flip R2 » :

treatments	N	Mean	Grouping
1	3	3,3857	A
0	3	2,9997	A B
2	3	2,1050	A B C
3	3	1,5897	B C
4	3	1,4233	B C
5	3	0,6110	C

Tableau 25: Analyse de la variance AV1 de la variété Haricot « Coco rose »(Le poids frais des parties aériennes).

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT	5	92,56	18,51	17,41	0,000
Error	12	12,76	1,06		
Total	17	105,32			

L'analyse de la variance montre que les concentrations de NaCl (50, 75, 100, 150,200 mM) ont une différence significative sur le poids frais des tiges principales pour la variété d'haricot ($p < 0,05$).

Tableau 26: Grouping Information Using Tukey Method de la variété Haricot « Coco rose » :

Treatments	N	Mean	Grouping
0	3	9,203	A
1	3	7,757	A B
2	3	6,840	A B C
3	3	5,832	B C
4	3	4,165	C D
5	3	2,338	D

Tableau 27: Analyse de la variance AV2 (Le poids frais des parties aériennes).

Source	DF	SeqSS	AdjSS	AdjMS	F	P
Variétés	5	13,7985	13,7985	2,7597	15,39	0,000
Variétés*TRAITEMENTS	5	4,2466	4,2466	0,8493	4,74	0,004
TRAITEMENTS	1	15,3899	15,3899	15,3899	85,82	0,000
Error	24	4,3037	4,3037	0,1793		
Total	35	37,7388				

D'après les résultats, il y a une différence significative entre les deux variétés et également pour l'interaction variétés*traitements ($p < 0,05$).

3-7. Poids sec des parties aériennes :

Le poids sec des parties aériennes des deux variétés sous stress salin est représenté dans la figure 34 :

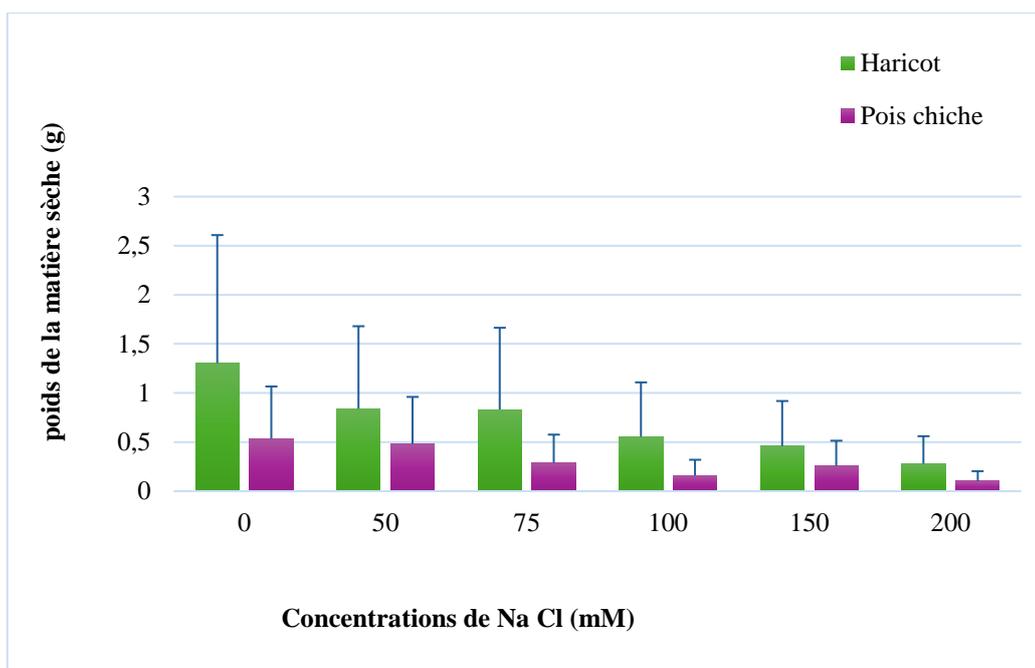


Figure 34: Poids sec des parties aériennes des deux variétés testées.

Selon la figure 34, il est observé que l'élévation des concentrations de NaCl a un impact sur le poids sec des racines dans les deux variétés. Pour la variété d'haricot, nous avons observé le poids le plus élevé à 0mM, avec une valeur de 1,3g. Cependant, nous avons observé une stabilité dans les concentrations de 50mM, 75mM (0,9g) et une diminution dans les concentrations de 100mM, 150mM et 200mM (0,59g, 0,47g et 0,35g). Une réduction du poids sec des tiges a été observée pour la variété de pois chiche à 50mM, 75mM et 100mM (0,03g, 0,03g et 0,01g) par rapport au témoin (0.5g), ainsi que pour les concentrations 150mM et 200mM (0,29 et 0,15).

➤ **Analyses statistiques :**

Les résultats des analyses statistiques sont montrés dans les tableaux suivants.

Tableau 28: Analyse de la variance AV1 de la variété Pois chiche « Flip R2 » (Le poids sec des parties aériennes).

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT	5	0,4426	0,0885	7,70	0,002
Error	12	0,1380	0,0115		
Total	17	0,5806			

L'analyse statistique indique l'existence d'une différence significative dans le poids sec des parties aériennes pour la variété de pois chiche ($p < 0,05$).

Tableau 29: Grouping Information Using Tukey Method de la variété Pois chiche « Flip R2 » :

treatments	N	Mean	Grouping
0	3	0,5330	A
1	3	0,4797	A
2	3	0,2877	A B
4	3	0,2570	A B
3	3	0,1597	B
5	3	0,1017	B

Tableau 30: Analyse de la variance AV1 de la variété Haricot « Coco rose » (Le poids sec des parties aériennes)).

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT	5	1,9696	0,3939	14,08	0,000
Error	12	0,3357	0,0280		
Total	17	2,3054			

Selon l'analyse, il existe une différence significative dans le poids sec des parties aériennes pour la variété d'haricot ($p < 0,05$).

Tableau 31: Grouping Information Using Tukey Method de la variété Haricot « Coco rose »:

treatments	N	Mean	Grouping
0	3	1,3037	A
1	3	0,8397	B
2	3	0,8323	B
3	3	0,5537	BC
4	3	0,4590	BC
5	3	0,2800	C

Tableau 32: Analyse de la variance AV2 (Le poids sec des parties aériennes).

Source	DF	SeqSS	AdjSS	AdjMS	F	P
Variétés	5	2,04044	2,04044	0,40809	20,68	0,000
Variétés*TRAITEMENTS	5	0,37183	0,37183	0,07437	3,77	0,012
TRAITEMENTS	1	1,50022	1,50022	1,50022	76,01	0,000
Error	24	0,47370	0,47370	0,01974		
Total	35	4,38619				

Selon les résultats de l'AV2, on constate une différence significative entre les deux variétés et aussi pour l'interaction variétés-traitements ($p < 0,05$).

3-8. Effets de la salinité sur les pigments chlorophylliens :

3-8.1- Teneur de chlorophylle (a) (Chl a) :

La figure 35 montre la teneur de chlorophylle (a) (Chl a) chez les deux variétés Haricot « Coco rose » et Pois chiche « Flip R2 » sous stress salin :

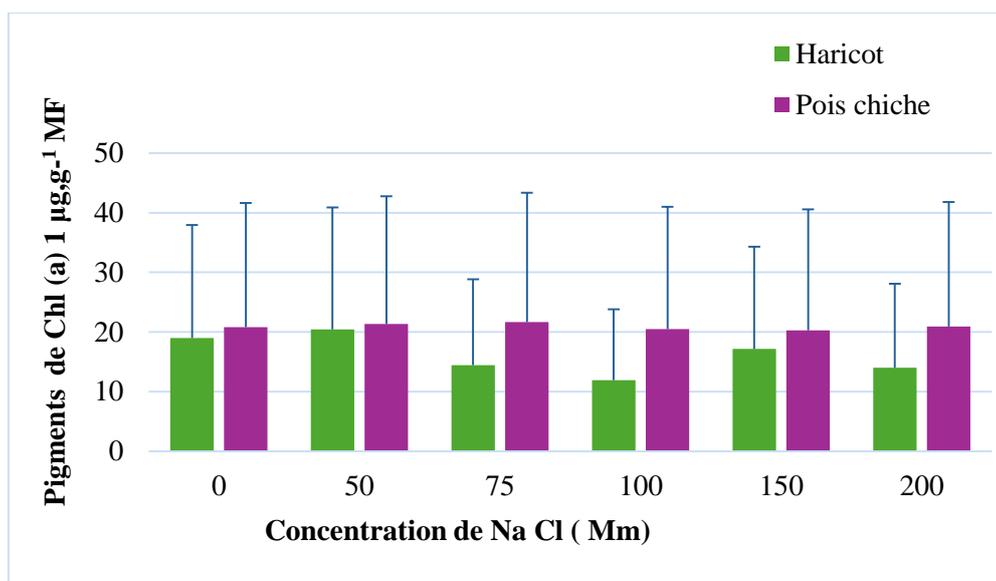


Figure 35: Chlorophylle (a) des deux variétés testées sous stress salin.

Le sel présent dans l'environnement entraîne également une diminution des concentrations en chlorophylle (a) chez la variété d'haricot par rapport à la variété de pois chiche qui a des valeurs plus élevées.

On a observé les réductions les plus significatives des pigments à des concentrations de 75 mM, 100 mM et 200 mM chez le haricot (15,59 1 µg. g⁻¹ MF, 12,29 1 µg. g⁻¹ MF et 13,70 1 µg. g⁻¹ MF), tandis que la valeur augmente à 150 mM (17,81 1 µg. g⁻¹ MF) par rapport au témoin (19,36 1 µg. g⁻¹ MF).

Les valeurs des concentrations 50Mm, 75Mm chez la variété de pois chiche ont été observées (21,80 µg. g⁻¹ MF, 22,95 1µg.g⁻¹MF) et une stabilité chez les concentrations 100Mm, 150Mm (201µg.g⁻¹MF) et dans la concentration de 200mM (21,22 1µg.g⁻¹MF) la teneur en chlorophylle (a) a augmenté et la valeur est proche du témoin (21, 1µg.g⁻¹MF).

➤ **Analyses statistiques :** Les résultats sont présentés dans les tableaux 33, 34 et 35

Tableau 33: Analyse de la variance AV1 de la variété Pois chiche « Flip R2 » (la teneur de chlorophylle (a)).

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT	5	4,115	0,823	1,12	0,403
Error	12	8,855	0,738		
Total	17	12,970			

Selon l'analyse de la variance, on constate une différence non significative entre les concentrations de NaCl (50, 75, 100, 150, 200 mM) sur la chlorophylle (a) pour la variété de pois chiche ($p>0,05$).

Tableau 34: Analyse de la variance AV1 de la variété Haricot « Coco rose » (la teneur de chlorophylle (a)).

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT	5	158,8	31,8	1,39	0,294
Error	12	273,6	22,8		
Total	17				

Selon l'analyse de la variance, on constate une différence non significative entre les concentrations de NaCl (50, 75, 100, 150, 200 mM) et la chlorophylle (a) pour la variété d'haricot. ($p>0,05$).

Tableau 35: Analyse de la variance AV2 (la teneur de chlorophylle (a)).

Source	DF	SeqSS	AdjSS	AdjMS	F	P
Variétés	5	85,91	85,91	17,18	1,46	0,240
Variétés*TRAITEMENTS	5	77,04	77,04	15,41	1,31	0,293
TRAITEMENTS	1	204,44	204,44	204,44	17,37	0,000
Error	24	282,47	282,47	11,77		
Total	35	649,87				

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

3-8.2- Teneur en chlorophylle (b) (Chl b) :

La figure 36 montre la teneur de chlorophylle (b) des deux variétés testées.

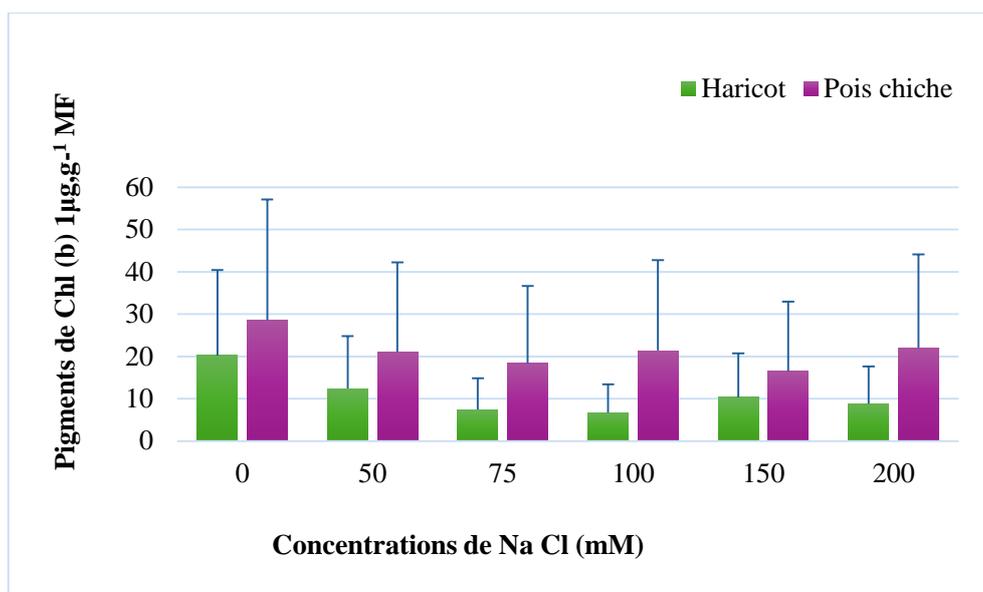


Figure 36: Chlorophylle (b) des deux variétés étudiées sous stress salin.

Les conclusions de cette étude montrent que la concentration en chlorophylle (b) varie chez les deux variétés en fonction des concentrations. Les concentrations de 75mM, 100mM, 150mM et 200mM ont donné les valeurs de (5,90 $\mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$, 6,88 $\mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$, et 10,0 $\mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$, 6,88 $\mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$). La valeur la plus élevée a été obtenue avec la concentration de 50mM pour la variété d'haricot.

En revanche, chez la variété de pois chiche, on observe une augmentation de la chlorophylle (b) lors des traitements à 50mM, 100mM, 150mM et 200mM. Nous avons observé des teneurs de pigments (20 $\mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$, 21.50 $\mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$, 15,55 $\mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$, 21.32 $\mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$). De plus, la teneur en chlorophylle (b) est très faible à 75mM (16.401 $\mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$) par rapport au témoin.

Les résultats de cette étude indiquent que la teneur en chlorophylle (b) diffère chez les deux variétés en fonction des niveaux de concentration. Des valeurs de (5,90 $\mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$, 6,88 $\mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$, 10,0 $\mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$, 6,88 $\mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$) ont été obtenues pour les concentrations de 75mM, 100mM, 150mM et 200mM. La concentration de 50mM a donné la valeur la plus élevée pour la variété d'haricot. L'augmentation de la chlorophylle (b) est, en revanche, observée chez la variété de pois chiche à 50 mM, 100 mM, 150 mM et 200 mM, des teneurs en pigments de (20 $\mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$, 21.50 $\mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$, 15,55 $\mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$, 21,32 $\mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$) ont été observés. En outre, le taux de chlorophylle b est élevé. La quantité de chlorophylle b est extrêmement faible, atteignant seulement à 75 mM (16.401 $\mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$) par rapport au témoin.

- **Analyses statistiques :** Les analyses statistiques sont montrées dans les tableaux suivants.

Tableau 36: Analyse de la variance AV1 de la variété Pois chiche « Flip R2 » (la teneur de chlorophylle (b)).

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT	5	255,8	51,2	3,14	0,049
Error	12	195,7	16,3		
Total	17	451,5			

Selon l'analyse de la variance à un seul critère de classification, on constate une différence significative entre les concentrations de NaCl (50, 75, 100, 150, 200 mM) pour la chlorophylle (b) pour la variété de pois chiche ($p < 0,05$).

Tableau 37: Grouping Information Using Tukey Method de la variété Pois chiche « Flip R2 » :

treatments	N	Mean	Grouping
0	3	28,561	A
5	3	22,049	A B
3	3	21,380	A B
1	3	21,120	A B
2	3	18,334	A B
4	3	16,489	B

Tableau 38: Analyse de la variance AV1 de la variété Haricot « Coco rose » (la teneur de chlorophylle (b)).

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT	5	369,7	73,9	4,42	0,016
Error	12	200,8	16,7		
Total	17	200,8			

Selon l'analyse de la variance, on constate une différence significative entre les concentrations de NaCl (50, 75, 100, 150, 200 mM) pour la chlorophylle (b) chez la variété d'haricot. ($p < 0,05$).

Tableau 39: Grouping Information Using Tukey Method de la variété Haricot « Coco rose »:

treatments	N	Mean	Grouping
0	3	20,210	A
1	3	12,420	A B
4	3	10,352	A B
5	3	8,813	B
2	3	7,434	B
3	3	6,700	B

Tableau 40: Analyse de la variance AV2 (la teneur de chlorophylle (b)).

Source	DF	SeqSS	AdjSS	AdjMS	F	P
Variétés	5	547,77	547,77	109,55	6,63	0,001
Variétés*TRAITEMENTS	5	77,76	77,76	15,55	0,94	0,472
TRAITEMENTS	1	961,11	961,11	961,11	58,19	0,000
Error	24	396,43	396,43	16,52		
Total	35	1983,08				

Les résultats de l'AV2 pour ce paramètre indiquent :

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

3-8.3- Teneur de chlorophylle total (chlorophylle (a+b)) :

La figure 37 représente la teneur en chlorophylle total chez les deux variétés :

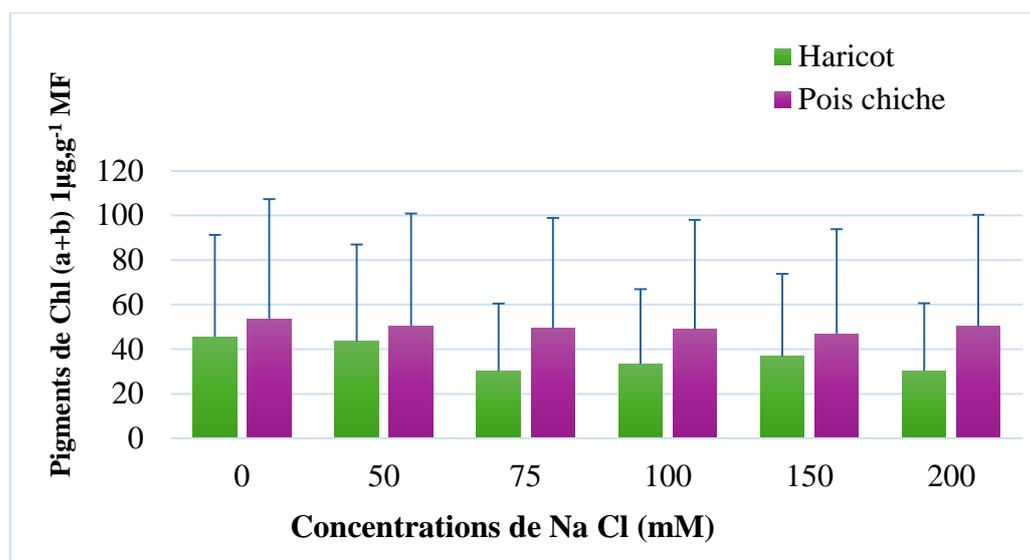


Figure 37: La teneur en chlorophylle (a+b) des deux variétés sous stress

Les données présentées dans la figure 38 démontrent une distinction significative pour ce paramètre entre les deux espèces.

Les teneurs en chlorophylle (a+b) des deux variétés étudiées augmentent en raison des différentes concentrations de sel. Il est observé que les résultats sont élevés pour la variété de pois chiche. Les valeurs enregistrées sont ($47.53 \mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$, $50.17 \mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$, $45.70 \mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$ et $43.23 \mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$) pour les concentrations de 50mM, 75mM, 100mM et 150mM, ainsi qu'une augmentation pour les concentrations de 200mM ($46,23 \mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$).

Les résultats pour la deuxième variété d'haricot sont assez similaires aux concentrations changeantes par rapport au témoin. Les valeurs sont ($42.20 \mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$ et $51.50 \mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$) pour les concentrations (0mM et 50mM). De plus, dans les concentrations (75mM, 100mM, 150mM et 200mM), nous avons observé les teneurs en chlorophylle (a+b) respectivement ($23,99 \mu\text{g.g}^{-1}\text{MF}$, $30 \mu\text{g.g}^{-1}\text{M}$, $35,21$, $33,12 \mu\text{g.g}^{-1}\text{M}$).

➤ **Analyses statistiques :**

Tableau 41: Analyse de la variance AV1 de la variété Pois chiche « Flip R2 » (teneur en chlorophylle total chlorophylle (a+b)).

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT	5	71,63	14,33	5,30	0,008
Error	12	32,43	2,70		
Total	17	104,06			

Selon l'analyse de la variance, on constate une différence significative entre les concentrations de NaCl (50, 75, 100, 150, 200 mM) pour la chlorophylle (a+b) pour la variété de pois chiche ($p < 0,05$).

Tableau 42: Grouping Information Using Tukey Method de la variété Pois chiche « Flip R2 » :

treatments	N	Mean	Grouping
0	3	53,629	A
1	3	50,470	A B
5	3	50,153	A B
2	3	49,458	A B
3	3	49,043	B
4	3	46,956	B

Tableau 43: Analyse de la variance AV1 de la variété Haricot « Coco rose » (Teneur en chlorophylle total chlorophylle (a+b)).

Source	DF	SS	MS	F	P
TRAIT	5	658,4	131,7	1,53	0,252
Error	12	1032,0	86,0		
Total	17	1690,4			

Selon l'analyse de la variance, on constate une différence non significative entre les concentrations de NaCl (50, 75, 100, 150, 200 mM) pour la chlorophylle (a+b) pour la variété d'haricot. ($p < 0,05$).

Tableau 44: Analyse de la variance AV2 (teneur en chlorophylle (a+b)).

Source	DF	SeqSS	AdjSS	AdjMS	F	P
Variétés	5	486,96	486,96	97,39	2,20	0,088
Variétés*TRAITEMENTS	5	243,08	243,08	48,62	1,10	0,388
TRAITEMENTS	1	1588,08	1588,08	1588,08	35,81	0,000
Error	24	1064,38	1064,38	44,35		
Total	35	3382,50				

D'après les résultats, il y a une différence non significative entre les deux variétés, et pour l'interaction entre les variétés et les traitements, la différence est également non significative ($p > 0,05$).

Discussion :

La salinité du sol peut influencer de manière importante la germination et la croissance des cultures. Quand le sol est trop salé, les graines peuvent être incapables d'absorber l'eau nécessaire à leur germination. En outre, une surabondance de sel peut altérer l'équilibre des nutriments indispensables à la croissance des plantes, ce qui peut provoquer un ralentissement de la croissance, des carences nutritionnelles et même la mort des végétaux (**Bartels et Sunkar 2005**).

Nos résultats indiquent que les différentes concentrations de NaCl ont un impact négatif sur la germination et la croissance des deux variétés étudiées.

Plusieurs études ont montré que la plupart des plantes sont sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée, dont l'effet nocif du sel est de nature osmotique ou bien toxique (**Maillard, 2001**). De même **Hajlaoui et al.** En (**2007**) ont rapporté une diminution de la capacité germinative chez des deux variétés de pois chiche (Flip R2) et du Haricot (Coco rose).

Okçu et al. en (**2005**) ont démontré que l'application des différents niveaux de NaCl induit une réduction significative du taux de germination final chez les cultivars des deux variétés étudiées pois chiche (Flip R2) et du Haricot (Coco rose). Des résultats comparables ont été observés chez différentes variétés de haricot (**Kaymakanova, 2009 ; Cokkizgin, 2012**), de pois chiche(**Hajlaoui et al., 2007**), de lentille (**El-Monem et Sharaf, 2008**) et d'autres légumineuses fourragères (**Nichols et al., 2009 ; Wu et al., 2011**).

L'effet de NaCl sur le comportement germinatif des graines se traduit par une augmentation du temps de latence et une diminution de la vitesse et du taux de germination (**Kaymakanova, 2009**).

Les résultats de notre étude ont démontré que les concentrations utilisées n'ont pas d'impact sur la longueur des racines chez les deux variétés d'haricot et de pois chiche. En ce qui concerne la longueur des tiges, les deux variétés ont été affectées.

Plusieurs recherches ont démontré que l'absorption du NaCl par les graines provoque des effets toxiques sur la germination et par conséquent, empêche la croissance des racicules. (**Xue et al., 2004 ; Martinez et al., 2004**).

D'autre part **Perez et Tambelini (1995)**, ont signalé que les concentrations élevées de sel, particulièrement le chlorure de sodium (NaCl) peuvent inhiber l'activité enzymatique des graines et retarder la sortie et le développement de la racine.

Les travaux de **Warne et al. (1990)**, ont montré à cet égard que les signes de stress les plus évidents au niveau de la végétation arrosée par des eaux chargées en sel sont ceux d'une sécheresse physiologique se manifestant par un aspect général rabougri de la plante, par une diminution de la surface foliaire, de la masse racinaire et par un dessèchement partiel de la végétation.

En effet, des auteurs comme **Bartels et Sunkar (2005)**, **Hassani et al. En 2008**, signalent que sous l'effet du stress salin, les plantes présentent des adaptations telles qu'un faible allongement des organes, un raccourcissement des tiges et une diminution de la surface foliaire.

Selon notre étude et les analyses statistiques, les concentrations de NaCl utilisées n'ont pas d'effet sur le poids frais des racines de la variété de pois chiche, mais elles ont un impact sur le poids sec des racines des deux variétés ainsi que sur le poids frais des haricots.

Dans notre étude le chlorophylle (b) est affectée chez le haricot mieux que le pois chiche dans les concentrations forte du milieu, cependant (**Acila, 2003**) a montré que la concentration saline, provoque un effet néfaste sur la production des feuilles, et diminue nettement la teneur en chlorophylles totale chez deux variétés de blé dur (*Triticum Durum* Desf.).

D'après les résultats des analyses statistiques, on constate que la chlorophylle (a) et la chlorophylle totale chez la variété d'Haricot « Coco rose » n'ont pas affectée par contre la chlorophylle totale chez la variété Pois chiche « Flip R2 » a enregistré une différence significative.

Conclusion

Conclusion

Les haricots, scientifiquement appelés *Phaseolus vulgaris L*, sont des plantes de la famille des Fabacées, tout comme les pois chiches. Ils sont cultivés pour leurs gousses contenant des graines riches en protéines, en fibres et en divers nutriments essentiels. Les haricots sont une source importante de protéines végétales (Augagneur et al., 2022).

Les pois chiches, scientifiquement connus sous le nom de *Cicer arietinum L*, sont des légumineuses appartenant à la famille des Fabacées. Ils sont cultivés pour leurs graines riches en protéines, en glucides et en fibres. Les pois chiches sont une source importante de nutriments essentiels tels que le fer, le zinc (Saxena et Singh, 1987).

Parmi les contraintes affectant ces qualités, la salinité constitue un problème majeur. Le stress est un ensemble de condition qui provoque des changements de processus physiologique résultant éventuellement en dégâts dommages, blessures, inhibition de croissance ou de développement des plantes. Notre travail comporte deux volets, le premier a été réalisé au laboratoire pour tester l'effet de la salinité sur la germination, et le second volet a été réalisé au niveau de la serre pour étudier l'effet de cette contrainte sur certains paramètres morphologiques et physiologiques, nous avons essayé de contribuer à l'étude de l'effet de la salinité sur la germination et la croissance des deux variétés de pois chiche et de l'haricot. Les résultats obtenus soumises aux différentes concentrations de NaCl (0mM, 50mM, 75mM, 100mM, 150mM et 200mM) ont montré une réponse négative au stress salin, presque les différents paramètres étudiés :

- Le stress salin influence la germination des graines chez les deux variétés, et on observe une influence plus marquée de la salinité sur la germination des graines pour les concentrations élevées de NaCl pour la variété de pois chiche que pour la variété d'haricot.
- Selon les résultats statistiques de l'AV1, il y a une différence non significative entre les traitements utilisés pour l'irrigation des plantes pour les deux variétés. De plus, l'AV2 a également donné le même résultat entre les deux variétés.
- Selon l'analyse de l'AV1, il n'y a pas de différence non significative dans la croissance de la racine pour les deux variétés en ce qui concerne le paramètre de longueur de la racine principale. Les deux variétés ont donné la même réaction (AV2 indique une différence non significative entre les deux variétés pour ce paramètre).

- Les résultats de l'analyse de la longueur de la tige ont démontré une disparité significative entre les concentrations chez les deux variétés et entre les variétés, ce qui signifie que la variété d'haricot résiste mieux au stress salin que la variété de pois chiche.
- L'analyse statistique du paramètre de poids frais des racines a révélé que la différence entre les concentrations chez les deux variétés n'est pas significative, tandis qu'une différence significative entre les variétés (AV2) est observée.
- En ce qui concerne les paramètres de poids sec des racines, l'analyse statistique a révélé une disparité significative entre les concentrations des deux variétés et entre les variétés (AV2).
- L'analyse statistique a démontré que les concentrations de NaCl ont un impact important sur le poids frais des tiges pour les deux variétés, est même pour l'analyse de la variance AV2.
- En ce que concerne le poids sec des tiges les résultats montrent qu'ont un effet significatif sur l'analyse de la variance AV1 pour les deux variétés et même pour l'analyse de la variance AV2
- Pour la chlorophylle (a), 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 montre qu'il n'y pas une différence significative pour la variété de pois chiche par rapport à la variété d'haricot qui était significatif et aussi entre les deux variétés.
- Pour la chlorophylle (a+b) les résultats de l'analyse ont montré qu'il y une différence significative pour la variété de pois chiche et n'y a pas une différence significative entre les concentrations de la variété d'haricot et aussi entre les deux variétés.

Enfin. L'effet du NaCl peut être toxique. D'autre part, les concentrations élevées de salinité agissent négativement sur la croissance en longueur des plantules et réduit aussi bien la taille que la densité des poiles absorbants, en perspective, il est nécessaire d'étudier d'autre paramètres tel que la proline et les sucres totaux pour évaluer l'effet de la salinité et comprendre les stratégies utilisées par les plantes pour adapter au stress salin.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

- 1- Abdelguerfi-Laouar M., Bouzid L., Zine F et Hamdi N., B., F. Z. (2001). Evaluation de quelques cultivars locaux de pois chiche dans la région de Bejaia. Revue INRAA, p: 31-42.
- 2- Abdelly C. 2006. Caractérisation des halophytes pour le dessalement des sols salins.
- 3- Alaoui M.M., El Jourmi L., Ouarzane A., Lazar S., El Antri S., Zahouily M., Hmyene A., J. Mater. Environ. Sci. 4
- 4- Augagneur. M, Brun. L, Laurent. E, Mabire. L et E. Morel (FNAMS), M. Conseil (ITAB), 2022. Haricot. Collection « Produire des semences en agriculture biologique ». Edition FNAMS/ITAB. 6 p
- 5- Bartels D. and Sunkar R. 2005. Drought and salt tolerance in plants. Critical Reviews in Plant Sciences, 24. P: 23–58.
- 6- Bunyamin. T. 2015. Pois chiche. A 16/12/2023. 22 : 16
- 7- Catrysse. S. 2021. Haricot : propriétés et bienfaits de cette plante. Passeport santé.02/06/2021 à 18h 20 min.
- 8- Cokkizgin. A. 2012. Salinity Stress in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Seed Germination Not Bot Horti Agrobi, 40 (1). P: 177-182.
- 9- Congelados de Navarra. 2021. Le traitement du haricot vert, un de nos produits phares (10/10/2017). 16/03/2024. P: 27.
- 10- DSASI, 2015. Statistiques agricoles "série B". Direction des statistiques agricoles et systèmes d'information (DSASI). Sous-direction des statistiques. Ministère de l'agriculture, du Développement Rural et de la Pêche.
- 11- El-Monem. A et Sharaf. M. 2008. Tolerance of five genotypes of lentil to NaCl-salinity stress. NY Sci J, 1. P:70-80.
- 12- FAO. 2006. La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture, L'aide alimentaire pour la sécurité alimentaire. 207p.
- 13- Food and Agriculture Organization of the United Nations, Fao. (2019). *Cropstatistics*. FAOSTAT. Consulté le 16 /12/ 2023, à l'adresse.

- 14- Hajlaoui .H, Denden. M, et Bouslama. M. 2007. Etude de la variabilité intra spécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade germination. *Tropicultura*. 25. P : 168-173.
- 15- Hamadache. A, Boulafah. H et Aknine M. 1997. Mise en évidence de la période de sensibilité Parida A.K., Das A.B., *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 60 (2005) 324.
- 16- Hassani. A, Dellal. A, Belkhodja. M, et Kaid-Harch. M. 2008. Effet de la salinité sur l'eau et certains osmolytes chez L'orge (*Hordeum Vulgare*). *European Journal of Scientific Research*, 23. P: 61-69.
- 17- ITCMI. 2022. Fiches technique valorisées des cultures maraichères et industrielles : La culture du haricot. P : 4-5.
- 18- ITGC. 2018. La culture du pois chiche en Aigerie
- 19- Levigneron, A, Lopez. F, Vansuyt. G, Berthomieu. P, Fourcroy, P et Casse-Delbart. F. 1995. Les plantes face au stress salin. *Cahiers Agricultures*, 4(4), P: 263–273.
- 20- Maaouia-Houimli S.I. Denden M. Dridi-Mouhandes B. et Mansour-gueddes S.B. 2011. *Tropicultura*. 75p.
- 21- Martinez- Ballesta M.C, Martinez V et Carvaja. I. 2004. Osmotic adjustment, water relations and gas exchange in pepper plants grwn under NaCl or KCl. *Environ. Exp. Bot.*, 52. P: 161-174.
- 22- Mebarki M. 2018. Les légumineuses un marché en plein croissance. *Agro line mars/ janvier* N106. L'essentiel de l'agroalimentaire et l'agriculture. 52p.
- 23- Méhoubi. F et Zaibet. Y. 2019. Effet de salinité sur les propriétés mécaniques du sol (Limite d'Atterberg) « Sebket Melloulç ». Université Mouhamed El Bachir El Ibrahimy- B. B. A. *Science Agronomique*. P : 1.
- 24- Miaillard. J. 2001. Le pois sur l'Irrigation et la salinité des sols en zone sahélienne. Risque et recommandations. *Handicap International*. Novembre 2001. P : 34.
- 25- Muehlbauer F.J et Tullu A. 1997. *Cicer arietinum* fact sheet Purdue University centre for new crop & plant products. (document internet).
- 26- Nichols P.G.H, Malik A.I, Stockdale M. et Colmer T.D. 2009. Salt tolerance and avoidance mechanisms at germination of annual pasture legumes: importance for adaptation to saline environments. *Plant and Soil*, 315 (1-2):.241-255.

- 27-** Non identifié. 2015. La Tolérance À La Salinité Du Pois Chiche (*cicer Arietinum L.*). Thèse de Doctorat. Université Ahmed Ben Bella - Oran 1. Biologie
- 28-** Okçu G, Kaya M.D. et Atak M. 2005. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum L.*). *Turk J. Agric For.* 29. P: 237-242.
- 29-** Patridge. T, Wilson. J.B. 1987. Germination in relation to salinity in some plants of salt marshes in Otago. New Zeland. P: 255-261
- 30-** Ramalho J.M.C et Portugal Melo I.M. 1990. Composition and nutritive value of chickpea. *Options Mediterranean's-Série Séminaires.* P: 107-111.
- 31-** Tabet R et Ziabet A. 2022. Opportunités des Légumineuses pour une meilleure production des cultures. Université Frères Mentouri Constantine, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Département de biologie écologie et végétale, Science Biologie Spécialité : Biodiversité et Physiologie Végétale. 52p.
- 32-** Temani et Khairi. 2009. Les légumineuses fourragées.
- 33-** Thamir. S.A, Campbell. W.F, Rumbaugh. M.D. 1992. Response of Alfalfa cultivar to salinity during germination and post germination *Growth Crop Sci.* P:976-980
- 34-** Trabut. D et Marée. R. 1907. Bulletin Agricole de l'Algérie et de la Tunisie. Annales de la colonisation Algérienne. Tome 9. P : 124-125.
- 35-** Traitement des eaux salines. Rapport d'activités 2007. Centre de biotechnologie à la technopole de Borj-Cedria, Tunisie. P: 28- 31.
- 36-** Saxena M. C et Singh K B. 1987. The chickpea. Ed- CAB internat. 399 p.
- 37-** Upadhyaya H.D, Dwivedi S.L, Baum M., Varshney R.K, Udupa S.M, Gowda C.L, Hoisington D et Singh S. 2008. Genetic structure, diversity, and allelic richness in composite collection and reference set in chickpea (*Cicer arietinum L.*). *BMC Plant Biology.* 106 p.
- 38-** Warne. P, Guy .R.D, Rollins. L and Reid. D.M. 1990. The effect of sodium sulphate and sodium chloride on growth, morphology, photosynthesis and water use efficiency of *Chenopodium rubrum*. *Can. J. Bot.*, 68. P: 999-1006.
- 39-** Wu. C, Wang. Q, Xie. B , Wang. Z, Cui. J, et Hu.T. 2011. Effects of drought and salt stress on seed germination of three leguminous species. *African Journal of Biotechnology*, 10(78). P: 954-961.

- 40-** Xue Z. Zhi D. Xue G. Zhang H. Zhao Y. et Xia G. 2004. Enhanced salt tolerance of transgenic wheat (*Triticum aestivum* L.) expressing a vacuolar Na/H 1 antiporter gene with improved grain yields in saline soils in the field and a reduced level of leaf Na⁺. *Plant Sci.*, 167. P:849-859
- 41-** Zraïbi, L. 2012. (Université Mohammed 1er, Oujda (Ma)) in Nabloussi, A. (INRA, Meknes (Maroc)) E. P : 125-126.