



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريـريـج
Université Mohammed El Bachir El Ibrahimî B.B.A

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون

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

قسم العلوم الفلاحية

Département des Sciences Agronomiques



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : sciences agronomiques

Spécialité : Amélioration des plantes

Intitulé :

**Effet du stress salin et hydrique sur la germination et la
croissance de deux variétés de colza (*Brassica napus L.*)**

Présenté par :

KADJA Belkacem & BELMILOUD Racha

Soutenu le 24/ 06/ 2023, Devant le Jury :

| | Nom & Prénom | Grade | Affiliation / institution |
|---------------|---------------------------------|-------|---------------------------|
| Président : | M ^r BAHLOULI Fayçal | Pr. | Université de B.B.A. |
| Encadrant : | M ^{me} KELALEDHE Hizia | MCB | Université de B.B.A. |
| Examinateur : | M ^{me} TABTI Dahbia | MCB | Université de B.B.A. |

Année Universitaire 2022/2023

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon

*Cœur, ma vie et mon bonheur ; **Maman.***

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et

Source de joie, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir

*Réussir, **Mon Père.***

A ceux qui m'ont soutenu, encouragé moralement et toujours à mes côtés :

*A mes frères: **Walid et Chawki***

*A mes sœurs : **Sabrina et Amel.***

*A mes amis : **Linda,Lamia, Tawba, Djihan,Manel ,Ibtihal,Nani,***

Aymen,Youness,Katia,Achwak,Loubna,widad,sara,Khaoula,

*Et a **walid** mon collègue de mémoire*

Racha

Chachou

Dédicaces

*Je dédie ce travail à : Mes **chers parents**, que nulle dédicace ne peut exprimer mes sincères sentiments, pour leur patience illimitée, leur encouragement contenu, leur aide, en témoignage de mon profond amour et respect Pour ses grands sacrifices. **Mes chers frères** (Moussa, Zaki, Tahar, Abd el Rahman, Anis, Badri, Islem, Zino, djloul, Abd El Ghafour, **Yahia** ...) pour leur grand amour et leur soutien qu'ils trouvent ici l'expression de ma haute gratitude. **Mes chères sœurs** Et **mes collègues** Et à toute **ma famille** et à tous ceux que **j'aime.***

WALID

Remerciements

Au début, louange à Dieu qui nous a guidés sur le droit chemin, et à travers ce travail

*Il nous a inspirés à faire de bonnes actions et de bonnes réactions et nous a donné de la
volonté et du courage.*

*Nous remercions le président du jury **Pro. BAHLOULI Fayçal**, et l'examineur
MCB.TABTI Dahbia. Nous exprimons nos sincères remerciements et notre gratitude à tous
les membres du jury pour l'évaluation de ce travail, notre encadrant **MCB. KELALECHE
Hizia**, pour sa patience à nos égard et de nous avoir dirigée et orientée avec ses précieux
conseils, tout au long de notre travail.*

*Un grand remerciement à nos camarades de deuxième année Master Amélioration des
plantes, nous sommes honorés de vous accompagner tout au long d'un voyage éducatif plein
de souvenirs et de situations merveilleuses et inoubliables.*

*Nous devons également remercier tous ceux qui ont participé directement ou indirectement à
la rédaction de ce mémoire.*

Sommaire

Dédicaces

Remerciements

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Listes des photos (photographies personnel)

Liste d'abréviation

Introduction.....1

1 Chapitre I : Synthèse bibliographique

| | |
|--|---|
| 1. Présentation de la culture..... | 3 |
| 1.1. Généralité..... | 3 |
| 1.2. Colza dans le monde..... | 3 |
| 1.3. Colza en Algérie..... | 4 |
| 1.4. Origine..... | 4 |
| 1.5. Classification..... | 4 |
| 1.6. Types de colza..... | 5 |
| 1.6.1. Colza d'hiver..... | 5 |
| 1.6.2. Colza de printemps..... | 5 |
| 1.7. Description :..... | 5 |
| 1.7.1. Appareil végétatif..... | 5 |
| 1.7.1.1. Système racinaire..... | 5 |
| 1.7.1.2 Système aérien..... | 6 |
| 1.7.2. Appareil reproducteur..... | 6 |
| 1.7.2.1. Fruits..... | 6 |
| 1.7.2.2. Graine..... | 7 |
| 1.7.2.2.1. Composition de graine du colza..... | 7 |
| 1.8. Principaux stades de croissance..... | 7 |
| 1.8.1. Phase végétative..... | 7 |
| 1.8.2. Phase reproductrice..... | 8 |
| 1.8.3. Phase de maturation..... | 8 |
| 1.9. Exigences de la plante..... | 8 |

| | |
|---|----|
| 1.9.1. Exigences climatiques..... | 8 |
| 1.9.1.1. Température..... | 8 |
| 1.9.1.2. Lumière..... | 9 |
| 1.9.1.3. L'eau..... | 9 |
| 1.9.2. Exigence pédologique..... | 9 |
| 1. Sol..... | 9 |
| 1.9.3. Exigence agronomique..... | 9 |
| 1.9.3.1. Semis..... | 9 |
| 1.9.3.2. Densité – écartement – profondeur..... | 9 |
| 1.9.3.3. Fertilisation..... | 10 |
| 1.10. Facteurs négatifs d'influence..... | 10 |
| 1.10.1. Maladies..... | 10 |
| 1.10.2. Ravageurs..... | 11 |
| 1.10.3. Mauvaises herbes..... | 11 |
| 1.10.4. Stress environnementaux..... | 11 |
| 1.11. Utilisation du colza..... | 12 |
| 1.11.2. Autres industries..... | 13 |

Chapitre II : Matériel et méthodes

| | |
|---|----|
| 1. Matériel végétal..... | 14 |
| 1.1. Mise en place de l'expérience..... | 15 |
| 2. Méthode de travail..... | 15 |
| 2.1. Préparation des graines..... | 15 |
| 2.2. Préparation des solutions de Na Cl..... | 15 |
| 2.3. Préparation des solutions de PEG..... | 15 |
| 2.4. Application des stress..... | 15 |
| 2.4.1. Application de stress salin..... | 16 |
| 2.4.2. Application de stress hydrique..... | 16 |
| 3. Paramètres étudiés..... | 17 |
| 3.1. Paramètres de germination..... | 17 |
| 3.1.1. Taux de germination final (G, %)...... | 17 |
| 3.1.2. Germination moyenne journalière (MGJ, %)...... | 17 |
| 3.1.3. Réversibilité de l'action du stress..... | 18 |
| 3.2. Paramètres de croissance..... | 18 |
| 3.2.1. Longueur racinaire (LR, cm)..... | 18 |

| | |
|---|-----------|
| 3.2.2. Longueur de coléoptile finale (LC, cm)..... | 19 |
| 3.2.3. Nombre de ramifications racinaire (NR)..... | 20 |
| 4. Analyse statistique des données..... | 20 |
| Chapitre III : Résultats et discussion | |
| 3. Résultats et discussion..... | 21 |
| 3.1. Analyse de variance..... | 21 |
| 3.2. Effet des stress salin et hydrique sur la germination..... | 23 |
| 3.2.1. Taux de germination final (G, %)..... | 23 |
| 3.2.2. Germination moyenne journalière (MGJ, %)..... | 25 |
| 3.2.3. Réversibilité de l'action du stress..... | 27 |
| 3.3. Effet des stress salin et hydrique sur la croissance..... | 27 |
| 3.3.1. Longueur de coléoptile finale (LC, cm)..... | 27 |
| 3.3.2. Longueur racinaire et Nombre de ramifications (LR, cm) (NR, cm)..... | 29 |
| 3.4. Analyse des corrélations..... | 31 |
| Conclusion..... | 32 |
| Perspectives..... | 33 |
| Référence bibliographie | 34 |
| Résumés | |

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau 1: Carrés moyens des écarts de l'analyse de la variance du stress salin des paramètres mesurés des variétés testées sous l'effet du stress salin (S), et l'interaction (G x S).

Tableau 2: Carrés moyens des écarts de l'analyse de la variance du stress hydrique des paramètres mesurés des variétés testées sous l'effet du stress hydrique, et l'interaction (G x S).

Tableau 3: L'effet de stress salin sur les valeurs moyennes de la longueur de racine finale et nombre de ramifications racinaires de deux variétés de colza.

Tableau 4: L'effet de stress hydrique sur les valeurs moyennes de la longueur de racine finale et nombre de ramifications racinaires de deux variétés de colza.

Tableau 5: Corrélacion entre les paramètres étudiés sous stress salin (en gras des résultats statistiquement Significatif à 0.01%).

Tableau 6: Corrélacion entre les paramètres étudiés sous stress hydrique (en gras des résultats statistiquement Significatif à 0.01).

Liste des figures

Figure 1: Les racines, la tige et feuille de colza.

Figure 2: La floraison du colza.

Figure 3: Fruits de colza.

Figure 4: La composition de la graine du colza.

Figure 5: Les principaux stades de croissance de colza.

Figure 6: Principales maladies du colza en fonction du stade de croissance de la plante.

Figure 7: Les débouchés alimentaires et industriels du colza.

Figure 8: Histogramme représente l'effet de stress salin sur le taux de germination de deux variétés de colza.

Figure 9: Histogramme représente l'effet de stress hydrique sur le taux de germination de deux variétés de colza.

Figure 10: Histogramme représente l'effet de stress salin sur le taux moyen de germination journalière de deux variétés de colza.

Figure 11: Histogramme représente l'effet de stress hydrique sur le taux moyen de germination journalière de deux variétés de colza.

Figure 12 : Histogramme représente l'effet de stress salin sur la longueur de coléoptile finale de deux variétés de colza.

Figure 13 : Histogramme représente l'effet de stress hydrique sur la longueur de coléoptile finale de deux variétés de colza.

Liste des photos

Listes des photos ; (photographies personnel)

Photo 1: Les solutions de PEG 6000 utilisé dans l'étude.

Photo 2: Germination final des graines de Colza sous stress.

Photo 3: Préparation et placement des graines de Colza sous stress.

Photo 4: Germination journalière des graines de Colza sous stress.

Photo 5: Réversibilité des graines de Colza sous stress.

Photo 6: Mesure de la longueur de racine principale.

Photo 7 : Mesure de la longueur de coléoptile finale.

Photo 8: Comptage du nombre de racines secondaires.

Liste des abréviations

Liste des abréviations

%: Pourcentage.

< : Inferieur

= : égal

2n: « n » Nombre haploïde de chromosomes.

6ème : Sixième

ANOVA : Analyse de la Variance

C : Concentration

C°: degrés Celsius.

CCLS : Coopératif des Céréales et Légumes Sec

Cm: Centimètre

Ddl : Degrés de liberté

FAO : Organisation Des Nations Unies pour L'alimentation et Agriculture.

G : Génotype

G% : Pourcentage de Germination

G*S : Interaction entre Génotype et Stress

LC : Longueur de Coléoptile

LR : Longueur Racinaire

MGJ : Moyenne de Germination Journalière

Min: Minute

ml : Millilitre

mmol : Milli Mol

mm: Millimètre

Na Cl: Chlorure de sodium.

NGG : Nombre de Graines Germées.

NR : Nombre de Ramifications Racinaires

NTG : Nombre Total de Graines

P : Pourcentage de PEG

PEG : Poly-Ethylène-Glycol 6000

PH: Potentiel Hydrogène

Q/ha: Quintal par Hectare.

r : Coefficient de Corrélation

S : Stress (salin ou hydrique)

Liste des abréviations

T : Témoin

Introduction

Introduction

Introduction

Les plantes oléagineuses, également appelées oléo protéagineuses en raison de leur richesse en protéines, sont cultivées pour l'huile contenue dans leurs graines. Environ 91% des besoins mondiaux en huile alimentaire sont satisfaits par six cultures principales, à savoir le soja, l'huile de palme, le colza, le tournesol, le coton et l'arachide. Les 9% restants sont couverts par des espèces moins importantes, ce qui rend leurs huiles rares et coûteuses, ou bien elles sont utilisées à des fins industrielles, telles que l'huile d'olive, de carthame, de coprah, d'amande, de lin, de maïs, de courge, de ricin, de pistache, d'argan, de sésame, etc. (Cherfaoui, 2011).

Le colza est une plante oléagineuse largement cultivée dans de nombreuses régions du monde. Il est apprécié pour sa teneur élevée en acides gras polyinsaturés et constitue une source importante d'énergie et de nutriments pour l'alimentation humaine et animale. Après le soja, le colza est la deuxième culture oléagineuse la plus cultivée au monde. En 2010, la production mondiale de graines de colza a atteint environ 60 millions de tonnes, représentant un peu plus de 13% de la production totale de graines oléagineuses (soja, colza, tournesol, palmiste, coprah, carthame, coton, etc.) (Fao, 2012).

En Algérie, le colza est l'une des cultures oléagineuses les plus importantes et sa production est en constante augmentation. Le pays accorde une attention croissante à la culture du colza en raison de sa contribution à la sécurité alimentaire, à la diversification agricole et à la réduction de la dépendance aux importations d'huiles végétales. La culture du colza est principalement concentrée dans les régions côtières et les zones à climat tempéré. Les provinces de Tipaza, Chlef, Boumerdès et Tizi Ouzou font partie des principales zones de production de colza en Algérie. Le colza est considéré comme une culture rentable et en plein essor (Bennouna, 2018).

Le stress salin et hydrique et son impact sur la germination et la croissance des plantes sont des sujets d'intérêt majeur dans le domaine de l'agriculture et de la biologie végétale, et le colza fait partie des cultures affectées par ces types de stress. La culture du colza est confrontée à plusieurs défis, notamment le stress salin et hydrique, qui peut avoir des conséquences importantes sur la germination des graines de colza (Ouhaddach, 2016) (Lamaze *et al.*, (1994).

Introduction

La germination est un processus crucial par lequel une graine se transforme en une jeune plante. Lorsque les graines de colza sont exposées à des conditions de stress salin, c'est-à-dire à un sol contenant des niveaux élevés de sels solubles (Ouhaddach, 2016), leur capacité de germination peut être inhibée. De même, en cas de stress hydrique, lorsque les graines ne reçoivent pas suffisamment d'eau (Chaumeil, 2006), leur germination peut être entravée.

Outre la germination, le stress salin et hydrique peut également avoir un impact significatif sur la croissance ultérieure des plantes de colza. Les plantes exposées à des conditions de stress salin peuvent présenter un retard de croissance, une réduction de la taille des feuilles et des tiges (Xu, 1990 ; Gouia *et al.*, 1994). De même, le stress hydrique peut entraîner une diminution de la croissance des racines et des parties aériennes, une diminution de la surface foliaire et une réduction de la photosynthèse, compromettant ainsi le développement global de la plante (Bousba, 2012).

Comprendre les mécanismes et les réponses du colza au stress salin et hydrique est essentiel pour développer des stratégies de gestion adaptées afin d'améliorer la résistance et la productivité de cette culture, ainsi que pour identifier des variétés de colza plus résistantes.

L'objectif de cette étude est d'évaluer et de comprendre l'effet du stress salin et hydrique sur la germination et la croissance de deux variétés de colza. Nous cherchons à analyser les réponses physiologiques, morphologiques des plants de colza soumis à ces conditions de stress, afin de mieux appréhender les mécanismes adaptatifs de la plante face à ces contraintes environnementales, et pour fournir des informations clés pour améliorer la résistance et la tolérance du colza aux stress salin et hydrique.

Notre document débute par une introduction générale, suivie d'une section bibliographique approfondie fournissant des informations riches sur le colza. Ensuite, nous présentons la partie matérielle et méthode, qui examine en détail les conditions de travail et décrit les paramètres étudiés, les résultats obtenus quant à l'effet des stress salin et hydrique sur la plante sont discutés dans la section suivante. Enfin, nous concluons notre document en résumant les principaux points abordés.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1. Présentation de la culture

1.1. Généralité

Le colza ou *Brassica napus* est une plante oléagineuse de la famille des Brassicaceae anciennement appelé famille des crucifères. Cette importante famille du règne végétal regroupe des plantes dicotylédones, elle comprend 3200 espèces qui correspondent essentiellement à des plantes herbacées cultivées principalement pour la production d'huile et de tourteau et plus récemment pour le biocarburant, avec le tournesol et l'olivier elle est l'une des principales sources d'huile végétale, pour l'alimentation humaine et animale ou comme plantes d'ornement. Parmi les espèces des Brassicaceae on retrouve le chou, la moutarde, le navet (Benouna, 2018).

Ces graines contiennent environ 40% d'huile de bonne qualité nutritive, et 56% de tourteau, la culture du colza reste particulièrement évolutive grâce au progrès continu de la recherche en agronomie et en génétique. L'intérêt croissant des agriculteurs pour cette culture et le dynamisme des travaux de recherche, à travers le monde, ont permis d'adapter cette plante au défis et aux besoins de l'agriculture du 21ème siècle: C'est-à-dire une culture rentable dans le cadre d'une agriculture raisonnée et durable (Benouna, 2018).

1.2. Colza dans le monde

Le colza est une culture largement répandue dans le monde, principalement dans les zones tempérées fraîches. Depuis un demi-siècle, les surfaces cultivées dans le monde n'ont cessé de croître, en effet, la production dépasse désormais les 68.8 millions de tonnes sur une superficie de 33,7 millions d'hectares. Les principaux producteurs mondiaux par ordre d'importance sont l'Union Européenne, la Chine, le Canada et l'Inde (Bennouna, 2018).

En France la superficie cultivée a doublé durant les 20 dernières années, la production en France de graines de colza, dépasse désormais en 2016 les 4.7 millions de tonnes, cette production a permis à la France d'être le 2 pays producteur de colza en Union Européenne après l'Allemagne et le 5e pays dans le monde après la Chine, le Canada, l'Inde et l'Allemagne (Bennouna, 2018).

1.3. Colza en Algérie

La production de colza en Algérie est relativement limitée par rapport à d'autres cultures agricoles. Elle est principalement cultivée dans certaines régions du nord de l'Algérie, où les conditions climatiques sont plus favorables à sa croissance. La culture a concerné, au cours de la saison 2020-2021, pas moins de 29 wilayas avec un rendement atteignant 40 quintaux par hectare dans les wilayas de Guelma et Annaba, elle est principalement concentrée dans les régions côtières et les zones à climat tempéré. Les provinces de Tipaza, Chlef, Boumerdès et Tizi Ouzou sont parmi les principales zones de production de colza, par le monde, c'est une culture rentable et évolutive (Bennouna, 2018).

Les rendements de l'année 2021 sont bons (27 q/ha dans la wilaya d'El Oued, 25 q/ha dans la wilaya d'Ouargla (Chahinez, 2021) et 25 q/ha dans la wilaya de Guelma).

1.4. Origine

D'après (Renard *et al.*, 1992) le colza est une crucifère qui résulte de l'hybridation naturelle entre un chou (*Brassica oleracea L.* à $2n = 18$) et une navette (*Brassica campestris L.* $2n = 20$), le colza est donc un amphidiploïde à $2n = 38$ chromosomes (Nabloussi, 2015).

Le chou (*Brassica oleracea*) existe à l'état sauvage dans la zone maritime de l'Europe Occidentale et Méridionale, alors que la navette (*Brassica campestris*) couvre une aire beaucoup plus grande de l'Europe Occidentale à l'Asie Orientale.

Le colza aurait donc pour origine le Sud-ouest de l'Europe, mais il a pu également se former en Asie Orientale (Gnis, 2009).

1.5. Classification

Brassica napus appartient à la famille des Brassicacées qui comprend environ 25 tribus, 338 genres et 3200 espèces (Oecd, 2012), dont deux genres (*Brassica* et *Raphanus*) sont largement cultivés pour les huiles comestibles, les légumes, les épices, les fleurs ornementales et les cultures fourragères dans le monde (Kaneko et Bang, 2014).

La taxonomie (Gnis, 2009) :

Règne : Végétal.

Embranchement : Spermaphytes.

Sous embranchement : Angiospermes.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Classe : Dicotylédones.

Ordre : Capparales.

Famille : Brassicaceae.

Genre : Brassica.

Espèce : *Brassica napus L.*

1.6. Types de colza

Il existe deux principaux types de colza :

1.6.1. Colza d'hiver

À phase rosette longue, qui demande pour accomplir son cycle végétatif une période hivernale vernalisante ($< 7^{\circ}\text{C}$ pendant au moins 40 jours), puis une photopériode longue, il possède une certaine résistance au froid. Ce type de colza prend la durée de cycle varie entre 250 et 300 jours avec une somme de température de 1700 à 1800 C° (Boyeldieu, 1991), le colza d'hiver est caractérisé par sa résistance à des degrés de froid de moins de (-20 C°) (Soltner, 1999).

1.6.2. Colza de printemps

À phase rosette très courte, qui ne nécessite aucune phase vernalisante, mais requiert des jours longs, il est sensible au froid. A l'automne, les organes racinaires (pivot + racines secondaires) représentent 50% de la biomasse totale. Lors de la phase printanière, l'accumulation de matière sèche est essentiellement le fait de l'accroissement des tiges et des ramifications, ceci jusqu'au stade G4, au-delà, seules les siliques concourent à l'augmentation de la matière sèche. Le colza de printemps prend la durée pendant le cycle de développement entre 120 à 150 jours, pour une somme de température de 1200 à 1400 C° pour accomplir son cycle (Boyeldieu, 1991).

1.7. Description

1.7.1. Appareil végétatif

L'appareil végétatif du colza, comme toute les plantes, se compose de deux systèmes, aériens et racinaires (Boyeldieu, 1991) (Guetta et Abdelhak, 2009) :

1.7.1.1. Système racinaire

S'accroît très rapidement, formant un pivot qui va devenir profond et épais, où la plantule accumule des réserves sur toute sa longueur, le pivot émet des racines secondaires nombreuses (Boyeldieu, 1991) (Guetta et Abdelhak, 2009) (Figure 1).

1.7.1.2 Système aérien

Elle se forme d'une tige assez ramifiée, cette caractéristique varie selon les cultivars et les conditions environnementales; les branches apparaissent dans les axones.

Les feuilles présentent une couleur vert bleuâtre foncée, nues ou avec quelques poils épars près de la marge, partiellement entrelacés, les feuilles inférieures sont pétiolées et segmentées, et les supérieures sont lancéolées et entières et sont issues de la tige, chacune se terminant par une inflorescence (Boyelldieu, 1991) (Guetta et Abdelhak, 2009) (Figure 1).



Figure 1. Les racines, la tige et feuille de colza (la Rousse ; journal de Sillon Belge, 2020).

1.7.2. Appareil reproducteur

Chaque ramification de la tige porte une inflorescence, formant une grappe simple s'appelle boutons floraux, qui portent des fleurs de couleur jaune vif foncé à blanc crème, la fleur du colza est hermaphrodite, la fécondation est autogame, en moyenne, on observe 2/3 d'autofécondation (70 %), et 1/3 de fécondation croisée (30 %).

La fleur est composée par :

- Un calice à 4 sépales libres de couleur verte.
- Une corolle à 4 pétales libres de couleur jaune.
- La fleur présente aussi des nectaires situés à la base des étamines très accessibles aux insectes (petites masses jaunâtres) (Figure 2).

1.7.2.1. Fruits

Après la floraison, chaque fleur donne une silique à valvée convexe de 5 à 10 cm de long, qui sont déhiscents à la maturité, chaque silique contient environ 20 petites graines (2 à 2.5 mm de diamètre ayant une teneur en huile variable selon les variétés) (Figure 3).



Figure 3. Fruits de colza (Dreamstime Christian Jung, 2017).



Figure 2. La floraison du colza (Journal Paysan Betron, 2016).

1.7.2.2. Graine

Sa structure se compose essentiellement de Crête radulaire. Tégument, deux cotylédons et embryon (Cetiom, 2002). Sa forme générale est à peu près sphérique, sphérique-oblique ou cuboïde. Sa couleur rougeâtre (notamment chez les graines immatures), grise, gris-noir, ou noir. Selon (Downey *et al.*, 1980), il existe un effet de la couleur de la graine de colza sur les teneurs en huile, protéines et cellulose de certaines variétés. Plus la couleur de la graine devient davantage claire, plus la teneur (%) en huile et protéines augmente et inversement pour la teneur en cellulose.

1.7.2.2.1. Composition de graine du colza

La graine du colza riche en huile et en protéines végétales, ses graines font l'objet d'utilisations très diverses : alimentation pour les hommes comme pour les animaux, chimie végétale et source d'énergie renouvelable, elle contient de la matière grasse, les protéines, eau, cellulose et les éléments minéraux (Matallah, 2006).

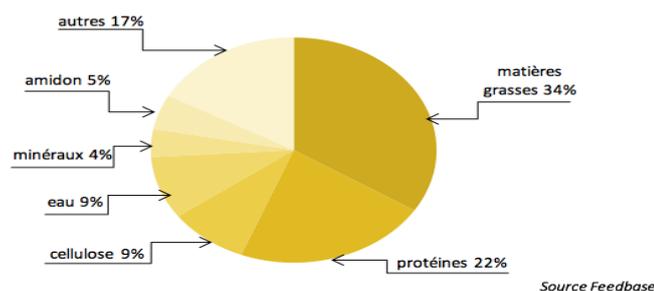


Figure 4. La composition de la graine du colza (Feedbase, 2016).

1.8. Principaux stades de croissance

La croissance et le développement du colza présentent différentes phases :

1.8.1. Phase végétative

Semé à l'automne, le colza étale d'abord au-dessus du sol ces 2 cotylédons et développe environ une vingtaine de feuilles formant une rosette (avant l'hiver). En

Chapitre I : Synthèse bibliographique

parallèle, le système racinaire se développe en pivot dans lequel vont s'accumuler les réserves glucidiques (Chaubet et Hulle, 2010).

1.8.2. Phase reproductrice

Le mode de reproduction est à autogamie prépondérante (70%), Le taux d'allogamie estimé varie entre 10 et 30% selon les variétés. A la fin de l'hiver, la montée débute et l'inflorescence se met en place au sommet de la tige parallèlement à l'élongation des entre-nœuds supérieurs. La floraison débute bien avant que la tige n'ait atteint sa taille définitive. La ramification s'effectue en même temps que la montée et la floraison, la floraison reste très échelonnée et peut durer 4 à 6 semaines (Chaubet et Hulle, 2010).

1.8.3. Phase de maturation

La formation des fruits est assez rapide. La maturité des graines est acquise entre 6 et 7 semaines après la fécondation (Chaubet et Hulle, 2011).

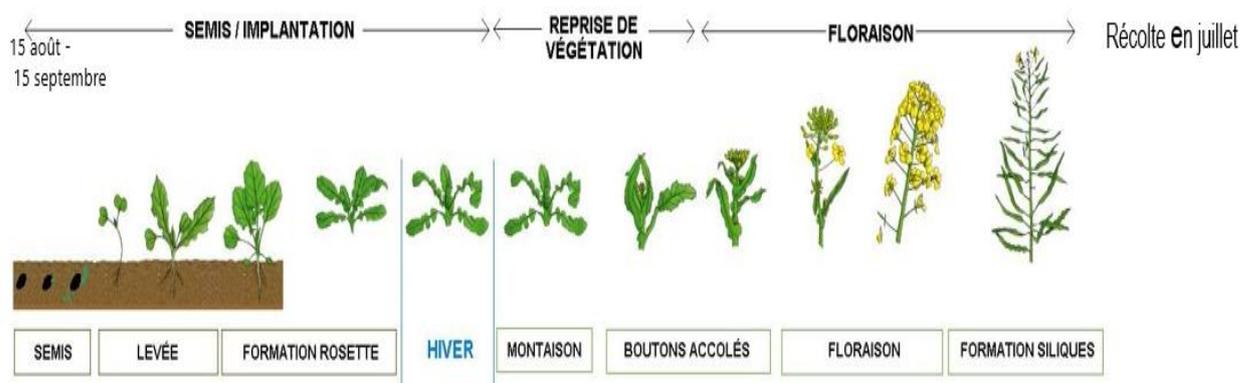


Figure 5. Les principaux stades de croissance de colza (Article de Morgane, 2015).

1.9. Exigences de la plante

Pour obtenir une bonne croissance et un rendement optimal, la culture du colza nécessite certains besoins spécifiques. Voici les principales exigences:

1.9.1. Exigences climatiques

Le colza est une plante qu'on rencontre dans les conditions climatiques très diverses, des régions tropicales jusqu'au Sud Antarctique.

1.9.1.1. Température

Le colza est le type même de plante de zone tempérée. Il préfère les températures modérées inférieures à 25°C pendant la phase végétative (Agreste, 2003), d'autre part. Pour la germination des semences de colza, La température du sol doit être supérieure à 5°C (Nabloussi, 2015). Des températures trop élevées peuvent entraîner une floraison prématurée ou une diminution du rendement.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1.9.1.2. Lumière

Le colza est une plante qui nécessite une exposition adéquate à la lumière du soleil. Il est recommandé de cultiver le colza dans des zones où il peut recevoir au moins 6 à 8 heures de lumière directe par jour (Nabloussi, 2015).

1.9.1.3. L'eau

La culture du colza nécessite un approvisionnement régulier en eau tout au long de son cycle de croissance. Pendant les périodes de développement végétatif et de formation des graines, la pluviométrie est un facteur clé pour la culture du colza, et il est recommandé que les zones de culture aient une pluviométrie supérieure à 400 mm (Goddar, 1980), pour répondre aux besoins en eau de la culture. La période de sensibilité de la culture à la sécheresse commence de l'apparition des boutons floraux et se poursuit jusqu'à la fin floraison.

1.9.2. Exigence pédologique

. Sol

Le colza pousse mieux dans les sols bien drainés, riches en matière organique et en éléments nutritifs. Cependant, il peut être cultivé sur Les sols argilo-sablonneux très fins, limoneux et argileux lui sont très convenables (Akhtar, 1993) (Nabloussi, 2015). Le meilleur pH du sol se situe entre 6 et 8,5 (Nabloussi, 2015).

1.9.3. Exigence agronomique

1.9.3.1. Semis

L'objectif est d'obtenir des jeunes plantes suffisamment développées à l'entrée de l'hiver.

Pour que le colza soit assez fort, il faut semer d'autant plus tôt que l'hiver arrive plus précocement (Nabloussi, 2015).

1.9.3.2. Densité – écartement – profondeur

La densité de semis s'adapte en fonction de la date de semis, du type de semoir et de l'écartement. Profondeur de semis souhaitée : environ 2 cm même dans un sol assez sec ne pas dépasser 4 cm même pour chercher le frais) (Nabloussi ,2015).

La densité de semis se situe généralement entre 30 et 50 plantes par mètre carré.

1.9.3.3. Fertilisation

Le colza a des besoins nutritionnels spécifiques, notamment en azote, en phosphore et en potassium. Il est important d'appliquer des engrais ou des amendements organiques pour répondre aux besoins nutritifs de la plante.

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Il est conseillé de raisonner la fumure de colza en fonction (Nabloussi ,2015) :

- Des besoins de la culture tout au long du cycle.
- Le type de sol et sa richesse en éléments minéraux.
- Aussi réaliser régulièrement des analyses du sol, elles permettent des économies de fertilisation de fond importants.

1.10. Facteurs négatifs d'influence

Il existe plusieurs facteurs négatifs qui peuvent affecter la culture du colza. Voici quelques-uns des principaux facteurs négatifs

1.10.1. Maladies

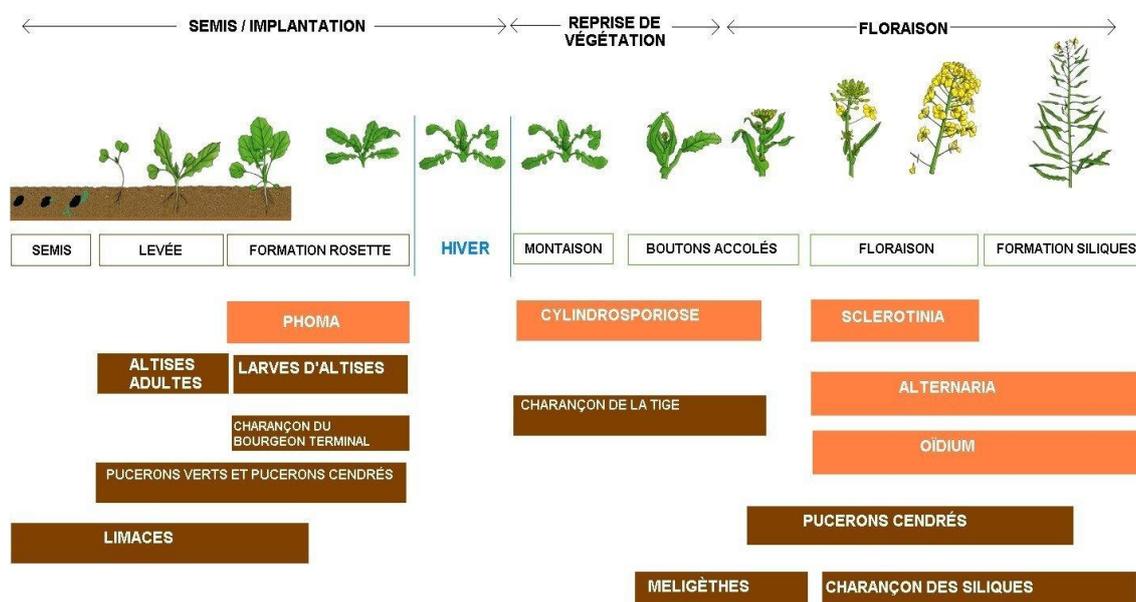


Figure 6: Principales maladies du colza en fonction du stade de croissance de la plante (AgricoNotes, 2019).

Le colza est susceptible d'être attaqué par diverses maladies fongiques, bactériennes et virales. Certaines maladies courantes du colza comprennent la sclérotiniose, la hernie du chou, la pourriture noire des racines et la septoriose (Figure 6). Ces maladies peuvent réduire la vigueur des plantes, entraîner des pertes de rendement et affecter la qualité des graines (Acta, 2009 in Guetta et Abdelhak, 2009).

1.10.2. Ravageurs

Le colza peut être attaqué par des ravageurs tels que les pucerons, les altises, les charançons, les chenilles et les limaces. Ces ravageurs se nourrissent des parties de la plante, endommagent les feuilles, les tiges et les siliques, ce qui peut entraîner une réduction du rendement et de la qualité des graines (Guetta et Abdelhak, 2009).

1.10.3. Mauvaises herbes

Les mauvaises herbes concurrentes peuvent étouffer la croissance du colza en absorbant les ressources disponibles en eau, en nutriments et en lumière. Elles peuvent réduire la croissance et le rendement du colza et rendre la récolte plus difficile (Guetta et Abdelhak).

1.10.4. Stress environnementaux

Le colza est sujet à des stress environnementaux tels que les températures extrêmes, les gelées tardives, les périodes de sécheresse prolongées et les fortes pluies. Ces conditions peuvent avoir des conséquences néfastes sur la culture du colza, entraînant des retards de croissance, des avortements floraux, une mauvaise nouaison et une diminution du rendement. De plus, le colza peut également être affecté par le stress hydrique et salin, qui est des facteurs environnementaux défavorables supplémentaires.

Le stress hydrique, causé par un manque d'eau disponible (Chaumeil, 2006 ; Bousba, 2012 ; peut réduire la germination, ralentir la croissance, diminuer la biomasse végétale et provoquer le flétrissement des feuilles. Il peut aussi entraîner une augmentation de la sensibilité aux maladies et aux ravageurs, ce qui aggrave encore les effets négatifs sur la production (Lamaze *et al.*, (1994).

Le stress salin, quant à lui, survient lorsque la concentration de sels dans le sol est élevée, ce qui peut altérer la germination (Ouhaddach, 2016), restreindre la croissance racinaire (Xu, 1990 ; Gouia *et al.*, 1994), diminue la croissance des plantes en provoquant un déséquilibre hydrique des tissus, ce phénomène est associé à une baisse de turgescence, l'excès de sel perturbe l'équilibre osmotique de la plante, ce qui limite l'absorption d'eau et de nutriments essentiels. Cela entraîne un flétrissement des plantes, et sur l'activité physiologique des feuilles sont affectée en réduisant la photosynthèse, qui est liée à la diminution du potentiel hydrique foliaire responsable de la fermeture des stomates. Endommager les tissus végétaux avec une diminution du nombre de fleurs et une mauvaise formation des gousses (Ouerghi *et al.*, 2000), ce qui se traduit par une réduction de la production de graines et le rendement du colza, il est essentiel de prendre des mesures pour atténuer ces stress, notamment en veillant à une irrigation adéquate, en choisissant des variétés de colza tolérantes au stress, en améliorant la fertilité du sol et en gérant les niveaux de sels dans le sol. En mettant en place de telles stratégies, il est possible de favoriser une croissance saine du colza et d'optimiser son rendement malgré les défis environnementaux.

1.11. Utilisation du colza

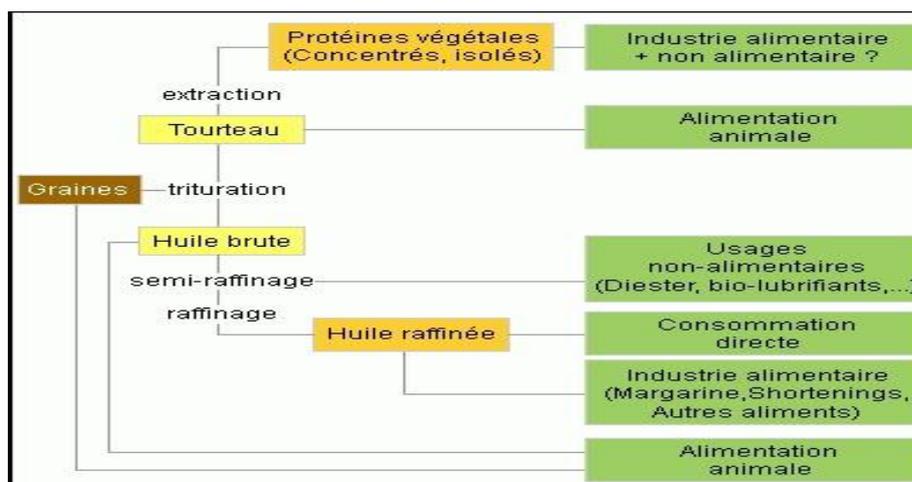


Figure 7: Les débouchés alimentaires et industriels du colza (Terres Inovia, 2021).

Principalement, le colza est cultivé pour son huile alimentaire dépourvue d'acide érucique et riche en acide oléique, mais d'autres utilisations industrielles non alimentaires ont aussi leur importance. Après récolte, les graines sont stockées, puis pressées pour produire de l'huile. C'est ce qu'on appelle la trituration, les huiles brutes ainsi obtenues sont ensuite raffinées 2 pour obtenir l'huile de colza alimentaire destinée à l'alimentation humaine ou utilisée en industrie non alimentaire (Nabloussi, 2015) (Figure 7).

1.11.1. L'industrie agro-alimentaire

L'huile de colza contient naturellement de l'acide érucique substance toxique pour l'homme à dose importante, actuellement avec l'amélioration du colza, on a obtenu des variétés de faibles teneurs de cet acide.

Les huiles de colza entrent aussi dans la composition de la margarine, la consommation de huile et de margarine de colza, pourrait réduire de 70% le risque des maladies (cancer et certaines pathologies de la peau et du cerveau), il est à signaler que même les feuilles de colza sont mangées dans certain pays asiatiques (Gueta et Abdelhak, 2009).

1.11.2. Autres industries

L'huile de colza est appliquée dans plusieurs secteurs industriels (Nabloussi, 2015):

- ✓ Utilisé directement en mélange avec le gazole par le moteur diesel.
- ✓ Utilisé avec l'ester dans l'industrie chimique des corps gras dans les produits cosmétiques comme antioxydant à cause de sa richesse en vitamine E.

Chapitre II : Matériel et méthode

L'objectif de l'expérience

L'objectif de cette étude est d'évaluer les effets de stress salin et stress hydrique sur la germination et la croissance de deux variétés de colza (*Brassica napus L.*). Nous nous concentrons sur l'impact des stress sur les graines de colza en utilisant des paramètres physiologiques et morphologiques.

1. Matériel végétal

L'étude a été portée sur deux variétés de colza (InVigor et ES Hydromel).

- Les caractéristiques des variétés utilisées :

1 : La variété « **Es Hydromel** » est une variété spécifique de colza (*Brassica napus*), de type d'hiver introduite de l'Espagne, développée pour ses caractéristiques et ses avantages particuliers, ces graines ont été fournies par la coopérative des céréales et légumes Sec (CCLS) de Bordj Bou Arreridj.

Caractérisée par sa résistance au stress hydrique et présente une bonne tolérance au froid et est adaptée à des conditions climatiques variables, sa capacité à produire un rendement élevé en huile et en graines (Smith, 2022).

Une variété de colza à maturité précoce, elle est adaptée aux régions tempérées et est largement cultivée dans certaines régions et une variété hybride qui présente une bonne vigueur de croissance.

2 : La variété « **InVigor** » de colza, également connue sous le nom d'hybride de colza "nV1010", est une variété développée par la société Bayer CropScience, elle a été mise à la disposition des agriculteurs en France depuis la campagne agricole 2015/2016. Qui caractérise par une teneur élevée en protéine et une bonne teneur en huile et se caractérise par une tolérance élevée au Phoma et un haut potentiel de rendement, un développement des plantes rapide après la germination et leur maturité précoce et capable d'une adaptation facile au différent contexte pédo-climatique, selon la firme productrice de la semence, la capacité de cette variété peut surpasser constamment les autres hybrides et variétés de canola (Cultiveille, 2015).

Chapitre II : Matériels et méthode

1.1. Mise en place de l'expérience

L'expérimentation a été conduite au laboratoire de biologie végétale à Bordj Bou Arreridj, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers, Université de Mohamed El Bachir El IBRAHIMI.

2. Méthode de travail

2.1. Préparation des graines

Les graines choisies doivent être saines, et ont été sélectionnées selon leur taille, leur forme et leur couleur. Elles sont ensuite désinfectées à l'aide d'une solution d'eau de javel (hypochlorite de sodium) à 2 % pendant 5 min puis rincée trois fois avec de l'eau distillée.

2.2. Préparation des solutions de Na Cl

À la cour de semer l'irrigation se fait par les solutions suivantes :

- Solution nutritive (témoin) 0 g/l de Na Cl = (0 Mm) T0.
- Solution nutritive contenant 2,9 g/l de Na Cl \approx (50 Mm) C1.
- Solution nutritive contenant 5,8 g/l de Na Cl \approx (100 Mm) C2.
- Solution nutritive contenant 8,8 g/l de Na Cl \approx (150Mm) C3.
- Solution nutritive contenant 11,7 g/l de Na Cl \approx (200Mm) C4.
- Solution nutritive contenant 14,7 g/l de Na Cl \approx (250Mm) C5.

Nous avons utilisé l'eau distillée comme témoin (T (0Mm)), et pour les solutions du stress salin, 05 concentrations de Na Cl ont été utilisées. Nous avons versé un volume d'eau sur le Na Cl suivi d'agitation. Ces cinq solutions ont été conservées séparément dans des bouteilles étiquetées de C1 (50Mm) ; C2 (100Mm) ; C3 (150Mm) ; C4 (200Mm) ; C5 (250Mm).

2.3. Préparation des solutions de PEG

Le PEG est un polymère non ionique hydrosoluble non perméable pour les cellules, il est utilisé pour induire un déficit hydrique car il réduit la disponibilité en eau sans causer de dommage physique aux plantes (Romo *et al.*, 2001).

À la cour de semer l'irrigation se fait par les solutions suivantes :

- Solution nutritive (témoin) 0 g/l de PEG = (0 %) P0.
- Solution nutritive contenant 5 g/l de PEG \approx (5%) P1.
- Solution nutritive contenant 10 g/l de PEG \approx (10%) P2.
- Solution nutritive contenant 15 g/l de PEG \approx (15%) P3.
- Solution nutritive contenant 20 g/l de PEG \approx (20%) P4.

Chapitre II : Matériels et méthode

Nous avons utilisé l'eau distillée comme témoin (P0 (0 %)), et pour les solutions du stress hydrique, 04 concentrations de PEG (poly-Ethylène-Glycol 6000) ont été utilisées. Nous avons versé un volume d'eau sur le PEG suivi d'agitation. Ces quatre solutions ont été conservées séparément dans des bouteilles étiquetées de P1 (5%) ; P2 (10%); P3 (15%) et P4 (20%).



Photo 1: Les solutions de PEG 6000 utilisé dans l'étude (Photo personnelle).

2.4. Application des stress

Notre dispositif se répartit en deux lots, chaque lot contient des traitements et chaque traitement est répété 3 fois, nous avons compté 20 graines qui sont placées sur trois couches de papier filtre dans les boîtes de pétri et couvertes par les couvercles des boîtes.

2.4.1. Application de stress salin

Au laboratoire, nous avons testé la tolérance de colza à la salinité ; l'effet de différentes concentrations de chlorure de sodium (Na Cl): (T (0Mm) ; C1 (50Mm) ; C2 (100Mm) ; C3 (150Mm) ; C4 (200Mm) ; C5 (250Mm)) sur les paramètres physiologique, morphologique de colza (InVigor et ES Hydromel).

Les boîtes témoins sont imbibées avec 10 ml d'eau distillée et les autres boîtes été imbibées avec 10 ml de solution à différentes concentrations de Na Cl.

L'expérimentation se déroule dans les conditions de laboratoire, le nombre de graines germées a été noté après 24 heures jusqu'au 6ème jour. Le semés a été réalisé le 04/04/2023.

La germination est repérée par la sortie de la radicule hors des téguments de la graine dont la longueur est d'au moins de 2 mm.

Chapitre II : Matériels et méthode

2.4.2. Application de stress hydrique

Les tests de germination ont été effectués sous différentes concentrations de PEG 6000 (polyéthylène glycol).

Dans un cas, nous avons imbibé les boîtes contenant des graines avec de l'eau distillée P0 (témoin), dans les autres cas, nous avons imbibé les boîtes ont les graines de solution contenant (P1 (5%) ; P2 (10%); P3 (15%) et P4 (20%)) de PEG 6000.

Les boîtes sont mises à l'obscurité dans une chambre de culture à une température de 25°C. Le nombre des graines germées a été noté après 24 heures jusqu'au 6ème jour Le semés a été réalisé le 13/04/2023.

La germination est repérée par la sortie de la radicule hors des téguments de la graine dont la longueur est d'au moins de 2 mm.



Photo 2: Préparation et placement des graines de Colza sous stress (Photo personnelle).

3. Paramètres étudiés

3.1. Paramètres de germination

3.1.1. Taux de germination final (G, %)

Ce paramètre est utilisé afin d'analyser la capacité germinative, il est exprimé par le rapport entre le nombre de graines germées sur le nombre total de graines incubées (Côme, 1970 ; Amouri et Fyad Lamech., 2012).

$G (\%) = 100(NGG/NTG)$ Où :

⊗ G (%) représente le pourcentage de germination.

⊗ NGG représente le nombre de graines germées.

⊗ NTG représente le nombre total de graines incubées.

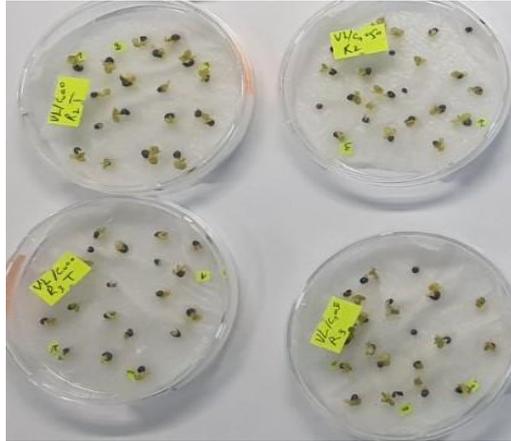


Photo 3: Germination final des graines de Colza sous stress (Photo personnelle).

3.1.2. Germination moyenne journalière (MGJ, %)

La moyenne journalière de germination a été calculée selon (Osborne *et al.* 1993).

En utilisant la formule suivante :

MGJ (%) = Pourcentage de germination final / nombre de jours à la germination finale.



Photo 4: Germination journalière des graines de Colza sous stress (Photo personnelle)

3.1.3. Réversibilité de l'action du stress

Ce paramètre permet de déterminer l'origine de l'effet dépressif du stress, s'il est de nature osmotique et/ou toxique.

Ainsi, les graines sont mises à germer en présence de différentes concentrations de Na Cl et PEG 6000 pendant 4 jours, les graines non germées sont rincées trois fois pour éliminer l'agent de sélection (Na Cl ; PEG 6000) non absorbé puis transférées dans de nouvelles boîtes de pétri contenant de l'eau distillée pendant quatre jours supplémentaires (Alaoui *et al.*, 2013).

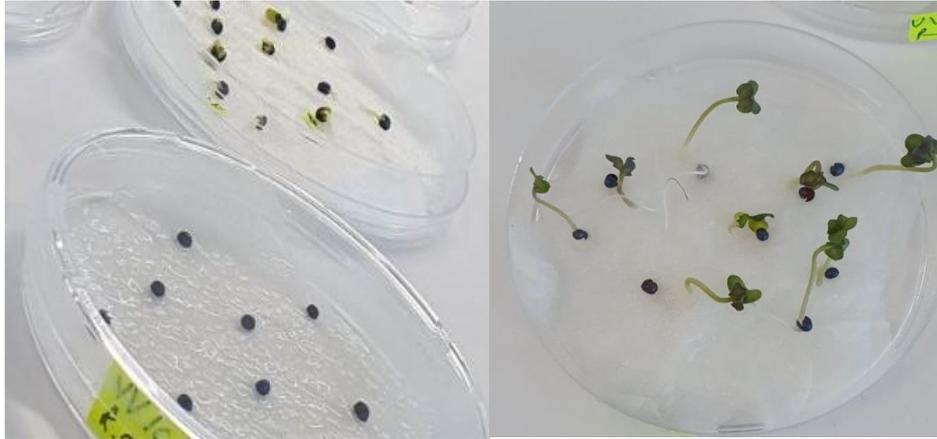


Photo 5: Réversibilité des graines de Colza sous stress (Photo personnelle).

3.2. Paramètres de croissance

La seconde partie de l'expérience nous a permis d'étudier les paramètres de croissance suivant :

3.2.1. Longueur racinaire (LR, cm)

La longueur des racines est déterminée comme étant la longueur de la racine la plus longue, les mesures ont été effectuées à l'aide d'un papier millimètre et ce pour évaluer la croissance de la plante vis -à-vis du stress (Brahimi, 2017).

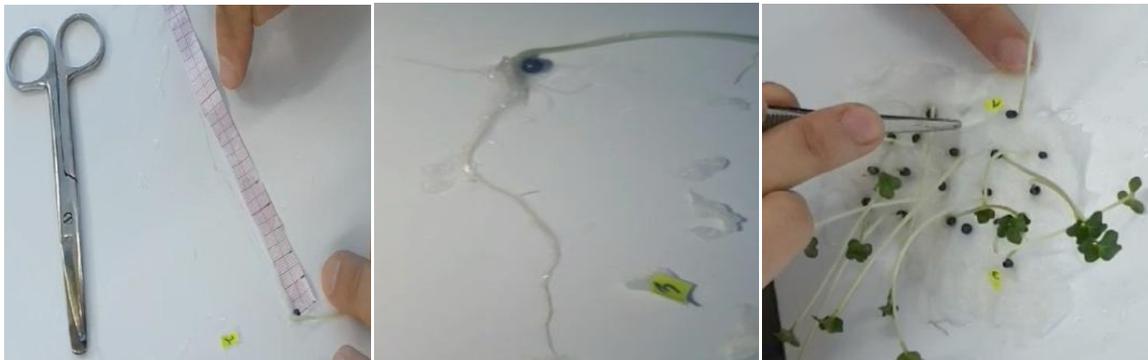


Photo 6: Mesure de la longueur de racine principale (photo personnelle).

3.2.2. Longueur de coléoptile finale (LC, cm)

La longueur de coléoptile finale est généralement mesurée à partir de la base de la plante jusqu'à l'extrémité de la coléoptile.

Cette mesure permet d'évaluer la croissance et le développement final de la coléoptile avec un papier millimètre.



Photo 7: Mesure de la longueur de coléoptile finale (photo personnelle).

3.2.3. Nombre de ramifications racinaire

Le comptage du nombre de ramifications a été effectué sur chaque pied à part.



Photo 8: Comptage du nombre de racines secondaires (photo personnelle).

4. Analyse statistique des données

Une analyse statistique descriptive a été effectuée pour une vue d'ensemble de données. L'analyse statistique unidimensionnelle (analyse de la variance - ANOVA) a été adoptée pour déduire les effets significatifs à l'aide du logiciel.

Les résultats obtenus sont représentés sous forme de diagrammes grâce au logiciel Office Excel. Les corrélations phénotypiques entre les différents paramètres sont calculées selon la méthode décrite par Snedecor et Cochran (1981).

Chapitre III : Résultats et discussion

3. Résultats et discussion

Dans cette étude, nous avons examiné les effets du stress salin et du stress hydrique sur la germination et la croissance de l'espèce (*Brassica napus L.*), communément appelée colza. Nous avons utilisé des paramètres morphologiques et physiologiques, tels que le taux et la moyenne journalière de germination, ainsi que l'analyse des variations des mesures sur la coléoptile et la racine principale, pour évaluer ces effets. L'objectif était de comprendre comment le colza réagit aux conditions de stress salin et de stress hydrique et d'identifier les éventuels changements observés dans sa germination et sa croissance.

3.1. Analyse de variance

Ces tableaux semblent représenter les résultats d'une analyse des données. Voici une interprétation générale des différentes colonnes des tableaux (1et 2):

Selon le (Tableau 1) Les résultats de taux de germination varient avec les concentrations des stress salin appliquées. En effet, l'analyse de variance (ANOVA) pour les deux variétés de colza (InVigor et ES Hydromel) montre qu'il y a une différence hautement significative entre les variétés. Très hautement significative entre les concentrations et hautement significative pour l'interaction variétés x concentrations. Pour la moyenne de germination journalière les résultats de (Tableau 1) montrent, qu'il y a une différence non significative pour les variétés, et aussi pour l'interaction variétés x concentrations. Très hautement significative entre les concentrations.

Selon les résultats qui concernent la longueur de coléoptile montrent qu'il y a une différence hautement significative entre les variétés, très hautement significative entre les concentrations et pour l'interaction variétés x concentrations une différence significative. Pour la longueur racinaire les résultats de (Tableau 1) montrent, qu'il y a une différence significative entre les variétés, très hautement significative entre les concentrations et non significative pour l'interaction variétés x concentrations. Pour le nombre des ramifications il y a une différence non significative entre les variétés, très hautement significative entre les concentrations et non significative pour l'interaction variétés x concentrations.

Selon le (Tableau 2) Les résultats de taux de germination varient avec les concentrations de stress hydrique appliquées. En effet, l'analyse de variance (ANOVA) pour les deux variétés de colza (InVigor et ES Hydromel) montre une différence non significative entre les variétés, très hautement significative entre les concentrations et significative pour l'interaction variétés x concentrations.

Résultats et discussion

Pour la moyenne de germination journalière les résultats montrent, qu'il y a une différence non significative entre les variétés, très hautement significative entre les concentrations et hautement significative pour l'interaction variétés x concentrations.

Selon les résultats qui concernent la longueur de coléoptile montrent qu'il y a une différence non significative entre les variétés, très hautement significative entre les concentrations et non significative pour l'interaction variétés x concentrations. Pour la longueur racinaire les résultats de (Tableau 2) montrent, qu'il y a une différence non significative entre les variétés, très hautement significative entre les concentrations et significative pour l'interaction variétés x concentrations. Pour le nombre des ramifications qu'il y a une différence non significative entre les variétés, très hautement significative entre les concentrations et non significative pour l'interaction variétés x concentrations.

Tableau 1: Carrés moyens des écarts de l'analyse de la variance du stress salin des paramètres mesurés des géotypes testés sous l'effet du stress salin (S), et l'interaction (G x S).

| | ddl | G (%) | MGJ | LC | LR | NR |
|---------------|-----|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Géotypes (G) | 1 | 44,44 ^{**} | 16,78 ^{ns} | 0,49 ^{**} | 1,69 [*] | 0,25 ^{ns} |
| Stress (S) | 5 | 2755,55 ^{***} | 929,95 ^{***} | 108,72 ^{***} | 382,67 ^{***} | 420,58 ^{***} |
| GxS | 5 | 113,88 ^{**} | 54,51 ^{ns} | 0,837 [*] | 0,43 ^{ns} | 8,58 ^{ns} |
| Modèle | 11 | 2913,88 | 1001,25 | 110,052 | 384,79 | 429,41 |
| Résidus | 24 | 183,33 | 170,96 | 1,38 | 5,53 | 19,33 |
| Total corrigé | 35 | 3097,22 | 1172,21 | 111,43 | 390,33 | 448,75 |

G: Géotype. S: Stress. GxS: Interaction Géotype x Stress. G (%): Taux de Germination. MGJ: Moyen de Germination Journalière. LC: Longueur de Coléoptile. LR: Longueur Racinaire. NR: Nombre de Ramifications.

Tableau 2: Carrés moyens des écarts de l'analyse de la variance du stress hydrique des paramètres mesurés des géotypes testés sous l'effet du stress hydrique (S), et l'interaction (G x S)

| Source | ddl | G (%) | MGJ | LC | LR | NR |
|---------------|-----|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| Géotypes (G) | 1 | 13,33 ^{ns} | 0,468 ^{ns} | 0,048 ^{ns} | 0,225 ^{ns} | 2,133 ^{ns} |
| Stress (S) | 4 | 1378,33 ^{***} | 324,20 ^{***} | 120,24 ^{***} | 296,243 ^{***} | 308,80 ^{***} |
| GxS | 4 | 145,00 [*] | 7,083 [*] | 0,382 ^{ns} | 2,404 [*] | 5,86 ^{ns} |
| Modèle | 9 | 1536,66 | 331,75 | 120,67 | 298,873 | 316,80 |
| Résidus | 20 | 283,33 | 11,70 | 0,89 | 4,013 | 18,66 |
| Total corrigé | 29 | 1820,00 | 343,46 | 121,56 | 302,88 | 335,46 |

G: Géotype. S: Stress. GxS: Interaction Géotype x Stress. G (%): Taux de Germination. MGJ: Moyen de Germination Journalière. LC: Longueur de Coléoptile. LR: Longueur Racinaire. NR: Nombre de Ramifications.

3.2. Effet des stress salin et hydrique sur la germination

3.2.1. Taux de germination final (G, %)

Ce paramètre constitue le meilleur moyen d'identification de la concentration salin et hydrique qui présente la limite physiologique de germination des graines.

L'analyse de variance du (G, %) pour les deux variétés de colza varie avec les concentrations des stress (salin, hydrique) appliquées illustré dans le (Tableau 1 et 2).

Le taux de germination est rapporté dans figures 8 et 9. Les résultats indiquent que le pourcentage de germination des deux variétés de colza étudiées est variable en fonction du type de stress appliqué, et de la variété elle-même.

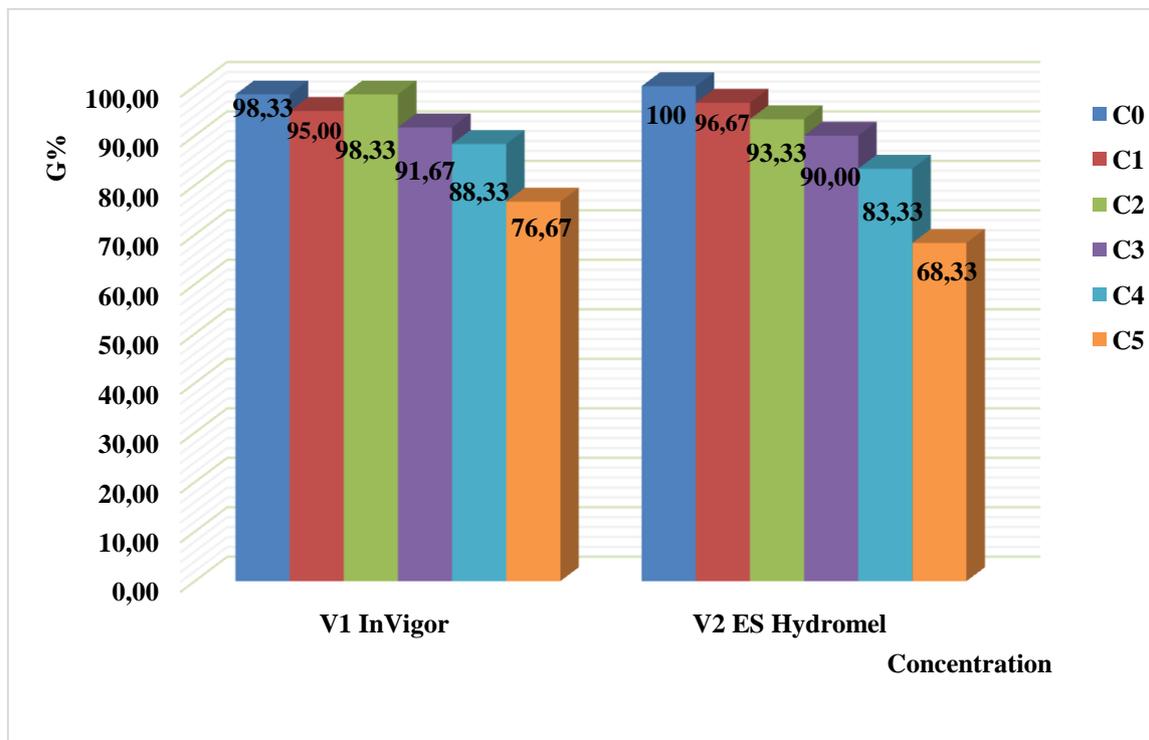


Figure 8: Histogramme représente l'effet de stress salin sur le taux de germination de deux variétés de colza.

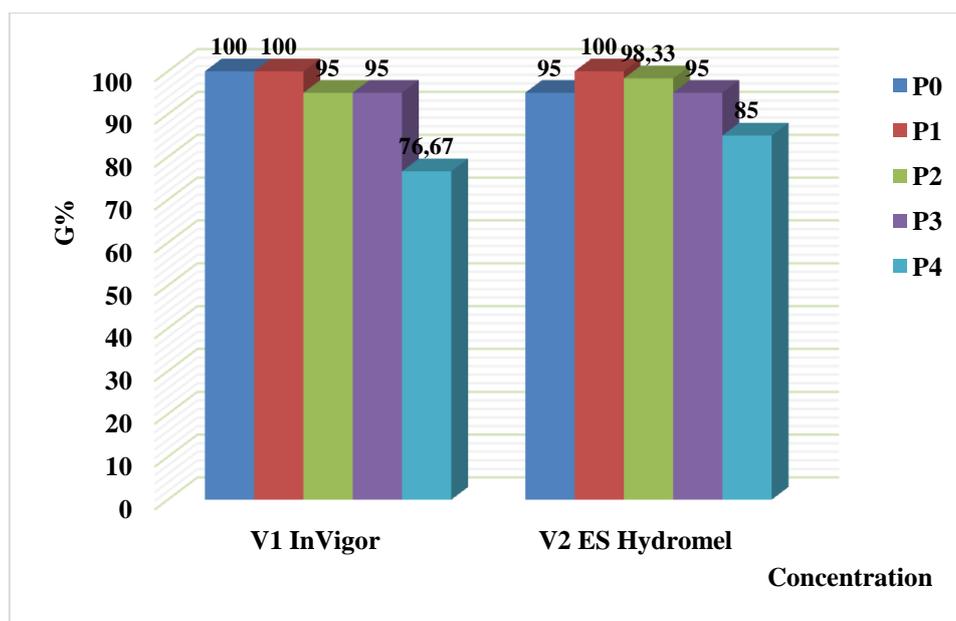


Figure 9: Histogramme représente l'effet de stress hydrique sur le taux de germination de deux variétés de colza.

Globalement, en absence de stress l'ensemble des graines testées ont germé, les variétés (InVigore et ES Hydromel) qui représentaient les meilleures valeurs de taux de germination avec un taux maximum atteignant les (100 % ; 98,33%) respectivement. En condition de stress salin, pour les concentrations utilisées (50mM; 100mM) le G% reste assez élevé avec des valeurs aux alentours de (95% ; 96,6%); (98,3% ; 93,3%) pour les variétés InVigor et ES Hydromel et des valeurs minimum de (76,6% ; 68,3%) pour un stress de (250mM) respectivement. Les variétés montrent une sensibilité au sel.

Suite à une exposition à un stress hydrique par le PEG-6000 de (5%), les valeurs observées varient entre un taux maximal de (100%) pour les deux variétés, et un taux minimal de (76,6% ; 85%) chez InVigor et ES Hydromel respectivement pour un stress de (20%).

Donc on distingue qu'il y'a une diminution du taux de germination parallèle à l'augmentation du stress (salin ou hydrique).

Les résultats obtenus dans cet essai montrent une diminution des taux des graines germées colza (*Brassica napus L.*) à partir de 50mM par rapport au témoin. D'une façon globale que le pouvoir germinatif des graines diminue sous les conditions de stress appliqués soit pour Na cl ou le PEG-6000). Les mêmes résultats ont été montrés par (Selami et Meddour, 2016), bien qu'une forte dose de sel de 100mM inhibe la germination totale de graines traitées Cette diminution du pouvoir germinatif devient plus importante sous stress hydrique. En effet la présence du PEG-6000 ou du Na Cl dans le milieu diminue et ralentit l'absorption de l'eau par les graines, nos résultats sont similaires à ceux rapportés par

Résultats et discussion

(Karagiizel, 2003) sur le moutarde. Il a affirmé que la sécheresse ou la salinité impose un stress osmotique en accumulant des ions sodium et chlorure. Des études antérieures ont montré qu'une augmentation de la salinité retarde le début de la germination, ce qui entraîne une diminution du pourcentage de germination. En diminuant l'absorption d'eau. Et par conséquent diminue l'activité enzymatique au niveau de ces dernières avec une déshydratation de l'embryon, arrêt de la division cellulaire et de la germination elle-même (Omidia *et al.*, 2009).

3.2.2. Germination moyenne journalière (MGJ)

L'examen des résultats dans les figures ci-dessous indique un retard de la germination des graines ainsi qu'une diminution de la moyenne de germination journalière ; et ceux pour les deux variétés testées proportionnellement avec l'augmentation de l'intensité du stress.

L'analyse de variance du (MGJ) pour les deux variétés de colza varie avec les concentrations des stress (salin, hydrique) appliquées illustré dans le (Tableau 1 et 2).

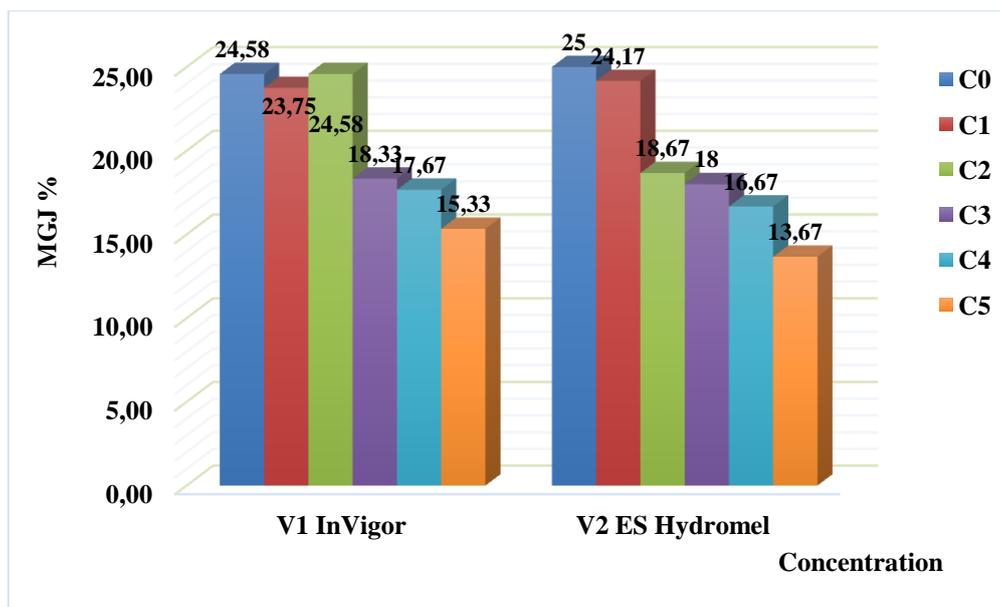


Figure 10: Histogramme représente l'effet de stress salin sur le taux moyen de germination journalière de deux variétés de colza.

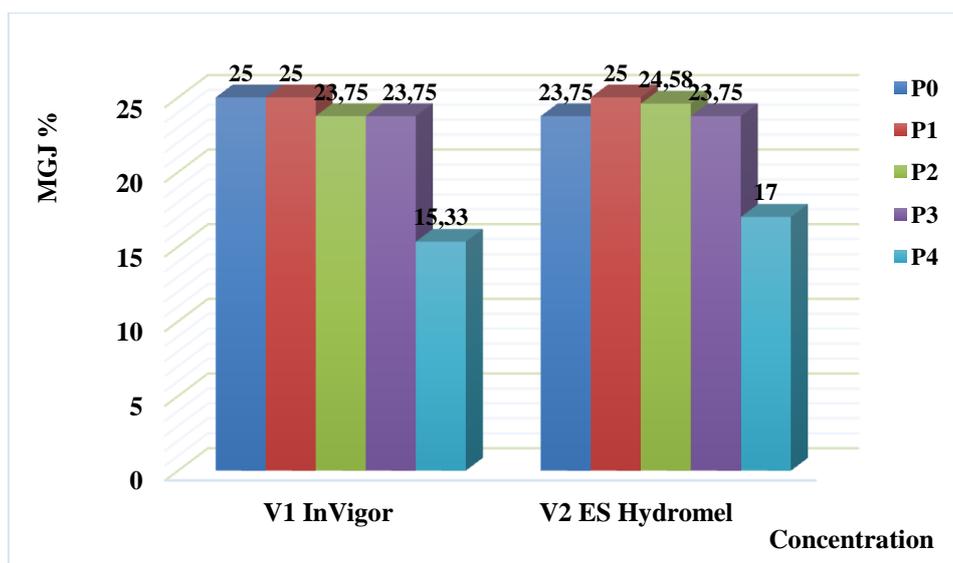


Figure 11: Histogramme représente l'effet de stress hydrique sur le taux moyen de germination journalière de deux variétés de colza.

Les résultats dans la figure ci-dessus montrent qu'en condition contrôle (témoin), le (MGJ) chez InVigor et ES Hydromel atteint le (24,58% ; 25%) respectivement.

En présence de Na Cl, ce paramètre diminue progressivement chez les deux variétés testées. En effet, pour un stress de 150mM; 200mM de Na Cl, les valeurs enregistrées pour les variétés InVigor et ES Hydromel sont de (18,33% et 18%); (17,67% et 16,67%) respectivement. Elles subissent donc une faible diminution par rapport aux témoins et stress de 50mM. Pour ce qui est du traitement à 250mM, les valeurs enregistrées continuent à baisser pour atteindre (15,33% et 13,67%) respectivement pour les deux variétés.

Alors que pour le PEG de (5%); (10%); (15%), On remarque la même chose que les témoins et les stress salin une faible diminution de la moyenne de germination journalière qui atteint les (25% et 25%) ; (23,75% et 24,58%); (23,75% et 23,75%) chez InVigor et ES Hydromel respectivement. Pour ce qui est du traitement à 20%, les valeurs enregistrées continuent à baisser pour atteindre (15,33% et 17%) respectivement pour les deux variétés.

Donc nous constatons une diminution progressive des valeurs de (MGJ) à mesure que la concentration de PEG-6000 et Na Cl augmente.

D'après (Bliss *et al.*, 1986), le retard de germination des graines se fait en fonction de la concentration de l'osmoticum utilisé et est couplé avec la diminution de la moyenne de germination journalière. Cette réduction serait due au temps que va prendre chaque génotype pour ajuster la pression osmotique interne de ses tissus. De nombreux travaux mettent en évidence une telle diminution chez le moutarde soumise à différents niveaux de stress salin

Résultats et discussion

(Karagiizel, 2003) et chez le canola (*Brassica napus L.*) en condition de stress hydrique (Omidia *et al.*, 2009).

3.2.3. Réversibilité de l'action du stress

La remise en germination en présence d'eau distillée, des graines non germées à des concentrations de 20% de PEG et de 200mM; 250mM de Na Cl a été conduites afin de préciser l'origine de l'inhibition.

Concernant le lot de graines ayant initialement non germé en présence de 200mM; 250mM de sel et de 20% de PEG-6000; le transfert des graines dans de l'eau distillée est suivi d'une reprise de la germination pour les deux variétés. Ceci laisse supposer que cette même concentration est responsable de l'apparition de phénomènes osmotiques chez les variétés.

Nous avons observé que des concentrations élevées de Na Cl et de PEG-6000 (200mM; 250mM) et 20% respectivement) ont un effet inhibiteur sur la germination des graines de colza, quelle que soit la variété étudiée. selon (Mehra *et al.*, 2003), Cette inhibition peut être due à des contraintes osmotiques et/ou à des effets toxiques. Si l'inhibition est principalement d'origine osmotique, nous pourrions nous attendre à une reprise de la germination une fois que cette contrainte est levée. En revanche, si des phénomènes de toxicité ionique sont impliqués, il est peu probable que la germination reprenne même après la suppression de la contrainte. Ceci serait la résultante d'une accumulation des ions Na⁺ et Cl⁻.

3. 3. Effet des stress salin et hydrique sur la croissance

Dans la deuxième partie de notre travail nous avons étudié les paramètres de croissance :

3.3.1. Longueur de coléoptile finale (LC, cm)

L'examen des résultats dans les figures ci-dessous indique un retard de la croissance ainsi qu'une diminution de longueur de coléoptile; et ceux pour les deux variétés testés proportionnellement avec l'augmentation de l'intensité du stress (hydrique et salin).

L'analyse de variance du (LC, cm) pour les deux variétés de colza varie avec les concentrations des stress (salin, hydrique) appliquées illustré dans le (Tableau 1 et 2).

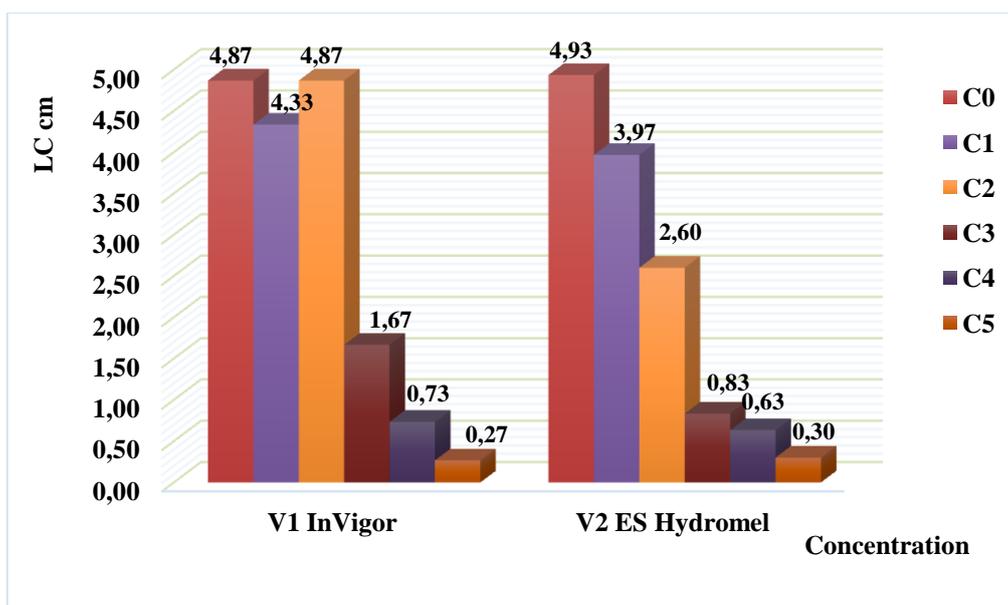


Figure 12 : Histogramme représente l'effet de stress salin sur la longueur de coléoptile finale de deux variétés de colza.

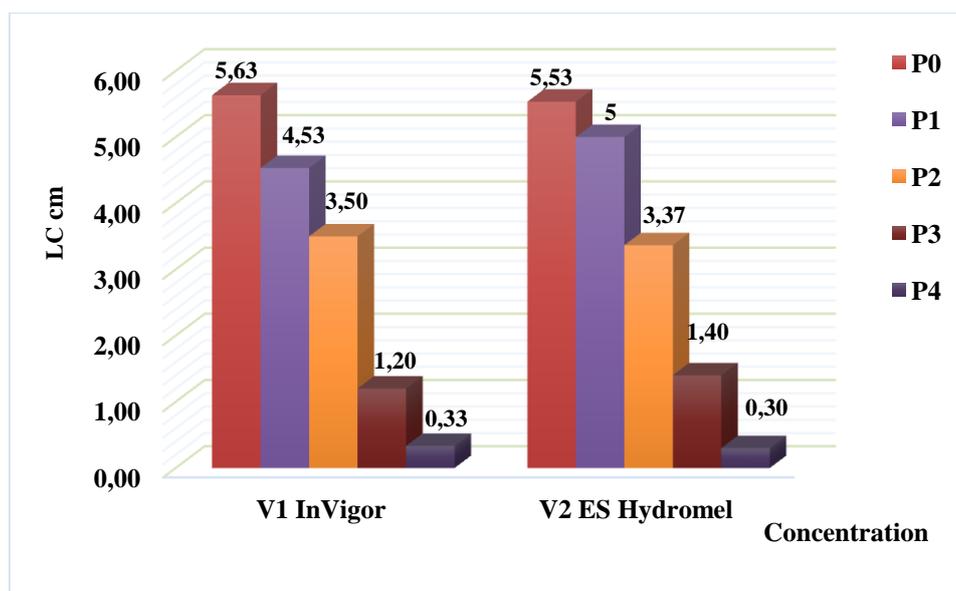


Figure 13 : Histogramme représente l'effet de stress hydrique sur la longueur de coléoptile finale de deux variétés de colza.

Les résultats dans les figures 12 et 13 ci-dessus montrent la longueur de coléoptile des graines en condition contrôle (témoin) atteint le (4,86cm ; 4,93cm), (5,63cm ; 5,53cm) chez InVigor, ES Hydromel respectivement, avant l'application de stress salin et hydrique.

En présence du Na Cl, ce paramètre diminue progressivement chez les deux variétés testées. En effet, pour un stress de 150mM, 200mM et 250mM de Na Cl, les résultats enregistrés continuent de baisser considérablement, atteignant respectivement (1,66cm et

Résultats et discussion

0,83cm); (0,73cm et 0,63cm); (0,26cm et 0,3cm) pour les deux variétés. Par rapport aux témoins et un stress de 50mM; 100mM.

Alors que pour le PEG de (5%); (10%), On remarque la même chose que les témoins et les stress salin une faible diminution de (LC) qui atteint les (4,53cm et 5cm); (3,50cm et 3,37cm). Pour ce qui est des traitements à (15%); (20%), les valeurs enregistrées continuent à baisser pour atteindre (1,20cm et 1,40cm); (0,33cm et 0,30cm), par rapport aux témoins.

Les résultats obtenus montrent une différence hautement significative entre le témoin et les variétés traitées en Na Cl et en PEG pour le paramètre de croissance étudiée présente une diminution de la longueur de coléoptile avec l'augmentation de la concentration en Na Cl, PEG, même résultats chez l'espèce *Brassica napus L.* Ces résultats sont confirmatifs à ceux de (Omidia *et al.*, 2009).

Selon (Omidia *et al.*, 2009), le traitement salin appliqué sur *Brassica napus L.* enregistre de faibles réductions de longueur de tige par rapport au témoin, l'effet de stress hydrique agit de manière négative aussi sur la longueur de la partie aérienne. Nos résultats sont identiques avec les résultats des travaux de, (El-Midaoui, 2003) sur canola (*Helianthus annuus L.*) et (Demir Kayaa, 2006) sur tournesol, la diminution du gradient de potentiel hydrique entre les graines et leur milieu par l'effet de PEG-6000 affecte négativement sur la croissance.

3.2.2. Longueur racinaire et Nombre de ramifications (LR, cm) (NR, cm)

L'analyse des résultats montre dans les tableaux ci-dessous que la concentration de Na Cl et de PEG dans le milieu influe sur la croissance en longueur de racine et sur le nombre de ramifications racinaires des deux variétés de colza étudiées (InVigor et ES Hydromel).

L'analyse de variance du (LR ; NR) pour les deux variétés de colza varie avec les concentrations des stress (salin, hydrique) appliquées illustré dans le (Tableau 1 et 2).

Afin de mieux comprendre l'impact de stress salin et hydrique sur la longueur des racines et sur le nombre de ramifications racinaires des deux variétés étudiées, les résultats de l'effet du stress salin sur ces paramètres sont présentés dans (Tableau 3 et 4).

Résultats et discussion

Tableau 3: L'effet de stress salin sur les valeurs moyennes de la longueur des racines finales et nombre de ramifications racinaires de deux variétés de colza.

| | | C0 | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
|-----------------------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| V1 InVigor | LR | 9,166±0,907 | 7,233±0,208 | 9,166±0,503 | 2,333±0,230 | 0,8±0,2 | 0,266±0,057 |
| | NR | 9,666±0,577 | 7,333±1,154 | 9,666±1,154 | 6±00 | 0,666±1,154 | 0±00 |
| V2 ES Hydromel | LR | 9,633±0,550 | 7,466±0,986 | 4,933±0,404 | 2,533±0,305 | 1,566±0,115 | 0,533±0,057 |
| | NR | 9,333±1,154 | 7,333±1,154 | 6,666±1,154 | 4±00 | 0,666±1,154 | 0±00 |

L R: Longueur des racines. N R: Nombre des ramifications racinaires.

Tableau 4: L'effet de stress hydrique sur les valeurs moyennes de la longueur des racines finales et nombre de ramifications racinaires de deux variétés de colza.

| | | P0 | P1 | P2 | P3 | P4 |
|-----------------------|-----------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| V1 InVigor | LR | 8,8±0,721 | 6,833±0,351 | 3,5±0,1 | 1,6±0,1 | 0,366±0,152 |
| | NR | 8,666±1,154 | 7,333±1,154 | 5,333±1,154 | 2,666±1,154 | 0±00 |
| V2 ES Hydromel | LR | 9,166±00,907 | 6,133±0,503 | 2,5±0,1 | 1,733±0,404 | 0,7±0,264 |
| | NR | 9,333±1,154 | 6,666±1,54 | 3,333±1,154 | 2±00 | 0±00 |

L R: Longueur des racines. N R: Nombre des ramifications racinaires.

Les résultats obtenus montrent que la Longueur de la radicule chez les deux variétés (InVigor et ES Hydromel) les témoins est maximale avec une valeur de (9,16±0,90; 9,63±0,550cm), (8,8±0,72; 9,166±0,90cm) avant les stress, contrairement à celles traitées par (50mM ; 100mM) de Na Cl, (5%) de PEG nous enregistrons une diminution de (7,23±0,20 et 7,46±0,986cm); (9,16±0,50 et 4,93±0,40cm), (6,8±0,351 et 6,13±0,503cm) respectivement. Les concentrations des stress (200mM; 250mM), (15% et 20%) les résultats enregistrés continuent de baisser considérablement, atteignant respectivement (0,80 et 1,56cm) ;(0,2 et 0,53cm), (1,6 et 1,73cm) et (0,36 et 0,7cm). On distingue que il y a une diminution de longueur des racines avec une diminution du nombre de ramifications racinaires. Tandis qu'en présence de 200mM et 250mM de Na Cl et 15% et 20% de PEG la diminution est encore plus considérable jusqu'à atteindre zéro chez InVigor et ES Hydromel parallèlement à l'augmentation du stress (salin et hydrique).

Les résultats obtenus montrent une différence hautement significative entre le témoin et les variétés traitées en Na Cl et en PEG pour le paramètre de croissance étudiée présente une diminution de la longueur des racines et nombre de ramifications avec l'augmentation de la concentration en Na Cl, PEG.

Dans notre étude il y a une diminution de longueur des racines Le même effet a été observé pour l'espèce de *Brassica napus L*, dont il y a une diminution de la longueur de partie racinaire par rapport au témoin sous les concentrations de Na Cl ce résultat identique à celle de (El-Midaoui *et al.*, 2003) sur canola (*Helianthus annuus L.*) ont rapporté que la croissance

Résultats et discussion

des racines et des pousses a considérablement diminué par le stress osmotique par le PEG 6000. ont constaté que la croissance des semis de niébé était inhibée à la fois par le Na Cl et le PEG, mais une inhibition plus élevée s'est produite en raison du PEG.

Un système racinaire profond et dense joue un rôle clé dans l'ajustement osmotique sous les concentrations salines (Cremlen *et al.*, 2014).

D'après (Neumann, 1995), la salinité peut rapidement inhiber la croissance des racines et donc la capacité de l'eau, l'absorption et la nutrition minérale essentielle du sol. Le stress salin et hydrique inhibe la croissance des pousses plus que la racine de toutes les espèces de Brassica. Le sel et le manque d'eau inhibent tous les paramètres de croissance des plantes, ceci s'explique par le fait que l'augmentation de la teneur en Na Cl. Les racines sont directement en contact avec la salinité du sol et elles constituent la première ligne de défense contre le stress salin et hydrique, des plantes ayant un système racinaire long sont capable d'absorber plus d'eau pour adapter au stress hydrique et s'échapper aux zones salines (Omidia *et al.*, 2009).

La croissance racinaire est réduite lors d'une contrainte hydrique, mais de façon moins marquée que celle des parties aériennes. La diminution du diamètre des racines sous l'effet de la déshydratation peut contribuer à limiter l'absorption de l'eau et des éléments minéraux (Merrien, 1981).

3.4. Analyse des corrélations

Pour compléter l'analyse unidimensionnelle ANOVA, il est souhaitable d'y aller à une analyse bidimensionnelle par l'estimation de la force de liaison de type linéaire entre deux variables quantitatives en présentant la matrice des corrélations entre les variables deux à deux.

En se basant sur les coefficients de corrélation, le (Tableau 5) montre qu'il y a de corrélations entre les 5 variables :

Nous avons enregistré 10 corrélations significatives sur 15, dont 10 corrélées positivement. Un coefficient de corrélation très important de 0,978 entre LC et LR. Le G % est corrélé positivement avec le MDG, LC et LR ($r=0,793$; $r=0.796$; $r=0.794$) respectivement. Une corrélation positive de 0.837 entre le MDG et le LC. Un coefficient de corrélation positive de 0.94 entre LC et NR.

Résultats et discussion

Tableau 5: Corrélation entre les paramètres étudiés sous stress salin (en gras des résultats statistiquement Significatif à 0.01%).

| | G % | MDG | LC cm | LR cm | NR |
|-------|---------------|---------------|---------------|---------------|----|
| G % | 1 | | | | |
| MDG | .793** | 1 | | | |
| LC cm | .796** | .837** | 1 | | |
| LR cm | .794** | .853** | .978** | 1 | |
| N R | .648** | .697** | .943** | .958** | 1 |

G%: Taux de germination finale. MGJ: Moyen de germination journalière. L C: Longueur de coléoptile. L C: Longueur des racines. N R: Nombre des ramifications.

Le (Tableau 6) enregistré 10 corrélations significatives sur 15, dont 10 corrélé positivement.

Une corrélation positive supérieure à 0.95 entre le LR et NR. Une corrélation positive de 0.69 entre le G% et le LC ; le MGJ et le NR.

Une corrélation positive aussi de 0.58 entre le G% et LR et une corrélation positive de 0,72 entre le MGJ et LC. Ainsi, le LC est corrélées positivement avec le LR (r=0,93).

Tableau 6: Corrélation entre les paramètres étudiés sous stress hydrique (en gras des résultats statistiquement Significatif à 0.01).

| | G % | MGJ | L C | L R | NR |
|-----|---------------|---------------|---------------|---------------|----|
| G % | 1 | | | | |
| MGJ | .956** | 1 | | | |
| L C | .690** | .725** | 1 | | |
| L R | .588** | .608** | .938** | 1 | |
| N R | .648** | .697** | .943** | .958** | 1 |

G%: Taux de germination finale. MGJ: Moyen de germination journalière. L C: Longueur de coléoptile. L C: Longueur des racines. N R: Nombre des ramifications.

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

Conclusion

Dans cette étude, nous avons évalué et comparé le comportement de deux variétés de colza (InVigor, ES Hydromel) soumises à un stress salin provoqué par le Na Cl et un stress hydrique provoqué par le PEG-6000 au stade de germination. Nous nous sommes basés tout d'abord sur des paramètres de germination, puis sur trois paramètres de croissance.

L'étude de la réponse aux stress salin et hydrique chez les deux variétés testées révèle que les deux contraintes affectent l'ensemble des paramètres mesurés. Les deux stress ont un effet négatif sur le taux de germination des graines traitées par rapport au témoin. La variation des taux de germination finale montre que les deux variétés ont la même résistance au stress salin et au stress hydrique.

La germination moyenne journalière montre également une diminution pour les deux variétés sous les deux stress. L'élévation de la concentration de chlorure de sodium (Na Cl) et de PEG-6000 provoque une diminution du taux et du temps moyen de germination à des fortes doses par rapport au témoin.

Les deux variétés tolèrent la salinité lorsque la concentration de Na Cl est inférieure ou égale à 50mM et deviennent sensibles proportionnellement à l'augmentation de Na Cl. Elles tolèrent également le stress hydrique lorsque le pourcentage de PEG-6000 est inférieur ou égal à 5%.

En ce qui concerne les paramètres morphologiques, nous observons une diminution de la longueur de la racine, de la longueur de la coléoptile et du nombre des ramifications dans les fortes doses de Na Cl ($\geq 50\text{mM}$) et de PEG-6000 ($\geq 5\%$). La croissance des systèmes souterrains et aériens en longueur est influencée par les deux stress appliqués, mais chez les plantules, la partie aérienne semble être plus touchée que la partie souterraine.

En conclusion, cette étude a montré que les deux variétés étudiées présentent une certaine résistance à des concentrations faibles de Na Cl ($\leq 50\text{mM}$) et de PEG ($\leq 5\%$).

Cependant, les deux stress ont un effet négatif sur la germination et la croissance de la plante, proportionnellement à l'augmentation de la concentration de stress.

Perspectives

Les résultats obtenus laissent entrevoir de nombreuses perspectives qui nécessitent des études plus approfondies, à savoir :

- ✓ Cette étude devrait être complétée par des expérimentations similaires sur le champ afin de vérifier le degré de tolérance des variétés étudiées en conditions réelles.
- ✓ D'élargir l'étude sur plusieurs stades et cycle de développement de la plante.
- ✓ Elargir l'étude en comparant plus de variétés de colza.
- ✓ L'utilisation d'autres paramètres morphologiques et physiologiques comme critères de sélection et d'amélioration des plantes.
- ✓ Appliquer l'étude sur d'autres types de stress et/ou contraintes biotiques et abiotiques afin de cerner à mieux la problématique proposée.

Références bibliographique

Référence bibliographique

Références bibliographique

Agreste, (2003). L'utilisation du territoire en 2003. Page 9.

Alaoui M. M., El Jourmi L., Ouarzane A., Lazar S., El Antri S., Zahouily M. & Hmyene, A. (2013). Effet du stress salin sur la germination et la croissance de six variétés marocaines de blé. J. Mater. Environ. Sci, 4(6), 997-1004.

Amouri A.A., & Fyad Lameche F. Z. (2012). Analyse comparative de la tolérance à la salinité du gamétophyte mâle et du sporophyte chez *Medicago* au stade germination.

Belhassen E. (1994). Résistance de plantes à la sécheresse : mécanismes physiologiques. Le sélectionneur Français 45, 75-85.

Bennouna D. (2018). Etude de l'impact de l'environnement et de la génétique sur la qualité nutritionnelle du colza par une approche métabolomique, thèse doc, spéci, biochimie, Université, Aix-Marseille, pp15-18.

Bliss R. D., Platt-Aloia K. A. & Thomson W. W. (1986). Osmotic sensitivity in relation to salt sensitivity in germinating barley seeds. *Plant, Cell & Environment* 9(9), 721-725pp.

Bousba R. (2012). Caractérisation de la tolérance à la sécheresse chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse de doctorat. Université des Frères Mentouri Constantine, 117p.

Boyeldieou J. (1991). Produire des grains oléagineux et protéagineux, *Revue CETIOM* n°209 pp 25-30.

Brahimi H. A. (2017). Variations phénotypiques pour la tolérance aux stress salin et hydrique chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.). Mémoire de Master en Biotechnologie et Génomique Végétale. Université Mohamed Boudiaf - M'Sila. 11-18 p.

Cetiom. (2002). Colza d'hiver : les techniques culturales, le contexte économique. Grignon, CETIOM.PP 65.

Chahinez G. (2021). La culture de colza revue *CETIOM* n°312 .pp 15-28.

Chaubet R., Hullé M. & Turpeau E. (2010). *Myzus* (Nectarosiphon) *persica* (Sulzer, 1776) Puceron vert du pêcher. Consulté le 26 juin 2022.

Référence bibliographique

Chaumeil P. (2006). Plasticité moléculaire de deux écotypes de pin maritime soumis à un stress osmotique. Thèse de doctorat de l'Université Henri Poincaré, France.

Cherdaoui. (2011). Les cultures oléagineuses: enjeux et problématiques, Edition 2015, pp 13-20.

Côme D. (1970). Les obstacles à la germination. In Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon (Ed.). (pp. 162). Paris : Masson et Cie.

Cultiveille. (2015). InV 1010, la première variété de colza InVigor. Bayer Cropscience.

Demir Kayaa, M., G. Okcu, M. Atak, C. Yakup ıklı, O. & Kolsarıcı. (2006). Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Europ. J. Agronomy* 24, 291–295.

Downey R. K., A.J. Klassen ET G.R. (1980). Stringam.. Rapeseed and Mustard. In: W.R.Fehr ET H. H. Hadley (eds.) *Hybridization of CropPlants*.pp. 495-509.

El-Midaoui M. H., Serieys Y., Griveau M., Benbella A., Talouizte A., Berville, F. Kaan. (2003). Effects of osmotic and water stresses on root and shoot morphology and seed yield in canola (*Helianthus annuus* L.) genotypes bred for Morocco or issued from introgression with *H. argophyllus* T.&G. and *H. debilis* Nutt. *Helia* 6, 1–16.

FAO (Faostat). (2012). Statistiques de superficies, rendements et productions de la culture du colza dans le monde. Extrait de www.faostat.fao.org.

Genis J. (1988): Raffinage des corps gras, Edition Westhoch.

Gouia H., Ghorbal M. H., & Touraine B. (1994). Effects of NaCl on flows of N and mineral ions and on NO₃-reduction rate with whole plants of salt-sensitive bean and salt tolerant cotton. *Plant Physiology*, 105(4), 1409-1418.

Goutta i., Abdelhak., K. (2009). étude deux comportement de trois variétés de colza (*Brassica napus*) dans les condition du Haut Chélif , diplôme ING, état agro, pp 02-05, pp08-15.

Référence bibliographique

Hajlaoui H., Denden M., & 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(3), 168-173.

Hmyene A. (2013). Effet du stress salin sur la germination et la croissance de six variétés marocaines de blé. *J. Mater. Environ. Sci*, 4(6), 997-1004.

Kaneko Y., & Bang, S. W. (2014). Interspecific and intergeneric hybridization and chromosomal engineering of Brassicaceae crops. *Breeding science*, 64(1), 14–22.

Karagiizel O. (2003). Effect of different salt concentrations on germination of *Lupinus varius* from South Anatolia. *Akdeniz Universitesi Ziraat Fakultesi Dergisi* 16, 211–220. (In Turkish)

Lamaze T., Tousch D., Sarda X., Grignon C., Depigny D., Monneveux P. & Yokota A., Takahara K., & Akashi K. (2006). Water stress. In *Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants* (pp. 15-39). Springer, Dordrecht.

Matallah A.A. (2006). *Marché mondial des oléagineux*. Institut National Agronomique (INA) Alger.

Mehra V., Tripathi J., Powell A. A. (2003). Aerated hydration treatment improves the response of *Brassica juncea* and *Brassica campestris* seeds to stress during germination. *Seed Sci. Technol* 31, 57– 70.

Merrien A. (1981). Relationships between water supply. Development and survival and production in sun flower *Agronomies* 1, 917-922.

Nabloussi A., (2015). Amélioration génétique du colza, enjeux et réalisation pour un développement durable de filière, INRA, pp 19-30.

Neumann P. M. (1995). Inhibition of root growth by salinity stress: Toxicity or an adaptive biophysical response. In: Baluska, F., Ciamporova, M., Gasparikova, O., Barlow, P.W. (eds) *Structure and Function of Roots*. The Netherlands: Kluwer Academic Publisher. Pp: 299- 304

Oecd. (2012). Organization for Economic Co-operation and Development. Consensus document on the biology of the brassica crops (*Brassica spp.*). Series on Harmonisation of Regulatory oversight of Biotechnology, No 54, OECD, Paris, pp 142.

Référence bibliographique

Omidia H., Khazaeib F., Hamzi Alvanaghc S. & Heidari-Sharifabadb H. (2009). Improvement of seed germination traits in canola (*Brassica napus* L.) as affected by saline and drought stresses. *Plant Ecophysiology* 3, 151-158.

Osborne J. M., Fo, J. E. D., & Mercer S. (1993). Germination response under elevated salinities of six semi-arid blue bush species (Western Australia). In Lieth, H., & Al Masoom, A. (Ed.), *Towards the Rational Use of High Salinity tolerant Plants* (Vol. 27, pp. 323-338). Springer, Dordrech.

Ouerghi Z., Zid E., Hajji M., & Soltani A. (1998). Comportement physiologique du blé dur (*Triticum durum* L.) en milieu salé. *CIHEAM-Options Méditerranéennes*, 309-31.

Ouhaddach M., El Yacoubi H., Douaik A., Hmouni D., & Rochdi A. (2016). Réponse à la salinité de quelques paramètres physiologiques et biochimiques du Blé (*Triticum aestivum* L.) au stade montaison.

Selami et Meddour., 2016- Effet du stress salin sur la germination des graines de quelques plantes spontanés (*Retama retam*, *Genista saharae*, *Asphodelus tenuifolius*, a. et *Oudneya africana*).

Xu F. S. (1990). New genus and species of Polyplacophora (Mollusca) from the East China Sea. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology* 8.4, 375-377.

