



République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة زيان عاشور - الجلفة

Université Ziane Achour – Djelfa –

كلية علوم الطبيعة والحياة

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

قسم العلوم البيولوجية

Département des Sciences Biologiques

Projet de fin d'étude

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Filière : Sciences Biologiques

Spécialité : Microbiologie Appliquée

Thème

Évaluation de la résistance à la salinité de certaines rhizobactéries endophytes et de leurs effets sur le comportement germinatif des grains de blé dur sous les conditions de stress salin

Présenté par : Rabhi Hanane et Naoui Khaoula

Devant le jury :

M. Adli Benziane	MCA	Président
M. Dif Guendouz	MCA	Promoteur
M. Touati Mostefa	MCA	Co- Promoteur
M ^{me} . Benchérif Karima	MCA	Examinatrice

Année universitaire : 2023/2024



Remerciement

Avant tout, nous louons et remercions Dieu le tout puissant de nous avoir accordé la force, le courage, la patience et les moyens afin de pouvoir accomplir ce travail. Au terme de ce travail réalisé en vue de l'obtention du Diplôme de Master, nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à l'égard de Mr TOUATI Mostefa enseignant au département des Sciences Biologiques, qui nous a proposé et dirigé ce travail, et Mr Guendouz DIF enseignant à l'université de Laghouat, et Mr Rahmoune Abdelkarim. Ils nous ont guidé avec de précieux conseils et de multiples suggestions. Leurs critiques fructueuses ont été, pour nous, une source d'enrichissement. Leurs aides ainsi que Leur disponibilité nous a permis d'avancer dans le travail et de finaliser cette étude. Nos vifs remerciements vont également aux membres de jury qui ont bien voulu consacrer leurs précieux temps pour examiner ce travail. Ainsi, nous tenons à exprimer notre gratitude et nos sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à l'élaboration de ce mémoire.





DEDICACES:

C'est avec grand plaisir que je dédie ce modeste travail : A l'être le plus cher de ma vie, à la source d'amour incessible, à ma mère qui m'a bénie par ces prières, ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie. A mon support dans ma vie, mon père Rabhi Belkacem qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, tu as toujours été pour moi un exemple du père respectueux, honnête, de la personne méticuleuse, je tiens à honorer l'homme que tu es.

Grâce à toi papa j'ai appris le sens du travail et de la responsabilité. Je voudrais te remercier pour ton amour, ta générosité, ta compréhension... Ton soutien fut une lumière dans tout mon parcours. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour l'estime et le respect que j'ai toujours eu pour toi. Ce modeste travail est le fruit de tous les sacrifices que tu as déployés pour mon éducation et ma formation. Je t'aime papa et j'implore le tout-puissant pour qu'il t'accorde une bonne santé et une vie longue et heureuse, à me donner de l'aide et à me protéger. Ce projet de fin d'étude représente l'aboutissement du soutien et des encouragements de mes parents qu'ils m'ont prodigués tout au long de ma scolarité, et qui sont l'origine de ma réussite que dieu les garde et les protège. À mes sœurs Hadjer et Ritadje, mes frères Abdelkarim, Islam et Mahdi, à mes amies qui m'ont toujours encouragé. À mes encadreurs Mr TOUATI Mostefa et Mr DIF Guendouz qui m'ont dirigé tout au long de ce travail et m'avoir fait bénéficier de leurs expériences et de leurs précieux conseils. À tous ceux qui me sont chers. À tous ceux qui m'aiment.



Hanane



DEDICACE :

Grâce à toi mon bon dieu, je m'incline devant ta puissance et ta miséricorde, pour te remercier de l'aide et du courage que tu m'as données au cours de la réalisation de ce modeste travail, que je dédie :

A mes chers parents : ma mère qui a été l'incarnation de l'amour maternel inconditionnel. Ta tendresse, ta force et ta sagesse sont un phare dans ma vie. Chaque jour, je suis reconnaissante pour les sacrifices que tu as faits et pour la manière dont tu as guidé mes pas.

Mon père, ton dévouement et ton sens des responsabilités sont une source d'inspiration constante. Ta présence rassurante et ton soutien indéfectible ont façonné la personne que je suis aujourd'hui. Je suis honoré d'être ta fille et fière de suivre tes pas. À mes chers frères Ahmed, Abdel Aziz, Abdelmadjid, et Farouk et ma sœur Noura, Halima, Samah et Hanane et à toutes mes amies. À tous mes professeurs pour leur patience, leur amour, leur soutien et leur encouragement. A mes sœurs A toutes ma famille, À mes encadreurs Mr TOUATI Mostefa et Mr DIF Guendouz qui m'ont dirigé tout au long de ce travail et m'avoir fait bénéficier de leurs expériences et de leurs précieux conseils. À tous ceux qui me sont chers. À tous ceux qui m'aiment.



Khaoula

Sommaires

Sommaires	Page
Remerciement	
Dédicace	
Liste d'abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction générale	1
Partie I : Revue bibliographique	
Chapitre 01 : Généralité sur le blé dur	
I. Etude de la Plante :	3
I.1 Généralité :	3
I.2 Origine du blé dur :	3
I.3 Morphologie du blé dur	4
I.3.1 Les racines	4
I.3.2 Les tiges	4
I.3.3 Les feuille	4
I.3.4 Les graines	5
I.4 Classification botanique	5
I.5 Les stades de développement de blé dur	6
I.6 Importance et production du blé dur	6
II. La germination	7
II.1 Définition	7
II.2 Les types de germination	7
II.3 Conditions de la germination	7
II.3.1 Condition externe de la germination	7
II.3.2 Condition internes de la germination	8
II.4 Physiologie de la germination	8
Chapitre 02 : Généralités sur les Rhizobactéries endophytes	
I. Généralités sur les Rhizobactéries endophytes	9
I.1 Définition	9
I.2 Quelques exemples des bactéries endophytes	9
I.3 Importance des bactéries endophytes	9
II. Généralité sur les (Plant Growth-Promoting Rhizobactéria) PGPR	10
II.1 Définition de la rhizosphère	10
II.2 Définition de (Plant Growth-Promoting Rhizobactéria) PGPR	10
II.3 Rôle de (Plant Growth-Promoting Rhizobactéria) PGPR	10
II.4 Les types de (Plant Growth-Promoting Rhizobactéria) PGPR	11
III. La salinité	11
III.1 Définitions	11
III.2 Effets du stress salin	12

Partie expérimentale

Chapitre 03 : Matériel et Méthodes

III.1 Objectif	13
III.2 Matériel biologique	13
III.3 Matériel utilisé	13
III.4 Site de prélèvement	14
III.5 Préparations du milieu de culture	14
III.6 Ensemencement en milieu solide et repiquage des souches	14
III.7 Évaluation de la résistance à la salinité des isolats endophytes	15
III.8 Préparation des suspensions bactériennes	16
III.9 Préparation des solutions d'arrosage	17
III.10 Préparation des boîtes de Pétri	17
III.11 Préparation des graines	18
III.12 Traitement bactérien des graines	18
III.13 Semis des graines	18
III.14. Les paramètres étudiés	19
III.14.1 Le pourcentage de germination final (FGP%)	19
III.14.2. La germination moyenne quotidienne (MDG%)	19
III.14.3. Le temps moyen de germination (MGT)	19
III.14.4 L'indice de germination (GI)	19
III.15 Le poids sec (PS) et le poids frais (PF)	19
III.16 Teneur en eau (TE)	20
III.17 Longueurs des feuilles (LMF)	20
III.18 Longueurs les racines (LMR)	20
III.19 Analyse statistiques	21

Chapitre 04 : Résultats et discussion

IV. 1. Résultats	22
IV .1.1 Test de résistance à la salinité	22
IV.1. 2. Paramètres de la germination	26
IV .1.2.1. L'effet du stress salin sur le pourcentage de germination final FGP%	26
IV 1.2.2 La germination moyenne journalière MDG%	27
IV 1.2.3 Le temps moyen de germination MGT	28
IV 1.2.4 L'indice de germination GI	29
IV 1.2.5 Biomasse fraîche BF	30
IV 1.2.6 Biomasse sèche BS	31
IV 1.2.7 Teneur en eau (TE)	32
IV 1.2.8 Longueur moyenne des feuilles	33
IV 1.2.9 longueur moyenne des racines	34
IV .2 Discussion	36
Conclusion et perspectives	39
Références bibliographiques	41
Résumés	46

Liste des abréviations

NaCl : Chlorure de sodium.

MS : matière sèche.

MF : matière Fraiche.

LF : longueur de feuille

LR : longueur de racine

mM : Millimole.

Cm : centimètre

ml : millilitre

G: gramme

C : Concentration.

FGP: pourcentage de germination final.

MDG: la germination moyenne quotidienne

MGT: Temps moyen de germination

IG: Indice de germination.

ED: l'eau distillé

C° : Degré Celsius

ANOVA : Analyse de la variance.

FAO : Organisation mondiale de l'Agriculture et de l'Alimentation (Food and Alimentation Organisation).

SS : Stress salin

V : Vitrons.

rpm : Rotation par minute

TE : teneur de l'eau

L : litre

Min : minute

PGPR: plant growth promoting rhizobacteria.

C1 : la concentration 40 mM

C2 : la concentration 80 mM

C3 : la concentration 120 mM

Liste des figures

Figure 1 : Origines génétiques des différentes espèces de blé	4
Figure 2 : Les phases de germination.....	8
Figure 3 : Localisation géographique du site de prélèvement.....	14
Figure 4 : Repiquage des souches endophytes.....	15
Figure 5 : Évaluation de la résistance à la salinité des isolats.....	16
Figure 6 : milieu liquide bouillon nutritif.....	16
Figure 7 : les solutions d'arrosage	17
Figure 8 : les étapes du test de germination.....	18
Figure 9 : étapes du mesure des paramètres physiologie	20
Figure 10 : L'effet du stress salin sur le pourcentage de germination final (FGP, %) chez les graines de blé dur traitées par les 06 souches.....	27
Figure 11 : L'effet du stress salin sur la germination moyenne journalière (MDG, %) chez les graines de blé dur traitées par les 06 souches.....	28
Figure 12 : L'effet du stress salin sur le temps moyenne de germination (MGT), chez les graines de blé dur traitées par les 06 souches.....	29
Figure 13 : L'effet du stress salin sur l'indice de germination (GI) chez les graines de blé dur traitées par les 06 souches.....	30
Figure 14 : L'effet du stress salin sur la production de la matière fraîche chez les plantules de blé dur traité par les 6 souches.....	31
Figure 15 : L'effet du stress salin sur la production de la matière sèche chez les plantules de blé dur traité par les 6 souches.....	32
Figure 16 : L'effet du stress salin sur la teneur de l'eau des plantules du blé dur traité par les 6 souches	32
Figure 17 : Effet du stress salin sur la longueur des feuilles des plantules de blé dur traitées par les 6 souches d'rhizobactérie.....	33
Figure18 : : Effet du stress salin sur la longueur des feuilles des plantules de blé dur traitées par les 6 souches d'rhizobactérie.....	34

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification taxonomique du blé dur	5
Tableau 2 : Cycle de développement du blé dur.....	6
Tableau 3 : Les types de (Plant Growth-Promoting Rhizobactérie) PGPR.....	11
Tableau 4 : Matériels utilisé	13
Tableau 5 : Test de résistance des souches endophytes a la salinité.....	22-26

The image features two golden wheat stalks, one on the left and one on the right, set against a plain white background. The stalks are positioned vertically, with their heads pointing towards the top of the frame. In the center, there is a light orange rounded rectangular box containing the text 'Introduction générale' in a bold, orange, sans-serif font. The text is underlined.

Introduction générale

Introduction générale

Les céréales représentent une partie essentielle de l'alimentation humaine et animale, notamment le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Il est considéré comme l'une des céréales les plus employées dans l'alimentation des populations mondiales (Karakas et al., 2011). En Algérie, Les céréales en général, le blé en particulier constituent la principale base du régime alimentaire pour le consommateur. Le secteur des céréales occupe une place vitale en termes socio-économiques et parfois politique. Sur le marché mondial, l'Algérie demeure toujours parmi les grands importateurs de céréales en particulier le blé du fait de la faible capacité de la filière nationale à satisfaire les besoins de consommation croissants de la population (Benseddik et Benabdelli, 2000).

La germination et les premiers stades de croissance sont cruciaux pour l'établissement des espèces se développant dans des environnements salins. Le stade plantule est le plus vulnérable dans le cycle de vie de la plante et, c'est la germination qui détermine le temps et le lieu pour que la croissance de la plantule ébauche. Ce stade germinatif est souvent limité par la salinité du sol et se montre le plus sensible que les autres stades (BOUDA et al., 2011).

La salinisation des sols est définie par la FAO comme le "phénomène d'augmentation de sels hydrosolubles dans le sol". Il peut s'agir de sodium, potassium, magnésium, calcium, chlore. On considère principalement qu'un sol est salinisé quand la concentration en sels est telle qu'elle a des effets néfastes sur le fonctionnement du sol et des végétaux. Cela dépend donc notamment des espèces végétales présentes puisque certaines résistent mieux au sel que d'autres. Sur des sols très salinisés, les rendements des cultures sont diminués et parfois l'agriculture est rendue impossible. La salinisation est une menace très importante pour les sols agricoles à l'échelle mondiale en particulier sous les climats arides et semi arides. (Gérer Un Sol Salinisé, 2022)

Le stress dû à la salinité affecte négativement la croissance et la productivité des plantes en perturbant les processus physiologiques et métaboliques, entraînant une réduction des rendements des cultures. Pour lutter contre les effets néfastes du stress salin sur le blé dur, les chercheurs se sont tournés vers les rhizobactéries favorisant la croissance des plantes (PGPR) comme solution prometteuse. Les rhizobactéries,

spécifiquement appelées rhizobactéries favorisant la croissance des plantes (PGPR), sont un groupe diversifié de bactéries bénéfiques qui habitent la rhizosphère, la région du sol entourant les racines des plantes. Ces micro-organismes jouent un rôle essentiel dans l'amélioration de la croissance et de la santé des plantes grâce à divers mécanismes, ce qui en fait un élément essentiel de l'agriculture durable. Les rhizobactéries englobent un large éventail de genres, notamment *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Azospirillum*, *Rhizobium* et *Burkholderia*. Chacun de ces genres présente des traits et des capacités uniques qui contribuent à favoriser la croissance des plantes. Les PGPR sont également aptes à coloniser les racines des plantes, où ils établissent des interactions bénéfiques avec la plante. Cette colonisation est cruciale pour leur efficacité, car ils prospèrent dans l'environnement riche en nutriments fourni par les exsudats racinaires (Suresh et al., 2020).

Nous avons fait cette étude a pour objectif d'évaluer la résistance à la salinité de plusieurs rhizobactéries endophytes et d'étudier leur impact sur la germination des grains de blé dur dans des conditions de stress salin, l'étude comprend :

- Évaluation de la résistance à la salinité de 25 souches de Rhizobactéries Endophytes.
- Étude de l'effet de l'inoculation par la ou les Rhizobactéries sélectionnées (retenues en première étape) sur la germination des graines de blé dur

Le présent manuscrit est composé de 4 chapitres :

Chapitre 01 : Généralités sur le blé dur

Chapitre 02 : Généralités sur les Rhizobactéries endophytes

Chapitre 03 : Matériel et Méthodes

Chapitre 04 : Les résultats et discussion.



Partie I: Revue Bibliographique

**Chapitre I : Généralités sur le blé
dur**

I. Étude de la Plante

I.1 Généralité

Les céréales constituent 45 % des calories que les individus consomment. Les civilisations ont débuté par leur utilisation méthodique, avec trois grandes catégories qui représentent 75 % de la consommation mondiale de céréales. La catégorie principale de céréales est le blé, l'orge, le seigle et l'avoine. Le maïs, qui est un deuxième groupe important dans le triangle fertile, est originaire d'Amérique centrale et a développée aux États-Unis. C'est le point de départ des civilisations amérindiennes. Un troisième rassemblement important est formé tout autour du riz (Clerget, 2011).

I.2 origine du blé dur

Il y a 2 origines :

. Origine géographique

D'après Vavilové dans Ounzar (2012), le blé dur est originaire de deux régions: l'Abyssinie et l'Afrique du Nord. Tandis que pour Grignac (1978), le Moyen-Orient est le principal pôle de production du blé dur, qui s'est divisé en trois zones : le bassin occidental de la Méditerranée, le sud de la Russie et le Proche-Orient (Syrie et nord de la Palestine).

. Origine génétique

Le premier est de déterminer le nombre exact des chromosomes de diverses espèces de *Triticum* de niveaux de ploïdie différents Sakamura (1918) cité par Cauderon (1979).

- *Triticum aestivum* : 42 chromosomes, hexaploïde
- *Triticum turgidum* : 28 chromosomes, tétraploïde [$2n = 4x = 28$] Génome AABB
- *Triticum monococcum* : 14 chromosomes, dont un diploïde (Cauderon, 1979 ; Liu et al, 1996 in Nadjem, 2012)

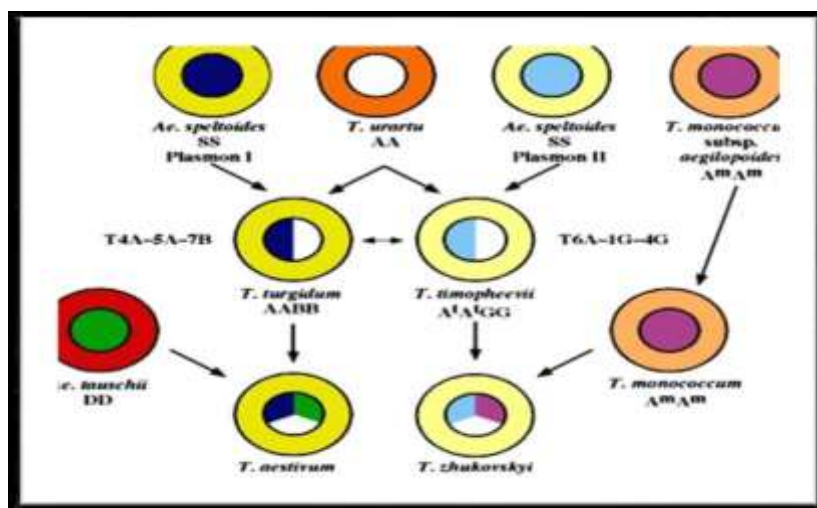


Figure 1 : Origines génétiques des différentes espèces de blé (Feldman et Sears, 1981).

I.3. Morphologie du blé dur

I.3.1. Les racines

Le blé dur possède deux systèmes racinaires interconnectés. Un système racinaire principal ou séminal, qui commence à fonctionner dès la puberté. En règle générale, il ne se compose que de 6 racines séminales (Monneveux, 1992), et d'un système racinaire secondaire, appelé racines adventices, de type fasciculé, qui se manifeste lors du tallage et se substitue doucement au précédent. Les racines sont d'autant plus nombreuses que la phase de tallage est plus longue. Les racines adventices restent très actives jusqu'à la floraison, puis elles commencent à se sécher (Boulal et al., 2007).

I.3.2. Les tiges

Il y a une tige principale, le maître brun cylindrique, lisse, plus ou moins creuse, sur la partie aérienne, et des tiges secondaires, les talles, qui naissent à la base de la plante (Boulal et al., 2007).

I.3.3. Les feuilles

Feuilles alternes, distiques, simples et entières, munies d'une gaine arrondie (Brink, 2006). Chaque feuille se forme autour de l'aisselle d'un nœud. Quatre parties composent la feuille du blé : la gaine, les stipules ou oreillettes, la ligule et le limbe

(**Boulal et al., 2007**). Le limbe a une forme linéaire avec des nervures parallèles, est plat et un peu poilu (**Brink, 2006**)

I.3.4. Les grains

Le grain de blé, connu sous le nom de caryopse, a une forme ovale, plus allongée pour le blé dur (**Boulal et al., 2007**).

I.4. Classification botanique

Tableau 1 : Classification taxonomique du blé dur Selon (**APG III, 2009**)

Règne	Plante
S/règne	<i>Tracheobionta</i>
Embranchement	<i>Phanérogamiae</i>
S/Embranchement	<i>Magnoliophyta (Angiospermes) Division Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Liliopsida (Monocotylédones)</i>
S/Classe	<i>Commelinidae</i>
Ordre	<i>Poales (Glumiflorale) Cyperales</i>
Famille	<i>Poaceae (Graminées)</i>
S/Famille	<i>Pooideae (Festucoideae)</i>
Tribue	<i>Triticeae</i>
S/tribu	<i>Triticinae</i>
Genre	<i>Triticum</i>
Espèce	<i>T. durum Desf.</i>

I.5. Les stades de développement de blé dur

Les stades de développement de blé dur peuvent être résumés dans le tableau suivant :

Tableau 2 : Les cycles de développement du blé dur (Moule, 1980 in Brabri et Derradji, 2006).

Les périodes	Les phases	Les caractéristiques
Période végétative La croissance (3 phases principales)	1- la semi levée	-Sortie des racines -La croissance
	2- Levée- début tallage	-La 1 ère feuille d'allonge -La 2 -ème feuille apparaît puis 3 -ème et 4-ème
	3- Début- tallage- début montée	-Le tallage entré en croissance de bourgeon différence
Période reproductrice de la montée à la fécondation (3 phases principales)	1-la formation des débouches d'épillets	-Débute par différenciation et l'élongation des entre-noeuds de la tige principale -Initiation florale
	2- la spécialisation florale	-La différenciation des pièces florales
	3- Méiose fécondation	-L'inflorescence sort de la graine de dernière feuille
Période de maturation (Maturation complète) (3phases principales)	1-Multiplication l'aire intense (12-15jour)	-Accroissement du poids d'eau et de matière sèche dans le grain
	2-d'enrichissement glucides et protides (12-15jour)	-Migration des réserves -La diminution de la teneur en eau (40%)
	3-phase de dessiccation	-Le gain devient alors successivement demi_mur puis mur

I.6 Importance et production du blé dur

- Le blé dur représente environ 8% des superficies en blés dans le monde dont 70% sont localisée en conditions méditerranéennes.
- Les blés constituent la première ressource en alimentation humaine.
- Le blé dur prend mondialement, la cinquième place après le blé tendre, le riz, le maïs et l'orge (Amokrane, 2001).

II. La germination

II.1. Définition

On peut définir la germination comme la combinaison des événements qui amènent la graine sèche à germer. Elle débute par la pénétration d'eau et se termine par l'allongement de l'axe embryonnaire (Yakoubi, 2014).

La germination correspond à la transition de la vie latente de la graine vers la vie active, sous l'influence de conditions favorables. Il s'agit d'un processus biologique qui se limite au début de l'hydratation de la semence et au début de la croissance de la radicule. Quand la radicule a percé les enveloppes, une semence a germé, visiblement allongée.

II.2. Les types de germination

Au sens large, il existe deux types de germination:

- La germination épigée : également appelée germination épicotyle : Lorsque la tigelle s'allonge, les cotylédons sont portés au-dessus du niveau du sol.
- Le processus de germination hypogée : également appelé germination hypocotyle, se produit lorsque la tige ne s'allonge pas et que les cotylédons restent en terre. (Meyer et al., 2004).

II.3. Les Conditions de la germination

II.3.1. Conditions externes de la germination

Les conditions extérieures nécessaires pour la croissance de la graine sont l'eau, l'oxygène, la température

- A. L'eau liquide : La quantité d'eau nécessaire est de 50% à 250% du poids sec de la graine et permet la réhydratation des tissus
- B. L'oxygène : C'est le substrat indispensable à la respiration qui permet la production d'ATP et de matières organiques.
- C. La température : Elle influe sur les activités enzymatiques, la perméabilité des membranes et l'entrée d'oxygène (0°_20°).

D. La lumière : elle empêche la germination des graines qui ont une photosensibilité négative et favorise celles qui ont une photosensibilité positive (Anzala, 2006)

II.3.2. Conditions internes de la germination

- A. La maturité : La graine est complètement différenciée morphologiquement, les réserves sont bien constituées.
- B. La viabilité / Longévité des semences : La graine est vivante et on a conservation du pouvoir germinatif qui varie en fonction des espèces

II.4. Physiologie de la germination

La germination comprend trois phases (figure 02) : la phase d'imbibition, la phase de germination *stricto sensu* et la phase de croissance.

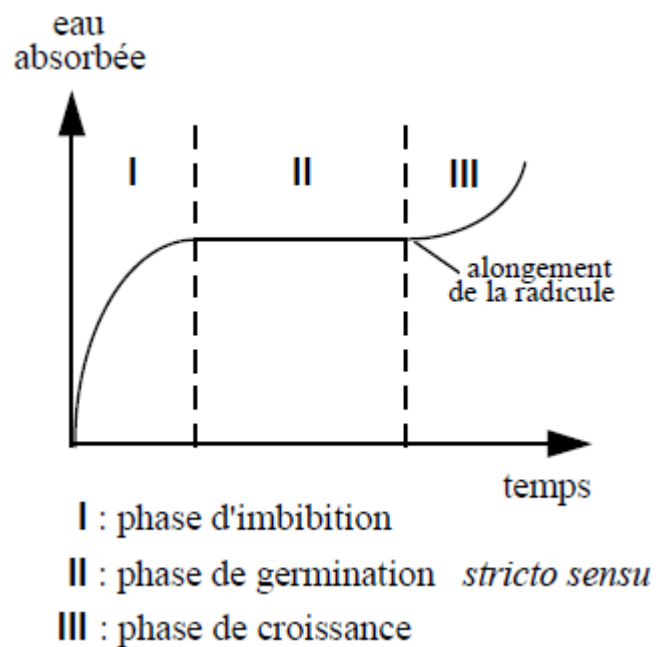


Figure 2 : Les phases de germination (Côme, 1982).

The image features two golden wheat stalks, one on the left and one on the right, set against a plain white background. The stalks are in sharp focus, showing the individual grains and their awns. In the center, there is a light orange rounded rectangular box containing the chapter title in a matching orange color.

Chapitre 02 : Généralités sur les Rhizobactéries endophytes

I. Généralités sur les bactéries endophytes

I.1. Définition

Le mot endophyte a été introduit pour la première fois par De Barry en 1866, où « endo » signifie à l'intérieur ; « phyte » est dérivé du mot grec phyto, qui signifie plante). Les bactéries endophytes sont des bactéries capables de stimuler la croissance des végétaux. Elles vivent dans les tissus de la plante (**Bai et al., 2002**). Ces bactéries sont issues du milieu de la rhizosphère et des rhizodépôts (**Abedinzadeh et al., 2018**).

I.2. Quelques exemples des bactéries endophytes

En général, les bactéries endophytes se trouvent dans les racines, mais elles peuvent également se trouver dans les tiges ou les feuilles des plantes. Elles regroupent plus de 54 genres et espèces de bactéries Gram négatives et Gram positives (**Pullen et al., 2002**). On les a découvertes dans des plantes comme le riz, le blé et le maïs (**Hallmann et al., 1997 ; Rosenblueth et Martinez-Romero, 2006 ; Miliute et al., 2015**). Les plantes sont colonisées par des bactéries endophytes telles que *Micrococcus luteus*, *Bacillus paenibacillus*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Burkholderia sp* et *Variovorax sp*.

I.3. Importances des bactéries endophytes

D'une manière directe ou indirecte, les bactéries endophytes des plantes jouent un rôle essentiel dans leur croissance et leur développement. Elles ont la capacité de stimuler la croissance des plantes en synthétisant différentes phytohormones telles que les auxines, des enzymes, en facilitant l'absorption des nutriments, en solubilisant le phosphate, en fixant l'azote atmosphérique et en produisant des sidérophores. De manière indirecte, les endophytes ont la capacité de réduire ou d'éviter certains effets néfastes de l'organisme phytopathogène en synthétisant du HCN (hydrogène, carbone, azote) (**Maheshwari et al., 2020**).

Dans la rhizosphère, l'interaction entre les plantes et les microorganismes joue un rôle essentiel dans la santé des plantes, la productivité et la fertilité des sols. Les inoculant bactériens jouent un rôle essentiel dans l'amélioration de l'efficacité agronomique en diminuant les dépenses de production et la pollution de l'environnement (**Iyer et Rajkumar, 2017**).

II. Généralités sur les (Plant Growth-Promoting Rhizobacteria) PGPR

II.1. Définition de la rhizosphère

En 1904, Lorenz Hilten (bactériologiste du sol et professeur d'agronomie au collège technique de Munich) a introduit le concept de rhizosphère. Le mot "rhizosphère" est dérivé du grec "rhizo" ou "rhiza", qui signifie "racine" et "sphère", qui désigne le domaine d'action ou d'influence. L'un des écosystèmes les plus complexes est la rhizosphère, qui se définit comme le volume du sol qui entoure les racines des plantes vivantes. Elle est perçue comme une zone écologique entre les différents microorganismes et les différentes racines à proximité. Son volume varie en fonction de la croissance des racines (**Bazot, 2005**).

Il est important de distinguer trois éléments dans la rhizosphère : l'endorhizosphère (espace intérieur de la racine), le rhizoplan (surface racinaire) et l'exorhizosphère ou le sol rhizosphérique (sol lié à la racine par rapport au sol extérieur) (**Gray et Smith, 2005**).

II.2. Définition de la (Plant Growth-Promoting Rhizobactérie) PGPR

Les PGPR représentent un ensemble spécifique de bactéries qui s'installent dans la rhizosphère et les racines des plantes. Ils participent à de nombreuses interactions avec la plante hôte en lui offrant des bénéfices nutritionnels et pathologiques (**Sinha et al., 2021**) en stimulant directement ou indirectement sa croissance grâce à leurs différents mécanismes, que ce soit en immobilisant les nutriments ou en agissant comme un régulateur de défense contre divers agents pathogènes. (**Kumari et al., 2019**).

II.3. Rôle des (Plant Growth-Promoting Rhizobactérie) PGPR

Les PGPR peuvent être utilisés comme outils pour une approche écologiquement durable afin d'accroître la fertilité des sols et d'améliorer la santé des plantes hôtes. (**Prasad et al., 2016**). Ils contribuent à l'absorption des nutriments et de l'eau des plantes en améliorant leur absorption et en régulant la teneur en eau du sol. Ils renforcent leur activité métabolique et leur défense antioxydante (**Bhat et al., 2023**).

II.4. Les types de (Plant Growth-Promoting Rhizobactérie) PGPR

Selon Somers et al. (2004), les PGPR ont été divisés en trois catégories (tableau 03).

Tableau 03: les types de (Plant Growth-Promoting Rhizobactérie) PGPR

Types de PGPR	Définition	Mécanisme d'action	Les références
Phytestimulateur	Micro-organismes ayant la capacité de fabriquer des phytohormones comme l'IAA et l'éthylène, etc	Synthèse de phytohormones	-Lugtenberg et al. (2002) - Somers et al. (2004)
		Bioinsecticides ou biopesticides	Champignons et bactéries favorisant la croissance et le développement des plantes en limitant la croissance des agents pathogènes des plantes
Biofertilisants	Un matériau qui contient des micro-organismes vivants qui colonisent les racines dans la rhizosphère pour améliorer le développement des plantes grâce à une meilleure disponibilité des nutriments.	BNF	Vesey (2003)
		Solubilisation du phosphate insoluble	Somers et al. (2004)

III. La Salinité

III.1. Définition

On peut définir la salinité comme la totalité des sels présents dans la solution du sol. C'est l'un des éléments abiotiques les plus courants à l'échelle mondiale et qui restreint considérablement les rendements agricoles, en particulier dans les régions arides et semi-arides, où les précipitations sont faibles et ne sont pas assez abondantes pour transporter les sels du profil racinaire des plante (Lahoual, 2014).

III.2. Les effets du stress salin

- **Effet sur la germination :**

La surabondance de sel dans le sol est un des éléments essentiels qui ont un impact négatif sur la germination de la graine, empêchant ainsi les espèces de s'adapter aux environnements salins. Il a également examiné l'impact des sels sur la germination en observant une diminution de l'imbibition en raison d'une diminution du potentiel d'eau (**Brahimi, 2017**).

- **Effet sur la croissance et le développement des plantes :**

Selon **Wang et Nil (2000)**, le stress salin entraîne une diminution de la vitesse d'expansion de la surface foliaire, ce qui entraîne une pause dans cette expansion lorsque la concentration de sel augmente. Le stress salin entraîne également une baisse de la biomasse sèche et fraîche des feuilles et des tiges (**Chartzoulakhis et Klapaki, 2000**).



Partie expérimentale

Chapitre III: Matériel et Méthodes

Cette étude a été effectuée au laboratoire PFE (projet de fin d'étude) du département des sciences biologiques de la faculté des sciences de la nature et de la vie à l'université Ziane Achour de Djelfa.

III.1. Objectif

- Évaluation de la résistance à la salinité de 25 souches de Rhizobactérie Endophyte
- Étude de l'effet de l'inoculation par les Rhizobactéries sélectionnées (retenues) sur la germination des graines de blé dur

III.2. Matériel biologique

- 25 souches de rhizobacteries endophytes
- Des graines de blé dur de la variété (Virton R1 Blida 2023) aimablement fournies par le Dr. Bougoutaia Youcef.

III.3. Matériel utilisé

Le matériel utilisé est illustré dans le tableau suivant

Tableau 4: Matériel utilisé

Verreries	Appareillage	Produits	Autres matériels consommables
<ul style="list-style-type: none"> - Bécher - Erlenmeyer - Éprouvettes graduée - Flacon de prélèvement - Pipette gradué 6ml - Tube à essai - Verre de montre 	<ul style="list-style-type: none"> - Micropipette 1000 μl - Balance analytique - Hotte - étuve - chauffe balance - Spectrophotomètre UV-visible - Bec benzène - Bain marie - Agitateur -Four pasteur - Réfrigérateur - Autoclave 	<ul style="list-style-type: none"> -Sodium chlorure NaCl - Eau distillé -Nutriment Agar - bouillon nutritif 	<ul style="list-style-type: none"> - Les tickets d'étiquetage Marqueur permanent, bloc note - Cuvette pour UV-visible en plastique et en quartz - Seringue, Coton, Gants - Boite de pétri - Papier Aluminium, Papier filtre, scotche Pince, Spatule, Pissette, anse de platine, Ciseaux, un barreau magnétique

III.4. Site de prélèvement

Des racines de plantes halophytes spontanées ont été prélevées dans un site steppique du Nord du Sahara Algérien, dans la commune d'Ain Maabad, pour isoler les bactéries endophytes. Elle est située à une distance d'environ 30 km au nord de la ville de Djelfa et à une distance de 15 km du plateau Az-Zahrez, dans la wilaya Djelfa. Un site connu sous le nom de rocher de sel qui se caractérise par un sol très salé et rocheux, avec un revêtement végétal peu diversifié.

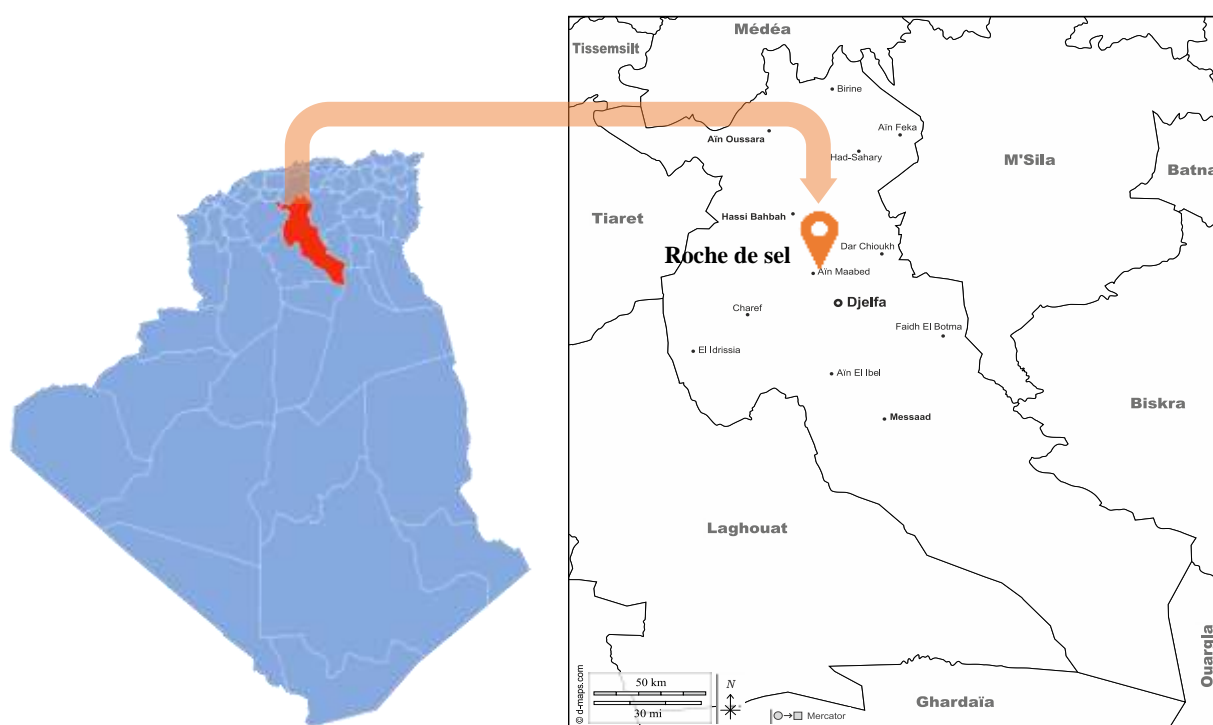


Figure 3 : Localisation géographique du site de prélèvement

III.5. Préparation du milieu de culture

On pèse 3 fois 28 g de gélose nutritive (nutriment agar), puis on dissout la poudre dans 3 litres d'eau distillée stérile et après une agitation, on place la solution dans 15 flacons et on stérilise à l'autoclave à une pression 2bar (120° C).

III.6. Ensemencement en milieu solide et repiquage des souches

Les souches ont été ensemencées sur milieu GN (gélose nutritive) dans des conditions aseptiques, suivi d'une incubation à 30 °C pendant 48 heures

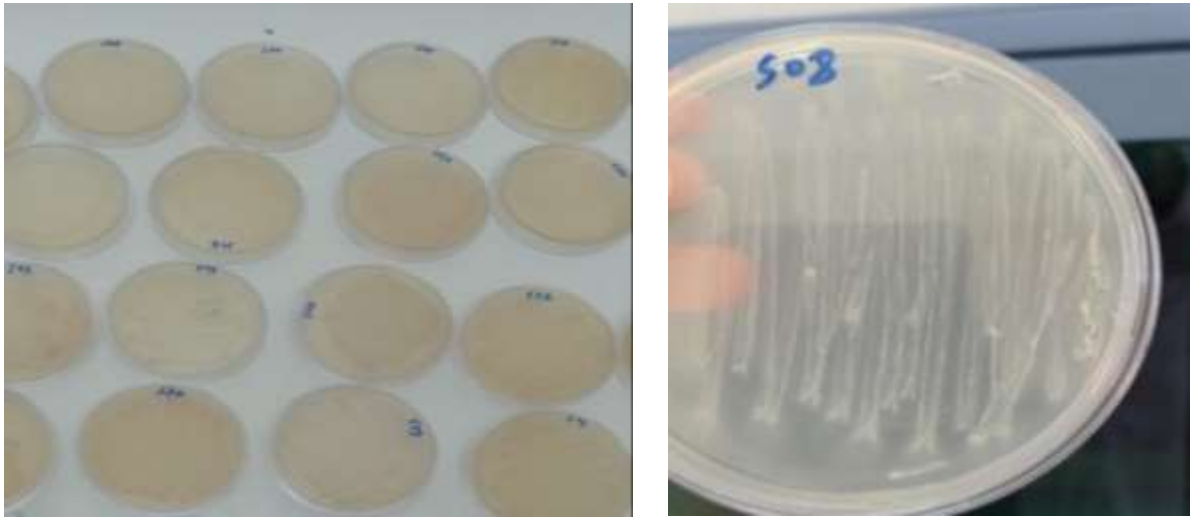


Figure 4 : Repiquage des souches endophytes (Photo original 2024)

III.7. Évaluation de la résistance à la salinité des isolats endophytes

Les souches ont fait l'objet d'un test de résistance à diverses concentrations en NaCl sur gélose nutritive GN. Après une préculture par ensemencement sur milieu GN, chaque isolat a été repiqué sur milieu GN additionné de différentes concentrations en NaCl de l'ordre de 0%, 1%, 3%, 5% et 7%. Après une incubation de 24 à 48h, les résultats ont été enregistrés en tenant compte de l'importance du développement microbien à la surface des géloses en question (- : pas de croissance, + : un développement faible, ++ : développement moyen, +++: développement important) (Damodaran *et al.*, 2013). À l'issue de ce test, la sélection des candidats endophytes a été basée sur les performances en termes de croissance à diverses concentrations de sel d'une part, et d'autre part la diversité phénotypique.

Cinq (5) candidats bactériens ont été retenus pour faire l'objet d'une caractérisation de leurs effets sur le comportement germinatif et de l'effet PGPB sur le blé dur.

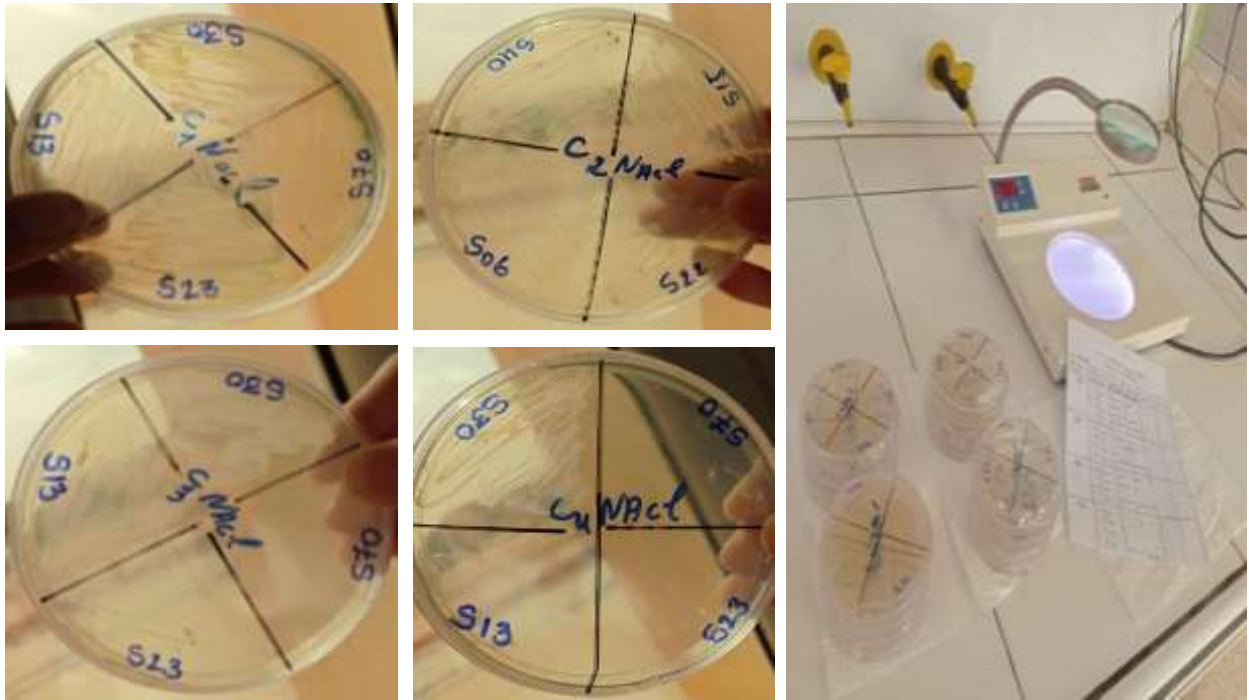


Figure 5 : Évaluation de la résistance à la salinité des isolats (Photo original 2024).

III.8. Préparation des suspensions bactériennes

Les isolats ayant exhibé les meilleures capacités en termes de croissance et de résistance à la salinité ont été retenus pour l'évaluation de leur capacité à moduler favorablement la réponse des plantes au stress salin au stade germinatif. Les 5 souches en question ont étéensemencées sur milieu BN (bouillon nutritif) (150 ml) pour une culture agitée 120 rpm pendant 48 heures à 30°C. Chaque suspension ainsi obtenue a fait l'objet d'un ajustement de la charge bactérienne à une valeur de 0,1 à 600 nm (équivalant à 10^6 - 10^8 UFC/ml) par spectrophotomètre UV-visible, étalonnée par milieu BN stérile.



Figure 6 : Milieu liquide bouillon nutritif

III.9. Préparation des solutions d'arrosage

Nous avons utilisé quatre (4) solutions d'arrosage avec des niveaux de salinité différents : 0, 40, 80 et 120 mM, en ajoutant du sel (NaCl) à l'eau distillée afin d'obtenir les concentrations souhaitées. Après avoir été préparées, les solutions ont été autoclavées dans des bouteilles en verre à 120°C et 1atm pendant une durée de 20 minutes. Après avoir préparé les boîtes de Pétri pour accueillir les graines pour le suivi de la germination, on a procédé à l'arrosage en aspergeant précisément (par vaporisateur) le papier absorbant de chaque boîte (5 ml/boîte).



Figure 7: Les solutions d'arrosage (Photo original 2024)

III.10. Préparation des boîtes de Pétri

Les boîtes de Pétri ont été préparées en y ajoutant des cercles de papier absorbant (stérilisés au four de Pasteur à 180° C/30 min). Ensuite, les boites ont été divisées en 4 lots : chacun était destiné à tester l'effet d'une concentration de NaCl. Chaque lot a été préalablement arrosé avec 5 ml de solution saline correspondante par boîte.

III.11. Préparation des graines

Les graines de la variété de blé dur ont été préalablement nettoyées dans de l'eau distillée stérile (02 deux fois). Par la suite, les surfaces ont été stérilisées dans de l'hypochlorite de sodium (eau de javel) en raison de 1/3 d'eau de javel et 2/3 d'eau distillée stérile pendant 3 minutes. Les graines qui ont été désinfectées sont nettoyées à l'eau distillée stérile (5 fois) avant d'être séchées à l'air dans des conditions stériles, en les enveloppant dans du papier absorbant stérile.

III.12. Traitement bactérien des graines

Le traitement bactérien des semences a été réalisé dans des conditions stériles en mettant pour chaque lot 200 graines stérilisées dans 250 ml de suspension bactérienne et sous une agitation de 120 rpm pour une durée d'incubation de 2 h.

III.13. Semis des graines

Les graines traitées ont été placées de manière stérile dans les boîtes de Pétri préalablement préparées, en y ajoutant 10 graines par boîte, avec un minimum d'écartement de 0,5 cm entre elles. Les boîtes ont été maintenues fermées pendant les deux premiers jours afin de maintenir un taux d'humidité optimal, puis une fois que les racicules ont commencé à se développer, les couvercles ont été retirés. À partir du jour de l'ouverture des boîtes, chaque boîte fut arrosée par l'eau distillée tous les jours, pour une durée totale de 10 jours. A l'issue de cette période, le taux de germination, le poids frais et le poids sec et la longueur des racines et des feuilles ont été enregistrés.



Figure 8 : Les étapes de test de germination (Photo original 2024)

III.14. Les paramètres étudiés

III.14.1. Le pourcentage de germination final (FGP%)

Le pourcentage de germination finale a été calculé selon l'équation suivante :

$$\text{FGP} = (n / N) \times 100$$

Où 'n' est le nombre de graines germées et N est le nombre de graines testées.

III.14.2. La Germination moyenne quotidienne (MDG, %) :

La germination moyenne quotidienne (MDG) a été estimée comme décrit par (Almaghrabi et al. (2014) :

$$\text{MDG} = N / D$$

Où N est le nombre total de graines germées et D est le nombre total de jours.

III.14.3. Le temps moyen de germination (MGT)

Le temps moyen de germination (MGT) a été obtenu par l'expression suivante (Akinci et Akinci, 2010)

$$\text{MGT} = \Sigma (n \times d) / \Sigma n$$

Où 'n' est le nombre de graines qui ont germé le jour 'd' après imbibition.

III.14.4 L'indice de germination (GI)

L'indice de germination (GI) a été déterminé par la formule donnée par Salehzade et al. (2009)

$$\text{GI} = \Sigma (ni / Di)$$

Où 'ni' est le nombre de graines germées au jour 'i' et Di est le jour 'i'.

III.15. Le poids sec (PS) et le poids frais (PF)

Après la germination, on sépare les feuilles et les racines ainsi que les grains de blé de la boîte de Pétri, on mesure les feuilles et les racines et nous jetons les grains de blé, ensuite et à l'aide d'une balance de précision, le poids de la matière fraîche des feuilles a été rapidement déterminé après leur récolte, et les feuilles sont placées dans des enveloppes puis transférées à une étuve à 70°C pendant 48 heures. Ensuite, les feuilles séchées sont repesées afin de déterminer le poids de la biomasse sèche.

III.16. Teneur en eau (TE)

La teneur en eau est la différence entre la valeur de la matière fraîche (MF) et la valeur de la matière sèche (MS) qui est exprimée par la relation suivante :

$$TE=PF-PS$$

III.17. Longueur moyenne de la première feuille (LMF)

Après 10 jours de mise en culture, la longueur de la première feuille de chaque graine germée est mesurée à l'aide d'une règle. La longueur moyenne est calculée pour chaque boîte de pétri et pour chaque condition de traitement.

III.18. Longueur moyenne des racines (LMR)

La longueur maximale des racines séminales a été déterminée comme étant la longueur de la racine la plus longue, en moyenne de l'échantillon de dix plantules.

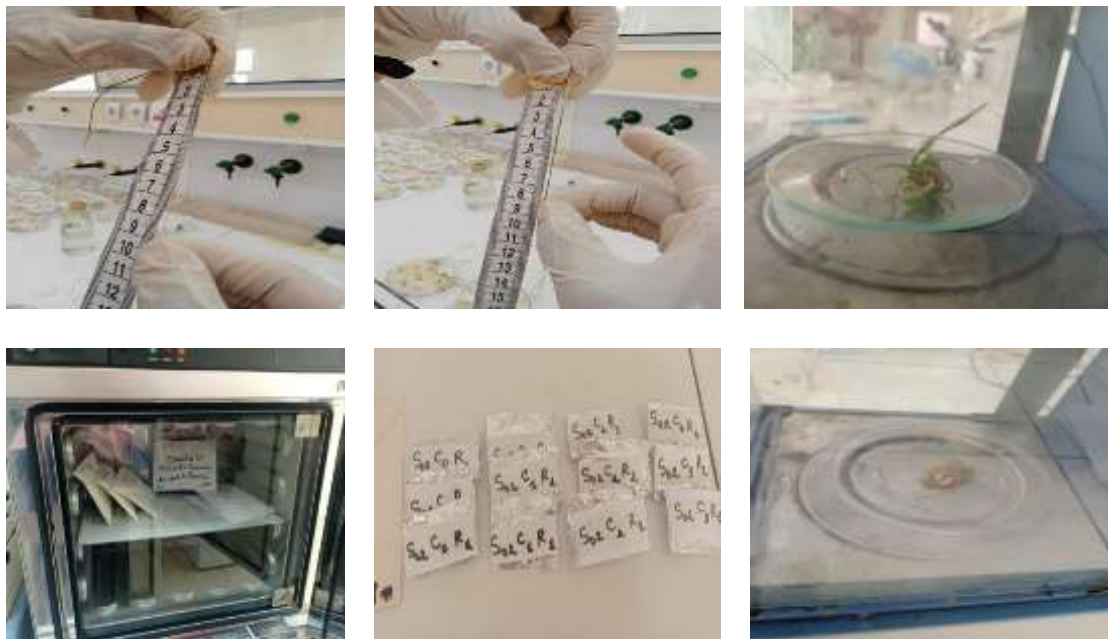


Figure 9: Etapes de mesure des paramètres physiologiques (Photo original 2024)

III.19. Les analyses statistiques

Une analyse de la variance (ANOVA) à deux facteurs (souches de *rhizobactéries* et salinité) a été utilisée pour traiter les données générées par les essais de modulation du stress salin. Les groupes statistiques ont été créés en utilisant le test de LSD de Fischer. Toutes les données ont été considérées comme significatives avec une erreur de 5 % ($P \leq 0,05$). ([Annexe03.fig1](#))

The image features two golden wheat stalks, one on the left and one on the right, extending vertically from the bottom towards the top. They are set against a plain white background. In the center, there is a light orange rounded rectangular box with a thin black border. Inside this box, the text 'Chapitre 4 : Résultats et discussion' is written in a bold, orange, sans-serif font.

Chapitre 4 : Résultats et discussion

IV.1. Résultats

IV.1.1. Test de résistance à la salinité

À l'issue de ce test, les performances en termes de croissance à diverses concentrations ont été prises en compte pour la sélection des candidats endophytes, ainsi que leur diversité phénotypique. Suite à ceci, les 06 meilleurs isolats endophytes furent sélectionnés, à savoir: S11 (S01). S19(S02) S30(S03) S60(S04) S02(S05) S55(S06) (tableaux 05).

Ces six (6) candidats bactériens ont été retenus pour faire l'objet d'une caractérisation de leurs effets sur le comportement germinatif et de l'effet PGPB sur le blé dur.

Tableau 5 : Test de résistance des souches endophytes a la salinité

Grp +concentration	stream / souche	Jour 01	Jour 02	Jour 03
1	S04	+++	+++	+++
	S18	+++	+++	+++
	S42	+++	+++	+++
	S08	++	++	+++
3	S04	+++	+++	+++
	S18	+++	+++	+++
	S42	+++	+++	+++
	S08	+++	+++	+++
5	S04	++	+++	++
	S18		++	+++
	S42	+	+	++
	S08		+++	++
7	S04	++	+++	+++
	S18			
	S42	+	+	
	S08	++	++	++
1	S13	++	+++	+++
	S30	+++	+++	+++

	S70	+++	+++	+++
	S23	+++	+++	+++
3	S13	+++	+++	+++
	S30	+++	+++	+++
	S70	+	+++	++
	S23	++	+++	+++
5	S13	++	+++	++
	S30	+++	+++	+++
	S70			
	S23	+	++	++
7	S13		++	++
	S30	+++	+++	+++
	S70			
	S23		+	
1	S07	+++	+	++
	S60	+++	+	++
	S35	+++	+++	+++
	S26	+++	+++	+++
3	S07	+++	+	+
	S60	+++	+	+
	S35	+++	+++	+++
	S26	+++	++	++
5	S07	+		+
	S60	++	+++	++
	S35	+++	+++	+++
	S26	+	++	+
7	S07			
	S60	+	++	++
	S35	+++	+++	+++
	S26			

1	S39	+	+++	+++
	S88	+++	+	+
	S11		+++	+++
	S21	++	+++	+++
3	S39	+	++	+++
	S88	+++	+	++
	S11		+++	+++
	S21	++	++	+++
5	S39	+	++	++
	S88	++	+	+
	S11		+++	+++
	S21	+	++	++
7	S39	+		
	S88	+		
	S11		+++	+++
	S21			
1	S29		+++	
	S19	+++	+++	
	S42	+++	++	
	S34	+	+++	
3	S29	+	+++	+++
	S19	++	++	+++
	S42	+++	+	++
	S34		+++	+++
5	S29		++	+++
	S19	+	+++	+++
	S42	++	+	++
	S34		++	+++
7	S29			++
	S19			+++

	S42			+
	S34	+		++
1	S15	+++	+++	+++
	S40	+	+++	+++
	S06	+	+++	+++
	S22	+++	+++	+++
3	S15	+++	+++	+++
	S40	+	+++	+++
	S06	+++	+++	++
	S22	++	+++	+++
5	S15	+++	+++	++
	S40	++	+++	+++
	S06	++	+++	+
	S22	+	+++	+++
7	S15	+	+++	++
	S40		+++	+++
	S06		++	+
	S22	+	+++	++
1	S14	+	+++	
	S02	+++	+++	
3	S14	+	+++	+++
	S02	+++	+++	+++
5	S14	+	+++	+++
	S02	+++	+++	+++

7	S14			
	S02	++	++	+++

 : Absence de développement,

 +: Développement faible,

 ++ : Développement moyen,

 +++ : Développement fort

IV.1.2. Paramètres de germination

IV.1.2.1. Le pourcentage de germination final (FGP%)

La figure (10) montre l'effet du NaCl sur le pourcentage de germination final (FGP) des graines de blé dur traitées par les 06 souches de rhizobactéries endophytes. Les résultats obtenus montrent une augmentation progressive du pourcentage de germination final (FGP) des graines de blé dur traitées par les différentes concentrations du NaCl comparativement au témoin. Le traitement des graines par les 6 souches ne semble pas avoir un effet positif sur l'amélioration du FGP, sauf pour les souches S02 et S05 qui ont induit une augmentation du FGP avec les concentrations 40 et 60 mM du NaCl.

L'analyse de la variance de l'effet du stress salin sur le pourcentage de germination final (FGP, %) des graines de blé dur traitées par les 6 souches de rhizobactéries ([annexe 3.1, tab. 1a](#)) révèle l'existence d'une différence significative.

Le test Lsd de Fisher au seuil de 5 % ([annexe 3.1, tab1b](#)) de l'effet du stress salin sur le pourcentage de germination final (FGP, %) des graines de blé dur traitées par les 6 souches de rhizobactéries affiche l'existence de 07 groupes (a, ab, abc, abcd, bcd, cd, d.).

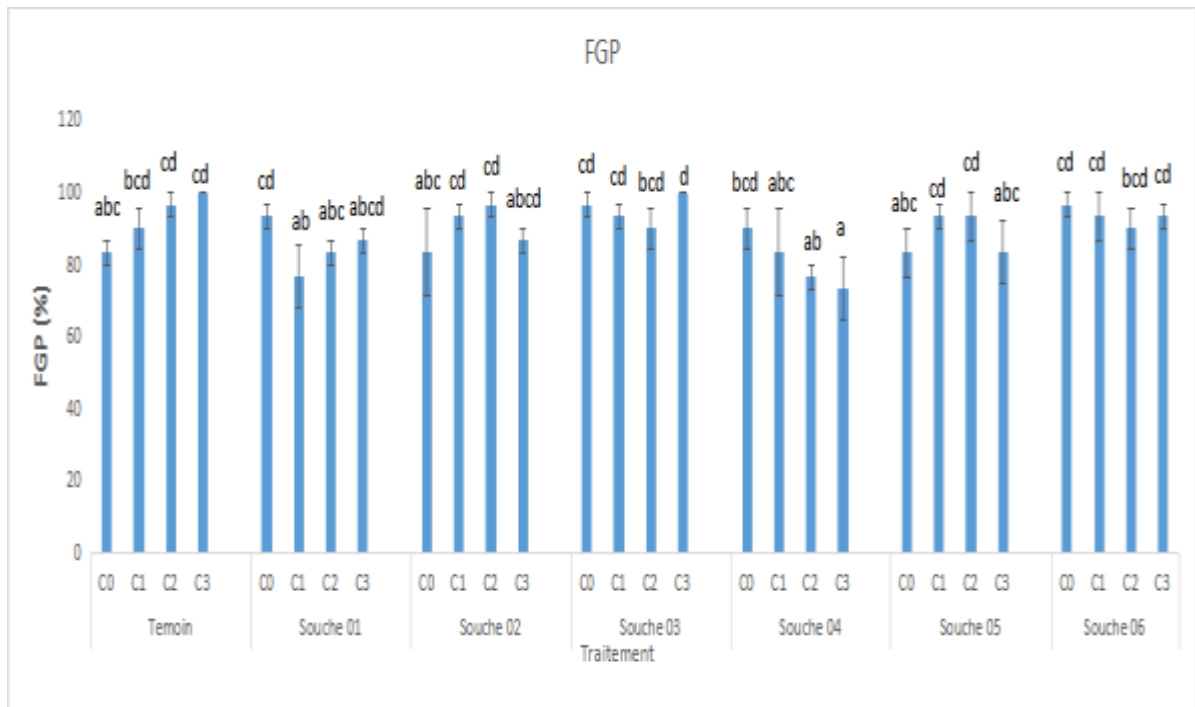


Figure 10 : L'effet du stress salin sur le pourcentage de germination final (FGP, %) des graines de blé dur traitées par les 06 souches de rhizobactéries.

IV.1.2.2. La Germination moyenne journalière (MDG, %)

La figure (11) visualise l'effet du NaCl sur la germination moyenne quotidienne MDG des graines du blé dur traitées par les différentes souches de rhizobactérie. Comparativement au témoin et contrairement de ce qui est attendu, les doses du NaCl appliquées ont abouti à une légère augmentation non significative de la MDG des graines de blé dur. L'inoculation des graines de blé dur par les souches S02 et S05 a causé une amélioration de la MDG comparativement au traitement par les autres souches.

L'analyse de la variance de l'effet du stress salin sur la germination moyenne journalière (MDG, %) des graines de blé dur traitées par les 6 souches de rhizobactéries ([annexe 3, tableau 2 a](#)) n'indique aucune différence significative.

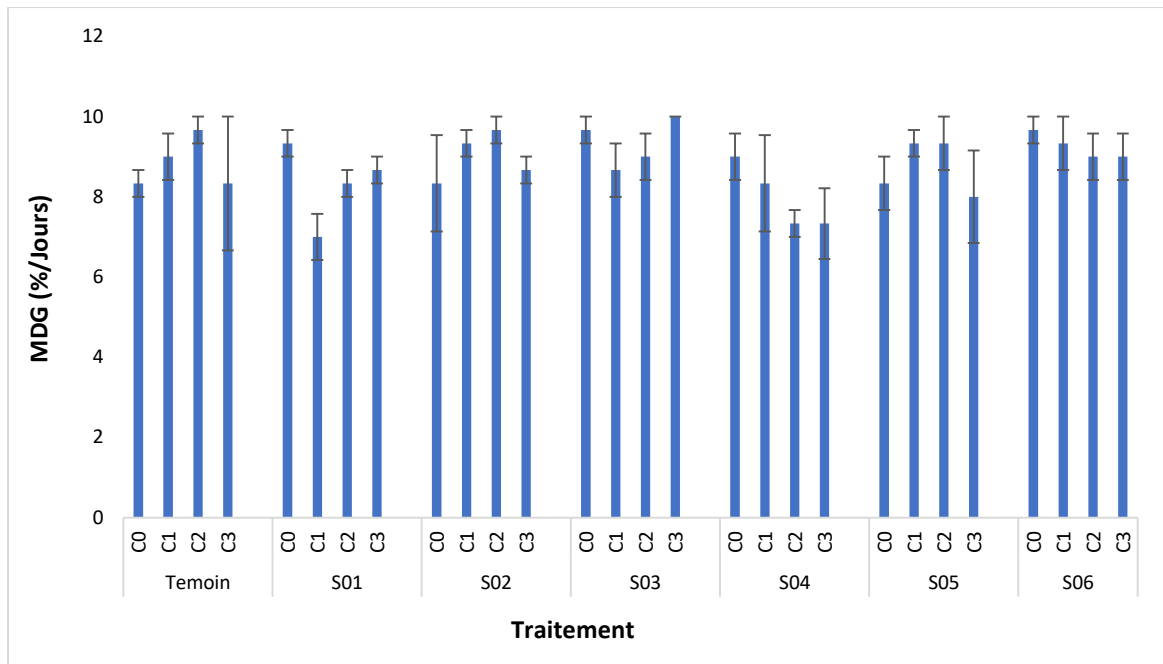


Figure 11 : L'effet du stress salin sur la germination moyenne journalière (MDG, %) des graines de blé dur traitées par les 06 souches de rhizobactéries.

IV.1.2.3. Le temps moyen de germination (MGT)

Selon la représentation graphique qui illustre l'impact du stress salin sur le temps moyen de germination (MGT) des graines de blé dur traitées avec les 06 souches de rhizobactéries. Les résultats obtenus montrent que l'augmentation de la concentration du NaCl provoque une augmentation du MGT. Comparativement aux témoins, le traitement des graines de blé dur par les 06 souches de rhizobactéries ne paraît pas avoir un effet positif sur le MGT à l'exception de la souche S01 qui a induit une légère diminution du MGT avec les différentes concentrations.

L'analyse de la variance de l'effet du stress salin sur le temps moyen de germination (MGT) des graines de blé dur traitées par les 6 souches de rhizobactéries ([annexe 3.3., tab 3 a](#)) affiche une différence significative.

Le Test Lsd de Fisher au seuil de 5 % ([annexe 3.3, tab3b](#)) de l'effet du stress salin sur le temps moyen de germination (MGT), des graines de blé dur traitées par les 6 souches de rhizobactéries, affiche l'existence de 12 groupes (a, ab, abc, abcd, abcde, abcdef, bcdefg, cdefg, defg, efg, fg, g).

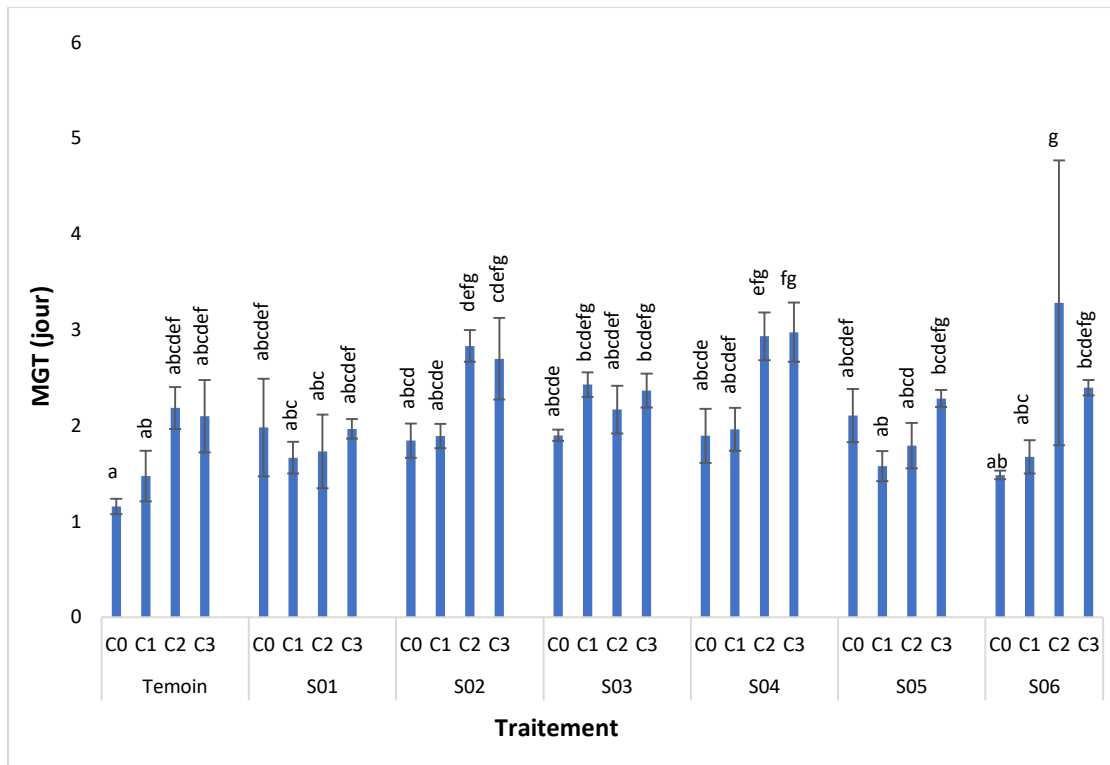


Figure 12 : L'effet du stress salin sur le temps moyen de germination (MGT) des graines de blé dur traitées par les 06 souches de rhizobactéries

IV.1.2.4. L'indice de germination (GI)

La figure (13) montre l'effet du NaCl sur l'indice de germination (GI) des graines de blé dur traitées par les différentes souches de rhizobactéries. En comparant ces valeurs à celle du témoin C0 (7.8 graines/jour), nous constatons que certaines concentrations ont des indices de germination inférieurs à celui du témoin.

Dans les graines traitées par les souches, la souche S02 a induit une augmentation de l'indice de germination pour la concentration C1 alors que la souche S05 l'a induit pour les concentrations C1 et C2. Les autres souches n'ont aucun effet sur ce paramètre.

L'analyse de la variance de l'effet du stress salin sur l'indice de germination (GI) des graines de blé dur traitées par les 6 souches de rhizobactéries ([annexe 3.4, tab4a](#)) présente l'existence d'une différence significative.

Le Test de Newman-Keuls au seuil de 5 % de l'effet du stress salin sur l'indice de germination (GI) des graines de blé dur traitées par les 6 souches de rhizobactéries présente l'existence de 7 groupes (a, ab, abc, abcd, bcd, cd, d) ([annexe 3.4, tab4b](#)).

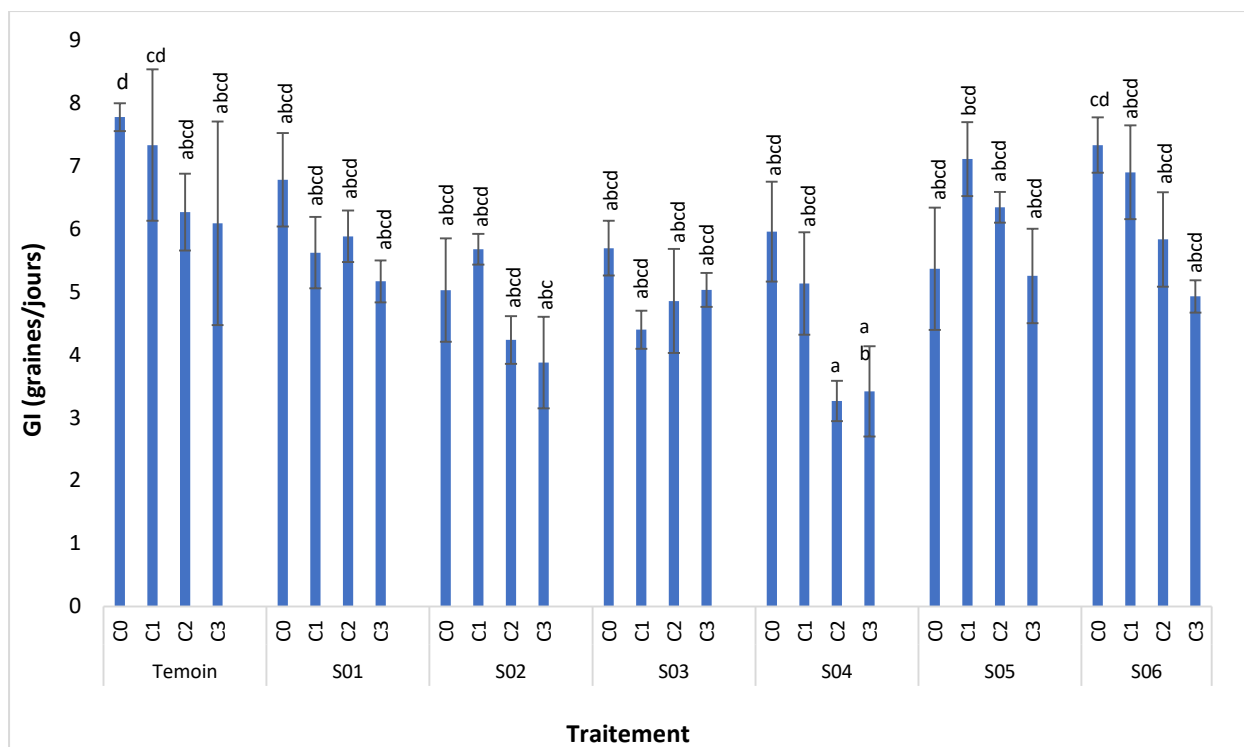


Figure 13 : L'effet du stress salin sur l'indice de germination (GI) des graines de blé dur traitées par les 06 souches de rhizobactéries.

IV.1.2.5. Biomasse fraîche (PF):

La figure (14) visualise l'effet du stress salin sur la production de la matière fraîche chez les plantules de blé dur issues des graines traitées par les 6 souches de rhizobactéries. Comparativement au témoin, les doses de sel appliquées ont un effet dépressif non significatif sur la matière fraîche. La souche S06 semble avoir amélioré le poids frais surtout sous la concentration C1 avec la meilleure production de PF (0.18 g/plant) comparativement aux autres plantules.

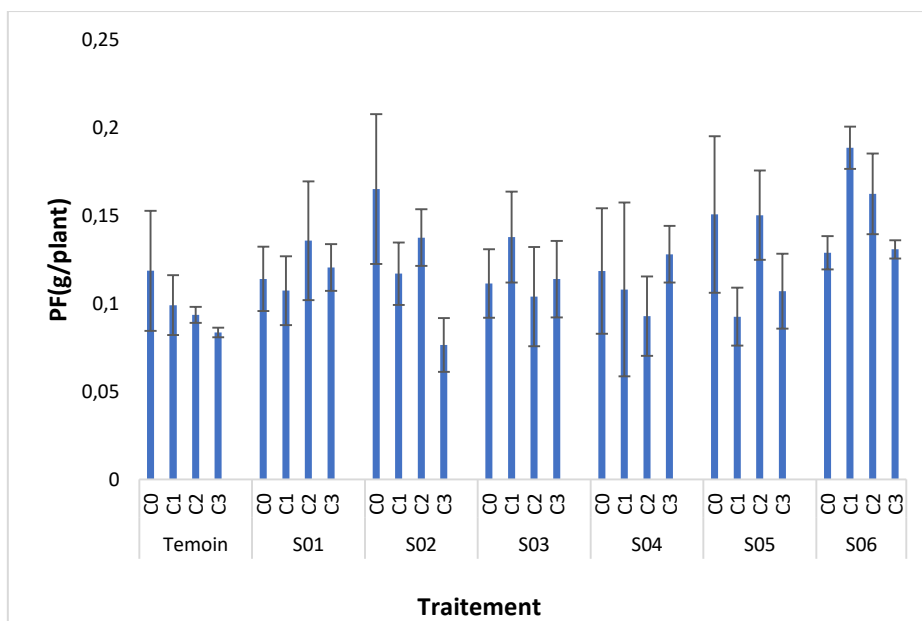


Figure 14 : L'effet du stress salin sur la production de la matière fraîche chez les plantules de blé dur traité par 6 souches de rhizobactéries.

L'analyse de la variance de l'effet du stress salin sur la production de la matière fraîche chez les plantules de blé dur issues des graines traitées par les 6 souches de rhizobactéries (annexe 3.5, tab 5 a) ne visualise aucune différence significative.

IV.1.2.6. Biomasse sèche (BS)

D'après la figure (15) qui schématise l'effet du stress salin sur le poids sec des plantules de blé dur traitées par les différentes souches de rhizobacteries, on remarque que le NaCl n'avait aucun effet sur le poids sec des plantules de blé dur. Le traitement par les 6 souches de rhizobactéries ne paraît pas avoir un effet positif sur ce paramètre.

L'analyse de la variance de l'effet du stress salin sur la production de la matière sèche chez les plantules de blé dur traitées par les 6 souches de rhizobactéries (annexe 3.6, tab 6 a) ne visualise aucune différence significative.

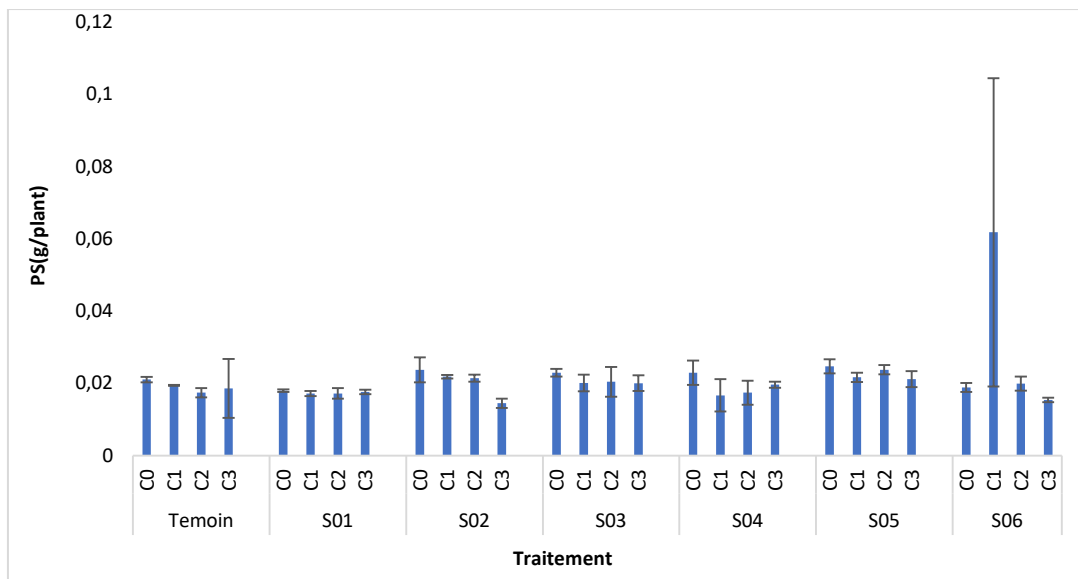


Figure 15: L'effet du stress salin sur la production de la matière sèche chez les plantules de blé dur traité par 6 souches de rhizobactéries.

IV.1.2.7. Teneur en eau (TE)

D'après la figure (16) qui représente l'effet du stress salin sur la teneur en eau des plantules du blé dur traitées par les différentes souches de rhizobactéries endophytes, il s'avère que le NaCl a réduit d'une manière non significative la teneur en eau des plantules de blé dur. Le traitement des graines par les différentes souches ne semble pas avoir un effet positif sur la teneur en eau sauf pour les plantules issue de graines traitées par la souche S06 qui a causé une légère amélioration non significative de la teneur en eau.

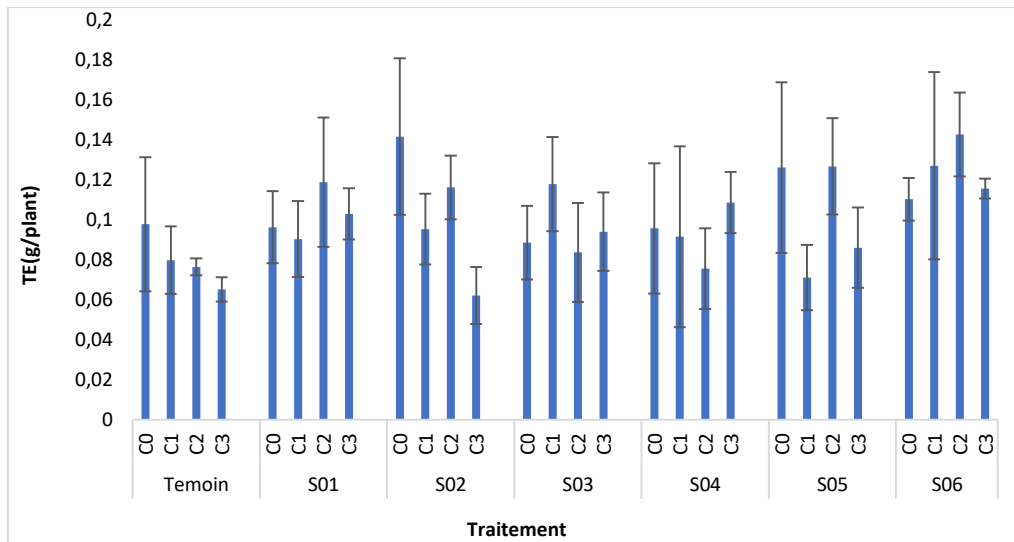


Figure 16 : Effet du stress salin sur la teneur en eau des plantules du blé dur traitées par les 6 souches rhizobactéries

L'analyse de la variance de l'effet du stress salin sur la production de la matière sèche chez les graines de blé dur traitées par les 6 souches rhizobactéries ([annexe3.7 tab7a](#)) ne montre aucune différence significative.

IV.1.2.8. Longueur moyenne de feuilles

La figure (17) montre l'effet du NaCl sur la longueur moyenne de feuilles (LMF) des plantules de blé dur traitées par les 06 souches de rhizobactéries endophytes. Les résultats obtenus montrent que les différentes concentrations du NaCl ont abouti à une réduction significative de la longueur moyenne de feuilles (LMF) de blé dur. Le traitement des graines par la souche S06 a causé une augmentation de la LMF pour les concentrations C1 et C2 par rapport au témoin. Les autres souches n'ont pas amélioré la LMF des plantules de blé dur.

L'analyse de la variance à 2 facteurs de l'effet du stress salin sur la longueur des feuilles des plantules de blé dur visualise une différence significative de ([annexe 3.8, tab 8a](#)).

Le Test de Duncan au seuil de 5% ([annexe 3.8, tab 8b](#)) de l'effet du stress salin sur la longueur des feuilles des plantules de blé dur traitées par les 6 souches de rhizobactéries visualise l'existence de neuf groupes (a, ab, abc, abcd, abcde, bcde, cde, de, d).

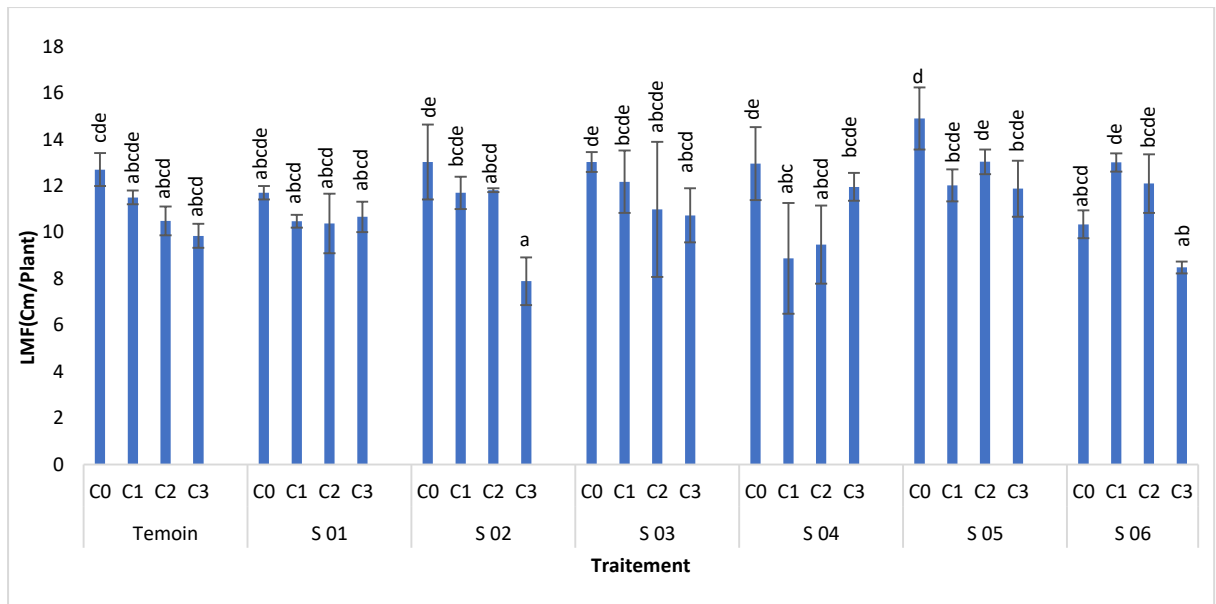


Fig 17 : Effet du stress salin sur la longueur des feuilles des plantules de blé dur traitées par les 6 souches de rhizobactéries

IV.1.2.9. Longueur moyenne des racines

La figure (18) montre l'effet du NaCl sur la longueur moyenne des racines (LMR) des plantules de blé dur traitées par les 06 souches de rhizobactéries endophytes. Les résultats obtenus montrent que la longueur moyenne des racines (LMR) a été significativement réduite par les différentes doses du NaCl appliquées. De la même manière que pour la LMF, seule la souche 06 qui a significativement amélioré la LMR avec les concentrations C1 et C2.

L'analyse de la variance à 2 facteurs de l'effet du stress salin sur la longueur des feuilles des plantules de blé dur traitées par les 06 souches de rhizobactéries endophytes visualise une différence significative de (annexe3.9, tab9a)

Le Test de Duncan au seuil de 5% (annexe3.9, tab9b) de l'effet du stress salin sur la longueur moyenne des racines des plantules de blé dur traitées par les 6 souches visualise l'existence de 7 groupes (a, ab, abc, abcd, bcd, cd, d).

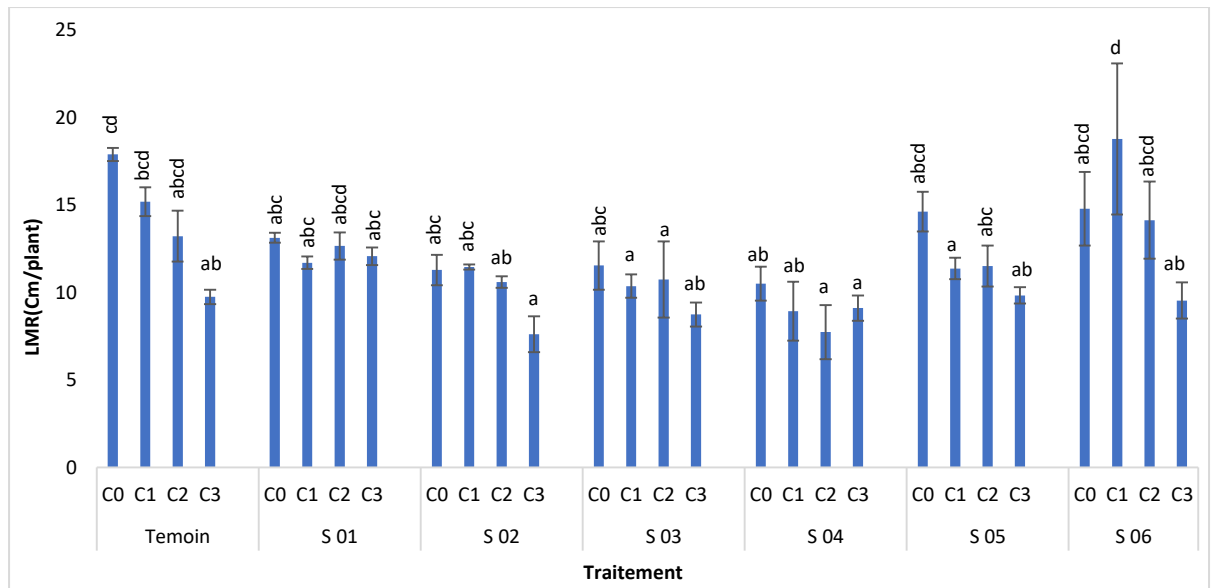


Fig18 : Effet du stress salin sur la longueur des racines des plantules de blé dur traitées par les 06 souches de rhizobactéries endophytes

IV.2. Discussion

Le sel dans l'environnement végétal peut avoir un impact sur la croissance des plantes et la production agricole en perturbant la photosynthèse, l'absorption de l'eau et des nutriments. Pour cela, notre étude a été réalisée pour examiner les effets des rhizobactéries sur le blé dur en présence de sel.

Dans la première partie de l'étude, la résistance de 25 souches de rhizobactéries endophytes, isolées à partir d'une région fortement saline, aux différentes concentrations de sel a été étudiée, et en deuxième partie, les 6 meilleures souches sélectionnées ont été utilisées pour évaluer la réponse des graines de blé dur traitées avec ces 6 souches de rhizobactéries au stress salin.

Selon *Aouane et al., (2017)*, les PGPR sont perçues comme un outil essentiel pour résoudre les contraintes liées à l'agriculture moderne, en la rendant écologiquement saine. Les PGPR ont la capacité de perturber les réactions des plantes face aux contraintes environnementales directement ou indirectement.

Le pourcentage de germination finale "FGP" est une mesure agrégée qui évalue le succès global de la germination dans un lot des graines, Le FGP avec les souches dans les concentrations faibles est élevé, et diminue dans les concentrations fortes par rapport au témoin, tandis que la germination du blé dur fait référence au processus de croissance spécifique par lequel les graines commencent à développer de nouvelles plantes. Nos résultats révèlent une augmentation progressive du pourcentage de germination final (FGP) des graines de blé dur traitées par les différentes concentrations du NaCl comparativement au témoin. Le traitement des graines par les 6 souches ne semble pas avoir un effet positif sur l'amélioration du FGP, sauf pour les souches S02 et S05 qui ont induit une augmentation du FGP avec les concentrations 40 et 60 mM du NaCl. Selon Ben Naceur et Rahmoun (2001), l'étude des effets de différentes concentrations de chlorure de sodium sur la germination des graines de blé dur a montré que lorsque la salinité augmente, le pourcentage de germination final diminue. Cette diminution correspond à une augmentation de la pression osmotique externe, ce qui affecte la vitesse d'absorption de l'eau par les graines.

Le taux moyen de germination journalière (MDG%) est un indicateur dynamique de la réaction des graines aux conditions environnementales difficiles et à la qualité des semences. Il est étroitement lié au temps de germination. Un MDG plus

élevé indique une germination rapide et vigoureuse des graines de blé dur chaque jour, témoignant ainsi de leur bonne viabilité, de leur haute qualité et de leur tolérance aux conditions de germination défavorables.

Comparativement au témoin et contrairement de ce qui est attendu, les doses du NaCl appliquées ont abouti à une légère augmentation non significative de la MDG des graines de blé dur. L'inoculation des graines de blé dur par les souches S02 et S05 a causé une amélioration de la MDG comparativement au traitement par les autres souches.

Le MDG et le FGP sont deux mesures complémentaires. Alors que le FGP donne une vue d'ensemble du pourcentage total de graines qui ont germé avec succès, le MDG se penche sur la rapidité à laquelle ces germes sont apparus. Ainsi, un FGP élevé est associé à une MDG plus rapide si un grand pourcentage de graines germées a été atteint rapidement.

Les résultats obtenus pour le temps moyen de germination (MGT) montrent que l'augmentation de la concentration du NaCl provoque une augmentation du MGT. Comparativement aux témoins, le traitement des graines de blé dur par les 06 souches de rhizobactéries ne paraît pas avoir un effet positif sur le MGT à l'exception de la souche S01 qui a induit une légère diminution du MGT avec les différentes concentrations. Kaya et al. (2008) ont noté que le temps moyen de germination a augmenté avec l'augmentation des concentrations du NaCl. D'après Ben Miled et al. (1986), ce retard de la germination s'expliquerait par le temps nécessaire aux graines pour déclencher les mécanismes leur permettant d'ajuster leur pression osmotique. L'analyse du temps moyen de germination a révélé que des concentrations élevées de sel ont un effet inhibiteur sur la germination des graines de blé. Cette inhibition pourrait être due à des facteurs osmotiques. Si l'inhibition est causée par des facteurs osmotiques, il est possible que la germination reprenne une fois la contrainte éliminée. En revanche, si des phénomènes de toxicité ionique sont en jeu, il est peu probable que la germination reprenne (Hajlaoui, Denden, & Bouslama, 2007).

Pour l'indice de germination (IG) et en comparant les valeurs à celle du témoin C0 (7.8 graines/jour), nous constatons que certaines concentrations ont des indices de germination inférieurs à celui du témoin.

Dans les graines traitées par les souches, la souche S02 a induit une augmentation de l'indice de germination pour la concentration C1 alors que la souche S05 l'a induit pour les concentrations C1 et C2. Les autres souches n'ont aucun effet sur ce paramètre.

Les doses de sel appliquées ont un effet dépressif non significatif sur la matière fraîche. Les résultats de l'analyse de la biomasse des grains de blé dur inoculés par les 6 souches de rhizobactéries montrent une augmentation significative des niveaux du poids frais, en particulier chez les plantules inoculées par les souches (05, 06). Cela démontre l'effet positif de cette inoculation sur la plante et sa capacité à maintenir une teneur élevée en eau grâce à ces souches.

Pour le paramètre poids sec PS, on a remarqué que les concentrations du NaCl utilisées n'avaient aucun effet sur le poids sec des plantules de blé dur. Le traitement par les 6 souches de rhizobactéries ne paraît pas avoir un effet positif sur ce paramètre. Selon [Nelson \(2004\)](#), les PGPR ont la capacité d'avoir un impact positif sur la croissance de la plante. La promotion directe de la croissance des plantes est l'un des principaux mécanismes utilisés par de nombreux PGPR ([Glick et al., 2007](#)).

D'après les résultats obtenus pour le paramètre teneur de l'eau (TE), il s'avère que le NaCl a réduit d'une manière non significative la teneur en eau des plantules de blé dur. Le traitement des graines par les différentes souches ne semble pas avoir un effet positif sur la teneur en eau sauf pour les plantules issue de graines traitées par la souche S06 qui a causé une légère amélioration non significative de la teneur en eau.

Les résultats obtenus pour le paramètre longueur moyenne de feuilles "LMF" montrent que les différentes concentrations du NaCl ont abouti à une réduction significative de la longueur moyenne de feuilles (LMF) de blé dur. Le traitement des graines par la souche S06 a causé une augmentation de la LMF pour les concentrations C1 et C2 par rapport au témoin. Les autres souches n'ont pas amélioré la LMF des plantules de blé dur.

Les résultats obtenus montrent que la longueur moyenne des racines (LMR) a été significativement réduite par les différentes doses du NaCl appliquées. De la même manière que pour la LMF, seule la souche 06 qui a significativement amélioré la LMR avec les concentrations C1 et C2. Selon [Fellahi et al. \(2019\)](#), la salinité peut retarder la germination et affecter négativement la longueur et le développement des

racines. La conséquence est un faible taux de levée des plantules. On sait depuis longtemps que l'inoculation de PGPR à des espèces végétales peut influencer la formation des racines et augmenter la concentration de nutriments dans les racines de la plante hôte (Canbolat & Bilen, 2006). Certains PGPR peuvent améliorer l'absorption en favorisant le développement racinaire (Munees et Mulugeta, 2013).

The image features two golden wheat stalks, one on the left and one on the right, extending vertically from the bottom to the top. They are positioned to frame a central, light-orange rounded rectangular box. The wheat stalks are in sharp focus, showing the individual grains and their awns. The background is a plain, light color.

**Conclusion et
perspectives**

Conclusion

L'objectif de cette étude est de mettre en évidence la capacité de 06 souches rhizobactéries isolées lors d'une étude antérieure de la région de Ain Maabad-Djelfa à promouvoir la croissance et la germination de blé dur sous les conditions de stress salin afin de sélectionner la ou les souches les plus performantes dans la croissance des plantules inoculées.

Les paramètres étudiés dans notre travail étaient : « Le pourcentage de germination final (FGP, %), la germination moyenne journalière (MDG, %), le temps moyen de germination (MGT), l'indice de germination (GI) », les longueurs des feuilles et des racines, la biomasse sèche (BS) et la biomasse fraîche (PF) et la teneur en eau (TE) ».

Les résultats obtenus ont montré que l'application d'un stress salin par l'utilisation du NaCl a exercé un effet sur la germination des graines de blé dur. Les plantules traitées par les souches S02 S05 ont enregistré une amélioration de certains paramètres de la germination.

Les résultats ont montré que les souches S05 et S06 ont un effet positif sur la croissance du blé dur sous les conditions de stress salin. Cependant, la souche la plus performante était S06, qui a permis d'augmenter la biomasse des plantules inoculées par rapport au témoin. Ces résultats suggèrent que ces deux rhizobactéries pourraient être utilisées comme biofertilisants pour améliorer la croissance du blé dur sous les conditions de stress de NaCl.

Cette étude a démontré que des souches de rhizobactéries endophytes résistantes à la salinité peuvent améliorer la germination des grains de blé dur dans des conditions de stress salin. Ces bactéries ont la capacité de solubiliser les nutriments, de produire des phytohormones et d'aider les plantes à tolérer les conditions défavorables. L'utilisation de ces bactéries comme bio-inoculants a le potentiel de contribuer à la production durable de cultures dans des régions touchées par la salinité.

Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour explorer le potentiel des rhizobactéries endophytes résistantes à la salinité comme, bio-inoculant pour d'autres cultures et pour optimiser leur utilisation dans des conditions agricoles réelles. Il est également essentiel de comprendre les mécanismes d'action précis des bactéries afin de développer des stratégies plus efficaces pour améliorer la résistance des plantes au stress salin. Des études supplémentaires peuvent également se concentrer sur la sélection et l'ingénierie de souches de rhizobactéries encore plus efficaces.



**Les références
bibliographiques**

A

_Abedinzadeh, M., Etesami, H., & Alikhani, H. A. (2019). Characterization of rhizosphere and endophytic bacteria from roots of maize (*Zea mays* L.) plant irrigated with wastewater with biotechnological potential in agriculture. *Biotechnology Reports*, 21, e00305. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2019.e00305>

_Akinci I.E., Akinci S. (2010). Effect of Chromium Toxicity on Germination and Early Seedling Growth in Melon (*Cucumis melo* L.). *Afr J Biotechnol* 9(29): 4589-4594

_Ali Dib, T., & Monneveux, P. (1992). Adaptation à la sécheresse et notion d'idéotype chez le blé dur. I. Caractères morphologiques d'enracinement. *Agronomie*, 12(5), 371-379. <https://doi.org/10.1051/agro:19920503>

_Almaghrabi O.A., Abdelmoneim T.S., Albishri H.M., Moussa T.A.A. (2014). Enhancement of Maize Growth Using Some Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) Under Laboratory Conditions. *Life Sci J* 11(11): 764-772.

_Amokrane, A. (2001). Evaluation et utilisations de trois sources de germoplasme de blé dur (*Triticum durum* Desf). *Mém. Mag. Institut d'Agronomie, université Colonel El Hadj Lakhdar, Batna*

_Anzala F.J., (2006). Contrôle de la vitesse de germination chez le maïs (*zea mays*) : étude de la voie biosynthèse des acides aminés issus de l'aspartate et recherche de QTLs. Thèse de doctorat. Université d'Angers. 148p

B

_Bai, Y., D'Aoust, F., Smith, D. L., & Driscoll, B. T. (2002). Isolation of plant-growth-promoting *Bacillus* strains from soybean root nodules. *Canadian Journal of Microbiology*, 48(3), 230-238. <https://doi.org/10.1139/w02-014>

_Bazot, S. (s. d.). Contribution à l'étude de l'allocation des photoassimilats récents dans la plante et la rhizosphère chez une graminée pérenne (*Lolium perenne* L.).

_ Ben Naceur M, Rahmoune C, Sdiri H, Meddahi ML, Selmi M. Effet du stress salin sur la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. *Sécheresse*, vol 12 (2001), pp 167-174.

_ BEN MILED D., BOUSSAID M., ABDELKEFI A. et CHERIF A., (1986) Tolérance au sel d'espèces annuelles du genre *Medicago* au cours de la germination. Séminaire international sur les végétaux en milieu aride, 8 au 10 septembre, Jerba., Tunisie.

_Benseddik, B., & Benabdelli, K. (2000). Effects of water stress on durum wheat (*Triticum durum* Desf.) yield in a semi-arid zone: an ecophysiological approach.

_Bouda, S., & Haddioui, A. (2011). Effet du stress salin sur la germination de quelques espèces du genre *Atriplex*.

_Boulal H., El Mourid M., Rezgui S., Zeghouane O. (2007): Guide pratique de la conduite des céréales d'automne (blé et orge) dans le Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Edition : ITGC, INRA Algérie et ICARDA :176 p.

_Brahimi Rezkia,(2017)-effet de la salinité sur la germination du *niebevignaunguiculatasubspunguiculata* (L.) Walp.p6.-19-20-21-

_Brink, M., & Belay, G. M. (Eds.). (2006). Céréales et légumes secs (Vol. 1). PROTA.

C

_CAUDERON, Y. (1979). ETUDE DES RELATIONS PHYLOGENETIQUES CHEZ LE BLE: CYTOGENETIQUE ET BIOCHIMIE.

_ Canbolat, M., & Bilen, s. (2006). Effect of plant growth-promoting bacteria and soil compaction on barley seeding growth, nutrient uptake, soil properties and rhizosphere microflora. *Biologie and fertility of soils*, 42(4) , pp. 350-357

_Chandler D, Davidson G, Grant WP, Greaves J, Tatchell GM (2008) Microbial biopesticides for integrated crop management: an assessment of environmental and regulatory sustainability. *Trends Food Sci Technol* 19(5):275–283

_Chartzoulakis.,k., Klapaki.,G .(2000).Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages.*Sci.Hortic.*86 :247-260.

_Chase, M. W., & Reveal, J. L. (2009). A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III : PHYLOGENETIC CLASSIFICATION OF LAND PLANTS. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161(2), 122127.<https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.01002.x>

_Clerget., (2011) : BIODIVERSITÉ DES CÉRÉALES Origine et évolution « La biodiversité des céréales et leur utilisation par l'homme » publié dans le bulletin 2011 de la Société d'Histoire Naturelle du Pays de Montbéliard.1pp

F

_ Fellahi Z., Zaghdoudi H., Bensaadi H., Boutalbi W. & Hannachi A. (2019). Assessment of salt stress effect on wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars at seedling stage. *Agriculturae Conspectus Scientificus* (in press).

G

_Gray, E. J., & Smith, D. L. (2005). Intracellular and extracellular PGPR : Commonalities and distinctions in the plant–bacterium signaling processes. *Soil Biology and Biochemistry*, 37(3), 395412.<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2004.08.030>

_Grignac P., (1978). Le blé dur : Techniques agricoles. Tome I, 6-10

H

_ **Hajlaoui, H., Denden., M., & Bouslama, M. (2007).** TROPICULTURA, 25 , pp. 168-173.

Hallmann, J., Quadt-Hallmann, A., Mahaffee, W. F., & Kloepper, J. W. (1997). Bacterial endophytes in agricultural crops. Canadian Journal of Microbiology, 43(10), 895914. <https://doi.org/10.1139/m97-131>

I

_ **Iyer, B. & Rajkumar, S. (2017).** Host specificity and plant growth promotion by bacterial endophytes. Current Research in Microbiology Biotechnology, 5, 1018-1030.

K

_ **Karakas, O., Gurel, F., & Uncuoglu, A. A. (2011).** Assessment of genetic diversity of wheat genotypes by resistance gene analog-EST markers. Genetics and Molecular Research, 10(2), 10981110. <https://doi.org/10.4238/vol10-2gmr1065>

_ **Kumari, B., Mallick, M. A., Solanki, M. K., Solanki, A. C., Hora, A., & Guo, W. (2019).** Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) : Modern Prospects for Sustainable Agriculture. In R. A. Ansari & I. Mahmood (Éds.), Plant Health Under Biotic Stress (p. 109127). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6040-4_6

_ **Kaya M., Kaya G., Kaya M.D., Atak M., Saglam S., Khawar K. M., Ciftci C. Y.,(2008).** Interaction between seed size and NaCl on germination and early seedling growth of some Turkish cultivars of chickpea (*Cicerarietinum* L.). Journal of Zhejiang University Science B, 9(5): pp 371-377.

L

_ **Liu, Q., Scheller, K. K., Arp, S. C., Schaefer, D. M., & Frigg, M. (1996).** Color coordinates for assessment of dietary vitamin E effects on beef color stability. Journal of Animal Science, 74(1), 106-116.

_ **Lugtenberg BJ, Chin-A-Woeng TF, Bloemberg GV (2002)** Microbe–plant interactions: principles and mechanisms. Antonie Van Leeuwenhoek 81(1–4):373–38

M

_ **Maheshwari, R., Bhutani, N., & Suneja, P. (2020).** Isolation and Characterization of ACC Deaminase Producing Endophytic *Bacillus mojavensis* PRN2 from *Pisum sativum*. Iranian Journal of Biotechnology, 18(2).

<https://doi.org/10.30498/ijb.2020.137279.2308>

_ **Meyer, D. S. (2004).** Protest and political opportunities. Annu. Rev. Sociol., 30(1), 125-145.

_ **Miliute I., Buzaitė O., Baniulis D., Stanys V.(2015).** Bacterial endophytes in agricultural crops and their role in stress tolerance: A review. Zemdirbyste, Institute of

Horticulture, Lithuanian Research Centre for Agriculture & Forestry. Kauno 30, Babtai, distr., Lithuania.102 (4), pp.465-478.<https://doi.org/10.13080/z-a.2015.102.060>

_Miliute, I., Buzaitė, O., Baniulis, D., & Stanys, V. (2015). Bacterial endophytes in agricultural crops and their role in stress tolerance : A review. *Zemdirbyste-Agriculture*, 102(4), 465-478.

_munee, A., & mulugeta, K. (2013). Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. *Journal of King Saud University - science.* , 26, 1-20.

P

_Prasad, R., Kumar, M. et Varma, A. (2016). Role of PGPR in soil fertility and plant health. *Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) and Medicinal Plants. Soil Biology.* 42 : 247–260.

_Pullen, C., Schmitz, P., Meurer, K., V. Bamberg, D., Lohmann, S., De Castro França, S., Groth, I. Schlegel, B., Möllmann, U., Gollmick, F., Gräfe, U., & Leistner, E. (2002). New and bioactive compounds from *Streptomyces* strains residing in the wood of Celastraceae. *Planta*, 216(1), 162-167.<https://doi.org/10.1007/s00425-002-0874-6>

R

_Rosenblueth M. & Martinez-Romero E. (2006). Bacterial endophytes and their interaction with hosts. *Molecular Plant–Microbe Interact.* 19, pp.827-837.

S

_Sakamura, T. (1918). Kurze Mitteilung ueber die Chromosomenzahlen und die Verwandtschaftsverhältnisse der *Triticum*-arten. *Shokubutsugaku Zasshi*, 32(379), en150-en153.

_Salehzade H., Shishvan M.I., Ghiyasi M., Forouzin F., Siyahjani A.A. (2009). Effect of Seed Priming on Germination and Seedling Growth of Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Res J Biol Sci* 4(5): 629-631.

_Sinha, D., Suchetana, M. & Dakshayani, M. (2021). Multifaceted Potential of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR). *Handbook of Reseach on Microbial Remediation and Microbial Biotechnology for Sustainable Soil.* 1-7998-7062-3.

_Somers E, Vanderleyden J, Srinivasan M (2004) Rhizosphere bacterial signalling: a love parade beneath our feet. *Crit Rev Microbiol* 30(4):205–240

_Suresh, A., Sameera, P., Chapla, J., & Rajarao, P. (2020). Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) activity in soil. In *CRC Press eBooks* (pp. 165–182). <https://doi.org/10.1201/9781003057819-9>

V

Vessey JK (2003) Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil* 255(2):571-586

Sitographie

https://wiki.tripleperformance.fr/wiki/G%C3%A9rer_un_sol_salinis%C3%A9,P2

Résumé

Notre travail visait à évaluer la résistance à la salinité de 25 souches de rhizobactéries isolées de la rhizosphère de la région d'Ain Maabad-Djelfa et de leurs effets sur la germination et la croissance du blé dur sous les conditions de stress salin. Pour cela, nous avons procédé à l'étude des paramètres suivants : Le pourcentage de germination final (FGP, %), la germination moyenne journalière (MDG, %), le temps moyen de germination (MGT), l'indice de germination (GI), la biomasse fraîche (PF), la biomasse sèche (BS), la teneur en eau (TE) et les longueurs moyennes des feuilles (LMF) et des racines (LMR).

Les résultats obtenus ont montré que les graines traitées par les souches S02 S05 ont enregistré une amélioration de certains paramètres de la germination. En outre, les souches S05 et S06 ont un effet positif sur la croissance des plantules de blé dur sous les conditions de stress salin. Cependant, la souche la plus performante était S06, qui a permis d'augmenter la biomasse des plantules inoculées par rapport au témoin. Ces résultats suggèrent que ces rhizobactéries pourraient être utilisées comme biofertilisants pour améliorer la croissance du blé dur sous les conditions de stress de NaCl. Ces résultats ouvrent de nouvelles perspectives sur la croissance du blé dur sous stress salin.

Mots clés : *Rhizobactéries, Blé dur, NaCl, PGPR, stress salin*

Abstract:

The main objective of this work was to evaluate salt tolerance of 25 rhizobacteria strains isolated from the rhizosphere of the Ain Maabad-Djelfa region and their effects on durum wheat germination and growth under saline stress conditions. Studied parameters were : Final germination percentage (FGP, %), Mean Daily Germination (MDG, %), Mean Germination time (MGT), Germination Index (GI), Fresh Weight (FW), Dry Weight (DW), Water Content (WC) and mean leaf and root lengths.

The obtained results showed that seeds treated with strains S02 S05 recorded an improvement in some germination parameters. In addition, strains S05 and S06 have a positive effect on durum wheat seedlings growth under saline stress conditions. However, the best performing strain was S06, which increased the biomass of inoculated seedlings compared to the control. These results suggest that these rhizobacteria could be used as biofertilizers to improve durum wheat growth under NaCl stress conditions. These results open new perspectives on of durum wheat growth under salt stress.

Key words: *rhizobacteria, Durum wheat, NaCl, PGPR, salt stress*

ملخص

يهدف عملنا إلى تقييم مقاومة الملوحة لـ 25 سلالة من البكتيريا الجذرية المعزولة من جذور منطقة عين معبد- الجلفة وتأثيرها على إنتاج ونمو القمح الصلب تحت ظروف الإجهاد الملحي. للقيام بذلك، قمنا بدراسة العوامل التالية: نسبة الإنبات النهائية (% FGP) ، متوسط الإنبات اليومي (%MDG) ، متوسط زمن الإنبات (MGT) ، مؤشر الإنبات (GI) ، الكتلة الحيوية الطازجة (PF) والكتلة الحيوية الجافة (BS) ، المحتوى المائي (TE) ومتوسط أطوال الأوراق (LMF) والجذر (LMR)

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن البذور المعاملة بسلالات S02 و S05 سجلت تحسناً في بعض معايير الإنبات . بالإضافة إلى ذلك، فإن السلالتين S05 و S06 لهما تأثير إيجابي على نمو شتلات القمح الصلب تحت ظروف الإجهاد الملحي. ومع ذلك، كانت السلالة الأفضل أداءً هي S06 ، مما أدى إلى زيادة الكتلة الحيوية للشتلات المعاملة مقارنة بالشاهد. تشير هذه النتائج إلى أنه يمكن استخدام هذه البكتيريا الجذرية كأسمدة حيوية لتحسين نمو القمح الصلب تحت ظروف إجهاد كلوريد الصوديوم. تفتح هذه النتائج آفاقاً جديدة لنمو القمح الصلب تحت ضغط الملوحة .

الكلمات المفتاحية: البكتيريا الجذرية، القمح القاسي، كلوريد الصوديوم، PGPR، الإجهاد الملحي

الكلمات المفتاحية: البكتيريا الجذرية، القمح القاسي، كلوريد الصوديوم، PGPR، الإجهاد الملحي

Annexes

ANNEXE N°1 :

Données botaniques sur les plantes halophytes spontanées étudiées

a- *Atriplex halimus* L. (Famille des *Amaranthaceae*) : Il s'agit d'une plante qui présente un polymorphisme élevé. Ce polymorphisme est plus présent dans la morphologie des structures végétales que dans les structures reproductives. Selon [Dutuit \(1999\)](#), la forme des feuilles d'*Atriplex halimus* peut être similaire à celle d'autres espèces du même genre. Selon [Ben Ahmed et al. \(1996\)](#), cela se manifeste par la taille et la forme des feuilles des arbres fruitières et des graines, ainsi qu'un polymorphisme dans la production de biomasse. Selon [Ozenda \(1983\)](#), ce polymorphisme semble être une caractéristique des Chénopodiacées. *Atriplex halimus* est une espèce adulte qui peut atteindre une hauteur de 4 mètres (Negre, 1961). La plante adulte est fortement ramifiée, d'un blanc argenté, à tige dressée d'un blanc grisâtre, à racine blanchâtre s'étendant horizontalement.

Annexe N°2: Composition des milieux de culture, solutions et réactifs

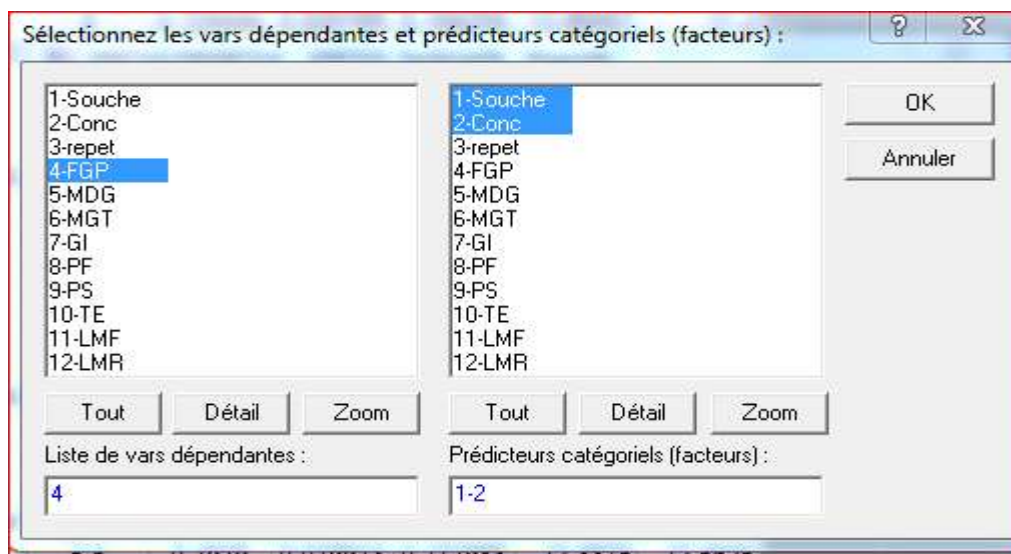
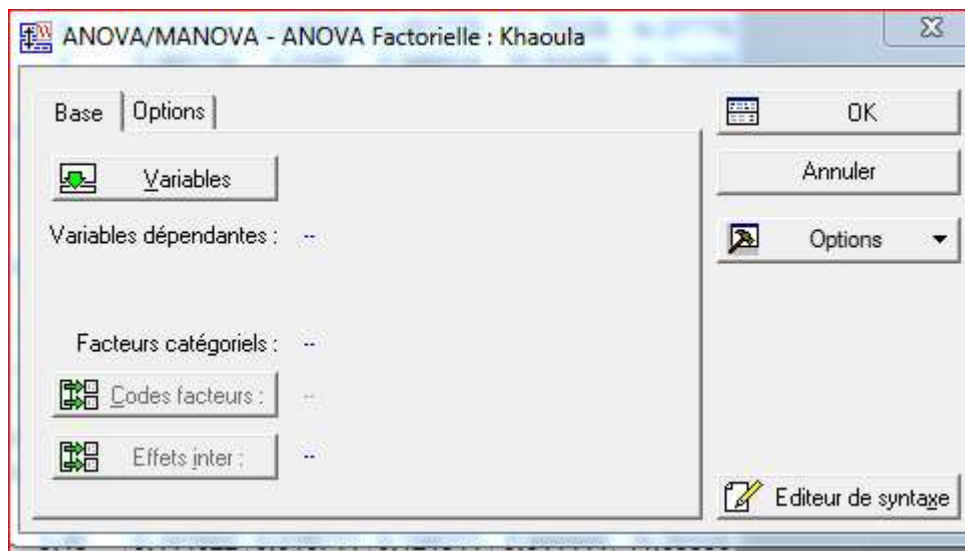
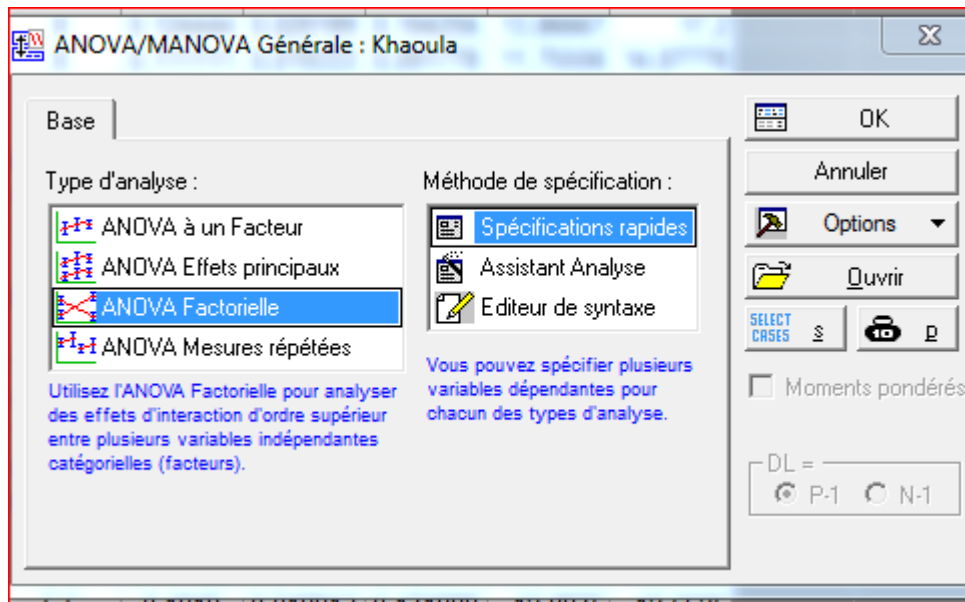
1. Gélose nutritive

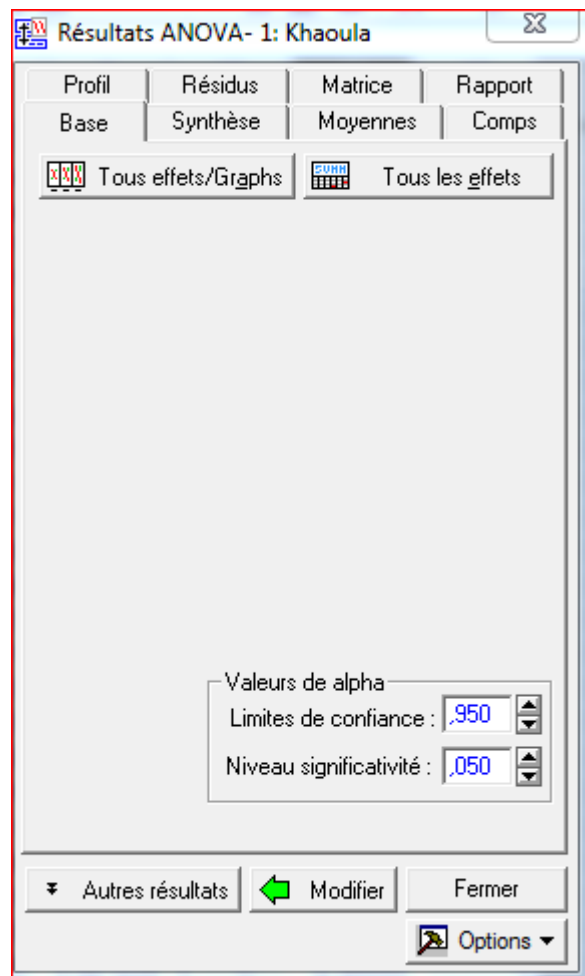
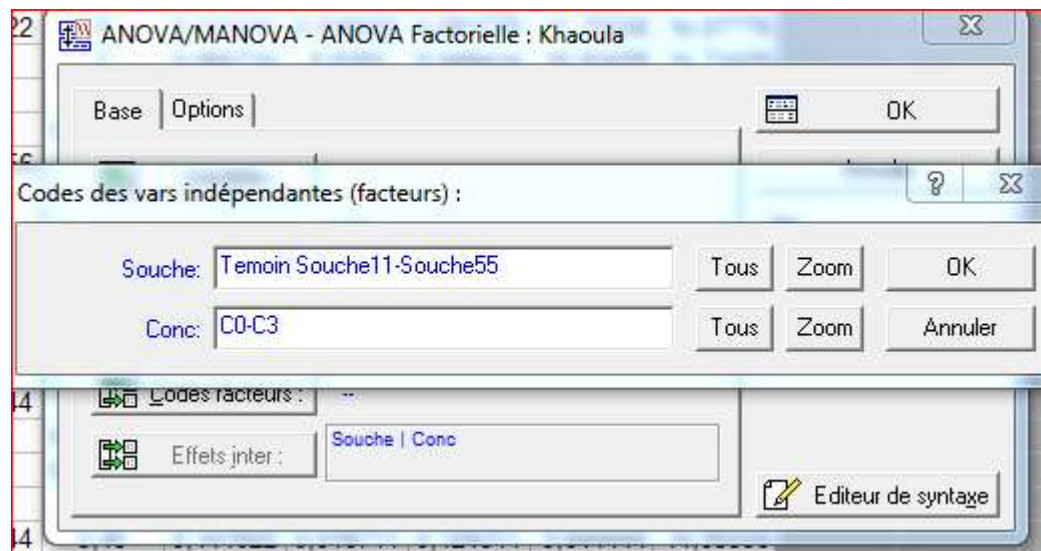
Peptone: 5 g; extrait de viande: 1 g; extrait de levure: 2 g; NaCl: 5 g; agar: 15 g; eau distillée q.s.p. 1000 ml. pH 7,5. Addition de 7, 10 ou 15% de NaCl pour l'étude de la résistance à la salinité.

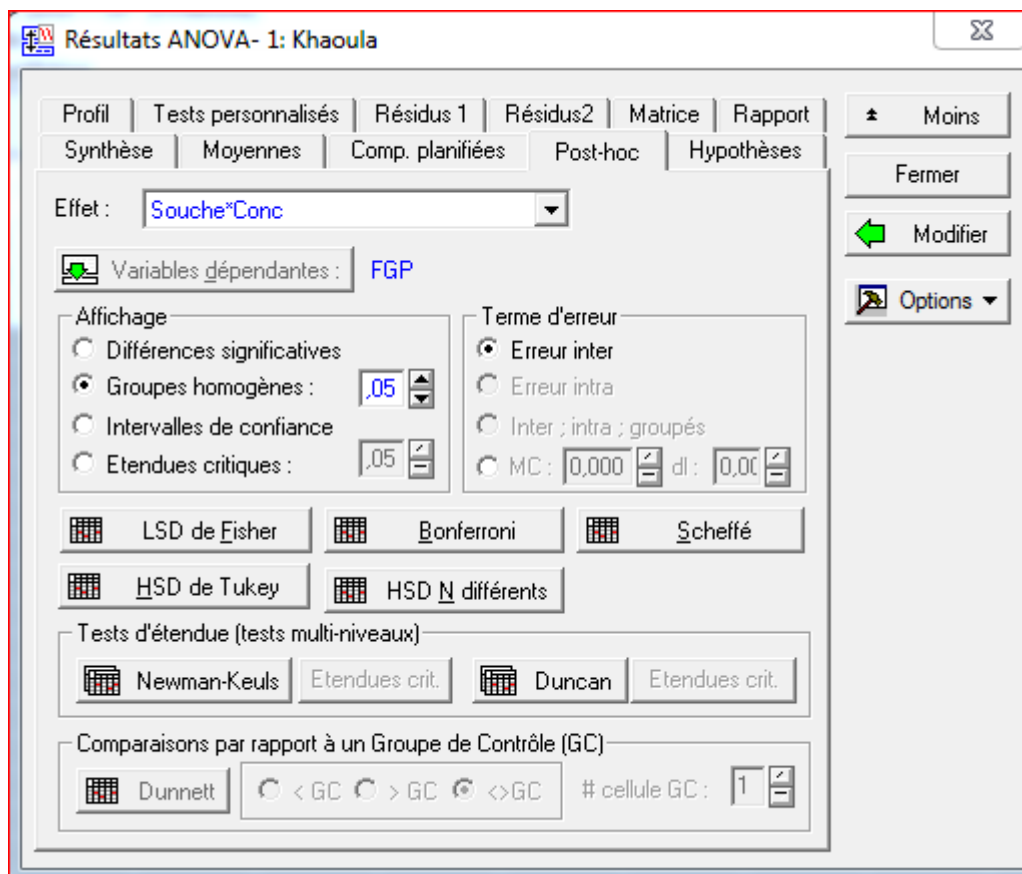
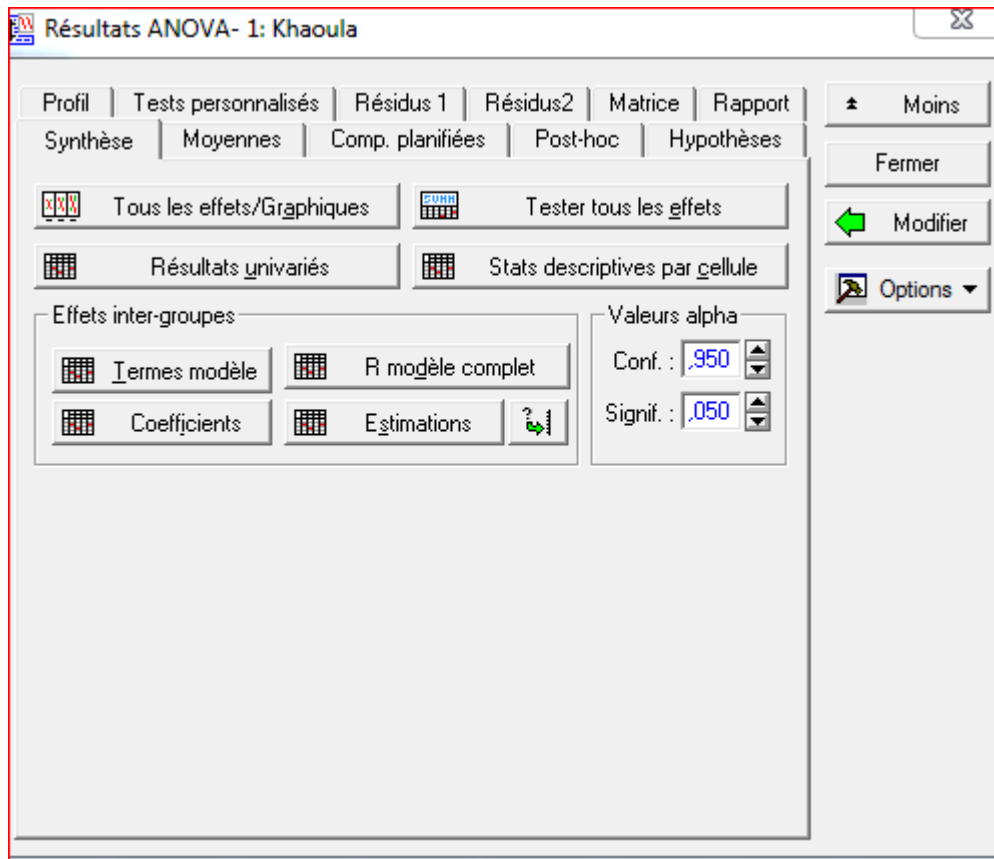
2. Bouillon nutritif

Bouillon nutritive	
Ingredients	gramme/liter
Peptones	10 g
Extrait de boeuf	1 g
Extrait de levure	2g
Chlorure de sodium	5g

Annexes 3 : Les paramètres de germination :







A partir les tableau on trouve ces résultats:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Souche	Conc	repet	FGP	MDG	MGT	GI	PF	PS	TE	LMF	LMR
1	Temoin	C0	R1	90	9	1,222222	8	0,175	0,022563	0,152438	12,825	18,5
2	Temoin	C0	R2	80	8	1,25	7,333333	0,057143	0,020443	0,0367	11,41429	18
3	Temoin	C0	R3	80	8	1	8	0,124444	0,020189	0,104256	13,86667	17,2
4	Temoin	C1	R1	90	9	1,222222	8	0,111111	0,019333	0,091778	11,75556	14,07778
5	Temoin	C1	R2	80	8	2	5	0,065714	0,0193	0,046414	10,91429	14,71429
6	Temoin	C1	R3	100	10	1,2	9	0,121	0,01973	0,10127	11,84	16,81
7	Temoin	C2	R1	100	10	1,8	6,666667	0,088122	0,014922	0,0732	10,24444	12,43333
8	Temoin	C2	R2	90	9	2,555556	5,066667	0,102778	0,017978	0,0848	11,67778	16,06667
9	Temoin	C2	R3	100	10	2,2	7,066667	0,0905	0,019313	0,071188	9,575	11,1875
10	Temoin	C3	R1		5	2,8	2,9	0,086875	0,0339	0,052975	10,75	10,125
11	Temoin	C3	R2	100	10	1,5	8,166667	0,086113	0,01565	0,070463	9,8375	8,9375
12	Temoin	C3	R3	100	10	2	7,2	0,07817	0,00611	0,07206	8,97	10,2
13	Souche11	C0	R1	100	10	1,5	7,833333	0,14783	0,01853	0,1293	12,24	13,4
14	Souche11	C0	R2	90	9	3	5,344444	0,084586	0,017371	0,067214	11,64286	12,57143
15	Souche11	C0	R3	90	9	1,444444	7,166667	0,110238	0,01795	0,092288	11,25	13,4375
16	Souche11	C1	R1	90	7	2	6,033333	0,1301	0,017229	0,112871	10,02857	12,21429
17	Souche11	C1	R2	80	8	1,5	6,333333	0,068433	0,015867	0,052567	10,98333	11
18	Souche11	C1	R3	60	6	1,5	4,5	0,124033	0,018417	0,105617	10,43333	11,91667
19	Souche11	C2	R1	90	9	2,444444	5,45	0,141022	0,016711	0,124311	9,644444	14,05556
20	Souche11	C2	R2	80	8	1,125	5,5	0,1919	0,019913	0,171988	12,8875	12,5625
21	Souche11	C2	R3	80	8	1,625	6,7	0,0751	0,014938	0,060163	8,6375	11,375
22	Souche11	C3	R1	90	9	2	4,833333	0,099088	0,016413	0,082675	9,9	11,125
23	Souche11	C3	R2	90	9	1,777778	5,833333	0,118156	0,018356	0,0998	10,13333	12,83333
24	Souche11	C3	R3	80	8	2,125	4,833333	0,144825	0,0181	0,126725	11,975	12,275
25	Souche19	C0	R1	90	9	1,666667	6,666667	0,132867	0,021256	0,111611	12,84444	11,77778
26	Souche19	C0	R2	60	6	1,666667	4,333333	0,24986	0,03052	0,21934	15,92	12,5
27	Souche19	C0	R3	100	10	2,2	4,083333	0,11334	0,01931	0,09403	10,33	9,6
28	Souche19	C1	R1	100	10	1,9	5,833333	0,12365	0,02284	0,10081	12,39	11,5
29	Souche19	C1	R2	90	9	1,666667	6	0,14426	0,02132	0,12294	10,31	11,2
30	Souche19	C1	R3	90	9	2,111111	5,2	0,083713	0,021413	0,0623	12,4125	11,6875
31	Souche19	C2	R1	90	9	3	4,833333	0,169475	0,021463	0,148013	11,8125	10,05556
32	Souche19	C2	R2	100	10	2,5	4,7	0,11728	0,01977	0,09751	11,67	11,1875
33	Souche19	C2	R3	100	10	3	4,525	0,126357	0,023157	0,1032	11,95714	10,56
34	Souche19	C3	R1	90	9	1,888889	5,333333	0,101088	0,01695	0,084138	9,425	9
35	Souche19	C3	R2	80	8	2,875	3,116667	0,08045	0,01365	0,0668	8,325	8,25
36	Souche19	C3	R3	90	9	3,333333	3,183333	0,048267	0,012856	0,035411	5,944444	5,625
37	Souche30	C0	R1	100	10	1,9	6,25	0,139667	0,024844	0,114822	13,78889	14,22222
38	Souche30	C0	R2	90	9	2	4,833333	0,074167	0,0212	0,052967	12,32222	10,83333
39	Souche30	C0	R3	100	10	1,8	6	0,12083	0,02286	0,09797	12,99	9,6
40	Souche30	C1	R1	90	8	2,666667	3,833333	0,0864	0,015522	0,070878	9,5	9,05556
41	Souche30	C1	R2	90	8	2,222222	4,5	0,16405	0,021975	0,142075	13,4625	10,8125
42	Souche30	C1	R3	100	10	2,4	4,866667	0,16363	0,02278	0,14085	13,59	11,25
43	Souche30	C2	R1	80	8	2,25	4,2	0,124257	0,026857	0,0974	14,24286	14,71429
44	Souche30	C2	R2	90	9	2,555556	3,866667	0,048422	0,012789	0,035633	5,2	7,222222
45	Souche30	C2	R3	100	10	1,7	6,5	0,13964	0,02164	0,118	13,53	10,3
46	Souche30	C3	R1	100	10	2,7	4,566667	0,157188	0,024188	0,133	12,9375	10,125
47	Souche30	C3	R2	100	10	2,1	5,5	0,09842	0,01925	0,07917	10,31	7,95
48	Souche30	C3	R3	100	10	2,3	5,033333	0,086711	0,016711	0,07	8,955556	8,166667
49	Souche60	C0	R1	90	9	1,333333	7,5	0,08229	0,01785	0,06444	10,2	8,611111
50	Souche60	C0	R2	80	8	2,25	4,866667	0,190171	0,029214	0,160957	15,62857	11,125
51	Souche60	C0	R3	100	10	2,1	5,5	0,08362	0,02174	0,06188	13,07	11,8
52	Souche60	C1	R1	60	6	2,333333	3,533333	0,06175	0,01009	0,05166	6,43	9,7
53	Souche60	C1	R2	100	10	2	6,2	0,207156	0,025256	0,1819	13,64444	11,38889
54	Souche60	C1	R3	90	9	1,555556	5,666667	0,055744	0,014678	0,041067	6,577778	5,722222
55	Souche60	C2	R1	80	7	2,75	3,866667	0,050888	0,0111	0,039788	6,5375	5,4375
56	Souche60	C2	R2	70	7	3,428571	2,766667	0,099733	0,022333	0,0774	12,36667	10,66667
57	Souche60	C2	R3	80	8	2,625	3,166667	0,128387	0,01885	0,109538	9,5125	7,125
58	Souche60	C3	R1	90	9	3	4,6	0,107475	0,01895	0,088525	11,35	9,75
59	Souche60	C3	R2	60	6	3,5	2,125	0,1173	0,0186	0,0987	11,36667	7,666667
60	Souche60	C3	R3	70	7	2,428571	3,533333	0,159957	0,021329	0,138629	13,17143	9,928571
61	Souche02	C0	R1	90	9	2,333333	5,733333	0,065913	0,0219	0,044013	13,0875	16,62222
62	Souche02	C0	R2	90	9	1,555556	6,833333	0,1705	0,0237	0,1468	14,12222	14,55714
63	Souche02	C0	R3	70	7	2,428571	3,533333	0,21625	0,02855	0,1877	17,51667	12,7
64	Souche02	C1	R1	100	10	1,4	8	0,06667	0,02294	0,04373	12,76	10,8
65	Souche02	C1	R2	90	9	1,888889	6	0,123189	0,022978	0,100211	12,67778	12,61111
66	Souche02	C1	R3	90	9	1,444444	7,333333	0,088333	0,019078	0,069256	10,64444	10,72222
67	Souche02	C2	R1	100	10	2,2	5,866667	0,10429	0,02141	0,08288	12,54	9,375
68	Souche02	C2	R2	100	10	1,8	6,666667	0,19191	0,02585	0,16606	14,1	13,41667
69	Souche02	C2	R3	80	8	1,375	6,5	0,1552	0,02395	0,13125	12,4875	11,75
70	Souche02	C3	R1	80	8	2,125	5,97619	0,068014	0,017357	0,050657	9,642857	8,9375
71	Souche02	C3	R2	70	6	2,428571	3,75	0,11224	0,02506	0,08718	13,8	10,5
72	Souche02	C3	R3	100	10	2,3	6,033333	0,141438	0,021038	0,1204	12,2	10,07143
73	Souche55	C0	R1	90	9	1,555556	6,5	0,1288	0,017989	0,110811	10,31111	14,57778
74	Souche55	C0	R2	100	10	1,5	7,5	0,145738	0,017363	0,128375	9,325	11,25
75	Souche55	C0	R3	100	10	1,4	8	0,11295	0,02128	0,09167	11,4	18,55
76	Souche55	C1	R1	80	8	1,625	5,833333	0,183125	0,014715	0,035975	13,4125	13,9375
77	Souche55	C1	R2	100	10	1,4	8,333333	0,2119	0,019956	0,191944	13,4	27,38889
78	Souche55	C1	R3	100	10	2	6,533333	0,171533	0,018344	0,153189	12,22222	15
79	Souche55	C2	R1	80	8	6,25	5	0,125062	0,0167	0,108363	10,225	10,77778
80	Souche55	C2	R2	90	9	2	5,166667	0,1585	0,019688	0,138813	11,5875	18,2875
81	Souche55	C2	R3	100	10	1,6	7,333333	0,20441	0,02342	0,18099	14,5	13,35
82	Souche55	C3	R1	100	10	2,3	5,166667	0,12714	0,01422	0,11292	8	8,52
83	Souche55	C3	R2	90	9	2,555556	4,416667	0,141417	0,016133	0,125283	8,616667	8,5
84	Souche55	C3	R3	90	8	2,333333	5,2	0,124725	0,015863	0,108863	8,8625	11,625
85												
86												

3.1 Le pourcentage de germination final (FGP, %) :

Tab (01.a) : Analyse de la variance de l'effet de ss par leNaCl sur Le pourcentage de germination final (FGP, %) chez les graines de blé dur traitées par les 06 souches Rhizobacterie endophyte

Effet	Tests Univariés de Significativité pour FGP (Khaoula) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse				
	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p
ord. origine	657894,7	1	657894,7	6385,449	0,000000
Souche	1793,1	6	298,9	2,901	0,015749
Conc	4,7	3	1,6	0,015	0,997426
Souche*Conc	2210,6	18	122,8	1,192	0,299613
Erreur	5666,7	55	103,0		

Tab(01.b) : Test de LSD de Fisher au seuil de 5% variance de l'effet de ss par le NaCl sur le pourcentage de germination final (FGP, %) chez les graines de blé dur traitées par les 06 souches Rhizobactérie endophyte

Cellule N°	Test LSD ; variable FGP (Khaoula) Groupes Homogènes, alpha = ,05000 (Recherche Non-Exhaustive) Erreur : MC Inter = 103,03, dl = 55,000						
	Souche	Conc	FGP Moyen.	1	2	3	4
20	Souche60	C3	73,3333	****			
19	Souche60	C2	76,6667	****	****		
6	Souche11	C1	76,6667	****	****		
21	Souche02	C0	83,3333	****	****	****	
24	Souche02	C3	83,3333	****	****	****	
1	Temoin	C0	83,3333	****	****	****	
7	Souche11	C2	83,3333	****	****	****	
9	Souche19	C0	83,3333	****	****	****	
18	Souche60	C1	83,3333	****	****	****	
12	Souche19	C3	86,6667	****	****	****	****
8	Souche11	C3	86,6667	****	****	****	****
2	Temoin	C1	90,0000		****	****	****
27	Souche55	C2	90,0000		****	****	****
17	Souche60	C0	90,0000		****	****	****
15	Souche30	C2	90,0000		****	****	****
22	Souche02	C1	93,3333			****	****
14	Souche30	C1	93,3333			****	****
26	Souche55	C1	93,3333			****	****
23	Souche02	C2	93,3333			****	****
10	Souche19	C1	93,3333			****	****
5	Souche11	C0	93,3333			****	****
28	Souche55	C3	93,3333			****	****
3	Temoin	C2	96,6667			****	****
25	Souche55	C0	96,6667			****	****
13	Souche30	C0	96,6667			****	****
11	Souche19	C2	96,6667			****	****
16	Souche30	C3	100,0000				****
4	Temoin	C3	100,0000			****	****

3.2 La Germination moyenne journalière (MDG, %) :

Tab (02.a) : Analyse de la variance de l'effet de ss par le NaCl sur la Germination moyenne journalière (MDG) chez les graines de blé dur traitées par les 06 souches rhizobactérie endophyte

Effet	Tests Univariés de Significativité pour MDG (Khaoula) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse				
	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p
ord. origine	6483,857	1	6483,857	4695,207	0,000000
Souche	16,643	6	2,774	2,009	0,079695
Conc	1,952	3	0,651	0,471	0,703522
Souche*Conc	28,214	18	1,567	1,135	0,345521
Erreur	77,333	56	1,381		

3.3 Le temps moyenne de germination (MGT) :

Tab (03.a) : Analyse de la variance de l'effet de ss par le NaCl sur le temps moyenne de germination (MGT) chez les graines de blé dur traitées par les 06 souches rhizobactérie endophyte

Effet	Tests Univariés de Significativité pour MGT (Khaoula) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse				
	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p
ord. origine	370,0101	1	370,0101	911,0125	0,000000
Souche	5,0666	6	0,8444	2,0791	0,070169
Conc	8,0801	3	2,6934	6,6314	0,000652
Souche*Conc	7,3907	18	0,4106	1,0109	0,462514
Erreur	22,7445	56	0,4062		

Tab(03.b) : Test de LSD de Fisher au seuil de 5% variance de l'effet de ss par le NaCl sur le temps moyenne de germination (MGT) chez les graines de blé dur traitées par les 06 souches rhizobactérie endophyte

Test LSD ; variable MGT (Khaoula) Groupes Homogènes, alpha = ,05000 (Recherche Non-Exhaustive) Erreur : MC Inter = ,40615, dl = 56,000										
Cellule N°	Souche	Conc	MGT Moyen.	1	2	3	4	5	6	7
1	Temoin	C0	1,157407	****						
2	Temoin	C1	1,474074	****	****					
25	Souche55	C0	1,485185	****	****					
22	Souche02	C1	1,577778	****	****					
6	Souche11	C1	1,666667	****	****	****				
26	Souche55	C1	1,675000	****	****	****				
7	Souche11	C2	1,731481	****	****	****				
23	Souche02	C2	1,791667	****	****	****	****			
9	Souche19	C0	1,844444	****	****	****	****			
10	Souche19	C1	1,892593	****	****	****	****	****		
17	Souche60	C0	1,894444	****	****	****	****	****		
13	Souche30	C0	1,900000	****	****	****	****	****		
18	Souche60	C1	1,962963	****	****	****	****	****	****	
8	Souche11	C3	1,967593	****	****	****	****	****	****	
5	Souche11	C0	1,981481	****	****	****	****	****	****	
4	Temoin	C3	2,100000	****	****	****	****	****	****	
21	Souche02	C0	2,105820	****	****	****	****	****	****	
15	Souche30	C2	2,168519	****	****	****	****	****	****	
3	Temoin	C2	2,185185	****	****	****	****	****	****	
24	Souche02	C3	2,284524		****	****	****	****	****	****
16	Souche30	C3	2,366667		****	****	****	****	****	****
28	Souche55	C3	2,396296		****	****	****	****	****	****
14	Souche30	C1	2,429630		****	****	****	****	****	****
12	Souche19	C3	2,699074			****	****	****	****	****
11	Souche19	C2	2,833333				****	****	****	****
19	Souche60	C2	2,934524					****	****	****
20	Souche60	C3	2,976190						****	****
27	Souche55	C2	3,283333							****

3.4 L'indice de germination (GI) :

Tab (04.a) : Analyse de la variance de l'effet de ss par le NaCl sur L'indice de germination (GI) chez les graines de blé dur traitées par les 06 souches rhizobactérie endophyte

Tests Univariés de Significativité pour GI (Khaoula) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse					
Effet	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p
ord. origine	2626,450	1	2626,450	1844,201	0,000000
Souche	57,272	6	9,545	6,702	0,000022
Conc	28,770	3	9,590	6,734	0,000585
Souche*Conc	22,959	18	1,275	0,896	0,585847
Erreur	79,753	56	1,424		

Tab (04.b) : Test de Newman-Keuls au seuil de 5% variance de l'effet de ss par le NaCl sur L'indice de germination (GI) chez les graines de blé dur traitées par les 06 souches rhizobactérie endophyte

Test de Newman-Keuls ; variable GI (Khaoula)							
Groupes Homogènes, alpha = ,05000 (Recherche Non-Exhaustive)							
Erreur : MC Inter = 1,4242, dl = 56,000							
Cellule N°	Souche	Conc	GI Moyen.	1	2	3	4
19	Souche60	C2	3,266667	****			
20	Souche60	C3	3,419444	****	****		
12	Souche19	C3	3,877778	****	****	****	
11	Souche19	C2	4,236111	****	****	****	****
14	Souche30	C1	4,400000	****	****	****	****
15	Souche30	C2	4,855556	****	****	****	****
28	Souche55	C3	4,927778	****	****	****	****
9	Souche19	C0	5,027778	****	****	****	****
16	Souche30	C3	5,033333	****	****	****	****
18	Souche60	C1	5,133333	****	****	****	****
8	Souche11	C3	5,166667	****	****	****	****
24	Souche02	C3	5,253175	****	****	****	****
21	Souche02	C0	5,366667	****	****	****	****
6	Souche11	C1	5,622222	****	****	****	****
10	Souche19	C1	5,677778	****	****	****	****
13	Souche30	C0	5,694444	****	****	****	****
27	Souche55	C2	5,833333	****	****	****	****
7	Souche11	C2	5,883333	****	****	****	****
17	Souche60	C0	5,955556	****	****	****	****
4	Temoin	C3	6,088889	****	****	****	****
3	Temoin	C2	6,266667	****	****	****	****
23	Souche02	C2	6,344444	****	****	****	****
5	Souche11	C0	6,781481	****	****	****	****
26	Souche55	C1	6,900000	****	****	****	****
22	Souche02	C1	7,111111		****	****	****
2	Temoin	C1	7,333333			****	****
25	Souche55	C0	7,333333			****	****
1	Temoin	C0	7,777778				****

3.5. Le poids frais :

Tab (05.a) : Analyse de la variance de l'effet de ss par le NaCl sur sur la production de matière fraîche chez les plantules de blé dur traitées par les 06 souches Rhizobactérie endophyte

Tests Univariés de Significativité pour PF (Khaoula) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse					
Effet	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p
ord. origine	1,238568	1	1,238568	675,6633	0,000000
Souche	0,019614	6	0,003269	1,7833	0,119193
Conc	0,005152	3	0,001717	0,9369	0,429009
Souche*Conc	0,030018	18	0,001668	0,9097	0,570275
Erreur	0,102654	56	0,001833		

3.6. Le poids sec :

Tab (06.a) : Analyse de la variance de l'effet de ss par le NaCl sur la production de matière sèche chez les plantules de blé dur traitées par les 06 souches rhizobactérie endophyte

Tests Univariés de Significativité pour PS (Khaoula) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse					
Effet	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p
ord. origine	0,037984	1	0,037984	177,5967	0,000000
Souche	0,001040	6	0,000173	0,8101	0,566529
Conc	0,000649	3	0,000216	1,0107	0,394887
Souche*Conc	0,003975	18	0,000221	1,0325	0,440812
Erreur	0,011977	56	0,000214		

3.7. La teneur en eau :

Tab (07.a) : Analyse de la variance de l'effet de ss par le NaCl sur la teneur en eau chez les plantules de blé dur traitées par les 06 souches Rhizobactérie endophyte

Tests Univariés de Significativité pour TE (Khaoula) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse					
Effet	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p
ord. origine	0,842750	1	0,842750	457,7932	0,000000
Souche	0,012873	6	0,002145	1,1654	0,337861
Conc	0,004191	3	0,001397	0,7589	0,521931
Souche*Conc	0,021820	18	0,001212	0,6585	0,835534
Erreur	0,103090	56	0,001841		

3.8. La longueur des feuille :

Tab (08.a) : Analyse de la variance de l'effet de ss par leNaCl sur La longer des feuille chez les plantules de blé dur traitées par les 06 souches Rhizobacterie endophyte

Effet	Tests Univariés de Significativité pour LMF (Khaoula) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse				
	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p
ord. origine	10855,03	1	10855,03	2744,328	0,000000
Souche	42,65	6	7,11	1,797	0,116301
Conc	64,38	3	21,46	5,426	0,002394
Souche*Conc	95,66	18	5,31	1,344	0,197857
Erreur	221,50	56	3,96		

Tab(08.b) : Test de Duncan au seuil de 5% variance de l'effet de ss par le NaCl sur sur La longer des feuille chez les plantules de blé dur traitées par les 06 souches Rhizobacterie endophyte

Test de Duncan ; variable LMF (Khaoula) Groupes Homogènes, alpha = ,05000 (Recherche Non-Exhaustive) Erreur : MC Inter = 3,9554, dl = 56,000									
Cellule N°	Souche	Conc	LMF Moyen.	1	2	3	4	5	
12	Souche19	C3	7,89815	****					
28	Souche55	C3	8,49306	****	****				
18	Souche60	C1	8,88407	****	****	****			
19	Souche60	C2	9,47222	****	****	****	****		
4	Temoin	C3	9,85250	****	****	****	****		
25	Souche55	C0	10,34537	****	****	****	****		
7	Souche11	C2	10,38981	****	****	****	****		
6	Souche11	C1	10,48175	****	****	****	****		
3	Temoin	C2	10,49907	****	****	****	****		
8	Souche11	C3	10,66944	****	****	****	****		
16	Souche30	C3	10,73435	****	****	****	****		
15	Souche30	C2	10,99095	****	****	****	****	****	
2	Temoin	C1	11,50328	****	****	****	****	****	
10	Souche19	C1	11,70417	****	****	****	****	****	
5	Souche11	C0	11,71095	****	****	****	****	****	
11	Souche19	C2	11,81321	****	****	****	****	****	
24	Souche02	C3	11,88095		****	****	****	****	
20	Souche60	C3	11,96270		****	****	****	****	
22	Souche02	C1	12,02741		****	****	****	****	
27	Souche55	C2	12,10417		****	****	****	****	
14	Souche30	C1	12,18417		****	****	****	****	
1	Temoin	C0	12,70198			****	****	****	
17	Souche60	C0	12,96619				****	****	
26	Souche55	C1	13,01157				****	****	
9	Souche19	C0	13,03148				****	****	
13	Souche30	C0	13,03370				****	****	
23	Souche02	C2	13,04250				****	****	
21	Souche02	C0	14,90880					****	

3.9.La longer des racine:

Tab (09.a) : Analyse de la variance de l'effet de ss par leNaCl sur La longer des racine chez les plantules de blé dur traitées par les 06 souches Rhizobacterie endophyte

Tests Univariés de Significativité pour LMR (Khaoula) Paramétrisation sigma-restreinte Décomposition efficace de l'hypothèse					
Effet	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p
ord. origine	11596,38	1	11596,38	2055,767	0,000000
Souche	282,18	6	47,03	8,337	0,000002
Conc	175,36	3	58,45	10,362	0,000016
Souche*Conc	151,76	18	8,43	1,495	0,127029
Erreur	315,89	56	5,64		

Tab(09.b) : Test de Newman-Keuls au seuil de 5% variance de l'effet de ss par le NaCl sur sur La longer des racine chez les plantules de blé dur traitées par les 06 souches Rhizobacterie endophyte

Test de Newman-Keuls ; variable LMR (Khaoula) Groupes Homogènes, alpha = ,05000 (Recherche Non-Exhaustive) Erreur : MC Inter = 5,6409, dl = 56,000							
Cellule N°	Souche	Conc	LMR Moyen.	1	2	3	4
12	Souche19	C3	7,62500	****			
19	Souche60	C2	7,74306	****	****		
16	Souche30	C3	8,74722	****	****		
18	Souche60	C1	8,93704	****	****		
20	Souche60	C3	9,11508	****	****		
28	Souche55	C3	9,54833	****	****		
4	Temoin	C3	9,75417	****	****		
24	Souche02	C3	9,83631	****	****		
14	Souche30	C1	10,37269	****	****		
17	Souche60	C0	10,51204	****	****		
11	Souche19	C2	10,60102	****	****		
15	Souche30	C2	10,74550	****	****		
9	Souche19	C0	11,29259	****	****	****	
22	Souche02	C1	11,37778	****	****	****	
10	Souche19	C1	11,46250	****	****	****	
23	Souche02	C2	11,51389	****	****	****	
13	Souche30	C0	11,55185	****	****	****	
6	Souche11	C1	11,71032	****	****	****	
8	Souche11	C3	12,07778	****	****	****	
7	Souche11	C2	12,66435	****	****	****	****
5	Souche11	C0	13,13631	****	****	****	****
3	Temoin	C2	13,22917	****	****	****	****
27	Souche55	C2	14,13843	****	****	****	****
21	Souche02	C0	14,62646	****	****	****	****
25	Souche55	C0	14,79259	****	****	****	****
2	Temoin	C1	15,20069		****	****	****
1	Temoin	C0	17,90000			****	****
26	Souche55	C1	18,77546				****

