

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun–Tiaret
Faculté des Sciences de la nature et de la vie
Département Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Génétique moléculaire et amélioration des plantes

Présenté par :

Chettah Chahira

Ghouti Fatiha

Morsli Hadjira

Thème

**Effets de *Pseudomonas fluorescens* sur le
pouvoir germinatif de quelques variétés de
blé dur (*Triticum durum* Desf.) en
conditions salines**

Soutenu publiquement le

Jury:

Président: Mr Benahmed mohamed

Encadreur: Dr. Boumaaza Boualem

Examineur: Mr Boufares Khaled.

Année universitaire 2017– 2018

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous tenons à remercier DIEU tout puissant, De nous avoir accordé la force, le courage, la Volonté et la patience pour achever ce modeste travail de fin d'études de master.

Nous remercions vivement notre encadreur : Mr Boumaaza Boualem pour son Aide, sa compréhension et ses Conseils et ses corrections sérieuses pour ce travail.

Nos sincères remerciements vont également tous les Enseignants à la Faculté des sciences de la Nature et La Vie, Université Ibn Khaldoun-Tiaret

Nos remerciements les plus sincères aussi les techniciennes de laboratoire microbiologie et de laboratoire physiologie et à Ms Kadari responsable des laboratoires de la faculté.

Nous remercions également toutes les Personnes qui Nous ont aidés, de pré ou de Loin pour la réalisation de ce travail en Particulier.

Nous tenons à remercier aussi les Membres du jury Mr

Benahmed mohamed et Boufares Khaled

Pour l'honneur qu'ils nous ont fait en

Acceptant de juger notre travail.

Dédicaces

A Dieu, source de toute connaissance ;

A mon père *Ghalem* qui était pour moi un symbole de courage et de fierté merci pour ton soutien ;

A la plus belle perle dans le monde ma chère mère *Fatma* .que Dieu te garde et te protège ;

A mes frères : *Mohamed , boutchou, chams eldin , abd elwahab*

A mes sœurs : *Warda , chahd , Inass dhiaa elhak*

A mes nièces: *Marya , Ishak*

A toute Ma famille : *Chettah et ledjam*

A mon Encadreur Mr *Boumaaza Boualem* ;

A tous mes amis ; *hawaria , hayat , aicha , hanan , Maryam*

A toute la promotion de master 2 Génétique moléculaire et amélioration des plantes de l'année universitaire 2017-2018 de Tiaret ;

A toute personne m'ayant aidé à franchir un horizon dans Ma vie.

Chahiarra

DEDICACES

Je dédie ce e dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents ;

Mes frères et sœurs ;

Toute ma famille ;

Tous mes professeurs durant tous mes études ;

*A toute la promotion de master 2 Génétique moléculaire et
amélioration des plantes de l'année universitaire*

2017-2018 de Tiaret ;

A tous mes amies et amis.

Fatiha

Dédicaces

Je dédie ce travail à :

*La mémoire de mes parents : ma mère fatna et mon père lakhder
Et ma famille , mes sœurs et mes frères et à mon future mari Radouane et
Tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin .*

Hadjira

Liste des figures

Fig. 1 Le cycle de développement du blé (Zadoks et al ., 1974)	4
Fig. 2 Culture de céréale au stade de tallage (Boyeldieu ,1999)	5
Fig. 3 Cycle végétal du blé selon (Fritas, 2012).....	7
Fig. 4 Evolution de la production mondiale des blés (Conseil international des céréales, 2018)	8
Fig. 5 Evolution de la production des céréales en Algérie (MADR, 2009).....	9
Fig. 6 Rendement en blé dur (MADR, 2016)	9
Fig. 7 Schématisation du bilan de la circulation du sodium dans les plantes inclure ou exclure (Levigneron et al., 1995).....	17
Fig. 8 Homéostasie cellulaire établie après l'adaptation au sel NaCl (Hasegawa et al., 2000).....	17
Fig .09 Variation de la capacité germinative des variétés de blé dur étudiées	28
Fig.10 Variation de la capacité germinative des variétés de blé dur étudiées pour les différentes concentrations de NaCl après 24h.	29
Fig.11 Variation de la capacité germinative des variétés de blé dur étudiées pour les différentes concentrations de NaCl après 120h.	30
Fig. 12 Variation du taux final de germination des variétés de blé dur étudiées pour les différentes concentrations de NaCl.....	31
Fig. 13 Variation de la capacité germinative des variétés de blé dur étudiées a l'action combinée de la salinité et de P. fluorescence après 24h.....	32
Fig.14 Variation de la capacité germinative des variétés de blé dur étudiées a l'action combinée de la salinité et de P. fluorescence après 120h.....	32

Liste des tableaux

Tableau 1- Les dix grands premiers producteurs de blé dans le monde (million Tonnes/an) (FAO, 2012)	8
Tableau 2- Superficie affectée par la salinité dans le monde (Lasram, 1995).	13
Tableau 3 - Les principales caractéristiques du matériel végétal utilisé.....	25
Tableau 4 - Composition de la solution saline.	26
Tableau.5 Variation des taux finaux de germination des génotypes de blé dur étudiées a l'action combinée de la salinité et de <i>P. fluorescence</i>	34
Tableau. 6 Effet <i>in vivo</i> de la salinité sur le pouvoir germinatif de cinq génotypes de blé dur	35
Tableau.7 Effet <i>in vivo</i> de la salinité en association avec <i>Pseudomonas</i> sur le taux final de germination	35
Tableau. 8 Effets de la salinité sur la germination des graines et sur la taille totale de cinq génotypes de blé dur.	36
Tableau. 9 Effets de la salinité et <i>Pseudomonas</i> sur la germination des graines et sur la taille totale (cm) de cinq génotypes de blé dur	37

Liste des abréviations

- ❖ % : pourcentage
- ❖ °C : degré celsius
- ❖ µm: micromètre
- ❖ AIA : Auxine
- ❖ ABA : Acide abscissique
- ❖ Cl: chlore
- ❖ Cm : centimètre
- ❖ FAO : Food and agriculture organization(Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture)
- ❖ g : gram
- ❖ ha : hectare
- ❖ M.A.D.R : Ministère d'agriculture et de développement rural.
- ❖ mEq. : milliéquivalent
- ❖ mg : milligramme
- ❖ ml : millilitre
- ❖ mm : millimètre.
- ❖ Na⁺ :sodium
- ❖ peroxyde d'oxygène : H₂O₂
- ❖ Ph : potentiel d hydrogène
- ❖ PMG : Poids de mille grains.
- ❖ PGPR : Plant Growth Promoting Rhizobacteria
- ❖ Qx : quintaux
- ❖ Stat : statistique
- ❖ u.f.c: unity forming colony.

TABLE DES MATIÈRES

Liste des figure	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction	

Partie bibliographique

Chapitre –I Plante Hôte : Le Blé dur (*Triticum durum* Desf)

I.1.Introduction.....	3
1- L'origine du blé dur (<i>Triticum durum</i> Desf)	3
1.1Origine génétique.....	3
1.2Origine géographique.....	3
2- Classification botanique.....	3
3- Le cycle biologique.....	4
4- L'appareil végétatif.....	5
5- La croissance et développement de la culture du blé	5
5.1- Période végétative.....	6
5.1.1-Phase Germination.....	6
5.1.2-Phase Semi-levée	6
5.1.3-Phase Levée-Début du tallage	6
5.2- Période de reproduction	6
5.2.1- Phase Tallage herbacé – Gonflement	6
5.2.2-Phase Epiaison – Floraison.....	6
5.3-Période de Maturation.....	7
5.3.1-Phase pâteuse	7
5.3.2-Phase de dessiccation.....	7
6- Situation de la céréaliculture	8
6.1Dans le monde.....	8
6.2En Algérie	9
7- Les exigences de la culture du blé	10
7.1-Exigences édaphique	10
7.2- Exigences climatiques	10
7.2.1- Température	10
7.2.2- L'eau	11
7.2.3- La lumière	11
8- Les Contraintes à la production du blé	11
8.1-La sécheresse	11
8.2- L'effet des températures	11
8.3- L'effet de la salinité	12
8.4- L'effet des ennemies des cultures.....	12

Chapitre II- Stress salin

1-Introduction.....	13
2-Le stress salin.....	13
3-La répartition de la salinité dans le monde et en Algérie	13
4- Effet de la salinité sur les plantes	14
4.1- Effet de la salinité sur la croissance et le développement	14
4.2- Effet de la salinité sur la germination et la levée.....	14
4.3-L'effet de la salinité sur les pigments photosynthétiques.....	15
4.4-L'effet de la salinité sur le taux des ions	15
4.5-L'effet de la salinité sur l'anatomie de la feuille	16
5- Stratégies d'adaptation et mécanismes de tolérance au stress salin	16
5.1-Homéostasie ionique.....	16
5.1.1-La compartimentation vacuolaire	16
5.1.2-Exclusion et inclusion des ions toxiques	16
5.1.3-Ajustement ionique.....	17
5.2-Stratégie osmotique	18
5.2.1-La proline.....	18
5.2.2-Les sucres.....	18
5.3-Les anti-oxydants et protéines de détoxication.....	18
5.4-Induction des hormones.....	18

Chapitre III- Pseudomonas fluorescence, agent antagonisme

1- Généralités sur les Pseudomonas.....	19
2- Description.....	19
3- Nomenclature et systématique des Pseudomonas.....	19
4- Distribution écologique des pseudomonas	20
5- Les Pseudomonas fluorescents agents de biocontrôle et de croissance des plantes	20
6- Stimulation de la croissance des plantes.....	21
6.1- Solubilisation des phosphates par les Pseudomonas spp. Fluorescents.....	21
6.2- Synthèse de phyto-hormones.....	21
6.3- Dénitrification.....	22
6.4- Les médiateurs de l'absorption de fer par les Pseudomonas spp. Fluorescents	22
7- Modes d'action des bactéries non pathogènes (Les systèmes de sécrétion).....	22
7.1-Système de sécrétion de type I.....	23
7.2- Système de sécrétion de type II	23
7.3- Système de sécrétion de type III.....	23
7.4- Système de sécrétion de type IV.....	24
7.5- Système de sécrétion de type V	24

Partie expérimentale

Chapitre I- Matériel et méthodes

1- matériel	25
1.1-Le matériel végétal	25
1-2 La souche microbienne	25

2- méthodes	26
2.1 Protocole de germination	26
2-2 Préparation de l'inoculum.....	26
2-3 Traitement des graines par la suspension bactérienne de Pseudomonas fluorescence	26
2.4 Effet in vivo de l'interaction salinité-Pseudomonas sur le pouvoir germinatif de blé dur	27
2.5. Notations des résultats	27
2.6. Analyses Statistiques	27

Chapitre II. Résultats et discussion

II. 1- Résultats	28
II. 1.1. Le pouvoir germinatif de cinq géotypes de blé dur (Triticum durum).....	28
II. 1.2. Effet de la salinité sur le pouvoir germinatif de cinq géotypes de blé	28
II. 1.3.Effet de P. fluorescence sur pouvoir germinatif des graines de cinq géotypes de blé dur	30
II. 1.4.Effet de la combinaison salinité-Pseudomonas sur pouvoir germinatif des graines de cinq géotypes de blé dur	31
II. 1.5.Influence de la salinité en association avec Pseudomonas sur le taux final de germination: comparaison entre cinq géotype de blé dur.....	33
II. 1.6.Effet in vivo de la salinité sur le pouvoir germinatif de cinq géotypes de blé dur....	34
II. 1.7.Effet in vivo de la salinité en association avec Pseudomonas sur le taux final de germination.	35
II. 1.8.Effets de la salinité sur la germination des graines et sur la taille totale de cinq géotypes de blé dur.....	36
II. 1.9.Effets de la salinité et Pseudomonas sur la germination des graines et sur la taille ...	37
II. 2.Discussion	38
Conclusion	43
Références bibliographiques	45
ANNEXE	55
Résumé	
Abstract	
ملخص	

Introduction

Introduction

Le blé dur (*Triticum durum.*) compte parmi les cultures céréalières les plus cultivées du monde. Le blé fournit les aliments de base et occupe une place de choix dans l'alimentation des populations mondiale. La production globale de blé dur est de 730,8 millions de tonnes pour la campagne 2016-2017 (Le Conseil international des céréales 2018).

En Algérie, la culture de blé occupe une place célèbre dans l'économie agricole. La superficie consacrée annuellement à cette culture était de 3,6 millions d'hectares, soit 50% des terres labourées (MADR, 2007) avec une production moyenne de 20.03 millions de quintaux et des rendements moyens d'environ 15 Qx/ha (MADR 2017).

Cependant, cette culture a connu depuis quelques années un problème majeur liées à des changements dans l'environnement comme la température, la sécheresse, la salinisation et au développement des maladies, conduisant non seulement à une diminution de rendement, mais aussi à d'importantes altérations qualitative du produit.

La salinité est constitué l'un des facteurs abiotiques la plus répandus au niveau de la planète et qui limite fortement les rendements agricoles, notamment dans les régions arides et de semi arides (Khales et Baaziz, 2006).

La germination est le premier stade physiologique affecté par la salinité. La capacité germinative des graines dépend des conditions du milieu, en particulier, par la disponibilité de l'eau dans le sol (Gutterman, 1993), et en teneur en sels (Slama, 2004). Dans ce cas, l'effet nocif du sel est de nature osmotique ou toxique. D'après Belkhodja et Bidai (2004), le ralentissement de la vitesse de germination, rend les semences plus exposées aux risques du milieu. Ce qui abaisse le taux de graines germées en fonction de la concentration en sels. La présence excessive de sels solubles peut empêcher l'imbibition de la graine suite à une diminution des activités enzymatiques et une forte absorption de Na⁺ par rapport à K⁺.

Les champignons, les lichens et les bactéries présentent une activité modificatrice de la rétention des minéraux dans les sols en altérant ces éléments par divers mécanismes (Warscheid & Braams, 2000). En effet, ces organismes vivants peuvent intervenir dans la dissolution des minéraux à travers des mécanismes physiques, tels que la pénétration des hyphes ou des racines des végétaux dans les minéraux ou encore par la formation d'un biofilm bactérien, ainsi qu'à travers des mécanismes chimiques, comme par exemple, la synthèse et la sécrétion d'acides organiques ou de sidérophores.

Introduction

Produits par les champignons (Winkelmann, 2007). En condition de carence sévère en fer, leur rôle est de solubiliser cet élément afin de le rendre accessible aux cellules.

Le but de notre travail est de d'atténuer l'effet de la salinité sur le pouvoir germinatif de quelques variétés de blé dur en utilisant d'une souche protectrice vivant dans le sol. C'est la raison pour laquelle, nous avons testé l'antagonisme d'une souche de *Pseudomonas fluorescense* de la collection du Laboratoire de phytopathologie de l'Université Es-Sénia d'Oran.

Ce manuscrit regroupe deux parties. La première partie est consacrée à la revue bibliographique décrivant l'origine, systématique, biologie, exigences et production de blé dur (chapitre 1). Dans le chapitre 2, nous avons abordé les principales notions concernant la salinité, notamment les effets de stress salin sur les comportements éco-physiologiques, biochimiques et moléculaires des végétaux. Le chapitre 3 est dédié à l'évaluation in vivo/ou in vitro de l'effet microbien de *Pseudomonas fluorescense* sur la bioprotection des cultures contre les stress environnementaux. La seconde partie de ce manuscrit est consacrée aux résultats obtenus durant ce mémoire. Le mémoire s'achève par une conclusion générale et des perspectives aux travaux qui ont été accomplis ces cinq, dernières années.

Partie

bibliographique

Chapitre I

Plante Hôte :Le Blé dur (*Triticum durum* *Desf*)

Chapitre I : Plante Hôte : Le Blé dur (*Triticum durum* Desf)

I.1.Introduction

1- L'origine du blé dur (*Triticum durum* Desf)

1.1 Origine génétique

Du point de vue génétique on peut classer les blés en diploïdes (*Triticum monococcum*:14 chromosomes), tétraploïdes (*Triticum turgidum*:28 chromosomes), et hexaploïdes (*Triticum aestivum*:42 chromosomes). Le génome de ces espèces est organisé en une série basique de 7 chromosomes (X = 7 chromosomes). Le *Triticum monococcum* L, est un des ancêtres des blés actuels.

Ainsi, le blé dur tire son origine génétique de croisements naturels entre *Triticum monococcum*, *Triticum urartu* et des et une herbe spontanée apparentée au blé nommée *Aegilops speltoides* (Figure 1). *Triticum monococcum* et *Triticum urartu* sont les premières formes de céréales cultivées, elles sont de constitution génomique $2n = 14$. Ainsi le génome A vient de *Triticum urartu*, alors que le génome B vient de l'*Aegilops speltoides*. Ces deux génomes, ensemble, forment la constitution génomique du blé dur (*Triticum durum* Desf.). (Belaid, 1996). La domestication de ce blé tétraploïde (AABB) a donné l'amidonner, qui est à l'origine des cultivars de blé dur.

1.2 Origine géographique

L'aire d'origine des blés est le proche Orient, dans la zone dite du Croissant fertile, l'Irak, la Syrie et la Turquie (Baldy, 1986). La diffusion du blé vers l'Europe, l'Asie et l'Afrique du Nord est très ancienne.

2- Classification botanique

Le blé est une monocotylédone qui appartient au genre *Triticum* de la famille des *Gramineae*. C'est une céréale dont le grain est un fruit sec et indéhiscant, appelé caryopse, constitué d'une graine et de téguments (Feuillet, 2000). Le genre *Triticum* appartient à la tribu des *Triticées* au sein de la famille des *Poacées* et plus largement au groupe des angiospermes monocotylédones (Bolot et al., 2009).

Chapitre I : Plante Hôte : Le Blé dur (*Triticum durum* Desf)

Règne	Plantae ((Règne végétale)
Embr	Spermaphyte
Division	Magnoliophyta (Angiospermes)
Classe	Liliopsida (Monocotylédons)
Ordre	Poale
Famille	Poaceae (ex Graminées)
Genre	Triticum
Espèce	<i>Triticum durum</i> Desf.

3- Le cycle biologique

Boyardieu (1999) rappelle que le cycle végétatif du blé s'accomplit en trois 3 grandes périodes. La première période végétative (ou des feuilles) débute de la germination à la fin du tallage. La période reproductrice (ou des tiges) s'étend du redressement à la fécondation. Elle apparaît au cours du tallage et regroupe la formation de l'ébauche de l'épi, l'initiation florale (montaison-gonflement) et la méiose-fécondation (**Soltner, 2005**). La troisième période de formation et de maturation des *grains* est repérée de la fécondation à la maturation complète du grain. Différents échelles ont été établies pour identifier les stades végétatifs clés du cycle de développement de la culture du blé. Selon **Soltner (2005)** les échelles de notation qui ont été relevées sont celles de **Jonard (1952)**, **Feeks (1954)** et de **Zadocks (1974)** (fig 1).

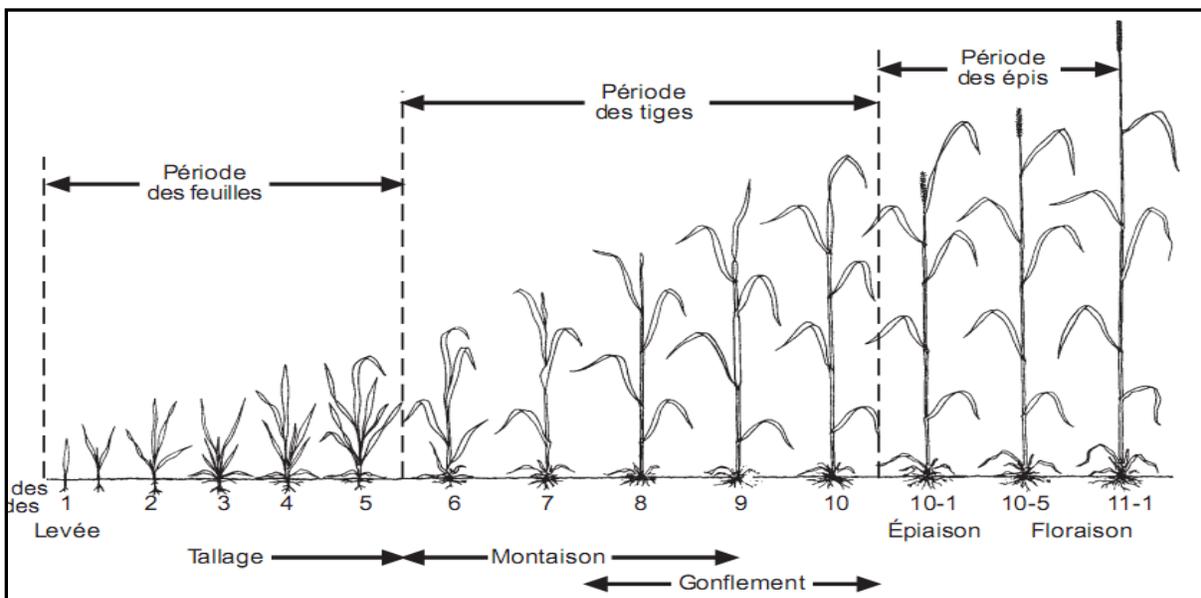


Fig. 1 Le cycle de développement du blé (Zadoks et al., 1974)

Chapitre I : Plante Hôte : Le Blé dur (*Triticum durum* Desf)

4- L'appareil végétatif

L'appareil végétatif est constitué de talles émises depuis le plateau de tallage situé à la base de la plante. Ces talles se développent à partir du bourgeon principal (talle principale) et des bourgeons axillaires (talles secondaires). Chaque talle se compose de différents phytomères formés de tige, gaine, limbe foliaire, un bourgeon axillaire qui porte à son sommet un épi formé de deux rangées d'épillets situés de part et d'autre du rachis (**Boyeldieu, 1999**). L'épillet regroupe trois à quatre fleurs à l'intérieur de deux glumes. Chaque fleur est dépourvue de pétales, entourée de deux glumelles. Elle contient trois étamines et un ovaire surmonté de deux styles plumeux. La fleur du blé est dite cléistogame, c'est-à-dire que, le plus souvent, le pollen est relâché avant que les étamines ne sortent de la fleur. Du fait du caractère cléistogame de la fleur, l'autofécondation est le mode de reproduction le plus fréquent (autogamie). Les glumes et les glumelles sont éliminées au moment du battage pour libérer le grain. Le grain, ou caryopse, est à la fois le fruit et la graine du fait que les enveloppes du fruit sont soudées à celle de la graine. Ses réserves sont contenues dans l'albumen composé de 65% d'amidon, 15% de protéines, de 15% d'eau et de divers micro éléments comme le Fe, Zn, les acides gras et les vitamines (**Bogard, 2011**). La qualité de la pâte de la farine est liée à la structure et à la composition de l'amidon.

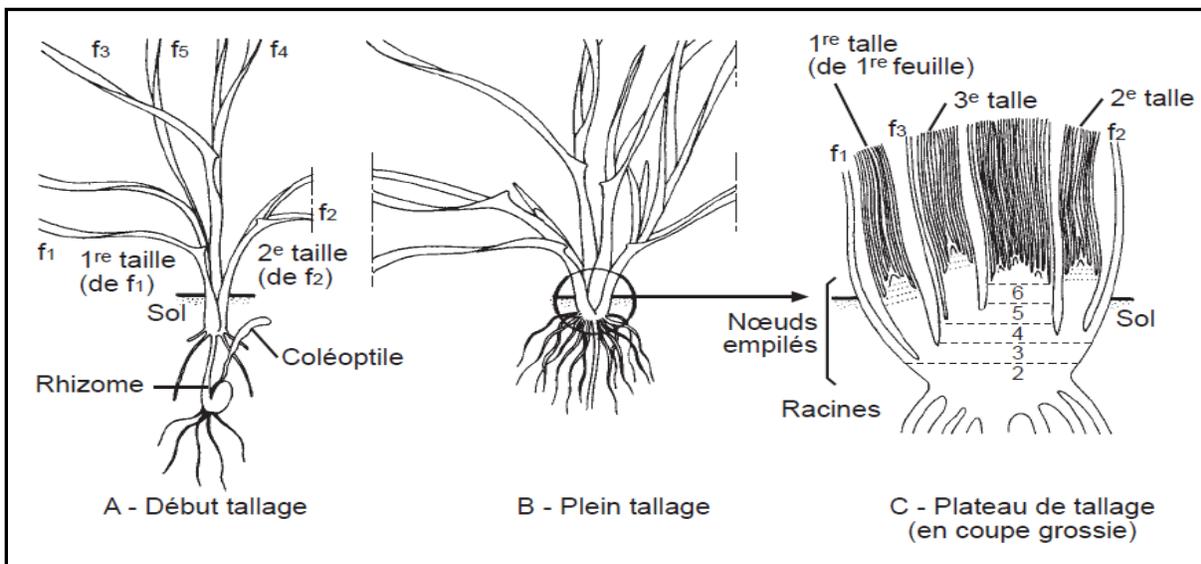


Fig. 2 Culture de céréale au stade de tallage (Boyeldieu ,1999)

5- La croissance et développement de la culture du blé

Le cycle de développement du blé dur comporte trois phases : La période végétative, la période reproductrice et la période de maturation.

Chapitre I : Plante Hôte : Le Blé dur (*Triticum durum* Desf)

5.1- Période végétative

Cette période comprend les phases suivantes

5.1.1-Phase Germination

Elle s'étend du semis au stade A. c'est la phase première de la vie d'une plante qui assure la naissance d'une jeune plantule au dépend de la graine. Elle passe par la phase de l'imbibition de la graine, libération des enzymes et dégradation des réserves assimilables par la graine, ensuite la phase de croissance caractérisée par l'allongement de la radicule (**Gyot, 1978 ; Vertucci, 1989**).

5.1.2-Phase Semi-levée

C'est la phase de germination et de début de la croissance.

5.1.3-Phase Levée-Début du tallage

Elle est caractérisée par les apparitions successives à l'extrémité de la coléoptile et la première feuille fonctionnelle, puis de la deuxième, troisième feuille etc. imbriquées les unes dans les autres, partant toutes d'une zone proche de la surface du sol (plateau du tallage) et reliées à la semence par le rhizome. Cette phase devient critique en cas d'attaque d'insectes ou de champignons telles que les fusarioses. (**Gyot, 1978; Vertucci, 1989**).

5.2- Période de reproduction

Cette période comprend deux phases:

5.2.1- Phase Tallage herbacé – Gonflement

Elle comprend: l'initiation florale, la différenciation de l'ébauche de l'épi, la différenciation des ébauches des glumes, la montaison ou élongation, la méiose ou réduction chromosomique et le gonflement.

5.2.2-Phase Epiaison – Floraison

Cette phase correspond à l'épiaison (apparition des épis à l'extérieur), puis à la fécondation (ouverture des sacs polliniques), à la germination du pollen et à la fécondation de l'ovule. Cependant,

Chapitre I : Plante Hôte : Le Blé dur (*Triticum durum* Desf)

la floraison consiste en l'éclatement des anthères qui libèrent le pollen ; les filets qui les portent s'allongent, cette opération entraîne à travers les glumelles entrouvertes, les sacs polliniques desséchés, à l'extérieur flotte alors tout autour de l'épi comme de petites fleurs blanches c'est l'ensemble de ces petites fleurs qui fait dire que « l'épi est fleuri » (Gyot, 1978 ; Vertucci, 1989).

5.3-Période de Maturation

Elle s'étend de la fécondation au stade de maturité du grain et se subdivise en deux phases:

5.3.1-Phase pâteuse

Elle est appelée aussi phase du palier hydrique, où la graine accumule très fortement l'amidon dans son albumen, tout excès d'évaporation (ou tout déficit d'alimentation en eau) à pour effet de ralentir les synthèses et la migration des réserves nécessaires à la formation du grain, ce qui se traduit par la formation de grains ridés de poids inférieur à la normale (phénomène d'échaudage).

5.3.2-Phase de dessiccation

Elle correspond à la perte progressive de l'humidité du grain (maturité au champ 20 à 15% d'humidité) (Gyot, 1978; Vertucci, 1989).

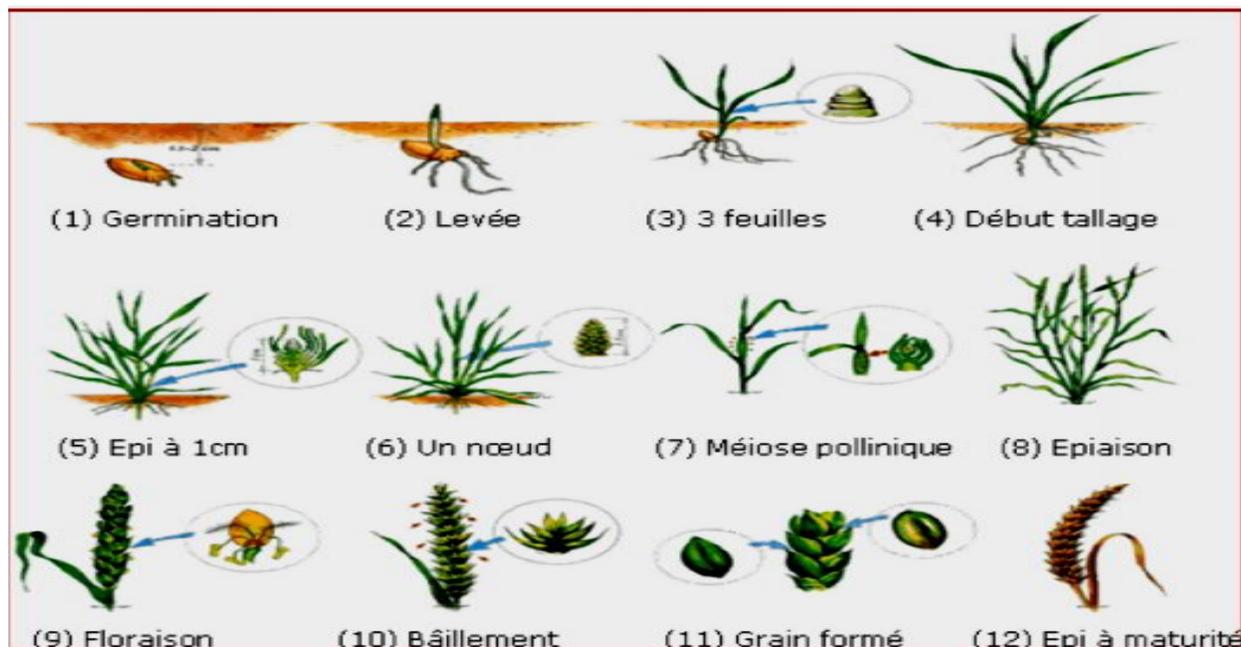


Fig. 3 Cycle végétal du blé selon (Fritas, 2012).

Chapitre I : Plante Hôte : Le Blé dur (*Triticum durum* Desf)

6- Situation de la céréaliculture

6.1-Dans le monde

La production de blé serait quant à elle en légère hausse (0,8%), à 730,8 Mt. Le Conseil international des céréales livre, de plus, ses estimations pour la campagne 2016-2017: la production de blé reculerait pour la première fois en trois ans, à 706 Mt (Tableau1). *Bien que les conditions pour le blé d'hiver de 2016-2017 ne soient pas entièrement idéales dans certaines régions.*

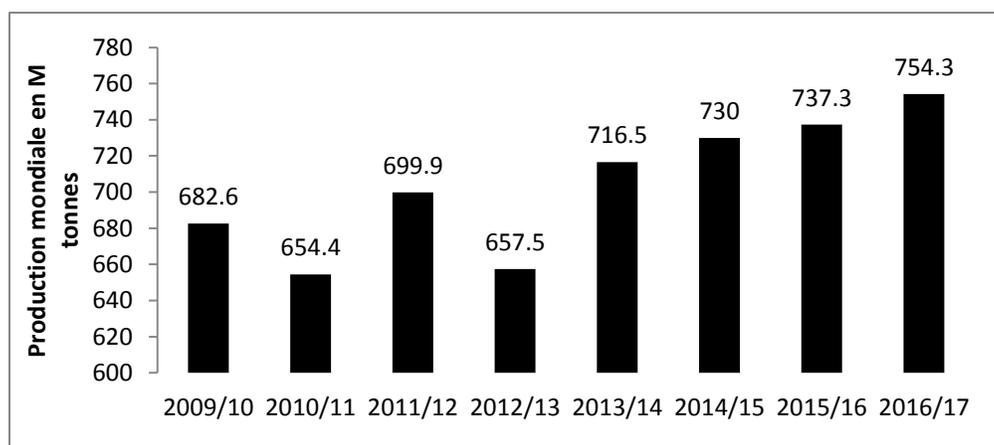


Fig. 4 Evolution de la production mondiale des blés (*Conseil international des céréales, 2018*)

Tableau 1- Les dix grands premiers producteurs de blé dans le monde (million Tonnes/an) (FAO, 2012)

Rang	Pays	Production
1	Chine	115.18
2	Inde	80.80
3	Etats Unis d'Amérique	60.10
4	Russian fédération	41.51
5	France	40.79
6	Allemagne	24.11
7	Pakistan	23.31
8	Canada	23.16
9	Australie	22.13
10	Turkie	19.66

Chapitre I : Plante Hôte : Le Blé dur (*Triticum durum* Desf)

6.2-En Algérie

La céréaliculture constitue la principale activité, notamment dans les zones arides et semi-arides. Les terres annuellement emblavées représentent 3,6 millions d'hectares, soit 50% des terres labourées (MADR, 2007). Les grandes cultures, notamment les céréales, les légumineuses alimentaires, les fourrages et les oléagineux sont des produits alimentaires de première nécessité dans l'agriculture algérienne elles constituent la consommation de base qui est estimée à environ 228 kg par habitant et par an pour les céréales (Ait Abdallah-Djennadi et al., 2010). La production totale des céréales est très variable d'une année à une autre sous l'effet des facteurs du climat, en particulier la sécheresse (fig 5). La production totale des céréales est loin de couvrir la demande qui est de plus en plus importante elle est d'ordre de 6.5 MT (Badrani, 2004).

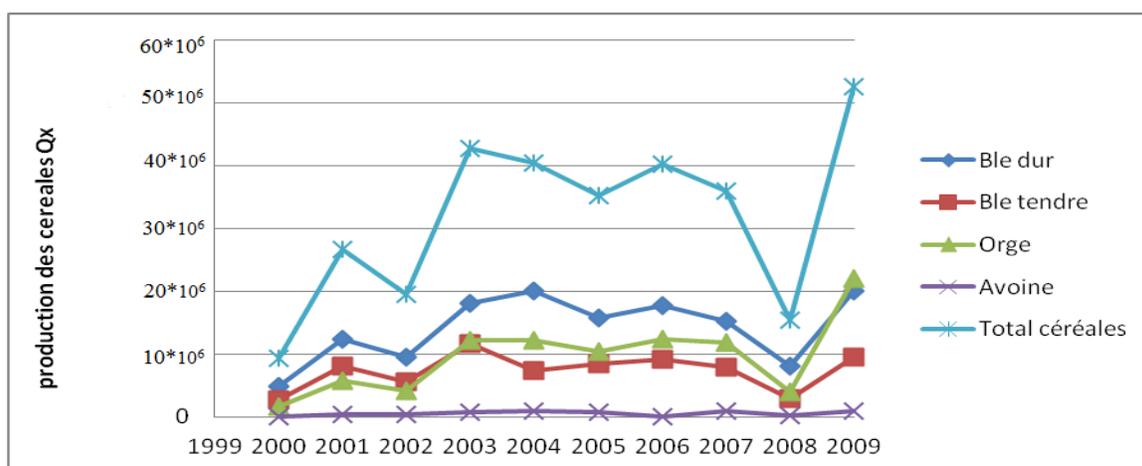


Fig. 5 Evolution de la production des céréales en Algérie (MADR, 2009)

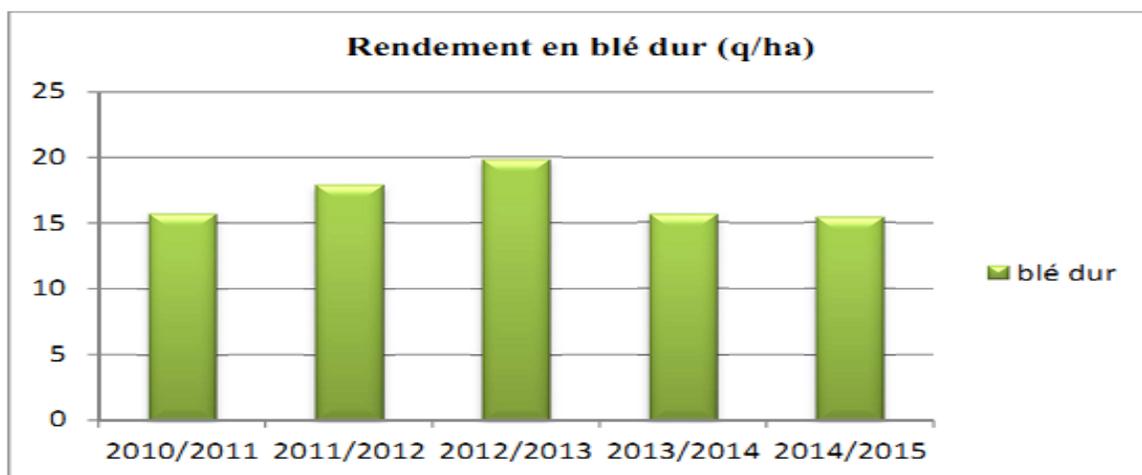


Fig. 6 Rendement en blé dur (MADR, 2016)

7- Les exigences de la culture du blé

7.1-Exigences édaphique

Le blé exige un sol bien préparé, meulé et stable, qui assure aux racines fasciculées du blé une grande surface de contact, d'où une bonne nutrition. Une profondeur de 12 à 15cm pour les terres battantes (limoneuses en générale) ou 20 à 25 cm pour les autres terres et une richesse suffisante en colloïdes, afin d'assurer la bonne nutrition nécessaire aux bons rendements (Soltner, 1990). Le blé réussit mieux dans les terres neutres profondes et de textures équilibrée, ce sont des limons argileux profond. Les terres très argileuses, très calcaires ou trop sableuses (acides) sont déconseillées pour cette culture (Clément, 1971). Le pH optimal se situe dans une gamme comprise entre 6 à 8. La culture de blé est modérément tolérante à l'alcalinité du sol dont la C.E ne doit pas dépasser 04 mmhos/cm (Clément, 1971).

7.2- Exigences climatiques

Selon Clement et Prats (1970), les conditions climatiques jouent un rôle prépondérant sur les différents stades végétatifs du blé.

7.2.1- Température

La température conditionne à tout moment la physiologie de blé. Le zéro de germination du blé dur voisin de 0 °C, cependant l'optimum se situe entre 20 et 22 °C entre ces deux extrêmes. Les fortes températures provoquent une levée trop rapide et parfois un déséquilibre entre la partie aérienne et la partie souterraine (Baldy 1992a). Les températures entre 25 et 32 °C défavorisent l'allongement racinaire l'optimum se situe entre 5 et 12 °C. Mekhlouf et *al.*, (2001) situent les exigences en température pour les stades suivants :

- Stade levée : La somme des températures =120°C.
- Stade tallage : La somme des températures =450°C.
- Stade plein tallage : La somme des températures =500°C.
- Stade épi 1cm : La somme des températures = 600°C.

Chapitre I : Plante Hôte : Le Blé dur (*Triticum durum* Desf)

7.2.2- L'eau

L'eau est un facteur limitant de la croissance du blé durant tout le cycle de développement. Selon Soltner (1990), l'eau a une grande importance dans la croissance de la plante. Un stress hydrique durant la période végétative se traduit par une modification qui touchent les caractères morphologiques, physiologiques et biochimiques (Mefti et al., 2000). En effet, le déficit hydrique au stage montaison entraîne une régression de talles qui se traduit par la chute du nombre d'épis produits par m². Le manque d'eau après la floraison, entraîne une diminution du poids de 1000 grains par altération de la vitesse de remplissage des grains et de la durée de remplissage (Abbassenne et al., 1998 ; Bouthiba et al., 2010). de 1000 grains.

7.2.3- La lumière

Le blé est une plante de pleine lumière et la lumière est le facteur qui agit directement sur le bon fonctionnement de la photosynthèse et le comportement du blé. En effet, un bon tallage est garanti, si le blé est placé dans les conditions optimales d'éclairement (Soltner, 1990). Une certaine durée du jour (photopériodisme) est nécessaire pour la floraison et le développement des plantes.

8- Les Contraintes à la production du blé

8.1-La sécheresse

Les plantes cultivées vivent en conditions de confort hydrique lorsque le sol est proche de la capacité de rétention (Chennafi et al., 2006). Le flux de transpiration selon Katerdji (1989) peut atteindre une à deux fois et parfois plus, le stock d'eau présent dans un végétal développé. La transpiration foliaire représente la force motrice de la circulation de l'eau du sol à travers les plantes jusqu'à l'atmosphère du fait d'une chute continue de potentiels le long du trajet et d'une continuité hydraulique entre le sol et les feuilles où s'effectue l'évaporation de l'eau (Katerji, 1989). Cependant, dès que le niveau d'humidité du sol tend vers une valeur inférieure à la capacité au champ, le déficit hydrique s'installe et la plante est stressée (Turk, 1978). L'évolution du stress hydrique conditionne le fonctionnement du statut hydrique de la plante et passe progressivement par trois principales phases (Blum, 1996).

8.2- L'effet des températures

La température permet d'évaluer la chaleur dont dépend le rythme de développement des plantes (Eliard, 1974). En effet la température de l'air est un indicateur du niveau énergétique de l'air. Ainsi,

Chapitre I : Plante Hôte : Le Blé dur (*Triticum durum* Desf)

elle est considérée comme le principal élément de l'ambiance atmosphérique (**Hufty, 2005**). La température est un facteur important pour la durée des phases de pré anthèse et post-anthèses. **Soltner (1985)** considèrent que les conditions optimales de la céréale recommandent une somme de température de 150°C pour la période du semis-levée, 500 °C la phase levée-fin tallage, par contre à elle seule, la phase épiaison-maturité physiologique exige 850°C. Cependant, ces exigences sont variables selon les génotypes, les campagnes agricoles et les caractéristiques environnementales (**Araus et al., 2003**).

8.3- L'effet de la salinité

La salinité s'exprime en conductivité électrique (CE) en millimhos ou micromhos. Le blé tolère des valeurs de CE de 4.5 millimhos (**Durand, 1981**). Le blé tendre semble plus tolérant au sel que le blé dur (**Slama, 1986; Roudani, 1996**). La réponse à la salinité se manifeste généralement chez la plupart des plantes cultivées par un effet dépressif sur la croissance et le développement (**Munns, 1986; Schachtman, 1995**).

8.4- L'effet des ennemies des cultures

En absence de mesure de lutte, les pertes potentielles dues aux maladies, aux animaux ravageurs et aux plantes adventices sont estimées de 50 à 80% de la production potentielle (**FAO, 1990**). Les plantes adventices partagent le même espace que la culture, ils se servent des mêmes facteurs de lumière, éléments nutritifs et eau. Cette Concurrence entraîne une croissance rabougrie de la culture. Les mauvaises herbes sont également nuisibles par l'hébergement d'animaux ravageurs et de maladies qui menacent la culture (**Scheepens et al., 2007**). En Algérie, les pertes dues à la présence des mauvaises herbes dépassent 50% de la production finale (**Kadra, 1976**).

Chapitre II : Stress salin

Chapitre II : Stress salin

1-Introduction

La salinité est considérée comme un facteur majeur influe l'agriculture. Elle constitue l'un des facteurs abiotiques les plus répandus au niveau de la planète et qui limite fortement les rendements agricoles, notamment dans les régions arides et de semi arides, où les précipitations sont limitées et ne sont pas suffisantes pour transporter les sels du profil racinaire des plantes (Schulze et *al.*, 2005).

En Algérie, près de 25% des terres irriguées sont confrontées au problème de sel qui affecte particulièrement les zones arides et semi-arides (Levigneron *et al.*,1995). En région méditerranéenne, la superficie des sols salés est estimée à 16 millions d'hectares dont 3.2 millions en Algérie (Hamdy, 1999).

2-Le stress salin

La salinité peut être définie comme un processus d'accumulation des sels solubles, qui sont représentés en grande partie par des cations (Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , et le K^+), et des anions (Cl^- , SO_4^{-2} , CO_3^{-2} et NO_3^-). La définition la plus courante, adoptée par la FAO (1997), considère qu'un sol salin est un sol dont l'activité électrique de la pâte du sol (ECe) est de 4 dS/m ou plus, cependant le Na^+ et Cl^- sont considérés les plus important : le Na^+ a comme effet la détérioration de la structure physique des sols et le Cl^- et Na^+ entraînent la toxicité des végétaux.

3-La répartition de la salinité dans le monde et en Algérie

La salinité est un problème écologique majeur qui touche un nombre important de région à l'échelle mondiale (Livegeron et *al.*, 1995). Notamment dans les régions arides et semi-arides (Omrani, 1993). Les sols salés occupent une superficie de 950 millions d'hectares (Zid et Grignon., 1991). Il a été estimé que 20% (275 millions d'hectares) des terres irriguées (Flowers, 2005) et 15% (227 millions d'hectares) des terres cultivables sont affectés par la salinité (Munns, 2002).

En Algérie, les sols salés sont répandus dans les régions arides, soit 3,2 millions d'hectares (Hamdy, 1999). D'après Omrani (1993), les sols salins se situent dans des régions Sud, les chotts Echergui et El Gharbi ainsi qu'au niveau de la steppe et à Biskra et Oum Bouaghi. Au Nord, les régions Oranaises (Messerghine, Sig, Mohammedia, Relizane et Oued Rhiou) ainsi qu'à l'Est, Sétif, Constantine et Annaba.

Chapitre II : Stress salin

Tableau 2- Superficie affectée par la salinité dans le monde (Lasram, 1995).

Régions	Superficie en million d'hectares
Australie	357.5
Asie centrale et du Nord	211.7
Amérique du Sud	129.2
Asie du Sud	87.6
Afrique	80.5
Europe	50.8
Asie du Sud .Est	20
Amérique du Nord	15.7
Mexique et Amérique central	2
Total	955

4- Effet de la salinité sur les plantes

La salinité est un facteur environnemental très important qui limite la croissance et la productivité (Allakhverdiev et *al.*, 2000b). Les effets de la salinité sur la croissance des plantes sont généralement associés au faible potentiel osmotique de la solution du sol et au niveau élevé de toxicité du sodium qui provoquent des perturbations multiples sur le métabolisme, la croissance et le développement des plantes aux niveaux physiologique, biochimique et moléculaire (Munns, 2002).

4.1- Effet de la salinité sur la croissance et le développement

Le stress salin entraîne des modifications morphologiques, mais c'est le poids de la matière végétale sèche et la longueur des tiges qui rendent compte du milieu de la tolérance ou de sensibilité des plantes au sel (Bekhouche, 1992). Le stress salin résulte aussi dans la diminution de la biomasse sèche et fraîche des feuilles, tiges et racines (Chartzoulakis et Klapakii, 2000).

4.2- Effet de la salinité sur la germination et la levée

La plupart des plantes sont plus sensibles à la salinité durant leurs phases de germination et de levée dont l'effet nocif est de nature osmotique ou bien toxique (Abdelly 2006). La présence excessive des sels solubles peut causer une forte pression osmotique chez les plantes et l'inhibition de la germination des graines ainsi

Chapitre II : Stress salin

que le développement de la plante entière en réduisant sa capacité à retenir l'eau entraînant des conséquences sur le niveau de croissance et sur l'activité métabolique (Munns, 2002). Cependant, l'effet de la salinité varie en fonction de l'intensité du stress et de la variété des plantes et cela; soit en diminuant la quantité d'eau et la vitesse de son absorption par la graine, soit par l'accroissement de la pression osmotique de l'eau d'imbibition qui est trop élevé pour permettre la germination (KATEMBE *et al.*,1998), ou en augmentant la pénétration d'ions qui peuvent s'accumuler dans la graine à des doses qui deviennent toxiques (Debez *et al.*,2001).

Berstein, (1975) et Bozouk, (1981) qui ont montré que chez la tomate cultivée, la germination est inhibée par les conditions salines. Selon Maas et Poss, 1989 ; la salinité inhibe la germination par son effet osmotique où elle affecte tous les processus de germination suite à la baisse du potentiel hydrique autour des graines, ce qui rend l'eau inaccessible à cette dernière pour la réhydratation et la reprise de la vie active de l'embryon.

4.3-L'effet de la salinité sur les pigments photosynthétiques

Le stress salin induit pour la très grande majorité des plantes une réduction de la production de biomasse correspondant essentiellement à une baisse de la photosynthèse (Chaves *et al.*,2003). A l'échelle du chloroplaste, Sudhir et Murthy (2004) ont montré que ce sont les processus de carboxylation, et non la photophosphorylation, qui sont les plus affectés par le stress salin. Selon Munns (2008), la réduction de la photosynthèse est liée à la diminution du potentiel hydrique foliaire, qui est à l'origine de la fermeture des stomates (Allen, 1995), qui cause la réduction de la conductance stomatique (Orcutt et Nilsen, 2000). La salinité diminue l'assimilation de CO₂ par des réductions de surface des feuilles (Munns *et al.*,2000), conductibilité des stomates (Parida *et al.*,2003), et le bon fonctionnement de photosystèmes (Redondo-Gomez *et al.*,2008).

4.4-L'effet de la salinité sur le taux des ions

L'absorption massive des ions Na⁺, peut induire des carences potassiques. Le K⁺ est un ion essentiel, activement transporté dans les cellules. Au niveau de certains transporteurs membranaires, l'excès de Na⁺ réduit la disponibilité du K⁺ (Orcutt et Nilsen, 2000).

L'effet spécifique de ces ions affecte la perméabilité membranaire, ce qui augmente la diffusion des électrolytes dans le milieu extérieur et réduit la sélectivité membranaire (Orcutt et Nilsen, 2000). Dans les cas extrêmes, l'excès de Na⁺ provoque des lésions membranaires, en particulier par le remplacement excessif des ions bivalents Ca⁺⁺ (Cramer *et al.*, 1985).

4.5-L'effet de la salinité sur l'anatomie de la feuille

La salinité provoque une modification de l'épaisseur épidermique, l'épaisseur du mésophyle, la longueur et le diamètre des cellules palissadiques. C'est ce qui a été observé sur les feuilles de l'haricot, du coton et de l'Atriplex soumis au stress salin (Longstreth et Nobel, 1979 in Parida et DAS, 2005). La salinité réduit aussi l'espace intercellulaire dans les feuilles (Delphine et *al.*, 1998).

5- Stratégies d'adaptation et mécanismes de tolérance au stress salin

5.1-Homéostasie ionique

5.1.1-La compartimentation vacuolaire

Consiste à évacuer l'excès des ions Na^+ du cytoplasme vers la vacuole afin d'éviter leur effet toxique (Flowers et *al.*, 1977). Ce mécanisme de compartimentation vacuolaire est assuré par l'action d'un antiport vacuolaire sodium/proton (Na^+/H^+) dont l'énergie est fournie par les pompes à protons ATPases (H^+ - adénosine triphosphatases) et PPases (H^+ -pyrophosphatases) vacuolaires (Horie et Schroeder, 2004). Ainsi, grâce à ce processus, la cellule parvient à maintenir une faible concentration de sodium dans le cytoplasme, minimisant ainsi son effet toxique; et d'autre part, l'augmentation de la concentration de sodium dans la vacuole va engendrer une forte pression osmotique qui va favoriser l'absorption d'eau et donc améliorer la turgescence des cellules (Apse et Blumwald., 2007).

5.1.2-Exclusion et inclusion des ions toxiques

On peut distinguer deux comportements des plantes vis-à-vis de sel, les comportements dit « incluser et excluser ».

Les plantes excluser sont généralement sensibles à la salinité et sont incapables de contrôler le niveau de Na^+ cytoplasmiques. Cet ion est transporté dans le xylème, véhiculé vers les feuilles par le courant de transpiration, puis en partie re-circulé par le phloème pour être ramené vers les racines. Ces espèces sensibles contiennent donc peu de Na dans les feuilles et un excès dans les racines.

Au contraire, les plantes « incluser »résistantes au NaCl, accumulent le Na dans les feuilles ou il séquestré (dans la vacuole, l'épiderme foliaire, les limbes âgés...)

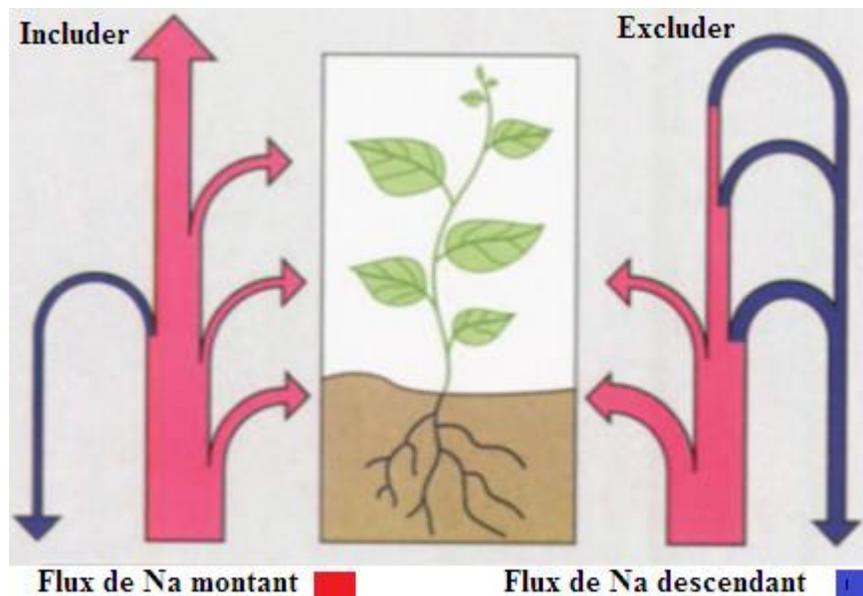


Fig. 7 Schématisation du bilan de la circulation du sodium dans les plantes incluser ou excluser (Levigneron *et al.*, 1995).

5.1.3-Ajustement ionique

L'augmentation des concentrations vacuolaires de sodium induit la nécessité et le besoin d'élever la pression osmotique des autres compartiments cellulaires afin d'ajuster leur osmolarité intracellulaire afin de limiter les pertes de turgescence due à l'abaissement du potentiel hydrique (Ψ_H) de la solution du sol (Amtmann et Leigh, 2010).

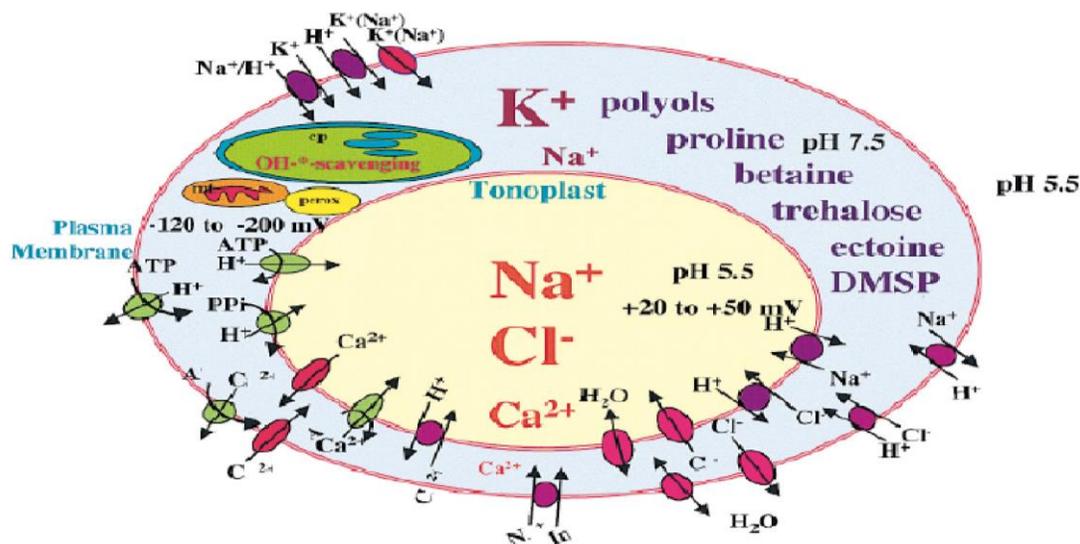


Fig. 8 Homéostasie cellulaire établie après l'adaptation au sel NaCl (Hasegawa *et al.*, 2000).

Chapitre II : Stress salin

5.2-Stratégie osmotique

5.2.1-La proline

Les teneurs en proline s'accroissent rapidement chez de nombreuses espèces soumises à un stress salin (Rhodes et *al.*, 2002). La proline agit en tant que composé soluble compatible dans l'ajustement osmotique pouvant atteindre de fortes concentrations sans exercer d'effet toxique comme le cas des ions (Yancey et *al.*, 1982).

5.2.2-Les sucres

Le stress salin induit chez plusieurs espèces de plantes une accumulation plus ou moins importante des sucres solubles totaux (saccharose, glucose et fructose), qui jouent un rôle important dans l'ajustement osmotique (Rhodes, 1987). L'accumulation des sucres et des polyols, principalement suite à l'hydrolyse de l'amidon, était stimulée par un stress salin chez différentes espèces végétales (Majumder et *al.*, 2010).

5.3-Les anti-oxydants et protéines de détoxification

Les stress abiotiques, notamment la salinité produisent au cours des processus cellulaires et de façon plus accrue, des formes actives d'oxygène, telles que le peroxyde d'oxygène (H_2O_2), les radicaux superoxydes (O_2^-) et hydroxyles(OH) (Brosche et *al.*, 2010). Ces composés, lorsqu'ils sont accumulés en faible quantité, peuvent servir de signal pour induire l'expression de gènes de réponse et de défense cellulaires (Parent et *al.*, 2008).

5.4-Induction des hormones

Les niveaux hormonaux de l'ABA augmentent en cas de stress salin, jouant ainsi plusieurs rôles. Il est responsable de l'activation des gènes qui jouent un rôle important dans les mécanismes de la tolérance au sel chez le riz, comme il a un rôle dominant dans les réactions réversibles de la phosphorylation des protéines.

Chapitre III

Pseudomonas

fluorescence, agent

antagonisme

1- Généralités sur les *Pseudomonas*

Les bactéries appartenant au genre *Pseudomonas* sont ubiquitaires et ont été isolées de nombreux habitats tels que les sols, les sédiments, les végétaux ainsi que les eaux douces et marines (O'Sullivan & Ogara, 1992). Les populations indigènes de *Pseudomonas fluorescents* sont des bactériens les plus importants du sol (Garbeva et al, 2004), Cet espèce joue des rôles clés dans les sols en tant qu'agent de biocontrôle (O'Sullivan & Ogara, 1992) mais aussi dans la stimulation de la croissance végétale ainsi que dans la bioremédiation (Garbeva et al, 2004). Les *Pseudomonades* des sols produisent généralement un pigment jaune-vert, *fluorescent*, appelé pyoverdine et correspondant à une famille importante de sidérophores (O'Sullivan & Ogara, 1992).

2- Description

La bactérie est décrite pour la première fois en 1886 par Flügge. C'est un microorganisme unicellulaire, à Gram négatif, en forme de bâtonnet, mobile grâce à un ou plusieurs flagelles polaires. Elle est aérobie stricte, oxydase positive avec un métabolisme respiratoire très actif. Ces bactéries produisent un pigment fluorescent jaune-vert soluble dans l'eau, la pyoverdine, dans des conditions carencées en fer. Les souches de *Pseudomonas* peuvent se développer à partir de 4°C, elles constituent donc une source de contamination dans les industries alimentaires comme le lait et les poissons. Ce genre inclus des espèces importantes pour la biodégradation de divers composés (Heinaru et al., 2000), la production de métabolites utiles (Palleroni, 1992). Quelques espèces sont des agents pathogènes des animaux et végétaux (Gardan et al., 1992), par contre d'autres peuvent stimuler la croissance des plantes (Kloepper et al., 1980b) et contrôler les maladies telluriques (Weller, 1988). Le groupe auquel on s'intéresse appartient à cette dernière catégorie.

3- Nomenclature et systématique des *Pseudomonas*

Le genre *Pseudomonas* est un grand groupe bactérien particulièrement important qui appartient à la sous-classe γ des protéobactéries et comprend plus d'une centaine d'espèces ubiquitaires (Palleroni et Moore, 2004). Cependant, depuis la découverte le séquençage du gène, beaucoup d'espèces ont été reclassées. Le nombre d'espèces a subi de nombreuses variations principalement dues à la description de nouvelles espèces et à divers changements de la définition du genre.

Depuis 1990, le séquençage du gène codant ARNr a débuté, et est appliqué pour toutes les bactéries connus. Le séquençage du gène codant l'ARNr et le développement des modèles

Chapitre III : *Pseudomonas fluorescence*, agent antagonisme

mathématiques des arbres représentant les similitudes des séquences ont permis une classification phylogénétique des procaryotes (Peix et *al.*, 2009). Palleroni et ses collaborateurs (1973) ont classifiés ce groupe bactérien en cinq sous-groupes d'ARNr, sur la base d'homologies ARN/ADN. Toutefois ces sous classes d'ARNr sont phylogénétiquement trop éloignés, et finalement seules les bactéries appartenant au groupe ARNr I sont retenues dans le genre *Pseudomonas* (Peix et *al.*, 2009).

Dans la première décennie, la taxonomie la plus détaillée du genre *Pseudomonas* est basée sur le séquençage du gène codant l'ARNr 16S (Anzai et *al.*, 2000). En analysant les séquences de 128 espèces de *Pseudomonas*, ils ont conclu que 57 seulement appartenaient aux groupe des *Pseudomonas sensu stricto*; la comparaison de 1073 nucléotides les a subdivisées en 7 classes :

- Le groupe des *P. syringae*.
- Le groupe des *P. chlororaphis*.
- Le groupe des *P. fluorescens*.
- Le groupe des *P. putida*.
- Le groupe des *P. stutzeri*.
- Le groupe des *P. aeruginosa* et le groupe des *P. pertucinogena*.

4- Distribution écologique des *pseudomonas*

Durant la dernière décennie les *Pseudomonas* montrent que c'est l'un des genres bactériens les plus ubiquistes dans le monde. En effet, *P. plecoglossicida* est un pathogène de poissons (Nishimori et *al.*, 2000) ; *P. salomonii* et *P. palleroniana* sont des espèces phytopathogènes (Gardan et *al.*, 2002); *P. simiae* a été isolé d'un échantillon clinique de singe (Vela et *al.*, 2006) et *P. costantinii* est un pathogène de champignons comestibles (Munsch et *al.*, 2002).

D'autres sont des bactéries associées aux racines, et ont été isolés de différentes plantes *P. brassicacearum* et *P. thivervalensis* isolés respectivement de plants d'ail et de riz (Achouak et *al.*, 2000). *P. rhizosphaerae*, *P. lutea* et *P. argentinensis* isolé de la rhizosphère de l'herbe (Peix et *al.*, 2003, 2004, 2005).

5- Les *Pseudomonas fluorescents* agents de biocontrôle et de croissance des plantes

Les bactéries appartenant au groupe des *Pseudomonas spp. fluorescents* sont parmi les plus abondantes dans la rhizosphère. Dans certains cas, elles représentent plus de 60% de la microflore

Chapitre III : *Pseudomonas fluorescence*, agent antagonisme

bactérienne totale du sol (Digat et Gardan, 1987). Les *Pseudomonas fluorescents* sont connus pour leurs aptitude d'adhésion aux particules du sol et au rhizoplan, mais sont aussi mobiles et prototrophes (De Weger et al., 1994), produisent des antibiotiques (Natsch et al., 1994), et des enzymes hydrolytiques (Nielsen et Sorensen, 1999).

Les *Pseudomonas spp. fluorescents* sont impliqués dans de nombreuses interactions avec les plantes (Schroth et al., 1992). En plus, ce genre d'antagonistes responsable de la suppression des maladies fongiques dans les cultures et stimulent la croissance des plantes comme le riz (Sakthivel et Gnanamanickam, 1987), le blé (Weller et Cook 1983), la pomme de terre (Kloepper et al., 1980b), la canne à sucre (Suslow et Schroth 1982), le radis (Kloepper et Schroth 1978), le coton (Howell et Stipanovic 1980) et le manioc (Hernandez et al., 1986)

Différentes espèces de *Pseudomonas spp. fluorescents* ont été rapportés à la fois comme PGPR (plant growth promoting rhizobacteria), et comme souches de biocontrôle des phytopathogènes (de Salmone et al., 2001).

Ces bactéries sont d'excellents compétiteurs vis-à-vis de la microflore fongique et bactérienne du sol (Garbaye, 1994), leur capacité à utiliser les exsudats de plantes comme nutriments (Lugtenberg et al., 2002), et à chélater les ions ferriques (Garbaye, 1994).

6- Stimulation de la croissance des plantes

6.1- Solubilisation des phosphates par les *Pseudomonas spp. fluorescents*

Les espèces de *Pseudomonas spp. fluorescents* ont été identifiés comme rhizobactéries solubilisant le phosphate (Bano et Musarat, 2003). Ces bactéries solubilisant le phosphate dans la rhizosphère, cette dernière étant le siège de nombreuses interactions entre les plantes et les divers microorganismes associés. La sécrétion d'acides organiques et de phosphatases facilitent la conversion de formes insolubles de phosphore en formes disponibles pour les plantes (Richardson, 2001).

6.2- Synthèse de phyto-hormones

Les rhizobactéries produisant Acide Indole-3-acétique (AIA) sont connues pour leurs capacités à augmenter la croissance et la longueur des racines. Cet effet résulte en une surface racinaire plus grande, et une accessibilité pour plus de nutriments pour la plante. La production de cytokinines a été rapportée chez *P. fluorescens* (Garcia et al., 2001). Glick et al. (1998) ont émis, une théorie selon laquelle le mode d'action de certains PGPR serait par l'intermédiaire d'une Amino-cyclopropane-1-

Chapitre III : *Pseudomonas fluorescence*, agent antagonisme

carboxylate (ACC) -désaminase. Cette enzyme clive l'AAC précurseur immédiat de l'éthylène. L'AAC-désaminase diminuerait la production d'éthylène au niveau des racines de la plante hôte et résulterait en leurs allongements. Cette stimulation de la croissance est aussi exprimée dans des situations de stress, tels que les inondations (Grichko et Glick, 2001), ou encore dans les sols contaminés par les métaux lourds (Belimov et al., 2001).

6.3- Dénitrification

Les *Pseudomonas spp. fluorescents* sont les dénitrifiants les plus communs des sols des régions tempérées (Gamble et al., 1977). Les *Pseudomonas spp. fluorescents* sont capable de s'adapter aux manque d'oxygène par l'utilisation des oxydes d'azote comme accepteurs alternatifs d'électrons (Stewart, 1988). La respiration sur nitrate et la réduction des nitrites sont impliquées dans la compétition des souches modèles de *Pseudomonas spp. fluorescents* dans le sol (Ghiglione, 2000).

6.4- Les médiateurs de l'absorption de fer par les *Pseudomonas spp. fluorescents*

La majorité des espèces de *Pseudomonas spp. fluorescents* produisent des sidérophores. Un nombre important d'espèces de plantes peuvent assimiler les complexes Fe³⁺- sidérophore bactériens (Bitter et al., 1991). Les sidérophores jaunes-verts sont només pyoverdines (PVDs) ou *pseudobactines* (Budzikiewicz, 1993, 1997). Les espèces de *Pseudomonas spp. fluorescents* produisent aussi la *pseudomonine* (isoxazolidone) comme *P. fluorescens* (Lewis et al., 2000).

7- Modes d'action des bactéries non pathogènes (Les systèmes de sécrétion)

Les *Pseudomonas* produisent notamment, de nombreux métabolites (Weller et al., 2007), dont les phénazines, la pyolutéorine, la pyrrolnitrine et le DAPG (pour 2,4-diacetylphloroglucinol) qui sont les AFM les plus fréquemment détectés (Rezzonico et al., 2007). Ces bactéries sont également capables de synthétiser des sidérophores appelés pyoverdines ou *pseudobactines*. Ces molécules sont impliquées dans l'amélioration de la croissance des plantes (Lemanceau et al., 2009) et contribuent à l'acquisition du fer par les végétaux (Vansuyt et al., 2007). Une grande diversité des mécanismes d'action de *Pseudomonas* ont été signalée, principalement liée à leur grande capacité à produire une large gamme de métabolites secondaires.

Les *Pseudomonas* produisent notamment, de nombreux systèmes de sécrétion de ces métabolites. Ces systèmes de sécrétion permettent le transport de protéines ou nucléoprotéines entre le cytoplasme bactérien et le milieu extérieur, à travers les membranes internes et externes des bactéries.

Cinq types de systèmes de sécrétion sont couramment décrits chez les bactéries : type I (SST1), type II (SST2), type III (SST3), type IV (SST4) et type V (SST5). Ils sont classés selon leur composition en protéines, leurs similitudes en acides aminés et leurs mécanismes de fonctionnement (Pallen et al., 2003).

7.1-Système de sécrétion de type I

Le système de sécrétion de type I a une structure relativement simple et est composé de seulement trois sous-unités protéiques (Baron et Coombes, 2007). Il est composé d'une protéine OMP (pour outer membrane protein) et d'une protéine MFP (pour membrane fusion protein). La protéine MFP forme un complexe dans l'espace périplasmique avec une protéine ABC (pour ATP-binding cassette; Angkawidjaja et Kanaya, 2006). Ce système est connu pour être responsable de la sécrétion d'enzymes extracellulaires, comme par exemple, des protéases chez *Pseudomonas aeruginosa* PAO1, *P. syringae* pv. tomato DC3000 et *P. putida* KT2440 (Delepelaire, 2004).

7.2- Système de sécrétion de type II

Ce système consiste un assemblage de 12 à 16 protéines différentes comprenant notamment une ATPase, une protéine chaperonne et une peptidase (Cianciotto, 2005; Filloux, 2004). La sécrétion des protéines est un processus en deux étapes par lequel les protéines sont d'abord transférées à travers la membrane interne de la bactérie par les systèmes de transport Sec ou Tat (Cianciotto, 2005). Le SST2 est un facteur important de virulence des bactéries pathogènes et sécrète des protéines dans l'environnement extracellulaire où elles sont capables de dégrader des composés des cellules hôtes, tels que des protéines, des lipides et des sucres de la matrice extracellulaire (Cianciotto, 2005).

7.3- Système de sécrétion de type III

Un système de sécrétion de type III a été détecté chez *P. fluorescens* PfG32R (Mulya et al., 1996). Cette souche, isolée de la rhizosphère de plantes de la famille des Solanaceae et de l'oignon, est capable de supprimer la pourriture de la tomate (Ogiso et al., 1991). Il a également été montré que PfG32R est capable de produire une large variété d'antibiotiques et de sidérophores (Mulya et al., 1992). Sanchez et al. (2005) ont montré que *P. fluorescens* C7R12 était capable d'induire un effet de type PGPR par la mise en évidence d'une promotion de croissance sur des plantules de *Medicago truncatula*.

7.4- Système de sécrétion de type IV

Il s'agit d'un système protéique complexe composé d'au moins 11 protéines (Christie, 2001), permet la sécrétion ces protéines ou nucléoprotéines à travers les membranes des bactéries, directement dans le cytosol des cellules eucaryotes (Pallen et *al.*, 2003). La sécrétion des molécules effectrices peut s'effectuer, soit directement par le SST4, soit en deux étapes, en passant tout d'abord par le système de transport Sec (Henderson et *al.*, 2004). Le SST4 le plus anciennement décrit et le mieux connu est le système VirB d'*Agrobacterium tumefaciens* (Burns, 2003), pathogène induisant une tumeur chez la plante par transfert de son plasmide dans les cellules végétales après infection (Abajy et *al.*, 2007). D'une manière générale, les SST4 liés de façon ancestrale aux systèmes de conjugaison bactérienne (Backert et Meyer, 2006), contribuent à d'importants processus, tels que l'échange de matériel génétique, l'échange de plasmides au cours de la conjugaison, la colonisation bactérienne et la formation de biofilm, et enfin, l'injection de facteurs de virulence dans le cytoplasme des cellules hôtes (Backert et Meyer, 2006).

7.5- Système de sécrétion de type V

Le système de sécrétion de type V consiste ; autotransporteur (AT) et les systèmes à deux partenaires (TPS pour two-partner secretion) (Henderson et *al.*, 2004). Les AT sont constitués d'une seule protéine comprenant plusieurs domaines : un domaine β qui traverse la membrane externe bactérienne, un domaine extracellulaire appelé domaine 'passager' et une région de liaison située entre ces deux domaines (Henderson et *al.*, 2004). Les TPS diffèrent des AT, par l'absence de la région de liaison et dans ce cas, les domaines passager et β deviennent deux protéines indépendantes qui sont appelées respectivement TpsA ou exoprotéine et TpsB ou domaine transporteur (Henderson et *al.*, 2004). Cependant, les protéines sécrétées par ce système constituent la plus large famille de facteurs de virulence chez les bactéries Gram- (Yen et *al.*, 2002) et les SST5 sont très largement distribués parmi les protéobactéries (Pallen et *al.*, 2003). Actuellement, il existe donc deux familles d'autotransporteurs qui diffèrent de part la région qui relie les deux principaux domaines : le système AT-1 classique et le système trimérique AT-2 (Scott-Tucker et Henderson, 2009). Plus récemment, les protéines de la famille OCA (pour oligomeric coiled coil adhesin), telles que YadA de *Yersinia enterocolitica* (Roggenkamp et *al.*, 2003) et Hia de *Haemophilus influenzae* (St-Geme et Cutter, 2000), ont été décrites comme des protéines sécrétées par un système identifié comme étant une sous-famille d'autotransporteurs.

Partie

expérimentale

Chapitre I

Matériel et méthodes

Matériel et méthodes

1- Matériel

1-1-Le matériel végétal

Le matériel végétal a été composé de cinq géotypes de l'espèce (*Triticum durum*) (tableau 3). Le but de notre travail est de connaître l'influence de *Pseudomonas fluorescense* sur la germination de blé dur en conditions salines. La première partie dans notre travail consiste à tester le pouvoir germinatif des graines de blé sous stress salin.

Tableau 3 - Les principales caractéristiques du matériel végétal utilisé.

	Genotypes	Origines	Caracteristiques agronomiques et technologiques
01	Boussellam	Syrie	Rendement élevé; PMG élevé; mitadinage bonne; teneur en protéine 15.01%.
02	Gta dur	Mexique	Rendement élevé; PMG élevé.
03	Ofanto	Italie	Rendement élevé; PMG moyen; mitadinage sensible; teneur en protéine 15.64%.
04	Simeto	Italie	Rendement élevé; PMG élevé; mitadinage résistante; teneur en protéine 15.80%.
05	Vitron	Espagne	Rendement élevé; PMG élevé; mitadinage résistante; teneur en protéine 13.50%.

1-2 La souche microbienne

La souche bactérienne utilisée dans ce travail nous a été fournie par Laboratoire de phytopathologie de l'Université Es-Sénia d'Oran. La souche bactérienne est repiquée dans des tubes contenant un milieu King B (Annexe1) additionné de glycérol (25%), et après croissance à 28°C, elles sont conservés à -4°C.

2- Méthodes

2-1 Protocole de germination

Les graines de cinq variétés de blé dur sont stérilisées par hypochlorite de sodium, puis séchées sur papier filtre stérile avant d'être déposées dans des boîtes de Pétri. Ces dernières contiennent deux couches de papier filtre stérile imbibé d'une solution d'NaCl aux concentrations : 50, 100, 150 et 300mEq.l⁻¹ (Tableau 4). Les lots témoins sont placés sur papier filtre imbibé d'eau distillée stérile. Les boîtes de Pétri, contenant chacune 50 graines, sont placées à l'obscurité. Quatre répétitions sont prévues pour chaque traitement et pour chaque variété. Les observations sont menées quotidiennement pour évaluer les premières germinations enregistrées dès que la radicule apparaît.

Tableau 4 - Composition de la solution saline.

NaCl	mEq.l ⁻¹	50	100	150	300
	g/l	2,92	5,84	8,76	17,52

2-2 Préparation de l'inoculum

La souche bactérienne est cultivée sur le milieu Citrimide (Annexe1) deux jours à l'obscurité et à 28°C afin de favoriser sa croissance. La concentration bactérienne est déterminée en utilisant une méthode de dilution (Annexe2). Après le comptage, la suspension bactérienne est ajustée avec de l'eau distillée stérile de façon à avoir une concentration finale de 10⁸ ufc.ml⁻¹.

2-3 Traitement des graines par la suspension bactérienne de *Pseudomonas fluorescence*

Les graines de blé dur stériles ont été trempées dans 50 ml de la suspension bactérienne (10⁸ ufc.ml⁻¹) pendant une durée de 20 min. Cette procédure d'inoculation permet d'atteindre une concentration bactérienne de 10⁷ ufc par graine. Les graines sont ensuite inoculées préparé selon le protocole décrit précédemment.

2.4 Effet in vivo de l'interaction salinité-*Pseudomonas* sur le pouvoir germinatif de blé dur

Le semis est effectué dans des plateaux alvéolaires remplis de tourbe à raison de 5 graines par mini-motte à une profondeur de 1 cm. Afin de provoquer un stress salin, nous avons choisi le NaCl comme sel soluble. Nous avons utilisé pour nos tests des concentrations qui peuvent aller jusqu'à une salinité de 17g NaCl/l (300 mEq.l⁻¹). Les concentrations en NaCl de l'eau d'irrigation sont préparées à partir des résultats de conversion du mEq.l⁻¹ vers le g.l⁻¹. Le témoin correspond à 0 g.l⁻¹ et le 300meq.l⁻¹ à 17g.l⁻¹ de NaCl. Ces concentrations se rapprochant des taux de salinité des sols de la zone Ouest algérienne. Les graines sont ensuite inoculées préparé selon le protocole décrit précédemment.

2.5. Notations des résultats

Les boîtes de Pétri sont examinées tous les jours pour suivre la germination des graines. Le nombre de graines ayant germé est noté. Une graine germée est celle qui parvient à émettre une radicule et les deux cotylédons. Le taux final de germination a été estimé: Les effets de l'interaction salinité-*Pseudomonas* sur la taille totale ont été déterminés à l'aide d'une règle graduée en mm.

2.6. Analyses Statistiques

L'ensemble des résultats recueillis ont été saisis et analysés au moyen du logiciel STATBOX 6.0.4, Grimmersot en utilisant l'analyse de la variance ANOVA.

Chapitre II Résultats et discussion

1- Résultats

II. 1.1. Le pouvoir germinatif de cinq géotypes de blé dur (*Triticum durum*)

La figure 9 illustre les taux finaux de germination des graines recevant de l'eau distillée chez cinq géotypes de blé dur. Les taux finaux de germination varient en fonction des conditions internes des graines, de la durée de pré-imbibition, de la température et de la solution d'arrosage.

- Taux de germination :

$$G\% = 100 (XT/N)$$

Où XT est le nombre total de grains germés et N le nombre total des graines mises à germer

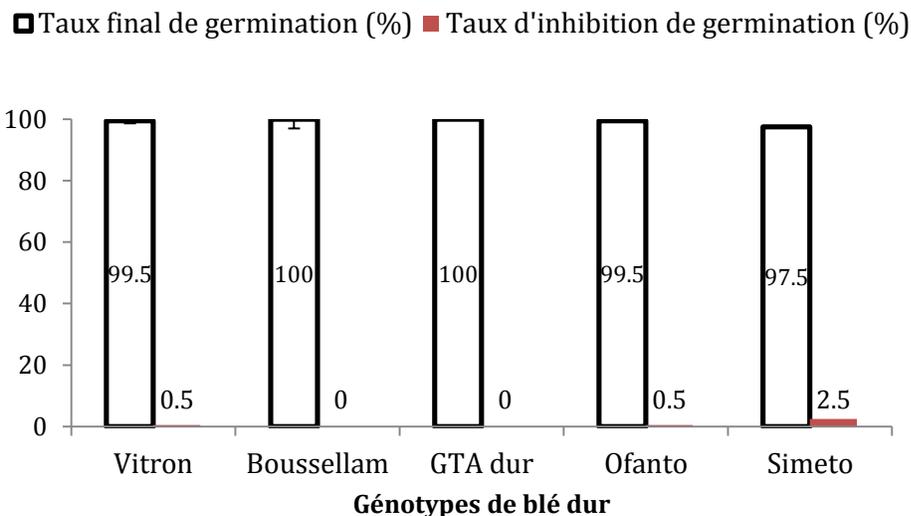


Fig. 9 Variation de la capacité germinative des variétés de blé dur étudiées

Le taux final de germination est de 100% chez les géotypes Boussellam et Gta dur arrosées à l'eau distillée, il est de 99.5% chez Vitron et Ofanto. Il diminue à 97.5% seulement pour le géotype Simeto.

II. 1.2. Effet de la salinité sur le pouvoir germinatif de cinq géotypes de blé

Les figures 10 et 11 illustrent les taux de germination des graines recevant de l'eau distillée et les solutions salines au NaCl de 50 mEq.l⁻¹ à 300 mEq.l⁻¹.

L'analyse des résultats consignés sur la figure 10 montre que la salinité affecte le taux de germination de cinq variétés de blé dur. Les pourcentages de germination diminuent en fonction des

Chapitre II : Résultats et discussion

concentrations croissantes de NaCl. Pour chacune de cinq géotypes, on note des différences significatives entre les différents traitements salins .

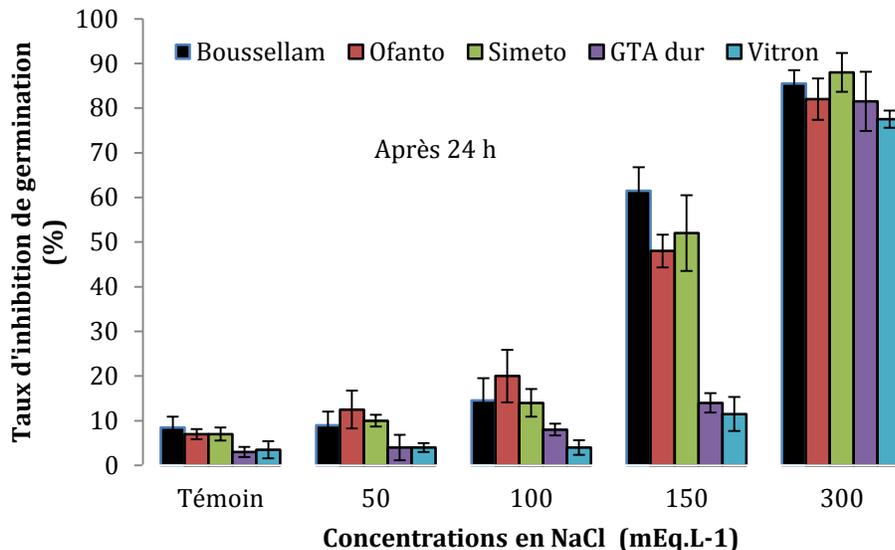


Fig.10 Variation de la capacité germinative des variétés de blé dur étudiées pour les différentes concentrations de NaCl après 24h.

En effet, après 24 heures de semis, les taux d'inhibition de germination en absence de sel sont de 3, 3.5, 7, 7 et 8% respectivement pour GTA dur, Vitron, Ofanto, Simeto et Boussellam. Cette différence est maintenue en présence de sel mais s'amplifie aux fortes concentrations. A 300 mEq.l⁻¹ de NaCl, les taux d'inhibition sont de 88, 85.5, 82, 81.5 % pour Simeto, Boussellam, Ofanto et Gta dur respectivement, alors qu'il ne dépasse 77.5% pour Vitron. Cette dernière semble moins affectée par les fortes concentrations de sel par rapport les autres pour l'expression du pouvoir germinatif. (Annexe 3)

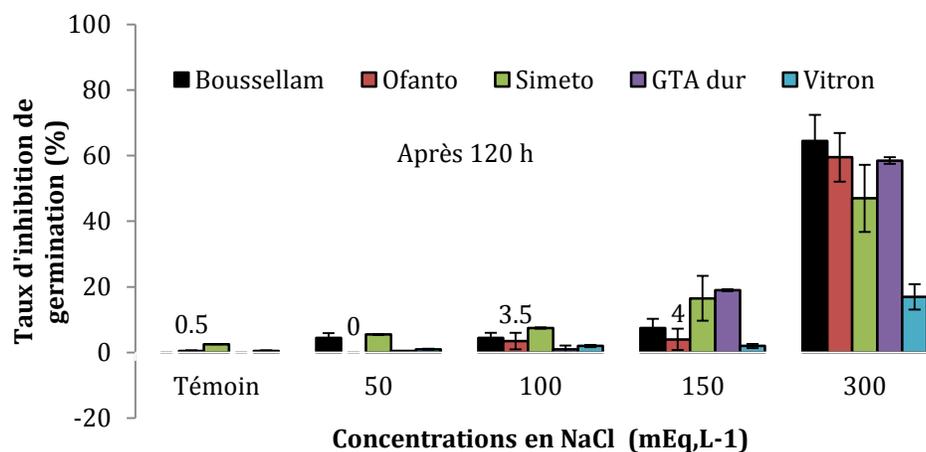


Fig.11 Variation de la capacité germinative des variétés de blé dur étudiées pour les différentes concentrations de NaCl après 120h.

La figure 11 montre la variation du pourcentage final de germination des graines de cinq génotypes de blé dur en fonction des doses croissantes de NaCl.

En absence de sel, les cinq variétés étudiés se distinguent par ses facultés germinatives plus élevée (97.5 à 100%) Cette tendance est retrouvée pour les deux autres concentrations en sels de 50 et 100 mEq.l⁻¹.

Aux fortes concentrations (300 mEq.l⁻¹ de NaCl), les pourcentages d'inhibition de la germination s'écartent de manière hautement significative et sont de 64.5, 59.5, 58.5, 47 et 17% pour Boussellam, Ofanto, Gta dur, Simeto et Vitron respectivement. Dans ce cas, la variété Vitron est plus tolérante que les autres variétés. Ces résultats sont confirmés par l'analyse de la variance qui montre une différence très hautement significative entre les moyennes du taux d'inhibition de germination pour les différents traitements.(Annexe 4)

II. 1.3.Effet de *P. fluorescence* sur pouvoir germinatif des graines de cinq génotypes de blé dur

Cette étude a été menée pour évaluer l'influence de *P. fluorescence* sur pouvoir germinatif des graines de cinq génotypes de blé dur. Les résultats des mesures du taux d'inhibition et du taux final de germination ont été analysés.

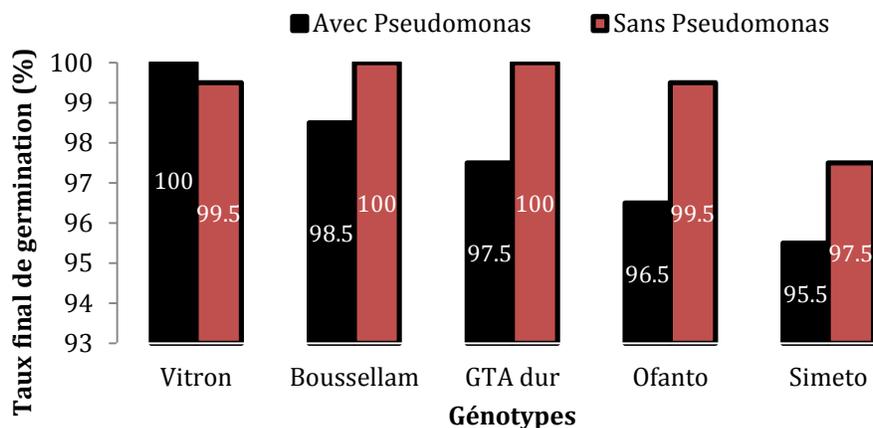


Fig. 12 Variation du taux final de germination des variétés de blé dur étudiées pour les différentes concentrations de NaCl.

Après cinq jours d'observation, les cinq génotypes de blé dur soumis au traitement par *P. fluorescence* montrent une réduction régulière et significative des taux finaux de germination (figure 12) par rapport au témoin. Pour le génotype Vitron, les taux finaux de germination sont statistiquement similaires. 0

On constate une diversité de réponse au traitement microbien selon les génotypes. En revanche, l'inoculation des graines de blé dur par *P. fluorescence*, provoque une baisse de la germination de 1.5; 2; 2.5 et 3 % respectivement pour les génotypes Boussellam, Simeto, Gta dur et Ofanto. Par ailleurs, les grains de génotype Vitron inoculés avec la souche bactérienne *P. fluorescens* ont montré une stimulation par rapport aux grains non inoculés.

II. 1.4.Effet de la combinaison salinité-Pseudomonas sur pouvoir germinatif des graines de cinq génotypes de blé dur

Après 24h d'observation, les cinq génotypes de blé dur soumis au traitement combiné du sel et de *P. fluorescence* montrent une réduction régulière et significative des taux finaux de germination sous l'effet des concentrations croissantes de NaCl (figure 13).

Les taux d'inhibition de germination des graines relatifs au témoin augmentent au fur et à mesure que la concentration saline augmente, mais l'ampleur de cette augmentation varie selon les variétés.

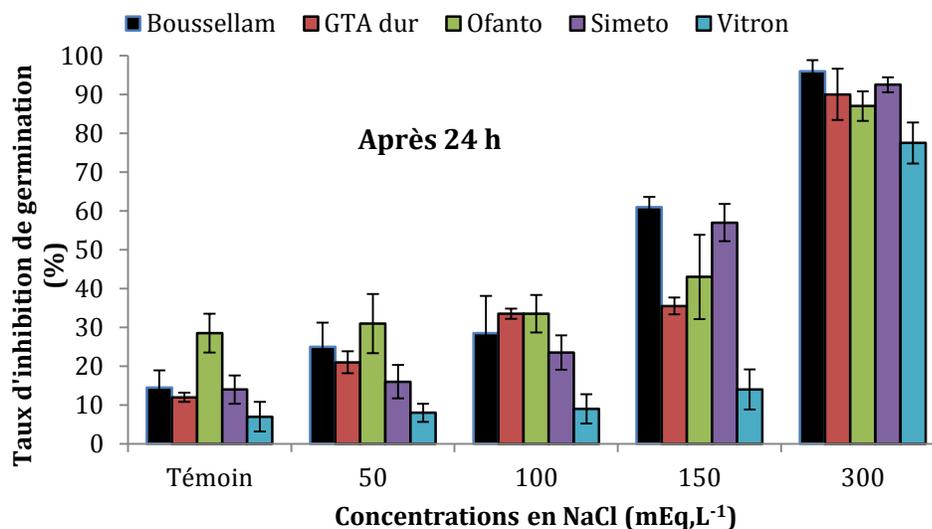


Fig. 13 Variation de la capacité germinative des variétés de blé dur étudiées a l'action combinée de la salinité et de *P. fluorescence* après 24h.

Il apparaît qu'un traitement supplémentaire avec *P. fluorescence* pour les cinq variétés de blé dur n'affecte pas l'effet de NaCl sur le pouvoir germinatif par rapport au témoin. Néanmoins, les concentrations de 150 et 300 meq.l-1, montrent que l'inhibition augmente par rapport au témoin inoculé. Cependant, la combinaison NaCl+ *P. fluorescence* à 50 meq.l-1 semble une augmentation de l'inhibition près 10.5; 9 ; 3.5 ; 2 et 1 % et de 14; 21.5; 5; 9.5 et 2 % à 100 mEq.l⁻¹ e respectivement pour les géotypes Boussellam, Gta dur, Ofanto, Simeto et Vitron par rapport au témoin (Figure: 13).

(Annexe

5)

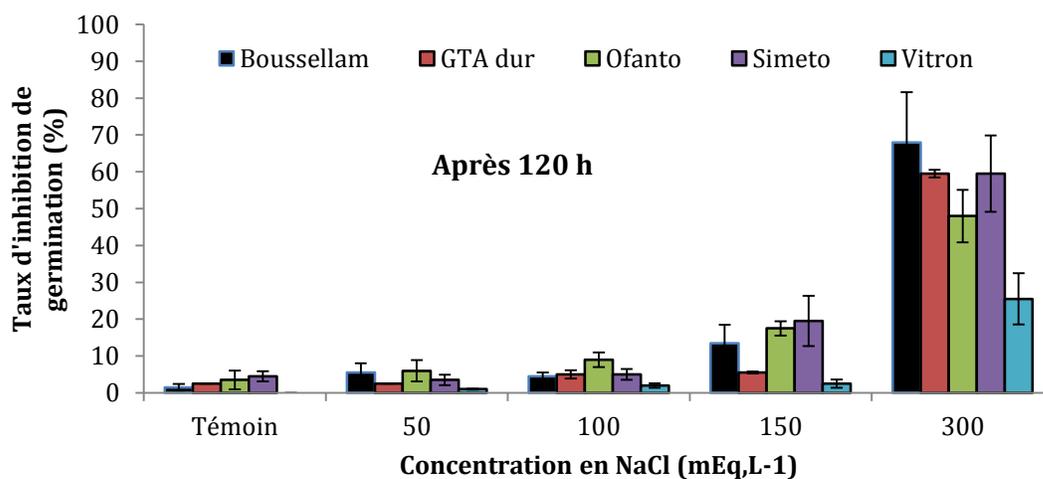


Fig.14 Variation de la capacité germinative des variétés de blé dur étudiées a l'action combinée de la salinité et de *P. fluorescence* après 120h.

Chapitre II : Résultats et discussion

Les résultats de la Figure.14, permettent de savoir les taux finaux de germination sous l'effet combiné de la salinité et *P. fluorescence* après cinq jours de traitement. L'accent doit être mis sur le taux d'inhibition des graines qui subit à une augmentation significative pour toutes les concentrations en NaCl par rapport au témoin. Dans ce cas, le taux d'inhibition en absence de sel enregistre pour les géotypes suivants; Boussellam, Gta dur, Ofanto, Simeto et Vitron: 1.5, 2.5, 3.5, 4.5, et 0% respectivement.

Pour l'ensemble des géotypes, l'effet combiné de la salinité et *P. fluorescence* entraîne une diminution significative de 1 à 19,5 % des taux finaux de germination pour des concentrations de 50 allant jusqu'à 150 mEq.l⁻¹ en NaCl.

Néanmoins, il faut noter que pour la concentration de 300 meq.l⁻¹, l'effet de la salinité et *P. fluorescence* entraîne une augmentation de l'inhibition, la diminution des taux finaux de germination par rapport au témoin est de près de 25.5, 48, 59.5, et 68 % respectivement aux géotypes Vitron, Ofanto, Simeto et Boussellam.

Les résultats du pouvoir germinatif de cinq géotypes, indiquent que l'inoculation des graines par *P. fluorescence*, n'induit aucun changement d'atténuation de l'effet de la salinité sur le taux final de germination.(Annexe 6)

II. 1.5.Influence de la salinité en association avec *Pseudomonas* sur le taux final de germination: comparaison entre cinq géotypes de blé dur.

Les résultats des taux finaux de germination dans des conditions salines sont présentés dans le tableau 5. Ils montrent, de manière générale, une diminution de ce paramètre au fur et à mesure que la concentration en NaCl augmente par rapport au témoin (sans inoculation). Dans ce cas, la dose de 300 mEq.l⁻¹ enregistre une diminution.

Chapitre II : Résultats et discussion

Tableau.5 Variation des taux finaux de germination des géotypes de blé dur étudiés à l'action combinée de la salinité et de *P. fluorescence*

	Témoin		50 ¹ mEq,l ⁻¹		100 ¹ mEq,l ⁻¹		150 ¹ mEq,l ⁻¹		300 ¹ mEq,l ⁻¹	
	Avec	Sans	Avec	Sans	Avec	Sans	Avec	Sans	Avec	Sans
Boussella m	98,5	100	94,5	95,5	95,5	95,5	86,5	92,5	32	35,5
GTA dur	97,5	97,5	97,5	94,5	95	92,5	94,5	83,5	40,5	53
Ofanto	96,5	100	94	99,5	91	99	82,5	81	52	41,5
Simeto	95,5	99,5	96,5	100	95	96,5	80,5	96	40,5	40,5
Vitron	100	99,5	99	99	98	98	97,5	98	74,5	83

En absence de la salinité, les résultats du pouvoir germinatif de cinq géotypes, indiquent que l'inoculation des graines par *P. fluorescence*, n'induit aucun changement sur le taux final de germination. L'inoculation des graines de blé dur, montre que *P. fluorescence* ne produit pas également des variations du taux final de germination sur l'ensemble des géotypes par rapport aux graines inoculés.

Pour les géotypes, Vitron, Ofanto, Simeto et Boussellam, les essais ont montré que l'effet combiné de *P. fluorescence* et NaCl, manifestent un déficit du taux final de germination par rapport à l'effet de NaCl seule. L'effet de *P. fluorescence*, n'induit aucun changement de l'atténuation de l'effet de la salinité sur le taux final de germination.

Par contre, on observe une légère atténuation pour le géotype Gta dur par rapport aux graines non inoculés pour la gamme de salinité allant de 50 à 150 meq.l⁻¹. A contrarion, cet agent microbien ne montre pas l'effet d'atténuation à 300meq.l⁻¹ par rapport aux conditions de non salinité. (Annexe7)

II. 1.6.Effet *in vivo* de la salinité sur le pouvoir germinatif de cinq géotypes de blé dur

Au cours de cette étude, nous avons testé l'effet des différents taux de chlorure de sodium (NaCl), sur le pouvoir germinatif de cinq géotypes de blé dur.

Chapitre II : Résultats et discussion

Les résultats indiqués dans le tableau confirment l'effet négatif des fortes concentrations en NaCl (300 mEq,l⁻¹) sur le pouvoir germinatif des génotypes Simeto et Gta dur.

Tableau. 6 Effet *in vivo* de la salinité sur le pouvoir germinatif de cinq génotypes de blé dur

		Bousellam	Vitron	Simeto	Gta dur	Ofonto
Doses en NaCl mEq,l ⁻¹	0	+	+	+	+	+
	50	+	+	+	+	+
	100	+	+	+	+	+
	150	+	+	+	+	+
	300	+	+	-	-	+

- : Graine non germé

+ : Graine germé

II. 1.7.Effet *in vivo* de la salinité en association avec *Pseudomonas* sur le taux final de germination.

La recherche de l'effet *in vivo* de *P. fluorescence* a été testée sur les cinq génotypes en présence de la salinité. Les résultats obtenus (Tableau 6) montrent que cet effet varie d'un génotype à un autre.

Tableau.7 Effet *in vivo* de la salinité en association avec *P. fluorescence* sur le taux final de germination.

		Bousellam	Vitron	Simeto	GTA dur	Ofonto
Doses-en NaCl mEq,l ⁻¹	0	+	+	+	+	+
	50	+	+	+	+	+
	100	+	+	+	+	+
	150	+	+	+	+	+
	300	+	-	+	+	+

- : Graine non germé

+ : Graine non germé

Chapitre II : Résultats et discussion

Globalement, les graines de cinq génotypes germent avec la concentration en sel (**Tableau.7**) sauf pour les variétés Vitron à la dose de 300 mEq.l⁻¹. Les résultats, indiquent que l'inoculation des graines par *P. fluorescence*, n'induit aucun changement sur l'atténuation cet effet en présence de cette concentration.

II. 1.8.Effets de la salinité sur la germination des graines et sur la taille totale de cinq génotypes de blé dur

Durant cet essai la germination des graines et la taille totale de cinq génotypes de blé dur ont été comptés après 15jours. Le tableau 8 illustre la germination des graines et la croissance des plantules de blé dur recevant de l'eau distillée et les solutions salines au NaCl à 50 à 300 mEq.l⁻¹.

En absence de sel, la plus forte valeur de la taille totale est enregistrée chez le génotype simeto (43.6 cm). En effet, la plus faible valeur est enregistrée chez le génotype Vitron (37.6cm).

Tableau. 8 Effets de la salinité sur la germination des graines et sur la taille totale de cinq génotypes de blé dur.

		Concentrations de la salinité (mEq.l ⁻¹)				
		Témoin (T0)	50	100	150	300
Génotypes	Boussellam	39,8±7,9	34,6±7,1	34,2±6,06	30,5±4,3	3,7±0,09
	Vitron	37,6±4,7	40,8±3,2	29,3±4,3	27,9±2,5	8 ±3,1
	Simeto	43,6±12,2	35,2±2,7	33,1±8,2	29,4±4,4	-
	Gta dur	38,3±4,6	38,3±0,6	31,9±1,6	29,0±3,8	-
	Ofanto	39,2±6,1	39,8±2,2	37,9±1,8	26,7±3,4	2,7±0,2

± ; écarte type - ; grain non germé

Les tailles totales de cinq génotypes de blé dur ont été significativement réduites sous l'effet du stress salin (tableau 8).

Dès que la concentration du milieu salin augmente (300 mEq.l⁻¹), tous les génotypes ont été affectés avec cependant une chute plus prononcée chez les génotypes Ofanto, Boussellam et Vitron. Cependant, en terme de germination, les graines des Gta dur et Simeto se manifeste par une absence totale de ce paramètre.

Chapitre II : Résultats et discussion

Les tailles totales de cinq géotypes: Boussellam, Vitron, Simeto, Gta dur et Ofanto sont respectivement de 39.8; 37.6; 43.6; 38.3 et 39.2 chez les plantules témoin arrosées à l'eau distillées, ils sont de 34.2, 29.3, 33.1, 31.9 et 37.9 chez les graines recevant la solution saline au NaCl à 100 mEq.l⁻¹. Ils diminuent à 7.7, 7.4, 6.7, 7.5 et 6.8 % seulement dès l'application du stress salin au NaCl à 150 mEq.l⁻¹

II. 1.9.Effets de la salinité et *Pseudomonas* sur la germination des graines et sur la taille totale de cinq géotypes de blé dur

Globalement, la taille totale diminue sensiblement avec la concentration en sel (Tableau9) sauf pour le géotype Ofanto, où il marque une stimulation de 10.8% de croissance pour une faible concentration (50 mEq.l⁻¹).

En absence de sel, il semble que le pré-traitement des graines n'ait aucune activité stimulatrice de la croissance chez la majorité de géotypes, à l'exception de géotype Vitron qui a augmentée par rapport au témoin non inoculé. On a observé que la plus faible valeur de la taille totale est enregistrée chez le géotype Gta dur (32.3cm).

Tableau. 9 Effets de la salinité et *Pseudomonas* sur la germination des graines et sur la taille totale (cm) de cinq géotypes de blé dur

		Concentrations de la salinité (mEq.l ⁻¹)				
		Témoin (T1)	50	100	150	300
Géotypes	Boussellam	34,2±12,5	32,4±1,9	27,9±7,1	28,05±2,7	6,4±2,8
	Vitron	38,5±4,6	32±10,9	32,5±8,8	26,2±3,1	-
	Simeto	34,1±6,7	31,3±6,1	28,4±2,5	24,4±3,4	6,4±1,2
	Gta dur	32,3±8	24,2±6,4	20,4±7,5	13,05±0,7	8,5±1,1
	Ofanto	33,2±2,9	36,1±8,6	27,9±11,6	28,2±3,2	6,7±0,1

± ; écarte type - ; grain non germé

En présence de la salinité modérée (50 à 150), le pré-traitement des graines de blé dur avec la suspension bactérienne de *P. fluorescence* n'a fourni aucun effet protecteur.

A de fortes concentrations en NaCl (300 mEq.l⁻¹), on a observé que l'effet de la salinité est atténué par rapport aux grains non inoculés soumis à la même salinité.

Chapitre II : Résultats et discussion

Pour le géotype Simeto, l'agent microbien a permis d'obtenir une taille totale majorée de 6.4cm par rapport aux grains non inoculés soumis à la même salinité (300 mEq.l⁻¹). Le traitement par l'agent permis d'atténuer l'effet négatif sur le pouvoir germinatif.

Par contre, l'essai à montrer que les grains de blé dur inoculés avec *P. fluorescence* associé par salinité (300mEq.l⁻¹), manifeste un manque de la germination pour le géotype Virton par rapport à l'effet seule de la salinité.

II. 2.Discussion

La culture de blé dur représente le groupe de céréales le plus important du marché national. Elle est cultivée aussi bien dans les zones arides que les régions du sud de l'Algérie. En effet, cette culture est confrontée à des nombreuses contraintes abiotiques qui affectent aussi bien le rendement que la qualité des graines.

La salinité est l'une des plus importantes contraintes environnementales qui limite la croissance et le développement des cultures (Munns et *al.*, 1995). Cette contrainte dépendent à la fois, du stade de développement de l'espèce, du géotype et de la durée de l'exposition aux stress.

Le taux de germination constitue l'un des paramètres pertinents de sélection variétale dans plusieurs études en milieux salés (Mallek et Maalej, 1998).

Si les travaux sur la gestion des sols salés sont relativement nombreux, ceux liés à l'interaction des effets de la salinité et de PGPR sont rares. C'est pourquoi, la présente étude se présente comme une contribution à l'étude des actions combinées de la salinité et du *P. fluorescence* sur la germination et de la croissance du blé dur. Dans ce sens, nous avons abordé en premier, les effets de la salinité sur la germination et la taille totale de la plante. Par la suite, nous avons étudié les effets de l'interaction salinité- *P. fluorescence* sur ces deux paramètres.

Compte tenu des résultats obtenus dans cette expérience, le stress salin conduit à une diminution du pourcentage final de germination pour les cinq géotypes de blé dur; réduction d'autant plus importante que la concentration en sel est élevée.

En effet, le taux de germination n'est pas fortement inhibé par une teneur saline de 50 à 150 mEq.l⁻¹. Il est important de noter que des doses fortes dépassant les 150 meq.l⁻¹ conduisent à une diminution de la germination, la plupart des géotypes étudiées sont fortement affectées et leurs taux de

Chapitre II : Résultats et discussion

germination ne dépassent pas les 55 %. Cependant, Vitron montre une plus grande tolérance au sel qui a affiché un taux de germination de 83 %.

Ces résultats confirment ceux obtenus par Alaoui et *al.*, 2003. Le taux de germination, en conditions de stress salin, donne toujours une tendance plus ou moins précise du comportement des variétés étudiées (Ben Naceur et *al.*, 2001).

Feigin (1985) pense que le NaCl altère le métabolisme et les sites de réception des hormones impliquées dans la division et l'expansion cellulaire. En effet, l'excès de NaCl entraîne une carence hydrique chez la plante. Cette carence est le résultat d'une déshydratation du cytoplasme qui affecte le métabolisme des cellules et la fonction des macromolécules et réduit finalement la croissance des plantes (Taffouo et *al.*, 2009).

Prado et *al.* (2000), montre que la diminution du taux de germination des graines est due à un processus de dormance osmotique développé sous des conditions salines. Il pourrait s'agir également d'une difficulté d'hydratation des graines suite à un potentiel osmotique élevé entraînant une certaine inhibition des mécanismes aboutissant à la sortie de la radicule hors des téguments et par conséquent un retard de germination des graines (Gill, 2003). Parmi les causes de l'inhibition de la germination en présence de sel, la variation de l'équilibre hormonal a été évoquée par Debez et *al.* (2001). Elle pourrait être due à l'altération des enzymes qui se trouvent dans la graine (Botia, 1998). Ce dérèglement hormonal va de ce fait, modifier l'organogenèse et la morphogenèse de radicule. Les hormones de croissance telles que, l'acide abscissique (ABA), composé métabolisé sous l'action du Na⁺ joue un rôle important dans la germination et possède les mêmes propriétés que NaCl. Cet ABA agit en limitant l'absorption d'eau (Schopper et *al.*, 1979) et en inhibant la synthèse d'enzymes spécifiques à la germination (Black, 1983).

Inoculation des graines de blé dur par *P. fluorescence*, provoque une faible réduction de la germination pour les génotypes Boussellam, Simeto, Gta dur et Ofanto. Par contre, les grains de génotype Vitron inoculés ont montré une stimulation par rapport aux grains non inoculés.

La germination et la croissance de nombreuses espèces végétales sont améliorées dans des conditions normales ou de stress en apportant des agents de type PGPR « Plant Growth Promoting Rhizobacteria ». Ces espèces dont le genre *P. fluorescence* sont impliquées dans la stimulation de la

Chapitre II : Résultats et discussion

croissance des plantes par la production de phytohormones, responsable de la régulation de nombreux processus cellulaires: la division, l'élongation et la différenciation.

Récemment, Digat et *al.*, (1990) ont montré que certaines souches de *P. fluorescence* peuvent stimuler significativement la germination de graines de tomate même lorsque les conditions d'environnement ne semblent pas défavorables.

Les *Pseudomonas spp. fluorescents* saprophyte sont les habitants type des sols agricoles et la rhizosphère des plantes, et sont impliqués dans de nombreuses interactions avec les plantes (Schroth et *al.*, 1992). Ces bactéries sont responsable de la stimulation la croissance des plantes comme le riz (Sakthivel et Gnanamanickam, 1987), le blé (Weller et Cook 1983), la pomme de terre (Kloepper et *al.*, 1980b), la canne à sucre (Suslow et Schroth 1982), le radis (Kloepper et Schroth 1978), le coton (Howell et Stipanovic 1980) et le manioc (Hernandez et *al.*, 1986).

L'effet de *P. fluorescence*, n'induit aucun changement de l'atténuation de l'effet de la salinité sur le taux final de germination à l'exception pour le génotype GTA dur, on observe une légère atténuation par rapport aux graines non inoculés pour la gamme de salinité allant de 50 à 150 meq.l⁻¹.

La stimulation de la croissance végétale par l'augmentation de la disponibilité de l'azote, la synthèse de phytohormones (auxines et cytokinines), la solubilisation des minéraux, etc comme conséquence des bactéries associées aux plantes, est rapportée par Zaki et Radwan, (2011).

Les résultats jadis discutés concernent des essais réalisés *in vitro*. Il est important de les vérifier dans des conditions *in vivo*. Pour cela, nous avons étudié l'effet de *P. fluorescence* sur le pouvoir germinatif de la plante hôte dans des conditions salines. Il est connu que la réponse des plantes aux stress abiotiques génère des processus complexes impliquant de nombreux changements comportementaux.

Sur le plan morphologique, les longueurs des plantes sont les paramètres les plus importants dans l'étude de la réponse des plantes au stress salin puisque les racines sont en contact direct avec le sol et absorbent l'eau et les autres éléments; les tiges les distribuent au reste de la plante (Jamil et Rha, 2004).

Chapitre II : Résultats et discussion

À la lecture des résultats concernant l'effet des concentrations de NaCl sur la taille totale, il faut signaler, dès que la concentration du milieu salin augmente (300 mEq.l⁻¹), tous les génotypes ont été affectés avec cependant une chute plus prononcée chez les génotypes Ofanto, Boussellam et Vitron.

Chez le blé, par exemple, le stress salin perturbe de nombreux processus physiologiques dont la photosynthèse (Gobinathan et *al.*, 2009). Les effets délétères du NaCl sur la sénescence des feuilles sont liés à l'accumulation des ions toxiques (sodium et chlore) et à la diminution de l'absorption des ions Mg⁺² affectant ainsi le contenu en chlorophylle (Leidi et *al.*, 1991).

La réponse immédiate du stress salin est la réduction de la vitesse de l'expansion de la surface foliaire ce qui conduit à l'arrêt de l'expansion si la concentration du sel augmente (Wang et Nil, 2000). Les doses élevés de la salinité sont accompagnés par une réduction significative de la biomasse racinaire, la hauteur de la plante, le nombre de feuilles par plante, la longueur des racines et la surface racinaire chez la tomate (Mohammad et *al.*, 1998).

La croissance foliaire est généralement plus affectée par le sel que la croissance racinaire chez plusieurs espèces de plantes cultivées comme l'orge et le blé (Gouia et Ghorbal, 1986).

Munns et Termaat (1986), signalent que le stress salin a pour effet immédiat de limiter la croissance en inhibant la croissance foliaire par des messages hormonaux partant des racines en directions des feuilles. L'hormone impliquée est probablement l'acide abscissique (Kefu et *al.*, 1991). La salinité provoque le plus souvent un retard dans le développement, D'une manière générale; la croissance en longueur, le diamètre des tiges et la grosseur des fruits diminuent d'une façon importante avec l'augmentation de la salinité (Boukachabia, 1993).

Le pré-traitement des graines de blé dur avec la suspension bactérienne de *P. fluorescence* n'a fourni aucun effet protecteur sur la taille en présence de la salinité modérée (50 à 150 mEq.l⁻¹). A de fortes concentrations en NaCl (300 mEq.l⁻¹), on a observé que l'effet de la salinité est atténué par rapport aux grains non inoculés soumis à la même salinité. Cette amélioration de la taille n'atteint toutefois pas la valeur du témoin

Les PGPR sont largement impliquées dans l'amélioration de la croissance des plantes par la production de phytohormones tels que les auxines et l'acide gibbérellique. L'acide indole acétique permet la régulation de nombreux processus cellulaires: division, élongation et différenciation cellulaire (Hussein et *al.*, 2011).

Chapitre II : Résultats et discussion

L'effet de la *Streptomyces* peut également constituer un facteur d'amélioration la germination des graines, l'allongement des racines et des tiges de *T. durum*, l'effet stimulateur est notoire en présence de 200 mM de NaCl (Ameur, 2014).

Ce type des bactéries produisant l'AIA sont connues pour leurs capacités à augmenter la croissance et la longueur des racines. Cet effet résulte en une surface racinaire plus grande, et une accessibilité pour plus de nutriments pour la plante. Patten et Glick (2002), ont rapporté le rôle de l'AIA produit par *P. putida*, chez la plante hôte, dans le développement de son système racinaire.

Les présents résultats peuvent servir aux travaux ultérieurs destinés à élaborer des plans spécifiques de gestion des propriétés du sol salés et de la qualité de l'eau d'irrigation pour une meilleure production de blé et sa protection efficace contre les stress abiotiques.

Conclusion

Conclusion

La production des cultures est souvent soumise à des contraintes abiotiques provoquant des anomalies qui affectent le développement et la croissance des plantes et se répercutent sur leurs rendements. Dans les zones arides et semi arides, le phénomène de salinisation est très souvent lié à la qualité de l'eau d'irrigation. En effet, cette dernière entraîne l'accumulation de sels dans la solution du sol qui par la suite sont transférés aux organes aériens de la plante par les racines.

Dans cette étude, nous avons abordé l'effet combiné de la salinité et *P. fluorescence* sur la capacité germinative et sur la taille totale de cinq génotypes de blé dur (*Triticum durum*).

Les résultats rapportés dans cette étude montrent que le blé est une plante tolérante par une teneur saline de 50 à 150 mEq.l⁻¹, au stade de la germination.

En condition de forte salinité (300 mEq.l⁻¹), ces résultats nous ont permis de classer les variétés étudiées en deux groupes significativement différents, en comparant leur taux de germination.

Le premier groupe est formé de génotype Vitron qui est la variété la plus tolérante au sel.

Le deuxième groupe regroupe les variétés la plus sensible à savoir Boussellam, Simeto, Gta dur et Ofanto. La capacité germinative est fortement touchée et elle diminue avec l'augmentation de la concentration du NaCl ajouté.

Concernant la croissance totale, on remarque un effet négatif du sel sur leur croissance en fonction de la variété et du stress appliqué.

L'effet de *P. fluorescence*, n'induit aucun changement de l'atténuation de l'effet de la salinité sur le taux final de germination à l'exception pour le génotype Gta dur, on observe une légère atténuation par rapport aux graines non inoculés pour la gamme de salinité allant de 50 à 150 meq.l⁻¹.

Inoculation des graines de blé dur par *P. fluorescence*, n'a fourni aucun effet protecteur sur la taille en présence de la salinité modérée (50 à 150). A des fortes concentrations en NaCl (300 mEq.l⁻¹), on a observé que l'effet de la salinité est atténué par rapport aux grains non inoculés soumis à la même salinité. Cette amélioration de la taille n'atteint toutefois pas la valeur du témoin.

Il est alors possible que les comportements morphologiques, physiologiques et biochimiques de blé dur envers la salinité diffèrent d'une variété à l'autre. Il serait donc intéressant de répéter les tests en fonction des concentrations salines et de collecter sur plusieurs génotypes et de les comparer.

Conclusion

De la même façon, l'état physiologique et les conditions de culture des plantes jouent un rôle important dans le bon déroulement des phénomènes de résistance induite. Il s'agira donc de déterminer l'effet de la salinité sur l'expression de la bio-protecteurs des cultures.

Cependant, il est important de réaliser que, malgré l'utilité des tests *in vitro* pour déterminer le potentiel inhibiteur des bactéries de types PGPR, cela ne reflète en rien la réalité de la rhizosphère. Par conséquent, la prochaine étape dans le développement d'agents de biocontrôle à partir de ces souches doit absolument passer par des tests *in planta* et des tests au champ.

Références bibliographiques

Références Bibliographiques

- Abajy, M.Y., Kopec, J., Schiwon, K., Burzynski, M., Döring, M., Bohn, C., et Grohmann, E., (2007)- A type IV-secretion-like system is required for conjugative DNA transport of broad-host range plasmid pIP501 in Gram-positive bacteria. *Journal of Bacteriology*, 189: 2487-2496.
- Abdelly ,C., (2006)-Caractérisation des halophytes pour le dessalement des sols salins et le traitement des eaux salines. Rapport d'activités 2007. Centre de biotechnologie à la technopole de Borj-Cedria, Tunisie, pp. 28-31.
- Achouak,, W., Sutra, L., Heulin, T., Meyer, J.M., Fromin, N., Degraeve, S., Christen R, and L. Gardan., (2000)-*Pseudomonas brassicacearum* sp. nov. and *Pseudomonas thivervalensis* sp. nov., two root-associated bacteria isolated from *Brassica napus* and *Arabidopsis thaliana*. *Int. J. Syst. Evolution. Microbiol.* 50 : 9–18.
- Ait-Abdallah-Djennadi, F., Dekkiche, N., Ghalem-Djender, Z., Oumdjekane, K., (2010)- Cultures et couts de production des grandes cultures. Ed : ITGC, Alger. p 6
- Allakhverdiev. S.I., A.Sakamoto, Y., Nishiyama, M., Inaba, and N. Murata., (2000) -Ionic and osmotic effects of NaCl-induced activation of photosystems I and II in *Synechococcus* sp.,” *Plant Physiology*, vol.123, no.3, 1047–1056,.
- Allen, G.J., Muir, S.R., Sanders, D., (1995)- Release of Ca²⁺ from individual plant vacuoles by both Insp(3) and cyclic ADP-ribose. *Science* 268: 735-737.
- Allouis, S., G. Moore, A., Bellec, R., Sharp, P., Faivre-Rampant, K., Mortimer, S., Pateyron, T. N., Foote, S., Griffiths, M., Caboche, and B.Chalhoub.,(2003)-Construction and characterisation of a hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) BAC library from the reference germplasm 'Chinese Spring'. *Cereal research Communications* 31: 331-338.
- Ameur ,H.,(2014)-Effet d'osmoprotecteurs naturels sur la restauration de croissance de *Streptomyces* et de plantes d'intérêt agricole sur sol salé ou aride. These doctorat. Université Ferhat Abbas Sétif. P200.
- Amtmann, A., et Leigh, R., (2010)- Ion homeostasis. Chap. 12. Dans *Abiotic stress adaptation in plants: Physiological, molecular and genomic foundation*. Sous la direction de A. Pareek, S.K. Sopory, H.J., Bohnert et Govindjee. p. 245–262. antiporters in the salt stress response. *Plant J.* 30: p 529–539.
- Angkawidjaja, C., et Kanaya, S., (2006)- Family I.3 lipase: bacterial lipases secreted by the type I secretion system. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 63: 2804-2817.
- Anzai, Y., Kim, H., Park, J-Y., Wakabayashi, H, and H.Oyaizu.,(2000)- Phylogenetic affiliation of the pseudomonads based on 16S rRNA sequence. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 50: 1563–1589
- Apel, K., and H. Hirt., (2004)- Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annual Review of Plant Biology* Vol. 55: 373-399
- Apse, M.P and E. Blumwald., (2007)- Na⁺ transport in plants. *FEBS Lett.* 581(12) : 2247-2254. doi:10.1016/j.febslet.2007.04.014. MID:17459382.
- Araus, J. L., Villegas, D., Aparicio, N., Garcia del Moral, L. F., El Hani, S., Rharrabti ,Y., Ferrio, J. P. et Royo, C., (2003)- Environmental factors determining carbon isotope discrimination and yield in durum wheat under Mediterranean conditions. *Crop Sci.*, (43):170-180.

Référence Bibliographiques

- Backert, S., et Meyer, T.F., (2006)- Type IV secretion systems and their effectors in bacterial pathogenesis. *Current Opinion in Microbiology*, 9: 207-217.
- Backert, S., et Meyer, T.F., (2006)- Type IV secretion systems and their effectors in bacterial pathogenesis. *Current Opinion in Microbiology*, 9: 207-217.
- Baldy, C., (1992)- Indicateurs de la contrainte hydrique. *Sécheresse* 6 : 175- 177.
- Baldy,C.,(1986)-Comportement des blés dans les climats méditerranéens.*Ecologia Mediterranea*, (12): 73-88.
- Bano, N, and J. Musarrat., (2003)-Characterization of a new *Pseudomonas aeruginosa* strain NJ-15 as a potential biocontrol agent. *Cur. Microbiol.* 46: 324-328.
- Bedrani,S.,(2004)-L'alimentation de rue en Algérie : quelques réflexions sur la base d'une enquête visuelle rapide. Alger : Food and Agriculture Organisation (FAO), 2004
- Bekhouche, H., (1992)- Etude de la germination de quelques lignées de pois chiche soumis à la salinité, croissance, anatomie des racines. Thèse D.E.S. Biol. Université d'Oran. 68 P.
- Belaid,Dj., (1996)- Aspects de la céréaliculture Algérienne. Offices de publ Universitaires. 203p.
- Belimov, A.A., Safronova, V.I., Sergeyeva, T.A., Egorova, T.N.,Matveyeva, V.A., Tsyganov, V.E., Borisov, A.Y., Tikhonovich, I.A.,Kluge, C., Preisfeld, A., Dietz, K. J. and V.V .Stepanok., (2001)- Characterisation of plant growth-promoting rhizobacteria isolated from polluted soils and containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase. *Can. J. Microbiol.* 47: 642–652.
- Belkhodja , M., Biady., (2004)-La réponse des graines d'*Atriplex halimus* L. à la salinité au stade de la germination *Edit sèche*resse, Vol 15 n°4 331 -335.
- Ben Naceur, M., Rahmoune, C., Sdiri, H, Meddahi, M. L. et Selmi, M., (2001)- Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques variétés maghrébines de blé. *Sciences et changements planétaires/ sécheresse*. Vol. 12, n° 3, pp. 74-167.
- Bitter,W.,Marugg,JD.,de Weger,LA.,Tommassen,J.,Weibeek,PJ.,(1991)-The ferric-pseudobactin receptor PupA of *Pseudomonas putida* WCS358: homology to TonB-dependent *Escherichia coli* receptors and specificity of the protein. *Mol Microbiol* 5, 647-655
- Black, M., (1983)- Abscisic acid in seed germination and dormancy.In *Abscisic acid*. Ed. F. T. Addicott. Praeger, New York. P. 331-63
- Blum, A., (1996)- Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Regul.* (20):135–148.
- Bogard ,M., (2011)- Analyse génétique et écophysiological de l'écart à la relation teneur en protéines-rendement en grains chez le blé tendre (*Triticum aestivum* L.) Thèse de Doctorat, Université d'Auvergne: 17P.
- Bolot, S., Abrouk, M., Masood-Quraishi,U.,Stein,N., Messing,J., Feuilet,C, and J. Salse., (2009)-The 'inner circle' of the cereal genomes. *Curr. Opin. Plant. Biol.* 12:119-125.
- Botia ,P., Carvajal ,M., Cerda, A., Martinez ,V., (1998)-Response of eight *Cucumis melo* cultivars to salinity during germination and early vegetative growth", *Agronomie* 18, 503-513.
- Bouthiba, A .A., Debaeke, P., Hamoudi, SA., (2010)-Varietal differences in the response of durum wheat (*Triticum turgidum*L. var. *durum*) to irrigation strategies in a semi-arid region of Algeria. *Irrigation Science* 26 : 239-251

Référence Bibliographiques

- Boyeldieu, J., (1999)-Encyclopédie des techniques agricoles : production végétale-Blé Tendre- Ed : Paris.20-20.
- Budzikiewicz, H.,(1993)-Secondary metabolites from *fluorescent pseudomonads*. FEMS Microbiol. Rev. 104: 209–228.
- Budzikiewicz, H., (1997)- Siderophores of *fpseudomonads*. Z. Naturforsch 52 (C): 713 720.
- Burns, D.L. (2003). Type IV transporters of pathogenic bacteria. Current Opinion in Microbiology, 6: 29-34.
- Chartzoulakis ,K., Klapaki ,G., (2000)- Response of two green house pepper hybridsto NaCl salinity during different growth stages. Sci. Hortic. 86, 247–260.
- Chaves, MM., Maroco, JP., Pereira JS., (2003)- Understanding plant responses to drought– from genes to the whole plant, *Functional Plant Biology*. vol. 30 (pg. 239-264)
- Chenafi, H., Aidaoui, A., Bouzerzour, H., Saci, A., (2006)- Yield response of durum wheat (*Triticum Durum* Desf.) cultivar Waha to deficit irrigation under semi arid growth conditions. Asian Journal of Plant Sciences 5: 854-860.
- Christie, P.J., (2001)- Type IV secretion: intercellular transfer of macromolecules by systems ancestrally related to conjugation machines. Molecular Microbiology, 40: 294-305.
- Cianciotto, N.P. ,(2005)- Type II secretion: a protein secretion system for all seasons. TRENDS in Microbiology, 13: 581-588.
- Clement ,G., et Prats, J., (1970)- Les céréales. Collection d’enseignement agricole.2^{ème} Ed. 351 p.
- Clement-Grandcourt , M., et Prats , J., (1971).-Les céréales Collections d’enseignement agricole 2eme Ed, Ballier France. 351p.
- Conseil International des Céréales (CIC), (2018).-Rapport sur le marché des céréales. GMR N° :390 [en ligne] in : <http://www.igc.org.uk/fr/publications/default.aspx>**
- Cramer,GR.,Läuchli,A.,Polito,VS.,(1985)- Displacement of Ca²⁺ by Na⁺ from the plasmalemma of root cells. A primary response to salt stress.Plant Physiol.79, 207-211.
- De Salamone, G.I.E., Hynes, R.K, and L.N. Nelson., (2001)-Cytokinin production by plant growth promoting rhizobacteria and selected mutants. Can. J. Microbiol., 47: 103-113.
- Debez, A., Chaibi, W., Bouzid, S., (2001)-Effet du NaCl et de régulateurs de croissance sur la germination d’*Atriplex halimus* L. Cah Agric ; 10 : 135-8.
- Delepelaire, P., (2004)- Type I secretion in gram-negative bacteria. Biochimica et Biophysica Acta, 1694: 149-161.
- Delphine et al., (1998)- Salt tolerance and salinity effect on plants: review. Ecotoxicology and Environmental Safety.Vol. 60, 349 p.
- Digat, B., Gardan ,L., (1987)- Caractérisation, variabilité et sélection des souches bénéfiques de *Pseudomonas fluorescens* et *Pseudomonas putida*. Bull OEPP 17, 559-568
- Diga,B., Gaudillat,M., Labadie,JM., (1990)-Susceptibility of various tomato and lettuce genotypes to plantgrowth-promoting *Pseudomonas*. Symbiosis 9, 295- 303
- Durant, J.H., (1981)- Les sols irrigables, étude pédologique. Ed. Agence de Coop. Cul. Et Tech. Presse Universitaire de France, Paris, 339 p.
- Eliard, JL., (1974)- Manuel d’agriculture générale. Bases de la production végétale. Ed. J.B. Bailliére. 344p.

Référence Bibliographiques

- FAO 1997, 2005, 2010, 2013-Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. Division statistique. Web. <http://faostat.fao.org/default.aspx>.
- Feigin , A., (1985)- Fertilization management of crops irrigated with saline water. *Plant and Soil* 89: 285-299
- Feillet., (2000).-Le grain de blé. Composition et utilisation. Edition INRA. Pp.58-75
- Filloux, A.,(2004)- The underlying mechanisms of type II protein secretion. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1694: 163-179.
- Flowers T J., Flowers S A., (2005).Why does salinity pose such a difficult problem for plant breeders? *Agricultural Water Management*.Vol.78, N°. 1-2: 15- 24.
- Flowers,T.J., Troke,P.F, and A.R.Yeo., (1977)-The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 28:89-121,.
- Fritas Saïd., (2012)-Etude bioécologique du complexe des insectes liés aux cultures céréalières dans la région de Batna (Algérie).Thèse de Magister en Ecologie et biologie des populations. Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, 115pages.
- Gamble,T.N.,Betlach,M. R, and J.M .Tiedje., (1977)-Numerically dominant denitrifying bacteria from world soils. *Appl. Environ. Microbiol.* 33: 926-939.
- Garbeva, P., van Veen ,J.A., van Elsas, J.D., (2004)-Assessment of the diversity, and antagonism towards *Rhizoctonia solani* AG3, of *Pseudomonas* species in soil from different agricultural regimes. *Fems Microbiology Ecology* 47: 51-64
- Garcia de Salmone, I. E., Hynes, R. K, and L .Nelson., (2001)- Cytokinin production by plant growth promoting rhizobacteria and selected mutants. *Can. J. Microbiol.* 47: 404-411.
- Gardan ,L., Bollet, C., Abu Ghorrah ,M., Grimont ,F, and P.A.D. Grimont., (1992)- DNA relatedness among pathovar strains of *Pseudomonas syringae* pv. savastanoi Janse(1982) and proposal of *Pseudomonas savastanoi* sp.nov. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 42: 606–612.
- Gardan, L., Bella, P., Meyer, J.M., Christen, R., Rott, P., Achouak, W, and R. Samson.,(2002)- *Pseudomonas salomonii* sp. nov., pathogenic on garlic, and *Pseudomonas palleroniana* sp. nov., isolated from rice. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 52: 2065–2074.
- Ghiglione, J.F., Gourbiere, F., Potier, P., Philippot, L, and R.Lensi., (2000)- Role of respiratory nitrate reductase in ability of *Pseudomonas fluorescens* YT101 to colonize the rhizosphere of maize. *Appl. Environ. Microbiol.* 66: 4012–4016.
- Gill ,P.K., Sharma, A.D., Singh, P., Bhullar, S.S., (2003)-Changes in germination, growth and soluble sugar contents of *Sorghum bicolor* L. Moench seeds under various abiotic stresses, *Plant Growth Regulation* 40 (2),157-162.
- Glick,B.R.,Jacobson,C.B.,Schwarze,M.M.K,andJ.J.Pasternak., (2002)-1-Aminocyclopropane-1 carboxylic acid deaminase mutants of the plant growth promoting rhizobacterium *Pseudomonas putida* GR12-2 do not stimulate canola root elongation. *Can. J. Microbiol.* 40: 911-915.
- Gobinathan, P., Sankar, B., Murali, P.V., Panneerselvam ,R.N.,(2009)-Effect of calcium chloride on salinity-induced oxidative stress in *Pennisetum typhoides*. *Bot. Res. Int.*, 2 (3): 143-148.
- Gouia, H., Ghorbal ,M. H.,et Touraine, B., (1986)- Effects of NaCl on flows of N and mineral ions on NO₃⁻ reduction rate within whole plants of salt-sensitive bean and salt-sensitive cotton. *Plant Physiol*, 105: 1409-1418.

Référence Bibliographiques

- Grichko, V.P, and B.R.Glick., (2001)-Amelioration of flooding stress by ACC deaminase-containing plant growth-promoting bacteria. *Plant Physiol. Biochem.* 39: 11-17.
- Guyot, G., Malet, P., (1977)- Etude de l'évolution de la réflectance d'un blé d'hiver dans les 4 bandes MSS de Landsat, In E. A. Godby and I. Otterman « The contribution of space observation to global food information systems ». Vol. 2, Pergamon Press., 51-55.
- Hamdy , A., (1999).-Saline irrigation and management for a sustainable use. In: Advanced Short Course on Saline Irrigation Proceeding, Agadir: 152- 227.
- Hasegawa, P.M et *al.*, (2000)-Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 51, 463-499.
- Heinaru, E., Truu, J., Stottmeister, U, and A. Heinaru., (2000)- Three types of phenol and p-cresol catabolism in phenol- and p-cresol-degrading bacteria isolated from river water continuously polluted with phenolic compounds. *FEMS Microbio. Ecol.* 31(3): 195-205.
- Henderson, I.R., Navarro-Garcia, F., Desvaux, M., Fernandez, R.C., et Ala'Aldeen, D., (2004)-Type V protein secretion pathway: the autotransporter story. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 68: 692-744.
- Hernandez-Lucas, C., Royo, J., Paz-Ares, J., Ponz, F., Garcia-Olmedo, F, and P.Carbonero., (1986)- Polyadenylation site heterogeneity in mRNA encoding the precursor of the barley toxin a hordothionin. *FEBS Lett.* 200: 103-105.
- Horie ,T., et Schroeder, JL., (2004)- Sodium transporters in plants. Diverse genes and physiological functions.*PlantPhysiology* 2457-2462.
- Howell, C.R, and R.D.Stipanovic., (1980)- Suppression of *Pythium ultimum*-induced damping-off of cotton seedling by *P. fluorescens* and its antibiotic, Pyoluteorin. *Phytopathol.* 70: 712 715.
- Huffy,A., (2005)- Introduction à la climatologie. Le rayonnement et la température, L'atmosphère, L'eau, Le climat et l'activité humaine. Editions De Boeck Université, Canada. 541 pages.
- Hussein, K., Hussein ,M ., Nawaz ,K., Majeed, A.,et Bhatti ,K. H., (2011).-Morphological response of chaksu (*Cassia absus* L.) to different concentrations of indole acetic acid (IAA). 43 (3): 1491-1493.
- Jamil, M., et Rha ,E. S., (2004)- The effect of salinity (NaCl) on the germination and seedling of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) and Cabbage (*Brassica oleracea capitata* L.), *Korean J. Plant Res.* 07: 226 232.
- Jonard, P., (1964)-Etude comparative de la croissance de deux variétés de blé tendre. *Ann. Amélior. Plant.*, 14 (2).
- Kadra, N.,(1979)- Rôle des mauvaises dans la production céréalière et les effets des différentes méthodes.in : 5eme conférence régionale des céréales d'hiver, IDGC, Céréaliculture, 22-34
- Katembe ,WJ., Ungar ,IA., Mitchell, JP.,(1998)- Effect of salinity on germination and seedling growth of two *Atriplex* species. *Annals of Botany.* ;82:167–175.
- Katerdji ,N., Mastrotrilli, M., (1989)-The effect of soil texture on the water use efficiency of irrigated crops: Results of a multi-year experiment carried out in the Mediterranean region. *Europ. J. Agronomy* (30): 95–100.
- Kefu ,Z., Munns ,R., King, R.W., (1991)-abscisic acid leirels in nacltreated barley, cotton, and saltbush. *Aust. J. Plant physiol* , 18: 17-24.

Référence Bibliographiques

- Kloepper, J.W., et Schroth, M.N., (1978)-Plant growth promoting rhizobacteria on radishes. Dans "Proceedings of the fifth international conference on plant pathogenic bacteria", vol. 2. INRA, Angers, France, p 879-882.
- Kloepper, J.W., Leong, J., Teintze, M., and M.N. Schroth., (1980)-Pseudomonas siderophores: a mechanism explaining disease suppressive soils. *Curr. Microbiol.* 4: 317–320.
- Lasram, M., (1995)-Salinity problems in the Mediterranean's area, Ed academie de Paris N°2, séances peialisée du 22 mar 1995.
- Leidi, E. O., Nogales, R., et Lips, S. H., (1991)- Effect of salinity on cotton plants grown under nitrate or ammonium nutrition at different calcium levels. *Fields Crops Research.* 26: 35-44.
- Lemanceau, P., Expert, D., Gaymard, F., Bakker, P.A.H.M., et Briat, J.F., (2009)- Role of iron in plant-microbe interactions. *Advances in Botanical Research,* 51: 491-549.
- Levigneron, A., Lopez, F., Vansuyt, G., (1995)- Les plantes face au stress salin. *Cahiers Agricultures,* 4 : 263–273
- Lewis, T.A., Cortese, M., Sebat, J., Green, T., Lee, C.H, and R.L.Crawford., (2000)-A Pseudomonas stutzeri gene cluster encoding the biosynthesis of the CCl₄-dechlorination agent pyridine-2,6 bis(thiocarboxylic acid). *Environ. Microbiol.* 2: 407–416.
- Longstreth, D.J., et Nobel, P.S., (1979)- salinity effects on leaf anatomy. *Plant Physical* .,63(4) :700-703
- Lugtenberg, B.J., Chin, A. W.T.F, and G.V.Bloemberg., (2002)- Microbe-plant interactions: principles and mechanisms. *Antonie Van Leeuwenhoek,* 81:373-383.
- MADR 2007, 2009, 2017,2016 ; Ministère de l'agriculture et développement rurale. Direction des Statistique.
- Majumder, A.L., Sengupta, S., et Goswami, L., (2010)-Osmolyte regulation in abiotic stress.Chap. 16. Dans *Abiotic stress adaptation in plants: Physiological, molecular and genomic foundation.* Sous la direction de A. Pareek, S.K. Sopory, H.J. Bohnert et Govindjee. p. 349–370.
- Malek-Maalej, E., Boulasnem, F, and M.Bensalem., (1998)-Effet de la salinité sur la germination de graines de céréales cultivées en Tunisie. *Cahier Agriculture (7) :* 153-156
- Mefti, A., Abdelguerfi, A., Chebouti, A., (2000)-Etude de la tolérance à la sécheresse chez quelques populations de *Medicago truncatula* (L.). *Field Crops Research*66: 165-174
- Mekhlouf, A., Bouzerzour, H., Dehbi, F., Hannachi, A., (2001)-Rythme de développement et variabilité de réponses du blé dur (*Triticum durum* Desf.) aux basses températures. Tentatives de sélection pour la tolérance au gel. In *Proceeding Séminaire sur la valorisation des milieux semi-arides.* OEB.
- Mohammad, M., Shibli, R., Ajouni, M., Nimri, L., (1998)-Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. *J. Plant Nutr.*21, 1667–1680
- Mulya, K., Takikawa, Y., et Tsuyumu, S., (1996)- The presence of regions homologous to hrp cluster in *Pseudomonas fluorescens* PfG32R. *Phytopathological Society of Japan,* 62: 355-359.
- Munns, R., et Termaat, A., (1986)-Whole plant response to salinity. *Australian Journal of Plant Physiology,* 13: 143-160.
- Munns, R., Passioura, J.B., Guo, J., Chazen, O., Cramer, G.R., (2000)- Water relation and leaf expansion: importance of time scale, *J. Exp. Bot.* 51 (350) (2000) 1495–1504.
- Munns, R., (2002)- Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ.*,25: 239-250.

Référence Bibliographiques

- Munns, R., Schachtman, D.P., Condon, A.G., (1995)-The significance of a two-phase growth response to salinity in wheat and barley, *Aust. J. Plant Physiol.* 22 (1995) 561–569.
- Munsch, P., Alatosava, T., Marttinen, N., Meyer, J.M., Christen, R., and L.Gardan., (2002)-*Pseudomonas costantinii* sp. nov., another causal agent of brown blotch disease, isolated from cultivated mushroom sporophores in Finland. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 52: 1973–1983.
- Natsch, A., Keel, C., Pfirter, H.A., Haas, D., and G. Défago., (1994)- Contribution of the global regulator gene *gacA* to persistence and dissemination of *Pseudomonas fluorescens* biocontrol strain CHAO introduced into soil microcosms. *Appl. Environ. Microbiol.* 60, 2553-2560.
- Nielsen, T.H., Christophersen, C., Anthoni, U., and J.Sorensen., (1999)-Viscosinamide, a new cyclic depsipeptide with surfactant and antifungal properties produced by *Pseudomonas fluorescens* DR54. *J. Appl. Microbiol.* 87: 80-90.
- Nishimori, E., Kita-Tsukamoto, K., and H.Wakabayashi., (2000)- *Pseudomonas plecoglossicida* sp. nov., the causative agent of bacterial haemorrhagic ascites of ayu, *Plecoglossus altivelis*. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 50: 83–89.
- O’Sullivan, D.J., Ogara, F., (1992)-Traits of *fluorescent Pseudomonas* spp involved in suppression of plant-root pathogens. *Microbiological Reviews* 56: 662-676
- Oltner, D., (1990)- Les grandes productions végétales .Phytotechnie spéciale. 17 Emme édition .coll : sciences et techniques agricoles pp 41-67.
- Omrani, A., (1993)- Evolution spatiale de la salinité et du CaCO₃ total et actif de l’horizon de surface dans les sols salés de H¹MADNA (Relizane) .Thèse Ing ISA de Tiaret.
- Orcutt, D.M., Nilsen, E.T., (2000)-The physiology of plants under stress—soil and biotic factors. 684 pp. New York: John Wiley & Sons. Inc., Hoboken.
- Oukachabia, E., (1993)-Contribution à l’étude de quelques mécanismes morphologiques et biochimiques de tolérance à la salinité chez cinq génotypes de blé dur (*Triticum durum* Dest). Mémoire de Magister .université d’Annaba, 108 p.
- Pallen, M.J., Chaudhuri, R.R., et Henderson, I.R., (2003)-Genomic analysis of secretion systems. *Current Opinion in Microbiology*, 6: 519-527.
- Palleroni, N.J., et Moore, E.R.B., (2004)-Taxonomy of pseudomonads: experimental approaches. Dans "Pseudomonas", vol. 1. Ramos, J. L. (Eds). Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, Etats-Unis, p. 3-44.
- Palleroni, N.J., (1992)- Present situation of the taxonomy of the aerobic Pseudomonads. In: Galli, E., Silver, S., Wiltholt, B. (Eds.), *Pseudomonas: Molecular Biology and Biotechnology*. American Society for Microbiology, Washington, DC, pp. 105–1105
- Parent, C., (2008)- Formes réactives de l’oxygène, stress et mort cellulaire chez les plantes. *C. R. Biologies* pp 255-261. polytechnique fédérale de Lausanne, 23 p.
- Parida, A.K., Das, A.B., Mittra, B., (2003)-Effect of NaCl stress on the structure, pigment complex composition and photosynthetic activity of mangrove *Bruguiera parviflora* chloroplasts. *Photosynth.* 41: 191-200.
- Peix, A., Ramírez-Bahena, M.H., and E.Velázquez., (2009)-Historical evolution and current status of the taxonomy of genus *Pseudomonas*. *Infect. Genet. Evolution*, 9: 1132–1147.

Référence Bibliographiques

- Peix, A., Rivas, R., Mateos, P.F., Martinez-Molina, E., Rodriguez-Barrueco, C., and E. Velazquez., (2003)- *Pseudomonas rhizosphaerae* sp. nov., a novel species that actively solubilizes phosphate in vitro. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 53: 2067–2072.
- Peix, A., Rivas, R., Santa-Regina, I., Mateos, P.F., Martinez-Molina, E., Rodriguez-Barrueco, C., and E. Velazquez., (2004)- *Pseudomonas lutea* sp. nov., a novel phosphate solubilizing bacterium isolated from rhizosphere of grasses. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 54: 847–850.
- Prado, F.E., Boero, C., Gallardo, M., Gonzalez, J.A., (2000)- Effect of NaCl on germination, growth and soluble sugar content in *Chenopodium quinoa* Willd. Seeds”, *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 41, pp. 27-34.
- Redondo-Gómez, S., Mateos-Naranjo, E., Davy, A.J., Fernández-Muñoz, F., Castellanos, E., Luque, T., Figueroa, M.E., (2008)- Growth and photosynthetic responses to salinity of the salt-marsh shrub *Atriplex portulacoides*. *Annals of Botany* ;100:555–563.
- Rezzonico, F., Zala, M., Keel, C., Duffy, B., Moëgne-Loccoz, Y., and G. Défago., (2007)- Is the ability of biocontrol fluorescent pseudomonads to produce the antifungal metabolite 2,4-diacetylphloroglucinol really synonymous with higher plant protection? *New Phytologist*, 173:861-872.
- Rhodes, D., (1987)- Metabolic responses to stress. In: *The biochemistry of plants*, 12, *Physiology of metabolism*, Davis D.D, ed., Acad. Press., pp:201-241.
- Rhodes, D., Nadloska-Orczyk, A., et Rich, P.J., (2002)- Salinity, osmolytes and compatible solutes. Dans *Salinity: environment- plants-molecules*. Sous la direction de A. Lauchli et U. Luttge. Kluwer, Boston. pp. 181–204.
- Richardson, A.E., (2001)- Prospects for using soil microorganisms to improve the acquisition of phosphorus by plants *Aus. J. Plant Physiol.* 28(9): 897–906.
- Roudani, M., (1996)- *Physiologie comparée de deux espèces de blé (Triticum durum, variété BenBachir et T. aestivum, variété Tanit) en relation avec les conditions de nutrition : métabolisme racinaire en milieu salé*, thèse, université Tunis-2, p. 180.
- Sakthivel, N., and S.S. Gnanamanickal., (1987)- Evaluation of *Pseudomonas fluorescens* for Suppression of Sheath Rot Disease and for Enhancement of Grain Yields in Rice (*Oryza sativa* L.). *Appl. Environ. Microbiol.* 53(9):2056-2059
- Schachtman, D.P.A., Fairhead, and O. Babourina., (1995)- A pathway for sodium into plant cell. *Plant Physiology* 108: 38-39.
- Scheepens, P., Hoever, R., (2007)- *La protection non chimique des cultures*. Edition : Agromisa Foundation, Wageningen, Netherlands, P 63.
- Schopfer, P., Bajracharya, D., and C. Plachy., (1979)- Control of seed germination by abscisic acid. Time course of action in *Synapis alba* L. *Plant physiol.* 64: 822-827.
- Schroth, M.N., Hildebrand, D.C., and N. Panopoulos., (1992)- Phytopathogenic pseudomonads and related plant-associated pseudomonads. In: *The Prokaryotes* (MP Balows, ed), Springer-Verlag, New York, 3104-3131.
- Schulze, E.D., Beck, E., and K. Müller-Hohenstein., (2005)- *Plant ecology*. Springer. Berlin, p 117-143.
- Slama, F., (2004)- *La salinité et la production végétale*. Centre de publication universitaire, Tunis, P 163.
- Soltner, P., (2005)- *Les bases de la production végétales: La plante et son amélioration*. 4ème Ed. Collection et Techniques Agricoles. p 248.

Référence Bibliographiques

- Soltner., (1985)-Les grandes productions végétales. Les collections sciences et techniques agricoles, Ed. 16^{ème} éditions P 464.
- Stewart, M., (1988)-Computer image processing of electron micrographs of biological structures with helical symmetry. J. Electron. Microsc. Tech. 9(4):325-358.
- St-Geme, III, J.W., et Cutter, D., (2000)- The *Haemophilus influenzae* Hia adhesin is an autotransporter protein that remains uncleaved at the C terminus and fully cell associated. Journal of Bacteriology, 182: 6005-6013.
- Suslow ,T.V., Schroth, M.N .,(1982)- Role of deleterious rhizobacteria as minor pathogens in reducing cropgrowth. Phytopathology 72, 111-115
- Taffouo, V. D., Kenne, M., Tasse, R., Wamba, O. F., Fonkou, T., Mvondo, Z., et Amougou, A., (2009)- Variation de la réponse au stress salin chez cinq espèces de légumineuses. Agronomie africaine. Vol. 16, no1, pp. 33-44.
- Turk ,L.,(1978)-Sècheresse du sol. Index physique des réserves d'eau et signification agronomique des déficits d'humidité dans le sol. Bulletin du BRGM:197-202.
- Vansuyt, G., Souche, G., Straczek, A., Briat, J.F, and Jaillard, B., (2007)-Flux of protons released by wild type and ferritin over-expressor tobacco plants: effect of phosphorus and iron nutrition. Plant Phys. Biochem. 41: 27-33.
- Vela, A.I., Gutierrez, M.C., Falsen, E., Rollan, E., Simarro, I., Garcia, P., Dominguez, L., Ventosa, A, and J.F.Fernandez-Garayzabal., (2006)-*Pseudomonas simiae* sp. nov., isolated from clinical specimens from monkeys (*Callithrix geoffroyi*). Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 56: 2671–2676.
- Vela, A.I., Gutierrez, M.C., Falsen, E., Rollan, E., Simarro, I., Garcia, P., Dominguez, L., Ventosa, A. and J.F.Fernandez-Garayzabal., (2006)-*Pseudomonas simiae* sp. nov., isolated from clinical specimens from monkeys (*Callithrix geoffroyi*). Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 56: 2671–2676.
- Wang ,Y., Nil N., (2000)-Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase–oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress. J. Hortic. Sci. Biotechnol. 75: 623–627.
- Warscheid,T.,Braams,J.,(2000)-Biodeterioration of stone: a review.International Biodeterioration & Biodegradation 46: 343-368
- Weller, D.M, and R. J. Cook., (1983)-Suppression of take-all of wheat by seed treatments with *fluorescent pseudomonads*. Phytopathol. 73: 463-469
- Weller, D.M., (1988)-Biological control of soilborne plant pathogens in the rhizosphere with Bacteria, Annu.Rev. Phytopathol. 26: 379–407.
- Weller, D.M., Landa, B.B., Mavrodi, O.V., Schroeder, K.L., de la Fuente, L., Blouin-Bankhead, S.B., Allende-Molar, R., Bonsall, R.F., Mavrodi, D.V., et Thomashow, L.S., (2007)- Role of 2,4 diacetylphloroglucinol-producing fluorescent *Pseudomonas* spp. in the defense of plant roots. Plant Biology, 9: 4-20.
- Winicov, I., (1998)-New molecular approaches to improving salt tolerance in crop plants. Ann. Bot. (Lond.), 82(6) : 703–710.
- Winkelmann, G., (2007)- Ecology of siderophores with special reference to the fungi. Biometals 20: 379-392

Référence Bibliographiques

- Yancey, P.H., Clark, M.E., Hand, S.C., Bowlus, R.D., and G.N.Somero. , (1982)-Living with water stress: evolution of osmolyte systems .Science,217(4566): 1214–1222.
- Yen, M.R., Peabody, C.R., Partovi, S.M., Zhai,Y.,Tseng,Y.H.,et Saier, M.H., (2002)-Protein-translocating outer membrane porins of Gram-negative bacteria. Biochimica et Biophysica Acta, 1562: 6-31.
- Zadoks, J., Chang, T., Konzak, C., (1974)- *A decimal code for the growth stages of cereals. Weed research, 14(6):415–421.***
- Zaki, R. N., et Radwan ,T. E. E., (2011)-Improving wheat grain yield and its quality under salinity conditions at a newly reclaimed soil by using different organic sources as soil or foliar applications. J. Appl. Sci. Res. 07(1): 42-55
- Zid, E., et Grignon, C., (1991)- Les tests de sélection précoce pour la résistance des plantes au stress. Cas des stress salin et hydrique. Dans : L'Amélioration des Plantes pour l'Adaptation aux Milieux Arides. Ed. Aupelf-uref, John Libbey Eurotext, Paris, pp. 91-108.

ANNEXE

Annexe

Annexe 1:

Milieu de citrimide	
Peptone	20g
Sulfate de potassium	10g
chlorure de magnésium	3g
Hydrogénophospat de potassium	0,3 g
Citrimide	0,2 g
Acide nalidixique	0,015 g
Agar agar	13 g
Eau distillée q.s.p	1000 ml
Milieu de King B (Flucka)	
Peptone de caséine	10g
Peptone de viande	10g
MgSO ₄ .7H ₂ O	1,5 g
K ₂ HPO ₄	1,5 g
Agar agar	12 g
Eau distillée q.s.p	1000 ml

Annexe 2 :

DENOMBREMENT EN SURFACE EN MILIEU SOLIDE				
	Calcul facteur de dilution : $f.d = V_f/V_i = 10\text{mL}/1\text{mL} = \text{dilution au } 1/10^{\text{eme}} = \text{facteur de dilution de } 10$			
DILUTION	10^0	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}
Réalisation des dilutions	<p>Suspension de départ Non diluée</p>	<p>Tube de 9 mL d'eau physiologique</p>	<p>Tube de 9 mL d'eau physiologique</p>	<p>Tube de 9 mL d'eau physiologique</p>
Ensemencement des géloses Sabouraud en surface (0,1 ml = 100 µl)				
	Incubation 24 à 48 h à température adéquate			
Nombre de colonies comptées (= microorganisme viables) pour 0,1 ml d'inoculum				
On veut : le nombre de cellule/mL de suspension à 10^0	$N \text{ boîte (nombre de microorganismes/mL dans suspension à } 10^0) = n \text{ colonies comptées} \times 1/d \times 1\text{mL}/0,1\text{mL}$ $1/d$ pour tenir compte de la dilution en série et $1\text{mL}/0,1\text{mL}$ ($1/10$) pour tenir compte de la dilution ensemencement en surface			

UNE SEULE Pipette ou paille et UN SEUL râteau en allant de la dilution 10^{-3} à 10^{-1}

Annexe 3 : Effet de la salinité sur le pouvoir germinatif de cinq génotypes de blé (après 24H)

ANALYSE DE VARIANCE

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	79723,99	99	805,293				
VAR.FACTEUR 1	67158,39	4	16789,6	698,015	0		
VAR.FACTEUR 2	5201,195	4	1300,299	54,059	0		
VAR.INTER F1*2	5560,406	16	347,525	14,448	0		
VAR.RESIDUELLE 1	1804	75	24,053			4,904	22,09%

Annexe 4 : Effet de la salinité sur le pouvoir germinatif de cinq génotypes de blé (après 120 H)

ANALYSE DE VARIANCE

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	66253,23	99	669,225				
VAR.FACTEUR 1	63296,63	4	15824,16	1245,343	0		
VAR.FACTEUR 2	1111,023	4	277,756	21,859	0		
VAR.INTER F1*2	892,578	16	55,786	4,39	0,00001		
VAR.RESIDUELLE 1	953	75	12,707			3,565	21,92%

Annexe 5 : Effet de la combinaison salinité-Pseudomonas sur pouvoir germinatif des graines de cinq génotypes de blé dur (après 24 H)

ANALYSE DE VARIANCE

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	51111,16	99	516,274				
VAR.FACTEUR 1	39701,36	4	9925,341	157,146	0		
VAR.FACTEUR 2	4359,766	4	1089,941	17,257	0		
VAR.INTER F1*2	2313,035	16	144,565	2,289	0,00874		
VAR.RESIDUELLE 1	4737	75	63,16			7,947	37,45%

Annexe

Annexe 6 : Effet de la combinaison salinité-Pseudomonas sur pouvoir germinatif des graines de cinq génotypes de blé dur (après 120 H)

ANALYSE DE VARIANCE

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	71335,37	99	720,559				
VAR.FACTEUR 1	60764,57	4	15191,14	354,271	0		
VAR.FACTEUR 2	5084,563	4	1271,141	29,644	0		
VAR.INTER F1*2	2270,238	16	141,89	3,309	0,00024		
VAR.RESIDUELLE 1	3216	75	42,88			6,548	29,66%

Annexe 7 : Influence de la salinité en association avec Pseudomonas sur le taux final de germination: comparaison entre cinq génotype de blé dur.

ANALYSE DE VARIANCE

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	33837,44	99	341,792				
VAR.FACTEUR 1	21083,04	4	5270,76	378,647	0		
VAR.FACTEUR 2	3423,438	4	855,859	61,484	0		
VAR.INTER F1*2	8286,961	16	517,935	37,208	0		
VAR.RESIDUELLE 1	1044	75	13,92			3,731	37,92%

Annexe 8 : test de germination



Annexe 9 : L'isolat *P. fluorescens* est cultivé sur le milieu cetrimide :



Annexe10 : Effet *in vitro* de la salinité sur le pouvoir germinatif de cinq géotypes de blé dur

1. La variété Vitro :



Témoin (T0)

C 50

C 100

C150

C300

2. La variété Boussellam :



Témoin (T0)

C 50

C 100

C150

C300

3. La variété Ofonto:



Témoin (T0)

C 50

C 100

C150

C300

Annexe

4. La variété Simito:



Témoin (T0)

C 50

C 100

C150

C300

5. La variété Gta dur :



Témoin (T0)

C 50

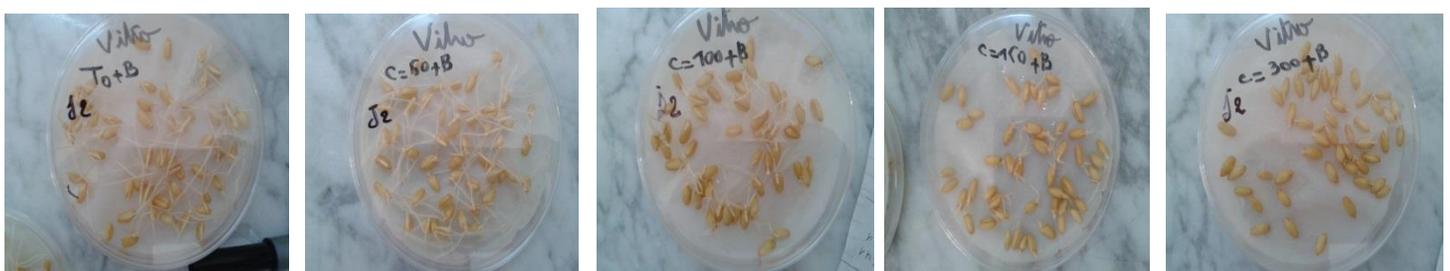
C 100

C150

C300

Annexe10 : Effet *in vitro* de la combinaison salinité-*Pseudomonas* sur le pouvoir germinatif de cinq géotypes de blé dur:

1 .La variété Vitro :



Témoin (T0)

C 50

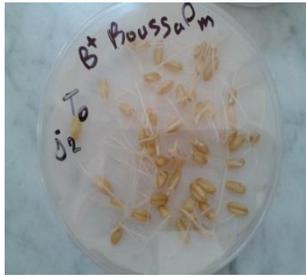
C 100

C150

C300

Annexe

2. La variété Bousselem :



Témoins (T0)



C 50



C 100



C150



C300

3. La variété Ofonto:



Témoins (T0)



C 50



C 100



C150



C300

4. La variété Simito:



Témoins (T0)



C 50



C 100



C150



C300

5. La variété Gta dur :



Témoins (T0)



C 50



C 100



C150



C300

Résumé

Le présent travail se propose d'étudier l'effet combiné de la salinité et *Pseudomonas fluorescence* au stade de germination sur cinq géotypes de blé dur cultivées en Algérie. Les graines sont mises à germer dans des boîtes de Pétri contenant des concentrations croissantes en sel (NaCl) allant de 0 mEq.l⁻¹ à 300 mEq.l⁻¹. L'étude a montré que le sel a un effet dépressif sur le taux de germination et de la croissance de la plantule. Cependant, cet effet varie en fonction de l'intensité du stress et du géotype en question. Les cinq géotypes se sont montrés ses tolérantes au stress salin en condition de stress comprise entre 50 et 150 mEq.l⁻¹. A 300 mEq.l⁻¹, ces résultats ne nous ont permis que le géotype Vitron qui est la variété la plus tolérante au sel (83% de germination), alors que Boussellam, Simeto, Gta dur et Ofanto se sont montrés sensibles avec un taux de germination de 35 à 53%. L'effet de *P. fluorescence*, n'induit aucun changement de l'atténuation de l'effet de la salinité sur le taux final de germination à l'exception pour GTA dur, une légère atténuation à des doses de 50 à 150 meq.l⁻¹. En même temps, cet agent microbien n'a fourni aucun effet protecteur sur la taille en présence de la salinité modérée (50 à 150). A des fortes concentrations (300 mEq.l⁻¹), l'effet de la salinité est atténué par rapport aux grains non inoculés soumis à la même salinité.

Mots clés: Blé dur, germination, NaCl, *P. fluorescence*, stress salin, *Triticum durum* L.

Abstract

The present work intends to investigate the combined effect of salinity and *Pseudomonas fluorescence* at germination stage of five durum wheat genotypes grown in Algeria. The seeds are germinated in Petri dishes containing increasing concentrations of salt (NaCl) from 0 mEq.l⁻¹ to 300 mEq.l⁻¹. The study showed that salt has a depressive effect on the germination rate and growth of seedling. However, this effect varies according to the intensity of the stress and the genotype in question. The five genotypes were tolerant under salt stress conditions varied between 50 and 150 mEq.l⁻¹. At 300 mEq.l⁻¹, these results allowed us only the Vitron genotype was identified as the most salt tolerant at the germination stages (83% of germination), whereas Boussellam, Simeto, Gta dur and Ofanto were sensitive with a germination rate between 35 and 53%. The effect of *P. fluorescence* induces no change in the attenuation of the effect of salinity on the final germination rate except for Gta dur, a slight attenuation at doses between 50 to 150 meq.l⁻¹. At the same time, this microbial agent provided no protective effect on size in the presence of moderate salinity (50-150 mEq.l⁻¹). At high concentrations (300 mEq.l⁻¹), the effect of salinity is attenuated compared to non-inoculated grains subjected to the same salinity.

Keywords: Durum wheat, germination, NaCl, *P. fluorescenc,e* salt stress, *Triticum durum* L.

ملخص

يقدم هذا العمل دراسة التأثير المشترك للملوحة و سلالة من البكتيريا (*fluorescence Pseudomonas*) في مرحلة الإنتاش على خمسة سلالات من القمح الصلب التي تزرع في الجزائر. تم إنتاش البذور في أطباق بتري تحتوي على تراكيز من ملح (NaCl) تتراوح من 0 إلى 300mEq.l⁻¹. أظهرت الدراسة أن الملح له تأثير الاكتئاب على معدل إنتاش البذور ونمو طول النباتات. نتيجة دراستنا أثبتت أن هذا التأثير يختلف حسب تركيز الملح ونوع السلالة. تبين أن السلالات الخمسة من القمح الصلب مقاومة للإجهاد الملحي الذي يتراوح بين 50 و 150¹ mEq.l⁻¹. عند العتبة 300mEq.l⁻¹, مكنت هذه النتائج لنا أن السلالة (Vitron) تظهر مقاومة أكبر للملح (83% من قدرة الإنتاش)، في حين، (Boussellam, Simeto, Gta dur و Ofanto) هي الأكثر حساسية عند ارتفاع التركيز الملحي مع معدل إنتاش من 35 إلى 53%. إضافة *fluorescence Pseudomonas*) إلى بذور سلالات القمح لا يسبب أي تغيير في التخفيف من تأثير الملوحة على نسبة الإنتاش النهائي باستثناء السلالة (GTA dur)، اين شوهد انخفاض طفيف في تأثير الملوحة عند الجرعات من 50-150 mEq.l⁻¹. في الوقت نفسه، لم تقدم هذه السلالة من البكتيريا أي تأثير وقائي على طول النبات في وجود ملوحة معتدلة (50-150). عند التركيزات العالية (300mEq.l⁻¹)، تبين أن هذه السلالة قامت بتخفيف تأثير الملوحة مقارنة بالحبوب غير المعالجة و المعرضة لنفس التركيز الملحي.

كلمات البحث: القمح الصلب- الإنتاش-NaCl- الإجهاد الملحي- *P. fluorescence*- *Triticum durum* L

