



Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques et Sciences Médicales

## Avis de Soutenance

# THESE DE DOCTORAT

Présentée par

**Monsieur MOHAMED FERIOUN**

Discipline : Biologie

Spécialité : Microbiologie et Biotechnologie végétale

Sujet de la thèse

### **Approches Agro-écologiques pour l'Amélioration de la Tolérance de l'Orge (*Hordeum vulgare* L.) au Stress Hydrique : Criblage de Cultivars et Bioinoculation**

Formation Doctorale " Sciences et Génie de la matière, de la Terre et de la Vie "

Thèse présentée et soutenue **le samedi 19 octobre 2024 à 10h** à la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, devant le jury composé de :

NOM ET PRÉNOM	TITRE	ETABLISSEMENT	
Khalid DERRAZ	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Président
Abdelaziz SMOUNI	PES	Faculté des Sciences de Rabat	Rapporteur
Rachid BOUAMRI	PES	Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès	Rapporteur
Khalid AMRANI JOUTEI	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Rapporteur
Saad IBNSOUDA KORAICHI	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Examineur
Mohammed DANOUCHE	MC	Université Mohamed 6 Poytechniques Ben Guerir	Invité
Naima EL GHACHTOULI	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Directeur de thèse
Said LOUAHLIA	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mehraz de Fès	Co-Directeur de thèse

Laboratoire de recherche : Laboratoire Biotechnologie Microbienne et Molécule Bioactives

Etablissement : Faculté des Sciences et Techniques de Fès



**Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques et Sciences Médicales**

**Résumé de la thèse**

Avec les changements climatiques, les surfaces agricoles affectées par la sécheresse s'élargissent progressivement dans la région méditerranéenne, ce qui cause des pertes importantes dans les rendements des différentes cultures y compris l'orge, qui est fortement consommé par la population marocaine. Le sujet de recherche adopté dans ce travail porte sur la sélection des cultivars d'orge marocains tolérants à la sécheresse et l'application de bioinoculant à base des rhizobactéries favorisant la croissance des plantes (PGPR), comme des technologies agroécologiques qui peuvent améliorer la productivité et la tolérance de l'orge marocain au stress hydrique. La première partie de ce travail vise à classer neuf cultivars d'orge marocain ('Adrar', 'Amalou', 'Amira', 'Firdaws', 'Laanceur', 'Oussama', 'Massine', 'Taffa', and 'Tamellalt') en se basant sur leur tolérance physiologique au stress hydrique ainsi que le rendement en graines et ses composants. Le cultivar 'Massine' a été discriminé comme le cultivar ayant montré la plus forte tolérance au stress hydrique, avec une réaction physiologique robuste manifestée par le maintien de la teneur relative en eau foliaire et le statut osmotique, la protection de l'intégrité membranaire des cellules, la minimisation des indicateurs de stress oxydatif, et la stabilisation de l'efficacité photosynthétique. En outre, ce cultivar, a montré la moindre réduction de la biomasse des plantes sous stress, ainsi que des composants du rendement et du rendement en graines. En revanche, les cultivars 'Amalou', 'Amira', et 'Tamellalt' ont été classés comme les cultivars les plus sensibles au stress hydrique, marquant des pertes importantes de la teneur relative en eau foliaire, une altération membranaire remarquable, accumulation forte des indicateurs de stress oxydatif, et des pertes massives de rendement en graines sous stress hydrique.

Par ailleurs, 15 isolats de PGPR ont été sélectionnés pour leur tolérance à la sécheresse et ont été criblés pour leurs traits PGP (solubilisation du phosphate, production d'auxine, de sidérophores, d'exopolysaccharides, d'enzymes lytiques ...). Les bactéries ont été identifiées par la méthode moléculaire comme appartenant aux genres *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Achromobacter* et *Providencia*. Les deux consortia construits avec ces PGPR (4 isolats par consortium) ont augmenté significativement la biomasse des plantes d'orge dans les conditions normales, sous stress hydrique modéré, ainsi que sous stress hydrique sévère. L'inoculation avec les consortiums a augmenté la teneur relative en eau des feuilles, la teneur en chlorophylle, l'efficacité du photosystème II, les activités des enzymes antioxydants, la biomasse de la plante, le rendement en graines, le poids de mille grains et le nombre de grains



### Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques et Sciences Médicales

par épi. En effet, les consortiums ont réduit les indicateurs de stress tels que le pourcentage de la fuite des électrolytes (EL%), la teneur en proline, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, et MDA. Il est important de noter que sous les deux niveaux de stress hydrique, l'inoculation avec le Consortium 1 a augmenté le rendement en grains et les composants de rendement jusqu'à des valeurs équivalentes à celles des plantes non stressées. En outre, dans le cas de ré-irrigation qui suit une période de stress hydrique sévère, les plantes d'orge inoculées avec les consortiums ont pu restaurer un état physiologique, biochimique et agro-morphologique équivalent à celui des plantes bien irriguées avec un effet plus marqué avec le cultivar tolérant inoculé par le consortium 1. L'effet de l'inoculation sur la qualité du sol a été également étudié à travers des analyses biochimiques, et par la méthode du Biolog Ecoplates. Les deux consortiums ont augmenté de manière significative le contenu en phosphate et en nitrate solubles, et les activités de la phosphatase et de la  $\alpha$ -galactosidase dans la rhizosphère de l'orge. Ils ont également influencé positivement la diversité fonctionnelle des communautés microbiennes et ont permis d'inverser l'effet réducteur du stress de sécheresse sur la consommation de groupes de métabolites, indiquant la forte contribution des deux consortiums dans l'amélioration de la qualité du sol rhizosphérique. Ces résultats suggèrent que les deux consortiums pourraient être adoptés pour formuler des biofertilisants pour une amélioration durable des cultures d'orge. Coupler l'utilisation de ces consortiums à l'adoption des cultivars d'orge tolérant peut minimiser les pertes dues à la sécheresse et contribuer ainsi à assurer les besoins en orge au Maroc.

**Mots clés :** *Hordeum vulgare*, Maroc, Génotypes, Sécheresse, Biofertilisant, Rhizobactéries Favorisant la Croissance des Plantes, Traits Biochimiques, Traits Physiologiques, Traits Agro-morphologique.