



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Ecole Nationale Supérieure Agronomique

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة

Département : Botanique

القسم علم النبات

Spécialité : Interaction plantes-pathogènes

التخصص : تفاعل النباتات_ممرضات

et protection et des plantes

النباتات و حماية النباتات

Mémoire De Fin D'études

Pour L'obtention Du Diplôme De Master

THÈME

**Impact de l'association Blé-Trèfle sur la physiologie, le rendement et
le comportement du blé dur vis-à-vis des maladies fongiques.**

Présenté par : M^{lle} ZOUICHE Amira

Soutenu publiquement le : 29/10/2025

Devant le jury composé de :

Présidente : M^{me} BENTTOUMI N. MCB à l'ENSA.

Promotrice : M^{me} LASSOUANE N. MCA à l'ENSA.

Co-promotrice : M^{me}BOUREGHDA H. Professeur à l'ENSA.

Examineur : M. MEFTI M. Professeur à l'ENSA.

Examineur : M. BOUZNAD Z. Professeur à l'ENSA.

Promotion : 2020/2025

SOMMAIRE

Liste des figures.....	i
Liste des tableaux.....	ii
Listes des annexes	iii
Listes des abréviations.....	iiii
I.Introduction.....	1
II. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.....	4
II.1. Culture du blé	4
II.1.1. Importance économique	4
II.1.1.1. Dans le monde	4
II.1.1.2. En Algérie	5
II.1.2. Répartition géographique du blé	6
II.1.3. Importance nutritionnelle	6
II.1.4. Taxonomie et description du blé.....	7
II.1.5. Structure des grains de blé.....	7
II.1.6. Composition chimique du grain de blé.....	8
II.1.7. Cycle biologique du blé.....	8
a. Germination et levée.....	8
b. Tallage	8
c. Montaison	9
d. Epiaison et floraison	9
e. Remplissage des grains.....	9
f. Maturation.....	9
II.1.8. La stratégie de fertilisation du blé	10
II.1.9. Principales maladies fongiques du blé	10
II.1.9.1. La pourriture du collet	15
II.1.9.2. Agent pathogène	15
II.1.9.3. Symptômes caractéristiques	15
II.1.9.4. La fusariose de l'épi (Fusarium headblight)	16
II.1.9.5. Cycle et conditions de développement	16
II.1.9.6. Gestion de la pourriture du collet et la fusariose de l'épi.....	17
II.2. Culture du Trèfle	18

II.2.1. Définition et origine	18
I.2.2. Importance économique	18
II.2.2.1. Dans le monde	18
II.2.2.2. En Algérie	18
II.2.3. Importance nutritionnelle	19
II.2.4. Répartition géographique	19
II.2.5. Taxonomie et description botanique.....	19
II.2.6. Cycle biologique.....	20
II.3. Association blé-trèfle.....	20
II.3.1. Fondements agronomiques de l'interculture trèfle-blé	20
II.3.2. Interactions racinaires et dynamique de l'azote	21
II.3.3. Répercussions physiologiques de l'interculture blé dur--trèfle	22
II.3.4. Effets de l'association blé-trèfle sur le rendement et la qualité du grain de blé dur	22
II.3.5. Effets de l'interculture blé dur-légumineuses sur la réduction des maladies fongiques	23
III. MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	25
III.1. Matériel végétal.....	25
III.1.1. Blé dur (<i>Triticum durum</i> Desf.)	25
III.1.2. Trèfle d'Alexandrie (<i>Trifolium alexandrinum</i> L.).....	25
III.2. Méthodes	26
III.2.1. Test de germination	26
III.2.2. Essai en pots (L'effet de l'association sur la physiologie)	26
III.2.3. Mise en culture	26
III.2.2.2. Paramètres de croissance.....	27
a) Hauteur des plants de blé.....	27
b) Biomasse aérienne et racinaire	27
c) Nombre de nodules du trèfle	28
III.2.2.3. Paramètres physiologiques.....	28
a) Teneur relative en eau (TRE).....	28
b) Pigments photosynthétiques	28
III.2.2.4. Paramètres biochimiques.....	29
a) Extraction et dosage des protéines solubles totales	29
b) Extraction et dosage des sucres solubles totaux et d'amidon.....	29

III.2.3. Essai au champ (Évaluation de l'association sur la nodulation, le rendement et les maladies fongiques).....	30
III.2.3.1. Dispositif expérimental	30
III.2.3.2. Semis et densité de plantation	32
III.2.3.3. Fertilisation.....	32
a) Fertilisation de fond (phospho-potassique)	32
b) Fertilisation azotée.....	33
III.2.3.4. Nodulation du trèfle (Suivi temporel)	33
III.2.3.5. Nombre d'épis	34
III.2.3.6. Paramètres physiologiques (Mesures SPAD).....	34
III.2.3.7. Paramètres biochimiques.....	34
a) Extraction et dosage des protéines solubles dans les graines de blé	34
b) Extraction et dosage de l'amidon dans les graines de blé	34
III.2.3.8. Suivi sanitaire et isolement des agents pathogènes	34
a) Prélèvements des échantillons	34
b) Isolement des champignons pathogènes.....	34
c) Purification et identification morphologique.....	35
III.2.3.9. Notation des symptômes	37
III.2.3.10. Paramètres de rendement	38
III.2.4. Analyses statistiques.....	39
IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	41
IV.1. Test de germination	41
IV.2. Essai en pots : Effet de l'association sur la physiologie	41
IV.2.1. Paramètres de croissance.....	41
IV.2.1.1. Hauteur des plants de blé.....	41
IV.2.1.2. Biomasse aérienne et racinaire	42
• Biomasse fraîche.....	42
• Biomasse sèche	43
IV.2.1.3. Nombre de nodules du trèfle	43
Discussion.....	44
IV.2.2. Paramètres physiologiques	45
IV.2.2.1. Teneur relative en eau (TRE).....	45
IV.2.2.2. Teneur en chlorophylle totale	46

IV.2.2.3. Teneur en caroténoïdes totaux	46
Discussion	47
IV.2.3. Paramètres biochimiques	48
IV.2.3.1. Teneur en sucres solubles totaux	48
IV.2.3.2. Teneur en amidon foliaire	48
IV.2.3.3. Teneur en protéines solubles totales	49
Discussion	50
IV.3. Essai au champ : Évaluation de l'association sur la nodulation, le rendement et les maladies fongiques	51
IV.3.1. Suivi de la nodulation	51
a) Évolution du système racinaire et formation des nodules.....	51
b) Caractérisation morphologique des nodules actifs	52
c) Effet de la fertilisation azotée sur l'intensité de nodulation	53
Discussion	53
IV.3.2. Paramètres physiologiques (SPAD).....	54
IV.3.2.1. Température foliaire.....	54
IV.3.2.2. Teneur en eau foliaire	55
IV.3.3.3. Teneur en chlorophylle	55
IV.3.3.4. Concentration en azote foliaire.....	56
Discussion	57
IV.3.3. Paramètres de rendement	58
IV.3.3.1. Estimation du nombre d'épis	58
IV.3.3.2. Poids de mille grains (PMG)	59
IV.3.3.3. Rendement en grains	59
Discussion	60
IV.3.4. Paramètres biochimiques des grains.....	61
IV.3.4.1. Teneur en amidon des grains de blé.....	61
IV.3.4.2. Teneur en protéines des grains de blé	62
Discussion	63
IV.3.5. Suivi sanitaire.....	64
IV.3.5.1. Description et identification de la microflore associée aux plants de blé dur	64
• Le genre <i>Fusarium</i>	65

IV.3.5.2. Étude du comportement du blé dur vis-à-vis de <i>Fusarium culmorum</i> (au stade de maturité)	67
Discussion	68
V. CONCLUSION GÉNÉRALE	71
VI. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	74
Résumé	

Résumé

Cette étude a été conduite afin d'évaluer les effets agronomiques, physiologiques et biochimiques de l'association blé dur (*Triticum turgidum* subsp. *durum*, var. Simeto) – trèfle d'Alexandrie (*Trifolium alexandrinum* L., var. Baladi) en conditions méditerranéennes, à travers des essais complémentaires réalisés en pot (sous serre) et en plein champ. L'objectif principal était d'analyser la contribution du trèfle à l'amélioration de la nutrition azotée, de la performance physiologique et de la santé du blé, dans une optique de réduction des intrants de synthèse. Les résultats obtenus ont montré que la présence du trèfle exerce un effet facilitateur significatif sur la croissance et la nutrition azotée du blé. L'augmentation de la hauteur, de la biomasse racinaire et des teneurs en protéines solubles témoigne d'une assimilation plus efficace de l'azote et d'une activité métabolique accrue, attribuées à la fixation symbiotique et aux échanges nutritifs au sein de la rhizosphère. Sur le plan métabolique, l'association a favorisé une redistribution des flux carbonés, marquée par une accumulation accrue d'amidon et une valorisation simultanée des protéines, traduisant une meilleure coordination entre les voies carbonées et azotées. En conditions de plein champ, la symbiose active du trèfle Baladi avec les *Rhizobium* indigènes a permis de maintenir une nutrition azotée optimale, tout en améliorant la résilience hydrique et thermique du couvert. Sur le plan sanitaire, *Fusarium culmorum* a été identifié comme principal agent de la pourriture du collet. Toutefois, la sévérité de la maladie a été nettement atténuée dans les systèmes associés, indiquant un effet bénéfique du trèfle sur la microflore du sol et la réduction de la pression phytopathogène. Ainsi, l'association blé-trèfle apparaît comme une alternative agroécologique pertinente, capable de concilier productivité, qualité technologique du grain et durabilité des systèmes céréaliers méditerranéens.

Mots-clés : Blé dur, Trèfle d'Alexandrie, Association, *Fusarium culmorum*, Durabilité.

Abstract

This study was conducted to evaluate the agronomic, physiological, and biochemical effects of the intercropping system combining durum wheat (*Triticum turgidum* subsp. *durum*, var. Simeto) and berseem clover (*Trifolium alexandrinum* L., var. Baladi) under Mediterranean conditions, through complementary pot (greenhouse) and field experiments. The main objective was to analyze the contribution of clover to improving nitrogen nutrition, physiological performance, and wheat health, with a view to reducing synthetic inputs. The results revealed that the presence of clover exerted a significant facilitative effect on wheat growth and nitrogen assimilation. Increases in plant height, root biomass, and soluble protein content reflected a more efficient nitrogen uptake and enhanced metabolic activity, attributed to symbiotic nitrogen fixation and nutrient exchanges within the rhizosphere. At the metabolic level, intercropping promoted a redistribution of carbon fluxes, characterized by increased starch accumulation and simultaneous enhancement of protein synthesis, indicating improved coordination between carbon and nitrogen pathways. Under field conditions, the active symbiosis of Baladi clover with indigenous *Rhizobium* strains maintained optimal nitrogen nutrition while improving canopy water and thermal resilience. From a phytosanitary perspective, *Fusarium culmorum* was identified as the main causal agent of crown rot; however, disease severity was markedly reduced in intercropped systems, suggesting a beneficial effect of clover on soil microflora and the mitigation of phytopathogenic pressure. Therefore, the wheat–clover association emerges as a relevant agroecological alternative capable of reconciling productivity, grain technological quality, and sustainability in Mediterranean cereal systems.

Keywords: Durum wheat, Berseem clover, Intercropping, *Fusarium culmorum*, Agroecological sustainability.

المخلص

أجريت هذه الدراسة لتقييم التأثيرات الزراعية والفسولوجية والكيميائية الحيوية لنظام الزراعة البينية الذي يجمع بين القمح الصلب (*Triticum turgidum* subsp. *durum*, صنف سيميتو) والبرسيم المصري (*Trifolium alexandrinum* L., صنف بلدي) في الظروف المتوسطية، من خلال تجارب مكملة أجريت في اصص (داخل الدفيئة) وفي الحقل المفتوح. تمثل الهدف الرئيسي في تحليل مساهمة البرسيم في تحسين التغذية الأزوتية والأداء الفسيولوجي وصحة نبات القمح، في إطار تقليل الاعتماد على المدخلات الكيميائية. أظهرت النتائج أن وجود البرسيم أحدث تأثيراً إيجابياً ملحوظاً على نمو القمح وتغذيته الأزوتية، حيث سُجلت زيادات في الطول والكتلة الجذرية ومحتوى البروتينات الذاتية، مما يعكس كفاءة أعلى في امتصاص الأزوت ونشاطاً أيضاً متزايداً، يُعزى إلى التثبيت التكافلي للأزوت والتبادلات الغذائية في منطقة الجذور (الرايزوسفير). على المستوى الأبيض، شجعت الزراعة البينية إعادة توزيع تدفقات الكربون، تميزت بزيادة تراكم النشا وتحسين تكوين البروتينات، مما يدل على تنسيق أفضل بين المسارات الكربونية والأزوتية. وفي ظروف الحقل، سمحت العلاقة التكافلية النشطة بين البرسيم البلدي وسلالات *Rhizobium* المحلية بالحفاظ على تغذية أزوتية مثالية، مع تعزيز مقاومة الغطاء النباتي للإجهاد المائي والحراري. من الناحية الصحية، تم تحديد *Fusarium culmorum* كالعامل الرئيسي المسبب لتعفن قاعدة الساق، غير أن شدة الإصابة انخفضت بوضوح في الأنظمة المختلطة، مما يشير إلى دور إيجابي للبرسيم في تحسين الميكروفلورا الأرضية وتقليل الضغط المرضي النباتي. وبذلك، يُعد نظام القمح–البرسيم بديلاً زراعياً بيئياً واعداً يوفق بين الإنتاجية وجودة الحبوب واستدامة النظم الزراعية في البيئات المتوسطية.

الكلمات المفتاحية: القمح الصلب، البرسيم المصري، الزراعة البينية، *Fusarium culmorum*، الاستدامة الزراعية البينية