

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE AGRONOMIQUE EL-HARRACH –
ALGER



المدرسة الوطنية العليا للفلاحة الحراش – الجزائر

Spécialité : Production végétale et amélioration des plantes

Thèse

En vue de l'obtention du diplôme de doctorat en sciences agronomiques

Département : Productions végétales

THEME :

**ÉTUDE DE LA DIVERSITÉ GÉNÉTIQUE ET ÉVALUATION DE
L'EFFET DU MILIEU SUR LE COMPORTEMENT AGRONOMIQUE
DU POIS CHICHE (*Cicer arietinum* L.) EN ALGÉRIE**

Présentée par : M^{me} ZINE-ZIKARA Fatiha

En date du :

Devant le jury :

Président :	M. FEDDAL M.A.	Professeur	ENSA, El Harrach, Alger
Directeur :	Mme. LAOUAR M.	Professeur	ENSA, El Harrach, Alger
Co-Directeur :	Mme. BOURAS F.Z.	MCA	ENSA, El Harrach, Alger
Examineurs :	M. HADDAD B.	MCA	ENSA, Alger
	M. MEBARKIA A.	Professeur	Université de Setif
	Mme Gaad D.	Maître de recherche A	CRBT, Constantine

Année universitaire 2025-2026

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Connaissances générales sur le pois chiche.....	05
1.1. Taxonomie	05
1.2. Origine et historique	05
1.3. Caractères botaniques.....	05
1.4. Types de pois chiche.....	07
1.4.1. Type Kabuli.....	07
1.4.2. Type Dési.....	08
1.5. Importance du pois chiche.....	08
1.5.1. Valeur nutritionnelle et médicinale.....	09
1.5.2. Valeur agronomique et économique.....	09
1.6. Exigences écologiques et adaptation.....	10
1.6.1. Températures.....	10
1.6.2. Pluviométrie.....	10
1.6.3. Lumière.....	10
1.6.4. Sol.....	11
1.7. Contraintes biotiques et abiotiques.....	11
1.8. Systèmes de culture et pratiques culturales.....	11
1.9. Variabilité génétique et ressources phytogénétiques.....	12
1.10. Situation mondiale de la culture du pois chiche	12
1.10.1. Principaux pays producteurs.....	12
1.10.2. Principaux pays exportateurs.....	13
1.10.3. Principaux pays importateurs.....	13
1.11. Sélection et obtention variétale	13
2. Pois chiche en Algérie.....	14
2.1. Zones de culture.....	14
2.2. Situation et contraintes de la culture.....	14
2.2.1. Superficies cultivées.....	14
2.2.2. Production nationale.....	14

2.2.3. Rendement moyen.....	14
2.2.4. Consommation et Importation.....	15
2.2.5. Contraintes.....	15
2.3. Diversité génétique et amélioration variétale.....	16
2.3.1. Etat de la diversité génétique.....	16
2.3.2. Evaluation de l'érosion génétique.....	17
2.3.3. Acquis de la recherche.....	18
2.4. Production de semences	18
3. Interaction génotype X environnement chez le pois chiche.....	19
3.1. Définition et importance de l'interaction G×E	19
3.2. Source et types de l'interaction G×E.....	19
3.3. Méthodes d'analyse de l'interaction G×E.....	20
3.3.1. Analyses classiques : Analyse de la variance (ANOVA) multi-environnements.....	20
3.3.2. Méthodes multi-variées.....	20
3.3.2.1. Modèle AMMI (Additive Main effects and Multiplicative Interaction)	20
3.3.2.2. GGE biplot (Effets Génotypes + G×E)	20
3.4. Implications de l'interaction G×E pour la sélection variétale.....	21

CHAPITRE II

ÉVALUATION DE LA DIVERSITÉ AGRO-MORPHOLOGIQUE DES GÉNOTYPES DE POIS CHICHE (*Cicer arietinum* L.) DANS LE SEMI-ARIDE ALGÉRIEN

1. INTRODUCTION.....	22
2. MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	24
2.1. Site expérimental.....	24
2.2. Matériel génétique	25
2.3. Dispositif expérimental.....	26
2.4. Caractères étudiés.....	27
2.5. Analyses statistiques	29
3. RESULTATS	29
3.1. Caractérisation morphologique qualitative des génotypes.....	29
3.2. Analyse de variance des caractères quantitatifs.....	31
3.3. Analyse de variance des caractères quantitatifs selon les types de génotypes	34
3.4. Estimation des paramètres génétiques des caractères quantitatifs.....	36

3.5. Analyse des corrélations entre le rendement et ses composantes	39
3.6. Analyse de classification hiérarchique et structuration des génotypes.....	40
3.7. Analyse en composantes principales (ACP).....	42
4. DISCUSSION.....	46
5. CONCLUSION.....	48

CHAPITRE III

ÉVALUATION DE L'EFFET DU MILIEU SUR LE RENDEMENT DES GÉNOTYPES DE POIS CHICHE (*Cicer arietinum* L.) DANS SIX ENVIRONNEMENTS CONTRASTES EN ALGERIE

1. INTRODUCTION.....	50
2. MATERIEL ET METHODES.....	52
2.1. Matériel génétique	52
2.2. Sites expérimentaux et variabilité expérimentale	54
2.3. Contexte expérimental et analyse pluviométrique de la campagne 2021-2022.....	58
2.4. Dispositif expérimental et caractères mesurés.....	61
2.5. Analyses statistiques	63
3. RESULTATS.....	63
3.1. Performance du rendement en grains selon les environnements	63
3.2. Effets des voies de sélection, de l'environnement et de leur interaction sur les caractères morpho-agronomiques.....	65
3.3. Analyses AMMI et GGE et exploration multi-variée de la stabilité du rendement et de l'interaction génotype × environnement	67
4. DISCUSSION.....	72
5. CONCLUSION.....	73

CHAPITRE IV

ÉVALUATION DE L'EFFET DU MILIEU SUR L'APTITUDE A LA RECOLTE MECANISEE DES GÉNOTYPES DE POIS CHICHE (*Cicer arietinum* L.) DANS TROIS ENVIRONNEMENTS CONTRASTES EN ALGERIE

1. INTRODUCTION.....	75
2. MATERIEL ET METHODES.....	78
2.1. Matériel végétal.....	78

2.2. Sites expérimentaux.....	78
2.3. Dispositif expérimental et conduite culturale.....	79
2.4. Caractères évalués.....	79
2.5. Analyses statistiques.....	80
2.5.1. Statistiques descriptives.....	80
2.5.2. Analyse de variance combinée.....	80
2.5.3. Analyse AMMI.....	80
2.5.4. Indice de stabilité WAAS.....	80
2.5.5. Analyse de prédiction.....	80
2.6. Outils statistiques.....	81
3. RESULTATS.....	81
3.1. Statistiques descriptives des caractères agronomiques.....	81
3.2. Analyse de variance combinée des caractères agronomiques.....	82
3.3. Variabilité génétique et héritabilité des caractères agronomiques.....	85
3.4. Analyse des effets principaux et de l'interaction génotype × environnement selon le modèle AMMI.....	86
3.5. Interprétation des biplots AMMI1.....	88
3.6. Interprétation des biplots AMMI2 : analyse des quadrants et adaptation spécifique.....	91
3.7. Analyse de stabilité basée sur WAAS et classement des génotypes.....	94
3.8. Analyse par heatmap : regroupement des génotypes et des environnements.....	98
3.9. Réponse des génotypes le long du gradient environnemental : “Nominal yield plots” (SY, PH et DFP).....	101
3.10. Prédiction basée sur le modèle AMMI.....	105
4. DISCUSSION.....	107
5. CONCLUSION.....	110
CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES.....	112
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	115
PUBLICATION	

RESUME

Le pois chiche (*Cicer arietinum L.*) constitue une culture stratégique dans les zones méditerranéennes semi-arides, où la variabilité climatique limite fortement l'expression du potentiel génétique. Cette étude visait à analyser la variabilité agro-morphologique, le potentiel productif, ainsi que la stabilité et l'adaptabilité des génotypes en conditions semi-arides en Algérie, au moyen d'une approche expérimentale intégrée. Dans un premier axe, dix-huit génotypes ont été évalués dans la région de Tadjena (wilaya de Chlef) afin d'estimer l'ampleur de la variabilité génétique et les paramètres d'amélioration. L'analyse de variance a révélé des différences hautement significatives ($p \leq 0,001$) pour l'ensemble des caractères étudiés, notamment le rendement en grains, le nombre de gousses par plante, le poids des graines, la hauteur de la plante et la distance à la première gousse. Les coefficients de variation génotypique et phénotypique ont mis en évidence une grande diversité, notamment pour les composantes du rendement. Les valeurs d'héritabilité étaient modérées à élevées (70 % pour la hauteur de plante et 66 % pour le rendement), ce qui indique une forte contribution génétique. Les analyses multivariées (classification hiérarchique et ACP) ont permis d'identifier des groupes distincts, dont un cluster performant atteignant 2,89 t/ha. Dans un second axe, l'interaction génotype \times environnement (G \times E) a été étudiée par l'évaluation de dix génotypes dans des environnements semi-arides contrastés. L'analyse combinée a mis en évidence des effets significatifs du génotype, de l'environnement et de leur interaction sur le rendement et les caractères morphologiques liés au port de la plante. L'environnement expliquait environ 26 % de la variance totale du rendement, contre 16 % pour l'interaction G \times E. Les modèles AMMI et GGE biplot ont permis de caractériser les profils d'adaptation. Certains génotypes ont combiné un rendement élevé et une stabilité relative, ce qui témoigne d'une large adaptation, tandis que d'autres ont montré une adaptation spécifique. Les caractères morphologiques se sont révélés plus stables que le rendement. L'indice WAAS a confirmé le classement des génotypes selon leur stabilité globale. Les résultats soulignent l'importance d'intégrer la performance, la stabilité et l'adaptabilité dans les programmes d'amélioration variétale en zones semi-arides.

Mots-clés : Pois chiche ; Variabilité génétique ; Interaction génotype \times environnement ; Stabilité ; AMMI ; GGE biplot ; WAAS ; Milieu semi-aride

ملخص

(*Cicer arietinum L.*) يُعد الحمص محصولاً استراتيجياً في المناطق شبه الجافة ذات المناخ المتوسطي، حيث تحدّ التقلبات المناخية من التعبير الكامل للإمكانات الوراثية. هدفت هذه الدراسة إلى تقييم التباين الزراعي-المورفولوجي، والأداء الإنتاجي، ومدى الثبات وقابلية التكيف للأنماط الوراثية للحمص تحت الظروف شبه الجافة في الجزائر، من خلال مقارنة تجريبية متكاملة.

في المحور الأول، تم تقييم ثمانية عشر نمطاً وراثياً في منطقة تاجنة (ولية الشلف) لتقدير حجم التباين الوراثي ومعاملات التحسين. أظهر تحليل التباين فروقا عالية المعنوية ($p \leq 0.001$) لجميع الصفات المدروسة، بما في ذلك مردود الحبوب، وعدد القرون في النبات، ووزن البذور، وارتفاع النبات، وارتفاع أول قرن. وأظهرت معاملات التباين الوراثي والظاهري وجود تنوع مهم، خاصة في مكونات المردود. كما سجلت قيم توريث متوسطة إلى مرتفعة (0.07٪ لارتفاع النبات و66٪ للمردود)، مما يدل على تحكم وراثي معتبر. وتشير الزيادة الوراثية المرتفعة إلى سيادة التأثيرات الجينية الإضافية وإمكانية نجاح التثاقب المباشر. وقد سمحت التحاليل متعددة المتغيرات بتحديد مجموعات متميزة، من بينها مجموعة متفوقة بلغ متوسط مردودها 2.9 طن/هكتار.

في المحور الثاني، تمت دراسة تفاعل النمط الوراثي \times البيئة من خلال تقييم عشرة أنماط وراثية في بيئات شبه جافة متباينة. وأظهر التحليل المركب تأثيرات معنوية للنمط الوراثي والبيئة والتفاعل بينهما بالنسبة للمردود والصفات المورفولوجية. فسرت البيئة حوالي 26٪ من التباين الكلي للمردود، بينما مثل التفاعل حوالي 16٪. مكن نمودجا AMMI و GGE biplot من توصيف أنماط التكيف، حيث جمعت بعض الأنماط بين مردود مرتفع وثبات نسبي، في حين أظهرت أخرى تكيفا نوعيا. كما بدت الصفات المورفولوجية أكثر ثباتا من المردود. وأكد مؤشر WAAS ترتيب الأنماط حسب ثباتها العام.

تؤكد هذه النتائج أهمية دمج الأداء والثبات وقابلية التكيف في برامج تحسين الحمص بالمناطق شبه الجافة.

الكلمات المفتاحية :

الحمص ؛ التباين الوراثي ؛ تفاعل النمط الوراثي \times البيئة ؛ الثبات ؛ AMMI ؛ GGE biplot ؛ WAAS ؛ البيئة شبه الجافة.

ABSTRACT

Chickpea (*Cicer arietinum L.*) is a strategic crop in Mediterranean semi-arid regions, where climatic variability restricts the full expression of genetic potential. This study aimed to assess agromorphological variability, yield performance, stability, and adaptability of chickpea genotypes under semi-arid conditions in Algeria through an integrated experimental approach.

In the first part, eighteen genotypes were evaluated in the Tadjena region (Chlef province) to estimate genetic variability and breeding parameters. Analysis of variance revealed highly significant differences ($p \leq 0.001$) for all studied traits, including grain yield, number of pods per plant, seed weight, plant height, and height of the first pod. Genotypic and phenotypic coefficients of variation indicated substantial diversity, particularly for yield components. Broad-sense heritability estimates were moderate to high (70% for plant height and 66% for grain yield), suggesting strong genetic control. High genetic advance indicated the predominance of additive gene effects and the potential efficiency of direct selection. Multivariate analyses (hierarchical clustering and principal component analysis) identified distinct groups, including an elite cluster with an average yield of 2.89 t/ha.

In the second part, genotype \times environment (G \times E) interaction was investigated by evaluating ten genotypes across contrasting semi-arid environments. Combined ANOVA revealed significant effects of genotype, environment, and their interaction for yield and morphological traits. The environment explained approximately 26% of total yield variation, whereas G \times E interaction accounted for nearly 16%. AMMI and GGE biplot analyses enabled characterization of adaptation patterns. Some genotypes combined high yield with relative stability, indicating broad adaptation, whereas others showed specific adaptation. Morphological traits were more stable than grain yield. The WAAS index confirmed genotype ranking based on overall stability.

These findings highlight the importance of integrating performance, stability, and adaptability in chickpea breeding programs under semi-arid conditions.

Keywords: Chickpea; Genetic variability; Genotype \times environment interaction; Stability; AMMI; GGE biplot; WAAS; Semi-arid environment.