

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 : Génie Rural

القسم: الهندسة الريفية

Spécialité : Sciences de l'eau

التخصص: علوم المياه

Mémoire De Fin D'études

Pour L'obtention Du Diplôme De Master

**THEME**

**Effet de l'irrigation d'appoint et du génotype sur la production du pois-chiche ( Cicer arietinum) dans la région sub-humide (Alger).**

Réalisé par : Mlle Nouha AKTOUF.

Soutenu Publiquement le 20 /12 /2023

Devant le jury composé de :

Président : M. FEDDAL Mohamed Amine.

Professeur, ENSA.

Promotrice : Mme. BOURAS Fatma Zohra.

Maitre de conférence classe A, ENSA.

Co- promotrice : Mme. LAOUAR Meriem.

Professeur, ENSA.

Examineurs :

M. DELLI, Réda.

Maitre de conférences classe B, ENSA.

Mme LOUNIS Amal.

Maitre- Assistant classe B, ENSA.

Promotion : 2018-2023

# TABLE DES MATIÈRES

Dédicaces.....	I
Remerciements .....	II
Table des matières .....	V
Liste des tableaux .....	XI
Liste des figures.....	XII
Liste des abréviations .....	XV
Liste des Annexes.....	XVII
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
Partie 1 : Synthèse bibliographique.....	6
CHAPITRE I : Analyse de la situation des légumineuses alimentaires et du pois chiche.....	6
I.1 Situation des légumineuses alimentaires .....	6
I.1.1 A l'échelle mondiale.....	6
I.1.1.1 Distribution géographique des légumineuses alimentaires.....	6
I.1.1.2 Les pays producteurs des légumineuses alimentaires .....	7
I.1.1.3 Importance des légumineuses dans le commerce international .....	9
I.1.1.4 Superficies mondiales .....	11
I.1.1.5 Productivité et rendement .....	12
I.1.2 A l'échelle nationale .....	16
I.1.2.1 État actuel des légumineuses alimentaires en Algérie .....	16
I.1.2.2 Distribution géographique des légumes secs .....	17
I.1.2.3 Superficies cultivées. ....	18
I.1.2.4 Production nationale .....	21
I.1.2.5 Rendement. ....	26
I.1.2.6 Les contraintes de production .....	28
I.1.2.7 Importations .....	29
I.2 Situation du pois chiche et répartition des zones de culture .....	30
I.2.1 Dans le monde .....	30
I.2.2 En Afrique .....	34
I.2.3 En Algérie.....	34
I.2.3.1 Zones de production.....	34
I.2.3.2 Superficies cultivées, Productions, rendements et importations. ....	35
I.2.3.2 Contraintes de production .....	37

I.2.3.2.1 Les contraintes agro-techniques .....	37
I.2.3.3.2 Les contraintes socio-économiques.....	38
CHAPITRE II : Présentation de la culture du Pois chiche ( <i>Cicer arietinum</i> ) .....	39
II.1 Généralités sur le pois chiche .....	39
II.2.1 Historique et origine.....	39
II.2.2 Taxonomie.....	39
II.2.3 Morphologie de pois chiche .....	40
II.2.4 Types de pois chiches.....	41
II.2.4.1 Pois chiche de printemps .....	42
II.2.4.2 Pois chiche d'hiver .....	42
II.2.5 Cycle et saison de culture.....	42
II.2.6 Durée du cycle du pois chiche.....	43
II.2.7 Stades repères du pois chiche.....	44
II.2.7.1 Période végétative.....	44
II.2.7.1.1 Stade germination .....	44
II.2.7.1.2 Stade levée.....	44
II.2.7.1.3 Stade de ramification.....	44
II.2.7.2 Période de reproduction.....	44
II.2.7.2.1 Floraison.....	44
II.2.7.2.1 Maturité .....	45
II.2.8 Exigences de la plante .....	45
II.2.8.1 Exigences climatiques .....	45
II.2.8.1.1 Eau .....	46
II.2.8.1.2 Température.....	46
II.2.8.1.3 Lumière.....	46
II.2.8.2 Exigences édaphiques.....	46
II.2.9 Importance du pois chiche.....	47
II.2.9.1 Importance agronomique .....	47
II.2.9.2 Importance économique.....	47
II.2.9.3 Importance alimentaire .....	48
CHAPITRE III : L'eau dans la plante .....	49
III.1 Importance et rôle de l'eau .....	49
III.2 Relations du Continuum sol-plante-atmosphère.....	49
III.3 Caractérisation de l'état hydrique d'une plante .....	49
III.4 Conséquences des stress hydriques sur les plantes.....	50
III.4.1 Effet du manque d'eau sur la croissance et le développement.....	50

III.5	Efficienc e d'utilisation de l'eau par la plante .....	51
CHAPITRE IV : Etude du Bilan Hydrique .....		52
IV.1	Définition du bilan hydrique.....	52
IV.2	Composantes du bilan hydrique.....	52
IV.3	Equation du bilan hydrique.....	53
CHAPITRE V : l'irrigation d'appoint.....		55
V.1	Définition de l'irrigation.....	55
V.2	Principes fondamentaux de l'irrigation d'appoint. ....	55
V.2.1	Concept de l'irrigation d'appoint. ....	55
V.2.2	Objectifs de l'irrigation d'appoint.....	56
V.3	Besoin en eau d'irrigation des cultures.....	58
V.3.1	Variation des besoins en eau tout au long du cycle de croissance des cultures. ....	58
V.4	Méthodes et techniques d'irrigation d'appoint. ....	58
V.5	Gestion et maitrise de l'irrigation d'appoint.....	59
V.6	Études de cas et exemples pratiques d'irrigation d'appoint.....	59
V.6.1	L'irrigation d'appoint du blé : .....	60
V.6.2	L'irrigation d'appoint du pois chiche : .....	60
V.7	Les avantages et les contraintes des irrigations d'appoint.....	61
V.8	Perspective sur l'avenir de l'irrigation d'appoint dans l'agriculture. ....	61
Partie 02 : Méthodologie expérimentale .....		62
I	Le contexte du travail. ....	62
II	Les objectifs de l'étude.....	63
II.1	L'objectif général .....	63
II.2	Les objectifs spécifiques .....	63
II.3	Les objectifs finaux.....	63
III	Déroulement de l'expérimentation. ....	64
III.1	Présentation de la zone d'étude.....	64
III.2	Le site expérimental .....	65
III.3	Caractéristiques climatiques .....	65
III.3.1	Température.....	65
III.3.2	Précipitations. ....	67
III.3.3	Humidité relative de l'air.....	68
III.3.4	Rayonnement solaire. ....	69
III.4	Caractéristiques pédologiques.....	70
III.5	Mise en place des essais.....	72

III.5.1	Mise en place de l'essai 1 .....	72
III.5.1.1	Travail du sol. ....	72
III.5.1.2	Semis. ....	72
III.5.1.3	Dispositif expérimental .....	73
III.5.1.4	Prélèvement initiale du Sol. ....	74
III.5.1.5	Suivi de la culture.....	74
III.5.2	Mise en place de l'essai 2 .....	75
III.5.2.1	Travail du sol .....	75
III.5.2.2	Semis.....	75
III.5.2.3	Le Protocole expérimental .....	76
III.5.2.3.1	Objectifs.....	76
III.5.2.3.2	Dispositif expérimental.....	76
III.6	Le matériel végétal utilisé .....	78
III.7	Suivi et conduite de la culture.....	78
III.7.1	Fertilisation.....	78
III.7.2	Irrigation .....	78
III.7.3	Désherbage .....	78
III.7.4	Traitement phytosanitaire .....	78
III.7.5	Récolte .....	80
III.8	Echantillonnage et collecte des données .....	80
III.8.1	Méthodologie des mesures liées au sol.....	80
III.8.1.1	Prélèvement du sol initial.....	80
III.8.1.2	Caractérisation hydrique du sol.....	80
III.8.1.2.1.1	Humidité à la capacité au champ .....	80
III.8.1.2.1.2	Humidité au point de flétrissement. ....	82
III.8.1.2.1.3	Réserve utile.....	82
III.8.1.3	Teneur en eau initial.....	83
III.8.1.4	Suivi de la cinétique de la teneur en eau .....	84
III.8.1.4.1	Outils de suivi de la teneur en eau .....	85
III.8.1.5	La densité apparente .....	86
III.8.1.6	La tension de l'eau. ....	87
III.8.1.7	L'Azote assimilable .....	88
III.8.2	Méthodologie des mesures liées au végétal.....	89
III.8.2.1	Caractères phénologiques .....	89
III.8.2.1.1	Date de levée (ED).....	89
III.8.2.1.2	Date de la floraison (FD) .....	89

III.8.2.1.3	Date de remplissage des grains (FSD).....	89
III.8.2.1.4	Date de maturité (MD).....	89
III.8.2.2	Caractères Végétatifs .....	90
III.8.2.2.1.1	Hauteur des plants (PH).....	90
III.8.2.2.1.2	Le port (GH) .....	91
III.8.2.3	Caractères physiologiques.....	91
III.8.2.3.1	Chlorophylle (Chl).....	91
III.8.2.3.2	Surface foliaire (LA).....	92
III.8.2.3.3	Température du couvert végétal (CT).....	93
III.8.2.4	Caractères liés au rendement.....	93
III.8.2.4.1.1	Biomasse totale (TB) .....	93
III.8.2.4.1.2	Poids des gousses (PW) .....	93
III.8.2.4.1.3	Nombre totale de graines par plot (TNS).....	93
III.8.2.4.1.4	Nombre totale de gousses par plot (TNP).....	93
III.8.2.4.1.5	Poids total des graines par plot (TWS) .....	94
III.8.2.4.1.6	Poids de 100 grains frais (100 SWF) .....	94
III.8.2.4.1.7	Poids de 100 grains secs (100 SWD).....	94
III.8.2.5	Caractères de qualité .....	94
III.8.2.5.1	Azote totale.....	94
III.8.3	Plan de conduite de l'irrigation.....	95
III.8.3.1	Équipement du site d'essai.....	95
III.8.3.2	Mode d'irrigation .....	96
III.8.3.3	Pilotage des irrigations.....	97
III.8.3.4	Stock de l'eau dans le sol.....	98
III.8.3.5	Le Bilan hydrique. ....	98
III.8.3.6	Efficiences de l'utilisation de l'eau (WUE).....	99
III.8.3.6.1	Efficiences d'utilisation de l'eau (valorisation du mètre cube d'eau).....	99
IV	Traitement statistiques des données expérimentales .....	100
II	Effet de l'irrigation d'appoint et du génotype sur l'efficience d'utilisation de l'eau totale (Valorisation du mètre cube d'eau par la plante EUE).....	102
III	Effet de l'irrigation d'appoint et du génotype sur les composantes de rendement.....	106
III.1	Les composantes exprimées en nombre. ....	106
III.1 .1	Le nombre de gousses et graines par mètre carré. ....	106
III.2	Les composantes exprimées en poids. ....	108
III.2.1	Le poids de biomasse totale sèche, grains, gousses 100 grains frais et secs par mètre carré. .....	108
IV	Effet de l'irrigation d'appoint et du génotype sur les paramètres de croissance.....	111

IV.1	La hauteur du plant. ....	111
V	Effet de l'irrigation d'appoint et du génotype sur les paramètres physiologiques. ....	113
V.1	L'indice de surface foliaire (LAI) et Chlorophylle. ....	113
VI	L'irrigation d'appoint et du génotype sur l'azote assimilable et totale. ....	116
VII	Discussions .....	117
VII.1	Effet du traitement hydrique .....	117
VII.2	Effet du génotype .....	118
CONCLUSION GENERALE .....		119
Références bibliographiques .....		121
Sites internet: .....		133
Annexes .....		135
1.	Analyse de la variance et test de Tukey pour l'efficience d'utilisation de l'eau totale.....	135
2.	Test de comparaison multiple des moyennes de la hauteur du plant .....	146
3.	Analyse de la variance et le test de Tukey pour les composantes du rendement. ....	146
4.	Analyse de la variance et le test de Tukey pour l'indice de surface foliaire (LAI).....	150
5.	Analyse de la variance et le test de Tukey pour la Chlorophylle .....	151

**ABSTRACT:** This research was conducted during the agricultural campaign of 2022/2023, in open fields, for the irrigated chickpeas in a sub-humid region (Algiers), at the experimental station of ENSA. It falls within the framework of the PNR-2021 project titled « Validation of new varieties of food and forage legumes, resilient and water-efficient, for sustainable rainfed production systems ». During this study, five genotypes were selected, including one introduced control genotype, three hybrid genotypes, and one local genotype. These genotypes were subjected to different water treatments, namely rainfed, maximum evapotranspiration (without water restriction - ETc), and supplementary irrigation. Although the concept of supplementary irrigation has been seldom or rarely studied for chickpea cultivation in a sub-humid region, the aim of our work was to study, analyze, and examine the vegetative, fruiting, physiological, and productive behavior of different genotypes under various water regimes, with special attention to supplementary irrigation. Furthermore, we aimed to quantify the total water consumption and estimate the water use efficiency for each genotype. The objective was to recognize and identify the most performant genotypes concerning yield component parameters, as well as parameters related to water for each of the water treatments.

**Key Words:** Chickpeas, supplementary irrigation, genotype, sub-humid, water regimes, yield, water use efficiency.

**ملخص:** أجريت هذه الدراسة خلال الموسم الزراعي 2023/2022 في الحقل المفتوح لزراعة الحمص المروي في منطقة شبه رطبة (الجزائر العاصمة) على مستوى المحطة التجريبية للمدرسة الوطنية العليا للفلاحة ENSA، وهي تدخل في إطار المشروع الوطني للبحث 2021، PNR والموسم: "تحقيق صحة أصناف جديدة من البقوليات الغذائية والعلفية، قوية وفعالة ومقتصدة في احتياجات المياه، لأنظمة الإنتاج المستدامة والمعتمدة على مياه الأمطار". تم اختبار خلال هذه الدراسة خمسة أنماط وراثية: نمط وراثي مرجعي مدخل وثلاثة أنماط وراثية هجينة ونمط وراثي محلي. تم تعريض هذه الأنماط الوراثية لأنظمة مائية مختلفة، وهي مياه الأمطار والتبخير النباتي الأقصى (بدون قيود مائية) والري التكميلي.

على الرغم من قلة وندرة الدراسات المتعلقة بمفهوم الري التكميلي الخاص بزراعة الحمص في منطقة شبه رطبة، فإن الهدف من بحثنا، هو دراسة وتحليل وفحص السلوك النباتي الإنتاجي والفيولوجي، للأنماط الوراثية المختلفة المعرضة لأوضاع مائية متنوعة، مع التركيز بشكل خاص على الري التكميلي. بالإضافة إلى ذلك، سعينا إلى قياس إجمالي لاستهلاك المياه وتقدير كفاءة الاستخدام الشامل للمياه، فكان الهدف النهائي، هو التعرف على الأنماط الوراثية الأكثر أداءً وتشخيصها، فيما يتعلق بمعايير مكونات المردودية، بالإضافة إلى المعايير المتعلقة بالمياه لكل من الأنظمة الخاصة بها.

**كلمات مفتاحية:** الحمص، الري التكميلي، أنظمة مائية، نمط وراثي، مناخ شبه رطب، الإنتاج، كفاءة الاستخدام الشامل للمياه، المردودية

**Résumé :** Cette recherche a été conduite au cours de la campagne agricole 2022/2023, en plein champ, pour la culture du pois chiche irrigué dans une zone sub-humide (Alger), au niveau de la station expérimentale de l'ENSA. Elle s'inscrit dans le cadre du projet PNR-2021 intitulé « Validation de nouvelles variétés de légumineuses alimentaires et fourragères, résilientes et économes en eau, pour les systèmes de production pluviaux durables ». Au cours de cette étude, cinq génotypes ont été sélectionnés, comprenant un génotype témoin introduit, trois génotypes hybrides et un génotype local. Ces génotypes ont été soumis à différents traitements hydriques, à savoir pluvial, évapotranspiration maximale (sans restriction hydrique ETc) et irrigation d'appoint (complémentaire). Bien que l'application du concept d'irrigation d'appoint ait été peu ou rarement étudiée pour la culture du pois chiche dans une région sub-humide, l'objectif de notre travail était d'étudier, d'analyser et d'examiner le comportement végétatif, fructifère, physiologique et productif des différents génotypes soumis à divers régimes hydriques, en accordant une attention particulière à l'irrigation d'appoint. De plus, nous avons cherché à quantifier la consommation totale d'eau et à estimer l'efficacité de l'utilisation globale de l'eau. L'objectif final était de reconnaître et d'identifier les génotypes les plus performants en ce qui concerne les paramètres des composantes du rendement, ainsi que les paramètres liés à l'eau pour chacun des traitements hydriques.

**Mots clés :** Pois chiche, irrigation d'appoint, génotype, sub-humide, traitement hydrique, rendement, efficacité d'utilisation totale de l'eau.