



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
Département: Productions végétales
Spécialité: Production et amélioration végétales

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة
القسم: الانتاج النباتي
التخصص: الإنتاج والتحسين النباتي

Mémoire De Fin D'études
Pour L'obtention Du Diplôme D'Ingénieur Agronome

THEME

Analyse de la performance agroenvironnementale des systèmes de cultures d'association légumineuses céréales face aux changement climatiques. Calibration et validation de la nouvelle version du modèle STICS intercrop

Présenté par : **KEDDARI Abdellah**

Soutenu Publiquement le 09/12/2024

Devant le jury composé de :

Président : M. HADDAD Benalia
Promoteur : M. LATATI Mourad
Co-promoteur : M. KHERIF Omar
Examinatrice : Mme. CHEKIRED Fatma Zohra

(MCA, ENSA)
(Pr., Université de Skikda)
(Doctorat en sciences agronomiques)
(MCA, ENSA)

Promotion : 2019-2024

Table des matières

<i>DEDICACE</i>	
<i>Remerciements</i>	
Résumé	
Abstract.....	
المخلص	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des abreviations.....	
Introduction	1
Synthèse bibliographique.....	4
1. Généralités sur les céréales et les légumineuses.....	4
1.1. Généralités sur les céréales	4
1.2. Généralités sur les légumineuses	4
2. Association culturales.....	5
2.1. Généralités sur les associations de cultures.....	5
i. Association mixte (mixed intercropping)	5
ii. Association en rangs (row intercropping).....	5
iii. Association en bandes (strip intercropping)	5
iv. Association en relais (relay intercropping)	6
2.2. Les associations de cultures céréales-légumineuses.....	7
2.3. Le choix des cultures à associées	7
2.4. Avantages de l'association céréales légumineuses	8
2.5. Limites des associations céréales légumineuses	10
3. Modélisation des systèmes de cultures et modèle de culture STICS.....	11
3.1. La modélisation des systèmes de cultures :	11
3.2. Types de Modèles.....	11
3.3. Le Modèle de Culture STICS	12
3.4. Présentation générale du modèle STICS.....	14
3.4.1. Module phénologie.....	15
3.4.2. Module Croissance Aérienne.....	15
3.4.3. Module de l'élaboration du rendement	16
3.4.4. Module croissance racinaire	16
3.4.5. Module bilan hydrique.....	16
3.4.6. Module bilan azoté	17

3.4.7.	Module transferts au niveau du sol.....	17
3.4.8.	Module microclimat	17
3.4.9.	Module gestion des Cultures.....	18
3.5.	Particularités de STICS	18
3.6.	Avantages du modèle.....	18
3.7.	Inconvénients et limites du modèle STICS.....	19
	Matériels et méthodes	21
1.	Contexte et objectif du travail	21
2.	Description de la base de données utilisée pour calibrer le modèle STICS.....	21
3.	Dispositif expérimental et matériel végétal	25
4.	Variables étudiées par le modèle STICS	25
5.	Paramétrisation des fichiers d'entrée pour STICS	27
5.1.	Initialisation	27
5.2.	Sol.....	28
5.3.	Climat	29
5.4.	Gestion de culture.....	29
6.	Simulation	30
7.	Calibration	32
7.1.	Calibration du Blé Dur (Variété Vitron).....	32
7.2.	Calibration du pois chiche (Variété FLIP).....	32
8.	Optimisation avec OptimiSTICS	33
9.	Evaluation du modèle et critères statistiques.....	34
10.	La validation	36
	Résultats	38
	I.Résultats de la calibration du blé dur en monoculture.....	38
1.	Évaluation de la calibration du blé dur en monoculture	38
1.1.	Indice de surface foliaire (LAI).....	38
1.2.	Profondeur racinaire.....	39
1.3.	Biomasse aérienne et azote absorbé (Masec, Mafrais et QNplante)	40
1.4.	Variables du sol	42
1.5.	Les variables de rendement (chargefruit, mafruit)	44
	II. Résultats de la calibration du pois chiche en monoculture.....	45
1.	Évaluation de la calibration du pois chiche en monoculture.....	45
1.1.	Indice de surface foliaire.....	45
1.2.	1.2.Profondeur racinaire.....	45
1.3.	Biomasse aérienne et azote absorbé (masec, et QNplante)	46

1.4. Variables du sol	48
1.5. Les variables de rendement (chargefruit, mafruit)	49
III. Résultats de la simulation du blé dur en association	50
.....	53
Discussion	54
1. Qualité de la calibration du modèle	55
2. Robustesse du modèle et perspectives.....	57
Conclusion	60
Referances bibliographiques	62
Annexes	70

Résumé

Face aux défis du changement climatique et à la raréfaction des ressources, l'optimisation des systèmes de culture est essentielle pour garantir la durabilité de l'agriculture. Afin de mieux comprendre les relations complexes qui les régissent, la modélisation des systèmes de culture apparaît comme un outil indispensable. Cette étude examine les systèmes de culture en zones semi-arides, en se concentrant sur la performance agro-environnementale des systèmes de rotation légumineuses-céréales dans le contexte du changement climatique. L'objectif de ce travail est de calibrer la nouvelle version du modèle STICS afin de simuler le blé dur et le pois chiche en monoculture et en association, tout en évaluant la robustesse du modèle pour différentes variables. La calibration utilise les données de quatre campagnes agricoles. Les résultats obtenus ont montré une précision prédictive modérée à élevée pour le blé dur en monoculture, pour des variables clés telles que l'Indice de Surface Foliaire (LAI) avec une efficacité de modèle (EF) de 0,591, la biomasse sèche (Masec) avec un EF de 0,783, et la profondeur racinaire (Zrac) avec un EF de 0,706. Pour la simulation du blé dur en association, la biomasse sèche (Masec) a montré un EF de 0,34. En revanche, pour le pois chiche en monoculture, l'Indice de Surface Foliaire (LAI) et la biomasse sèche (Masec) ont été mal reproduits par le modèle, avec une faible efficacité. Cependant, la profondeur racinaire (Zrac) a montré une efficacité de modèle (EF) acceptable de 0,371. Néanmoins, les performances du modèle étaient modérées à fortes pour la simulation de l'azote absorbé par plante (Qnplante), tant pour le blé dur que pour le pois chiche, en monoculture comme en association (blé-pois chiche). En conclusion, cette étude souligne l'utilité du modèle STICS pour simuler les systèmes de culture en monoculture et en association, tout en identifiant des pistes d'amélioration pour certaines variables, dans le but d'optimiser la gestion des systèmes de culture en zones semi-arides.

Abstract

Faced with the challenges of climate change and resource scarcity, optimizing cropping systems is essential to ensure agricultural sustainability. To better understand the complex relationships governing these systems, crop modeling emerges as an indispensable tool. This study examines cropping systems in semi-arid regions, focusing on the agro-environmental performance of legume-cereal rotation systems in the context of climate change. The objective of this work is to calibrate the new version of the STICS model to simulate durum wheat and chickpea in monoculture and intercropping while assessing the model's robustness for various variables. Calibration uses data from four agricultural seasons. The results showed moderate to high predictive accuracy for durum wheat in monoculture, with key variables such as Leaf Area Index (LAI) achieving a model efficiency (EF) of 0.591, dry biomass (Masec) with an EF of 0.783, and root depth (Zrac) with an EF of 0.706. For durum wheat in intercropping, dry biomass (Masec) achieved an EF of 0.34. In contrast, for chickpea in monoculture, the Leaf Area Index (LAI) and dry biomass (Masec) were poorly reproduced by the model, with low efficiency. However, root depth (Zrac) demonstrated an acceptable model efficiency (EF) of 0.371. Nevertheless, the model's performance was moderate to strong for simulating nitrogen uptake per plant (Qnplante) for both durum wheat and chickpea, in monoculture and intercropping (wheat-chickpea). In conclusion, this study highlights the usefulness of the STICS model for simulating monoculture and intercropping systems while identifying areas for improvement for certain variables, aiming to optimize cropping system management in semi-arid regions.

الملخص

في مواجهة تحديات التغير المناخي وندرة الموارد، تُعدّ تحسين نظم الزراعة أمرًا ضروريًا لضمان استدامة الزراعة. ولتعميق فهم العلاقات المعقدة التي تحكم هذه النظم، تظهر النمذجة الزراعية كأداة لا غنى عنها. تدرس هذه الدراسة النظم الزراعية في المناطق شبه القاحلة، مع التركيز على الأداء الزراعي والبيئي لنظم تناوب البقوليات والحبوب في سياق التغير لمحاكاة القمح الصلب والحمص في الزراعة STICS المناخي. يهدف هذا العمل إلى معايرة النسخة الجديدة من نموذج الأحادية والزراعة المشتركة، مع تقييم قوة النموذج لعدة متغيرات. تم استخدام بيانات من أربع مواسم زراعية للمعايرة. أظهرت النتائج دقة تنبؤية تتراوح بين معتدلة وعالية للقمح الصلب في الزراعة الأحادية، حيث حققت مؤشرات رئيسية مثل قدرها EF كفاءة (Masec) بلغت 0.591، والكتلة الحيوية الجافة (EF) كفاءة نموذج (LAI) مؤشر المساحة الورقية قدرها 0.706. بالنسبة لمحاكاة القمح الصلب في الزراعة المشتركة، حققت EF كفاءة (Zrac) 0.783، وعمق الجذور بلغت 0.34. على العكس، بالنسبة للحمص في الزراعة الأحادية، كان أداء EF كفاءة (Masec) الكتلة الحيوية الجافة ، حيث أظهرت كفاءة (Masec) والكتلة الحيوية الجافة (LAI) النموذج ضعيفاً في محاكاة مؤشر المساحة الورقية كفاءة نموذجية مقبولة بلغت 0.371. علاوة على ذلك، كانت كفاءة (Zrac) منخفضة. ومع ذلك، أظهر عمق الجذور ، سواء للقمح الصلب أو الحمص، (Qnplante) النموذج معتدلة إلى قوية في محاكاة كمية النيتروجين الممتص لكل نبات لمحاكاة نظم STICS في الزراعة الأحادية أو المشتركة (قمح-حمص). في الختام، تُبرز هذه الدراسة فائدة نموذج الزراعة الأحادية والمشاركة، مع تحديد مجالات للتحسين لبعض المتغيرات، بهدف تحسين إدارة النظم الزراعية في المناطق شبه القاحلة.