



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Ecole Nationale Supérieure Agronomique

المدرسة الوطنية العليا للفلاحة

Département: Productions végétales

قسم الإنتاج النباتي

Spécialité : Ressources génétique et amélioration
des production végétales

تخصص موارد وراثية وتحسين النبات

Mémoire De Fin D'études

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

THEME

Calibration et validation du model STICS sur le système de culture en association pois
chiche-blé dur en zone de production céréalière semi-aride.

Réalisé par : M^{lle} AIT OUKLI Ferial.

Soutenu le : 10/12/2023

Devant le jury composé de :

- **Président** : M.HADDAD Benalia MCA, ENSA
- **Promoteur** : M. LATATI Mourad Professeur, ENSA
- **Co-promoteur** : M. KHERIF Omar Maitre de recherche, UDGC (ITGC), Alger
- **Examineur**: M.HARTANI Tarik Professeur, ENSA

Promotion 2018/2023

TABLE DES MATIERES

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I. Généralité sur les cultures étudiées

1 Les céréales.....	3
1.1 Le blé dur (<i>Triticum durum</i>).....	3
1.2 Stades phénologique du blé dur (<i>Triticum durum</i>).....	4
1.3 Blé dans le monde et en Algérie.....	6
2 Les légumineuses.....	7
2.1 Le Pois chiche (<i>Cicer arietinum</i>)	7
2.2 Stades phenologique pois chiche (<i>Cicer arietinum</i>)	8
2.3 Pois chiche dans le monde et en Algérie	10
3 Zones de production du blé et du pois chiche en Algérie.....	10

Chapitre II. Association culturales

1 Définition de l'association culturales	13
2 Choix des cultures à associé	13
3 Associations céréales légumineuses	13
4 Typologie des associations	14
5 Avantages et inconvénient de l'association.....	15

Chapitre III. Modélisation et modèle de culture STICS

1 Définition de la modélisation	16
2 Typologie des modèles	16
3 Définition des modèles de culture et intérêts.....	17
4 Exemples de modèles	17

5	Modèle de culture STICS	18
5.1	Présentation du système et des processus simulé.....	18
5.2	Particularités de STICS	19
5.3	Modules.....	19
5.3.1	Module phénologie	20
5.3.2	Module croissance aérienne.....	21
5.3.3	Module de l'élaboration du rendement.....	21
5.3.4	Module croissance racinaire	22
5.3.5	Module transfert d'eau, nitrates et de la chaleur.....	22
5.3.6	Module bilan azoté.....	22
5.3.7	Module bilan hydrique.....	23
5.3.8	Module microclimat.....	23
5.3.9	Module gestion technique.....	23
5.4	Options du modèle	25
5.5	Fonctionnement du modèle	25
5.5.1	Paramétrisation	25
5.5.2	Simulation.....	25
5.5.3	Introduction des données observé et évaluation du modèle.....	26
5.5.4	Calibration du modèle.....	27
5.5.5	Validation.....	28
5.6	Adaptation de la modélisation pour la simulation de l'association culturale.....	28
5.7	Adaptation du model STICS pour la simulation de l'association	30
5.8	Application spatiale du modèle STICS	31

MATERIEL ET METHODES

1	Contexte et objectif du travail	32
2	Matériel végétale utilisé.....	32

3	Site expérimentale et Caractéristiques climatiques	33
4	Dispositif expérimentale.....	35
5	Itinéraire technique.....	37
5.1	Travail du sol.....	37
5.2	Semis.....	37
5.3	Fertilisation azoté.....	37
6	Paramètres mesurés	38
7	Description de la base de données utilisée et introduction des données dans STICS	39
8	Paramétrisation des fichiers d'entrées	40
9	Simulation.....	42
10	Calibration.....	44
10.1	Base de travail et choix des données utilisée pour la calibration	44
10.2	Méthodologie utilisé pour la calibration	44
10.3	Outils d'optimisation optimiSTICS	45
10.3.1	Différence entre les étapes d'optimisation selon le type de culture.....	46
11	Evaluation et validation	46

RESULTATS ET DISCUSSION

1	Evaluation initiale.....	49
2	Evaluation des résultats de la calibration pour les différentes variables	50
2.1	Indice de surface foliaire	50
2.2	Profondeur racinaire.....	52
2.3	Stock d'eau du sol	53
2.4	Biomasse aérienne sèche.....	55
2.5	Azote absorbé par la plante	57
2.6	Hauteur.....	59
2.7	Biomasse aérienne fraîche.....	61

2.8	Stock d'azote du sol	62
2.9	Rendement.....	63
3	Evaluation des résultats de validation	64
3.1	Variables validées	64
3.1.1	Stock d'eau du sol.....	64
3.1.2	Hauteur.....	66
3.1.3	Biomasse aeriene fraiche	68
3.2	Variable non validés.....	69
1	Qualité de la calibration pluriannuelle du blé dur cultivé en monoculture	71
2	Qualité de la calibration pluriannuelle du blé dur cultivé en association.....	73
3	Qualité de la calibration pluriannuelle du pois chiche cultivé en monoculture.....	74
4	Qualité de la calibration pluriannuelle du pois chiche cultivé en association	75
5	Validation	77
6	Qualités de la simulation des trois modalités d'azote chez les différente modalités de cultures et pour les différentes variables (calibration et validation)	78
	Conclusion.....	80
	Références bibliographiques.....	81
	Annexes.....	91

Résumé

Les systèmes de culture associés céréales légumineuses possèdent plusieurs avantages et permettent d'améliorer la production et d'assurer sa durabilité. Afin de comprendre les relations complexes dans ce système, la modélisation des systèmes de cultures constitue un enjeu majeur. L'objectif de notre étude est d'utiliser le modèle STICS et les fichiers calibrés par Kherif et al., 2022 pour évaluer et valider le modèle pour la simulation des neuf variables étudiées dont deux sont liées au sol et sept liées au végétal, et ce durant le cycle du blé dur et du pois chiche cultivés en monoculture et en association, dans l'étage bioclimatique semi-aride plus précisément au niveau de la station de l'ITGC de la wilaya de Sétif conduit en pluviale et soumis à trois doses d'azote différentes. Cependant, les résultats de l'évaluation initiale ont nécessité une re-calibration pour améliorer la simulation du modèle en utilisant les données de trois campagnes agricoles 2018/2019, 2019/2020 et 2020/2021. Les résultats obtenus étaient satisfaisants pour la majorité des variables chez les monocultures et les cultures associées. En effet, le modèle a présenté de bons résultats pour la majorité des variables liées au végétal telles que l'indice de surface foliaire (LAI), la biomasse aérienne sèche (Masec) et la profondeur racinaire (Zrac) ($0.6 < EF < 0.74$). Pour les variables liées au sol, l'humidité (Resmes) a été très bien reproduite par le modèle avec des efficacités élevées $0.75 < EF < 0.881$, par contre l'azote du sol (Azomes) a été mal reproduit par le modèle avec des efficacités faibles $-0.8 < EF < -0.49$ et des erreurs très élevées $NRMSE > 107.479\%$. Par ailleurs, afin d'assurer la fiabilité des résultats obtenus, une validation a été effectuée en évaluant le modèle sur de nouvelles données d'une autre campagne 2021/2022. Les résultats obtenus ont démontré que le modèle a pu être validé pour trois variables dont deux sont liées au végétal représentées par la biomasse fraîche (Mafrais) et la hauteur des plants ($0.75 < EF < 0.881$) avec de faibles erreurs $13.992\% < NRMSE < 25.786\%$ et une variable liée au sol qui consiste à l'humidité (Resmes). Cette dernière a présenté une excellente efficacité ($0.886 < EF < 0.955$) et des erreurs faibles $11.342\% < NRMSE < 16.101\%$. Enfin, selon les résultats obtenus à partir de la calibration et de la validation, on a remarqué que les doses d'azote n'affectent pas la simulation du modèle pour les différentes variables.

Abstract

The associated cereal legume cropping systems have several advantages and improve production and ensure its sustainability. In order to understand the complex relationships in this system, the modeling of crop systems is a major issue. The objective of our study is to use the STICS model and the files calibrated by Kherif et al., 2022 to evaluate and validate the model for the simulation of the nine variables studied, two of which are linked to the soil and seven are related to the plant, during the cycle of durum wheat and chickpeas grown in monoculture and in intercropping, in the semi-arid bioclimatic stage more precisely at the ITGC station of the district of Sétif conducted in rainfed conditions and subjected to three different doses of nitrogen. However, the results of the initial evaluation required a re-calibration to improve the model simulation using data from three cropping seasons 2018/2019, 2019/2020 and 2020/2021. The results obtained were satisfactory for the majority of variables in monoculture and intercropping. Indeed, the model presented good results for the majority of variable related to the plant such as the leaf area index (LAI), dry aerial biomass (Masec) and root depth (Zrac) ($0.6 < EF < 0.74$). For soil related variables the humidity (Resmes) was very well reproduced by the model with high efficiencies $0.75 < EF < 0.881$, on the other hand, the soil nitrogen (Azomes) was reproduced by the model with low efficiencies $-0.8 < EF < -0.49$ and very high errors $NRMSE > 107.479\%$. In addition, to ensure the reliability of the results obtained, a validation was carried out by evaluating the model on new data from another cropping season 2021/2022. The results obtained showed that the model could be validated for three variables, two of which are related to the plant represented by fresh aerial biomass (Mafrais) and plant height (Hauteur) ($0.75 < EF < 0.881$) with low errors $13.992\% < NRMSE < 25.786\%$ and one is soil-related which consists of moisture (Resmes), the latter has excellent efficiency ($0.886 < EF < 0.955$) and low errors $11.342\% < NRMSE < 16.101\%$. Finally, according to the results obtained the calibration and validation it was noticed that the nitrogen doses do not affect the simulation of the model for the different variables.

ملخص

تتمتع أنظمة زراعة البينية حبوب – بقوليات بعدة مزايا وتحسن الإنتاج وتكفل استدامته. من أجل فهم العلاقات المعقدة في هذا النظام، فإن نمذجة أنظمة المحاصيل هي قضية رئيسية. الهدف من دراستنا هو استخدام نموذج STICS والملفات المعاييرة بواسطة Kherif et al., 2022 لتقييم والتحقق من صحة نموذج محاكاة المتغيرات التسعة المدروسة، اثنان منها مرتبطان بالتربة وسبعة مرتبطان بالنبات، أثناء دورة القمح الصلب والحمص المزروعين في الزراعة الأحادية وفي الزراعة البينية، في المناخ شبه الجاف بشكل أدق في محطة ITGC في منطقة سطيف التي أجريت في الظروف الممطرة وكميات مختلفة من النيتروجين. ومع ذلك، تطلبت نتائج التقييم الأولي إعادة المعاييرة لتحسين محاكاة النموذج باستخدام بيانات من ثلاثة مواسم زراعية 2019/2018 و2020/2019 و2021/2020. وكانت النتائج التي تم الحصول عليها مرضية بالنسبة لغالبية المتغيرات في الزراعة الأحادية والبينية، وفي الواقع، قدم النموذج نتائج جيدة لمعظم المتغيرات المتعلقة بالنبات مثل مؤشر مساحة الأوراق (LAI)، والكتلة الحيوية الجوية الجافة (Masec)، وعمق الجذر (Zrac) ($0.6 < EF < 0.74$) بالنسبة للمتغيرات المتعلقة بالتربة، تم استنساخ الرطوبة (Resmes) بشكل جيد جداً بواسطة النموذج بكفاءات عالية $0.75 < EF < 0.881$ ، من ناحية أخرى، تم إعادة إنتاج نيتروجين التربة (Azomes) بواسطة النموذج بكفاءات منخفضة $-0.8 < EF < -0.49$. وأخطاء عالية جداً $NRMSE > 107,479\%$. بالإضافة إلى ذلك، لضمان موثوقية النتائج التي تم الحصول عليها، تم إجراء التحقق من صحة النموذج من خلال تقييم البيانات الجديدة من موسم زراعي آخر 2022/2021. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أنه يمكن التحقق من صحة النموذج لثلاثة متغيرات، اثنان منها مرتبطان بالنبات ممثلين بالكتلة الحيوية الجوية الطازجة (Mafrais) وارتفاع النبات (Hauteur) ($0.75 < EF < 0.881$) مع أخطاء منخفضة $13.992\% < NRMSE < 25.786\%$ وواحد متعلق بالتربة يتمثل في الرطوبة (Resmes) قدم الأخير كفاءة ممتازة ($0.886 < EF < 0.955$) مع أخطاء منخفضة $11.342\% < NRMSE < 16.101\%$. أخيراً، وفقاً للنتائج التي تم الحصول عليها من المعاييرة والتحقق من الصحة، لوحظ أن جرعات النيتروجين لا تؤثر على محاكاة النموذج للمتغيرات المختلفة.