



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج

Université Mohammed El Bachir El Ibrahimi B.B.A

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم الفلاحية

Département des Sciences Agronomiques

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Amélioration de plantes

Intitulé :

Etude de l'effet de changement climatique sur céréalicultures dans la zone Semi-aride

Présenté par :

Ben Akmoume Siham & Bouatta manel

Soutenu le 25 /06/ 2023, Devant le Jury :

	Nom & Prénom	Grade	Affiliation / institution
Présidente :	Mme. Chourgal.N	Mpolar CA.	Faculté SNV-STU, Univ. de B.B.A.
Encadrante :	Mme. MAAMRI Khelifa	MCB.	Faculté SNV-STU Univ. de B.B.A.
Examinatrice :	Mme. Belguerri.H	MCB.	Faculté SNV-STU, Univ. de B.B.A.

Année Universitaire 2022/2023

Remerciement :

Remerciements Tout d'abord Nous tenons à remercier Allah tout puissant de nous avoir accordé la force, le Courage et les moyens pour accomplir ce modeste travail.

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui Nous voudrions témoigner toute nos gratitudes.

Nous voudrions dans un premier temps remercier, notre promoteur, Monsieur Khalifa Maamri, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, pour les efforts qu'il déploie.

Nous tenons à remercier le professeur Bouregaa Tarek Pour les informations qu'il nous a fournies.

Nous remercions tous les enseignants qui nous ont aidés dans l'étude.

Nous n'oublions pas non plus nos pères qui ont travaillé dur avec nous, que Dieu les protège.

Merci

Dédicace

Je dédie ce mémoire:

*A mes chers parents mon père ABD EL HAK et ma mère
FIROZE.*

*Pour leur patience, leur amour, leur soutien et leurs
encouragements.*

A mes frères : Saïd, Wahid et leur fils (Lodjaine, Lina)

*A Mes sœurs : Omayma, Hanane et leur enfant (Abdo,
Adam, Anas).*

A mon fiancé : Saïdd el Dine.

A ma cousine : Hada.

A mes amies : Manal, Ranya, Soriya.

*A mes meilleurs amies, merci pour les très bons moments
qu'on avait partagé ensemble.*

SIHAM BEN AKMOUM

Dédicace

Je dédie ce travail:

A mes chers parents mon père Abdellah et ma mère Hafida.

Pour leur patience, leur amour, leur soutien et

Leurs encouragements.

*A Mes frères : Abdéslam, Abdérahime, Abdélmoumen et
Abdeldjalil.*

A Ma sœurs : Amina.

A Mes amies : Siham, Hanane, Amel.

A Mon fiancé : Sadam.

*A mes meilleurs amies, merci pour les très bons moments
qu'on avait partagé ensemble.*

Manel

Liste des figures :

Figure01 : Températures mensuelles de la région d'étude (Décembre 2021 à Juin 2022).....	8
Figure02 : Les précipitations mensuelles de la région d'étude.....	9
Figure03: Evapotranspiration potentielle dans la région d'étude	18
Figure04: Valeur moyenne du rendement simulé et observé de blé dur.....	19
Figure 05: Valeur moyenne du rendement simulé et observé de blé tendre.....	21
Figure 06: Valeur moyenne de rendement simulé et observé de l'orge.....	22
Figure 07: Relation entre le rendement simulé et observé.....	23
Figure 08 : Relation entre le rendement et la biomasse (simulé).....	24
Figure 09: Relation entre le rendement et l'indice de récolte (simulé).....	24
Figure 10 : Relation entre la biomasse et l'indice de récolte (simulé).....	25
Figure 11 : Prévision des rendements futurs simulée aux horizons 2030 et 2050.....	26

Liste des tableaux :

Tableau 01: Températures (C°)enregistrées dans wilaya de B.B.A. (2021/2022)	6
Tableau 02: Répartition mensuelle des précipitations (station météorologique de Bordj Bou Arreridj,Boumergued,(2021/2022)7	
Tableau 03: répartition journaliers des Evapotranspiration de référence (ET0) (CROPWAT 8.0) (2021/ 2022)	108
Tableau 04: Valeurs des paramètres utilisés pour l'évaluation du modèle	16
Tableau05 Relations entre les paramètres simulés	19

Liste des photos :

Photos 01: Localisation du site expérimental.....6

Photo 02 : Interface graphique du modèle AQUACROP.....12

Photo03 : Données d'entrées et sorties d'AQUACROP.....14

Liste des abréviations :

% : Pourcentage.

BBA : Bordj Bou Arreridj.

C° : degré Celsius.

CCkP : Climat Change Knowledge Portal.

Cm : Centimètre.

CO₂ : dioxyde de carbone.

D : Indice d'agrément.

ETo : Evapotranspiration de référence.

FAO: Food and Agriculture Organization.

HR : Humidité relative.

IR : Indice de récolte.

ITGC : Institut Technique des Grandes Cultures.

Km: kilometers.

Mm: millimeter.

RMSE: Rootmean square error.

T max : température maximal.

T min : température minimale.

T moy : température moyenne.

Tx : Température maximale.

V : Vitesse du vent.

θ_{sat} : teneurs en eau du sol à saturation.

Sommaire :

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des Potos

Liste des abréviations

Introduction générale.....2

Chapitre I : Matériels et Méthodes

I 1.Description du site expérimental.....6

I.2.Caractéristiques pédoclimatiques.....6

a)Sol6

b) Climat.....7

c)Température.....7

d) Précipitation.....8

I.3. Matériel végétal utilisé10

I. 4.Le modèle AQUACROP.....11

4.1. Modules d'entrées.....11

4.2. Les sorties du modèle.....14

4.3. Evaluation du modèle.....15

Chapitre II : Résultats et discussion.

II.1. Conditions édapho-climatique18

1. Evapotranspiration.....18

II.2. Résultats de la simulation.....18

II.2.1. Evaluation des résultats de simulation du rendement.....18

II.2.1.1. Blé dur18

II.2.1.2. Blé tendre.....20

II.2.1.3.L'orge.....21

II 3. Les relations entre les paramètres simulé.....23

II.5.Prévision des rendements futures25

Conclusion.....	29
Références bibliographies	
Annexe	
Résumé	



INTRODUCTION

Introduction :

Les céréales jouent un rôle crucial dans l'alimentation de nombreux pays à travers le monde. Leur production est principalement destinée à la consommation locale ou au marché intérieur, avec seulement environ 10 % de la production mondiale étant commercialisée sur le marché international (**Abdelkader, 2009**). La demande de céréales devrait augmenter à l'avenir, en raison de la croissance démographique mondiale. En effet, on estime que la population mondiale atteindra environ 9,6 milliards de personnes d'ici 2050 (**USDA, 2014**).

En Algérie, les cultures céréalières revêtent une grande importance d'un point de vue agronomique, socio-économique et culturel. En effet, les céréales occupent la plus grande superficie agricole cultivée dans le pays et constituent l'aliment de base de la population algérienne (**Kourat, 2020**). De plus, une grande partie des terres agricoles dans les régions semi-arides est dédiée aux cultures céréalières, avec une superficie totale d'environ 7,6 millions d'hectares. Parmi ces cultures, le blé dur occupe une superficie considérable d'environ un million d'hectares, mais la production est caractérisée par une grande variation et les rendements à l'hectare demeurent faibles (**Benmohamed, 1998**). La production algérienne de céréales pour la campagne 2021/2022 s'élève à 41 millions de quintaux. (Céréales, 2022)

Malgré l'ampleur des terres cultivées en céréales, la production céréalière en Algérie demeure insuffisante et ne représente qu'un quart des besoins annuels de consommation, estimés à 80 millions de quintaux. Le déficit de production, estimé à 75 %, est comblé par des importations. Pour la saison 2016/2017, les importations de blé ont atteint 1,7 million de tonnes, représentant une facture de 578 millions de dollars américains.

Actuellement, la communauté scientifique aborde la problématique du changement climatique et de ses impacts sur la planète, notamment sur les cultures céréalières. Les chercheurs s'intéressent aux causes et aux conséquences de ce phénomène qui représente une véritable menace pour le secteur agricole. En effet, le climat de la Terre subit des variations naturelles dans ses paramètres tels que la température, les précipitations, l'humidité, etc. (**CCKP, 2022**)

L'impact des changements climatiques sur l'agriculture a été étudié dans plusieurs recherches récentes, telles que celles menées par **Mendelson (1994)** et **Pradeep Kurukulasuriya (2006)**. Dans les régions où le climat est favorable, une augmentation modérée des températures peut offrir de nouvelles opportunités pour la culture et la croissance des récoltes. Cependant, au-delà d'un certain seuil, la pénurie de ressources en eau et l'allongement de la saison sèche entraînent des coûts importants pour les agriculteurs. Ces facteurs limitent la productivité et peuvent avoir des conséquences néfastes sur les rendements agricoles. (**G.I.E.C, 2007**)

L'agriculture est sensible aux variations des effets climatiques. Des températures plus élevées diminuent les rendements des cultures tout en entraînant une prolifération des mauvaises herbes et des parasites. La modification des régimes de précipitations augmente la probabilité de mauvaises récoltes à court terme et d'une baisse de la production à long terme. Bien que certaines régions du monde puissent enregistrer une amélioration de quelques-unes de leurs cultures, le changement climatique aura généralement des impacts négatifs sur l'agriculture et menacera la sécurité alimentaire au niveau mondial. **(Enright, 2001)**

Plusieurs approches sont utilisées pour quantifier l'impact du changement climatiques sur les cultures, entre autre l'approche de modélisation qui est basée sur l'utilisation des modèles de culture (APSIM, DSSAT, CERES...etc.) en utilisant comme input, les données climatiques futures issues des modèles de circulation générale (MCG).

Pour comprendre comment optimiser les rendements des cultures céréalières, en prenant en compte les contraintes liées à la disponibilité en eau et aux conditions climatiques spécifiques de la région, l'objectif de cette étude est de mettre en œuvre le modèle Aqua-Crop pour simuler le rendement et la biomasse des cultures céréalières clés, à savoir le blé dur, le blé tendre et l'orge, dans la région semi-aride de Bordj Bou Arreridj pendant la campagne agricole 2022-2023. Plus spécifiquement, l'étude vise à comparer les résultats obtenus par simulation avec les données réelles collectées sur le terrain lors d'essais agricoles, afin de valider l'exactitude et la fiabilité du modèle.

Le document est structuré de la manière suivante :

- Introduction : Cette section présente une vue d'ensemble des céréales et de leur importance économique à l'échelle mondiale et en Algérie. Elle aborde également les changements climatiques et leur impact sur l'agronomie, ainsi que les stratégies d'adaptation.
- Chapitre 1 : Ce chapitre est consacré aux matériaux et méthodes utilisés dans l'étude. Il décrit en détail les outils, les techniques et les approches qui ont été utilisés pour mener à bien la recherche.
- Chapitre 2 : Ce chapitre se concentre sur les résultats obtenus et propose une discussion approfondie. Il présente les données et les analyses effectuées, et examine les implications et les conclusions découlant de ces résultats.

Le mémoire se termine par une conclusion qui résume les principales constatations de l'étude et met en évidence leurs implications. Une liste de références est également incluse, répertoriant les sources bibliographiques utilisées pour soutenir le travail de recherche.



MATÉRIEL ET MÉTHODES

Matériel et méthodes

I.1. Description du site expérimental

L'étude a été réalisée dans une exploitation agricole individuelle (EAI) de Mr Benwili Ammar située à la commune d'El Anasser, Bordj Bou Arreridj à proximité de l'hôtel Lina, qui s'étend sur une superficie de 21 h (photos 1). Les coordonnées géographiques du site expérimental sont $36,07377^{\circ}$ N, $4,84103^{\circ}$ E et une altitude de 915 m. Cette région est caractérisée par un climat semi-aride.



Photos 01: Localisation du site expérimental

I.2. Caractéristiques pédoclimatiques

I.2.a) Sol

Le sol dans la région présente une profondeur moyenne, variant entre 40 et 70 centimètres. Il est situé sur une surface plane et contient des cailloux. La texture du sol est principalement fine, avec une composition allant de l'argileux au limono-argileux.

I.2.b) Climat

Le climat de Bordj Bou Arreridj est caractérisé par une interaction de plusieurs facteurs, notamment la température, la pluviométrie, l'humidité, le vent et les gelées. Les données de la station météorologique de B.B.A (Boumergued) indiquent que la région présente un climat de type continental semi-aride, avec des hivers frais et des étés secs et chauds. Ce climat se caractérise par des températures modérées à froides pendant la saison hivernale, tandis que les étés sont marqués par des températures élevées et une faible quantité de précipitations.

I.2. c) Température

La température est un élément écologique crucial qui joue un rôle essentiel en tant que facteur climatique déterminant dans la vie des plantes et des animaux. Elle influence la durée de la période de végétation et constitue un facteur limitant essentiel. La température contrôle l'ensemble des processus métaboliques et conditionne ainsi la répartition des espèces et des communautés vivantes dans la biosphère (**Ramade, 1984**).

Les relevés de température spécifiques à la région de Bordj Bou Arreridj sont regroupés dans le tableau 1. Ces données fournissent des informations précieuses sur les variations de température saisonnières et annuelles dans la région, ce qui est important pour comprendre les conditions climatiques auxquelles les cultures et les écosystèmes locaux sont confrontés.

Tableau 01: Températures (C°)enregistrées dans wilaya de B.B.A. (2021/2022)

mois	T° moy (C°)	T° min	T° max
Décembre	8,8	12,7	3,8
Janvier	7,5	12	0,9
Février	10,4	15,1	3,2
Mars	10,8	14	6
Avril	14,6	19,3	7,6
Mai	21,8	27,1	11,8
Juin	31,4	37,2	20,6

Légende : **T max** :température maximal ; **T min** : température minimale ; **Tmoy** : température moyenne.

La figure 01 présente la variation des moyennes mensuelles de la température de décembre 2021 à juin 2022. On peut observer une fluctuation des températures tout au long de cette période. Le mois de janvier affiche la température moyenne la plus basse, avec une moyenne de 7,9°C. En revanche, le mois de mai enregistre la température moyenne la plus élevée, atteignant une valeur moyenne de 27,2°C. Ces données mettent en évidence les variations saisonnières de la température dans la région étudiée, avec des mois d'hiver plus frais et des mois d'été plus chauds.

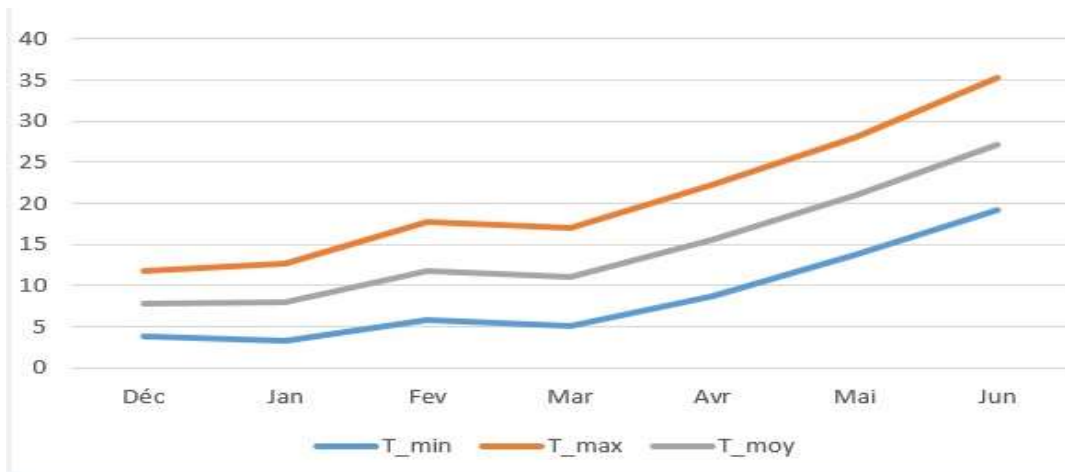


Figure 01: Températures mensuelles de la région d'étude(Décembre 2021 à Juin 2022).

d) Précipitation

Les précipitations jouent un rôle crucial dans l'émergence et la disparition de la végétation. Elles font référence à tous les types de précipitations liquides ou solides qui tombent du ciel, tels que la neige, la pluie et la grêle (**Péguy, 1961**). Dans cette étude, nous nous intéressons principalement à l'évolution mensuelle des précipitations au cours de la période étudiée.

Selon le tableau 2, qui présente la répartition mensuelle des précipitations cumulées de la wilaya de Bordj Bou Arreridj pour l'année 2021/2022, on observe une grande variabilité et une irrégularité par rapport au cycle de culture des céréales. Le mois d'avril enregistre le maximum de précipitations avec 141,47 mm, tandis que le mois de juin affiche un minimum de 0 mm.

Cette variation et cette irrégularité des précipitations peuvent avoir un impact significatif sur les cultures céréalières de la région, notamment en ce qui concerne l'approvisionnement en eau disponible pour les plantes. Il est important de comprendre ces schémas de précipitations afin de mieux planifier et gérer les cultures agricoles dans un contexte semi-aride comme celui de Bordj Bou Arreridj.

Tableau 02: Répartition mensuelle des précipitations (station météorologique de Bordj Bou Arreridj, Boumergued, (2021/ 2022)).

Mois	Dec	jan	fev	mar	avr	mai	jan	total
Mm	23.88	6.61	27.94	48.51	141.47	5.08	0	253.49

La courbe de précipitations dans la région de Bordj Bou Arreridj (figure 02) indique que le mois le plus pluvieux est Avril, tandis que le mois le plus sec est Juin. En Avril, on observe le plus grand cumul de précipitations, avec un total de 141,47 mm enregistré pendant cette période. Ces données mettent en évidence la variation saisonnière des précipitations dans la région, avec une période plus humide au mois d'Avril et une période plus sèche au mois de Juin.

Précipitations à Bordj Bou Arreridj



Figure02 : Les précipitations mensuelles de la région d'étude.

Elle désigne la perte d'eau du sol due à la fois à l'évaporation de sa surface et à la transpiration des feuilles des plantes qui y poussent. Plusieurs facteurs influencent le taux d'évapotranspiration, notamment la quantité de rayonnement solaire, la pression de vapeur atmosphérique, la température, le vent et l'humidité du sol. L'évapotranspiration représente une part importante de la perte d'eau du sol pendant la croissance d'une culture. Il est donc essentiel d'estimer les taux d'évapotranspiration pour la planification des périmètres irrigués (**Rafferty, 2023**).

Dans cette étude, les résultats d'évapotranspiration ont été obtenus à l'aide du modèle CLIMWAT

2.0 FOR CROPWAT (FAO, 3 janv., 2012), qui fournit des données météorologiques spécifiques à la région. Ces informations ont ensuite été introduites dans l'application CROPWAT 8.0 (Gabr, 2021) pour obtenir les valeurs d'évapotranspiration (ET_o).

L'estimation de l'évapotranspiration des cultures est obtenue en fonction de deux facteurs ($ET_c = K_c \times ET_0$) : l'évapotranspiration de la culture de référence (ET₀) et le coefficient de la culture (K_c).

Tableau 03: Répartition journaliers des Evapotranspiration de référence (ET₀) (CROPWAT 8.0) (2021/ 2022).

Mois	Déc	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin
ET ₀	0.8	0.8	1.6	2.3	3.6	4.4	5.7

I.3. Matériel végétal utilisé

Dans cette étude expérimentale, le comportement de trois espèces céréalières, à savoir le blé dur, le blé tendre et l'orge, a été étudié selon un itinéraire technique conventionnel.

Le blé, l'une des premières espèces cultivées par l'humanité (OUDJANI, 2009), est une plante herbacée monocotylédone appartenant au genre *Triticum* de la famille des Graminées (Bengriche, 2017). Les deux principales espèces qui dominent actuellement la production sont le blé tendre et le blé dur.

La variété de blé dur utilisée est appelée Simeto. C'est une variété sélectionnée, de maturité intermédiaire. Les grains ont un poids moyen de mille grains de 39,4 grammes et ont une couleur jaune clair. L'épi de la plante est blanc avec une barbe noir-grise, il est long, robuste et présente un tallage important. La hauteur moyenne de la plante est comprise entre 90 et 100 centimètres. La variété SIMETO est résistante à la sécheresse, au froid et aux maladies fongiques. Elle est recommandée pour les zones arides, semi-arides et intermédiaires.

En ce qui concerne le blé tendre ou froment, il s'agit d'une espèce de plante monocotylédone de la famille des Poaceae (graminées), sous-famille des Pooideae. Elle a été domestiquée il y a environ 6 000 ans au Proche-Orient et est actuellement la variété de blé la plus cultivée dans le monde, tant en termes de surface que de tonnage (ITGC, 2016).

Dans notre étude, nous avons semé la variété HD1220, qui se caractérise par une phase d'épiaison précoce, une hauteur de tige moyenne, une résistance modérée à la verse et à l'échaudage, ainsi

qu'une bonne extensibilité et élasticité. Le poids moyen de mille grains est de 39 grammes (Mexique, 1980).

En ce qui concerne l'orge, la variété locale étudiée est appelée Tichedrette. Elle se caractérise par une paille de hauteur moyenne, une maturité précoce, un tallage moyen, une bonne productivité et une rusticité (RAHMOUNI, 2016).

Le travail conventionnel sur les parcelles expérimentales a été réalisé à l'aide d'une charrue à disques, d'un cover-crop et d'une herse. Le semis a été effectué à l'aide d'un semoir en lignes conventionnel avec un espacement de 20 cm entre les rangs. L'expérimentation a été mise en place le 28 décembre 2021.

Le modèle AQUACROP

AQUACROP est un modèle de simulation avancé développé par la FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture) pour étudier la croissance des cultures et ses interactions avec l'environnement et la gestion agricole. Ce modèle a été créé pour faire face aux problèmes de sécurité alimentaire en analysant l'effet de l'environnement et de la gestion sur la production agricole. (Araya A., 2010)

Le modèle AQUACROP est accessible gratuitement sur le site de la FAO, où plusieurs versions sont disponibles. Pour notre étude, nous avons utilisé la version AQUACROP (mai 2018) afin de simuler la croissance des cultures céréalières dans la région étudiée.

L'objectif principal de ce modèle est d'établir une relation entre le rendement des cultures et leur consommation en eau, en se basant sur les données fournies par l'utilisateur. AQUACROP intègre des paramètres tels que les caractéristiques de la culture, les données météorologiques, les propriétés du sol et les pratiques de gestion agricole pour estimer les rendements et les besoins en eau des cultures.

1. Modules d'entrées

AQUACROP est conçu de manière à utiliser un nombre limité de paramètres explicites et de variables d'entrée. Les données nécessaires sont fournies dans des fichiers spécifiques (figure 3) :

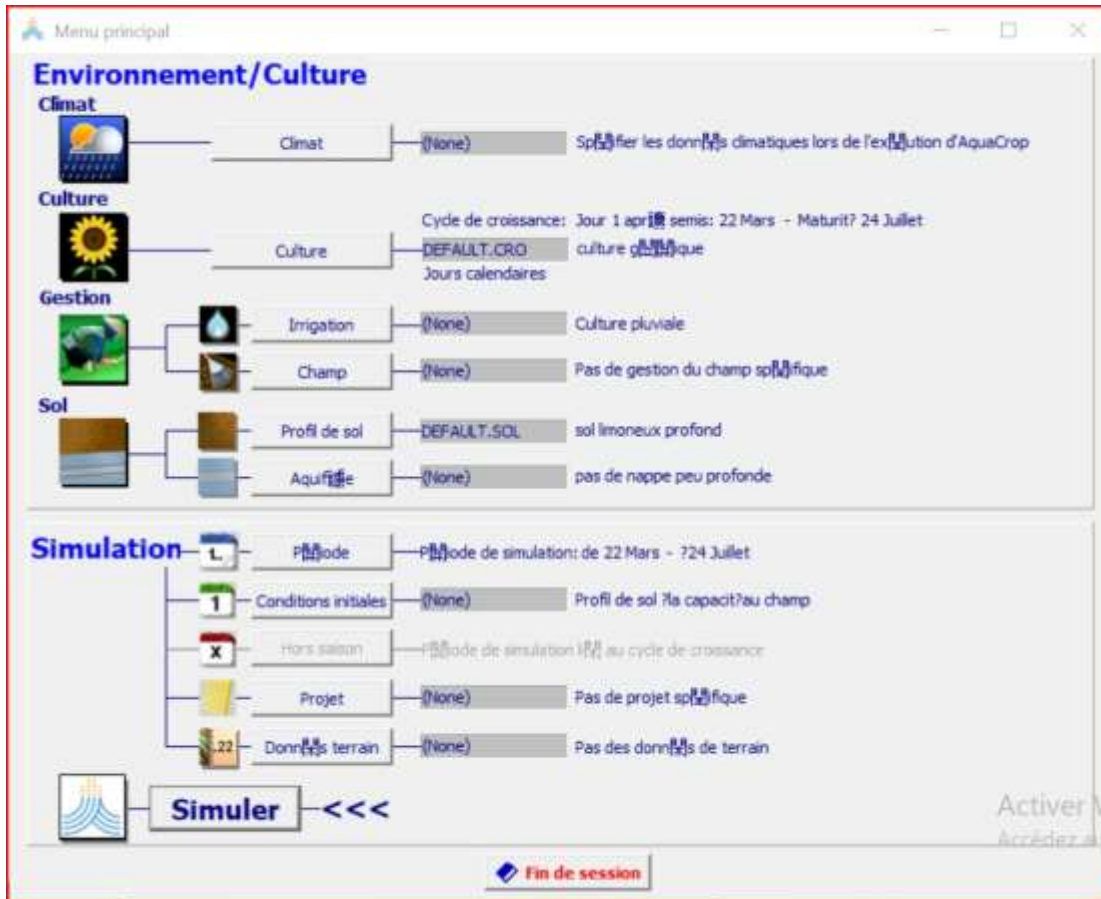


Photo 02 : Interface graphique du modèle AQUACROP

(Source : Manuel d'utilisation AQUACROP)

Climat: Les caractéristiques climatiques telles que les températures minimales et maximales, les précipitations, l'évapotranspiration de référence et la concentration en dioxyde de carbone (CO₂) sont sélectionnées (figure 3). L'équation permettant de calculer l'ET₀ (évapotranspiration de référence) à l'aide du logiciel CROPWAT 8.0 est basée sur plusieurs variables météorologiques. Voici les principales variables nécessaires pour effectuer le calcul de manière explicite

Température maximale (Tx) : Il s'agit de la température la plus élevée enregistrée pendant une journée donnée, généralement mesurée en degrés Celsius (°C).

Température minimale (Tn) : Il s'agit de la température la plus basse enregistrée pendant une journée donnée, également mesurée en degrés Celsius (°C).

Humidité relative (HR) : C'est le pourcentage d'humidité présente dans l'air par rapport à la quantité maximale d'humidité qu'il peut contenir à une température donnée. Elle est exprimée en pourcentage (%).

Radiation solaire : Il s'agit de la quantité d'énergie solaire reçue à la surface terrestre pendant une journée donnée. Elle est généralement mesurée en mégajoules par mètre carré (MJ/m^2) ou en watts par mètre carré (W/m^2).

Vitesse du vent à une hauteur de 2 mètres (V_2) : C'est la vitesse du vent mesurée à une hauteur de 2 mètres au-dessus de la surface. Elle est généralement exprimée en mètres par seconde (m/s) ou en kilomètres par heure (km/h).

Les données climatiques (températures maximales, minimales et précipitation) de la campagne agricole 2021-2022 ont été extraites à partir du : Station météorologique Boumargade de Bordj Bou Arreridj (température et précipitation). (**Station métrologique boumargade, 2021/2022**)

Culture : Le module "Culture" d'AQUACROP comprend toutes les caractéristiques spécifiques de la culture étudiée. Cela inclut des paramètres tels que la durée de la floraison, la période de maturité, l'expansion de la couverture végétale, la profondeur d'enracinement, etc. (figure 3)

Dans ce module, l'utilisateur peut avoir besoin de calibrer ou d'ajuster certains de ces paramètres en fonction des spécificités de la culture étudiée et des conditions locales. Par exemple, la durée de la floraison peut varier d'une variété à l'autre, et il peut être nécessaire d'ajuster ce paramètre pour correspondre à la variété spécifique utilisée dans l'étude. De même, la profondeur d'enracinement peut être influencée par les caractéristiques du sol et les pratiques agricoles, et il peut être nécessaire de l'ajuster en conséquence. (**FAO, 2009**)

Sol : le profil de sol peut comprendre jusqu'à cinq horizons différents de profondeur variable, ayant chacun ses propres caractéristiques physiques. Les caractéristiques hydrauliques considérées sont : la conductivité hydraulique à saturation (K_{sat}), les teneurs en eau du sol à saturation (θ_{sat}), à la capacité de champ (θ_{FC}) et au point de flétrissement permanent (θ_{PWP}). (**Aouade, 2012**)

Le sol présente une profondeur moyenne, s'étendant de 40 à 70 centimètres, et il est situé sur une surface plane composée de cailloux. Sa texture est principalement fine, avec une composition allant de l'argileux à limono-argileux.

Gestion : il y a la gestion d'irrigation, la gestion de parcelle. On peut considérer divers modes d'irrigation dans AQUACROP et des options de niveau de fertilité du sol et des pratiques qui affectent le bilan d'eau du sol. (**Jacovides, 1995**)

2. Les sorties du modèle

Dans le modèle AQUACROP, les résultats sont en pas de temps journaliers dont l'utilisateur peut suivre à travers la simulation, les effets de stress (hydrique, de température, de fertilité et de salinité) sur le développement et la production de la culture, et basculer vers plusieurs affichages, chacune des différentes séries de données de sorties, présentées dans différents dossiers. La simulation se fait en cinq étapes : d'abord la simulation du bilan du sol, puis la simulation du développement de la canopée verte (CC), et la simulation de la transpiration de la culture (Tr), ensuite la simulation de la Biomasse aérienne (B), et enfin la simulation du rendement des cultures (Y) (figure 4). Les résultats de simulation sont enregistrés dans des fichiers de sorties et les données peuvent être présentées en cliquant la commande du menu Simulation. Les données peuvent être regroupées en des données décadaires, mensuelles ou annuelles. (Steduto, 2009)

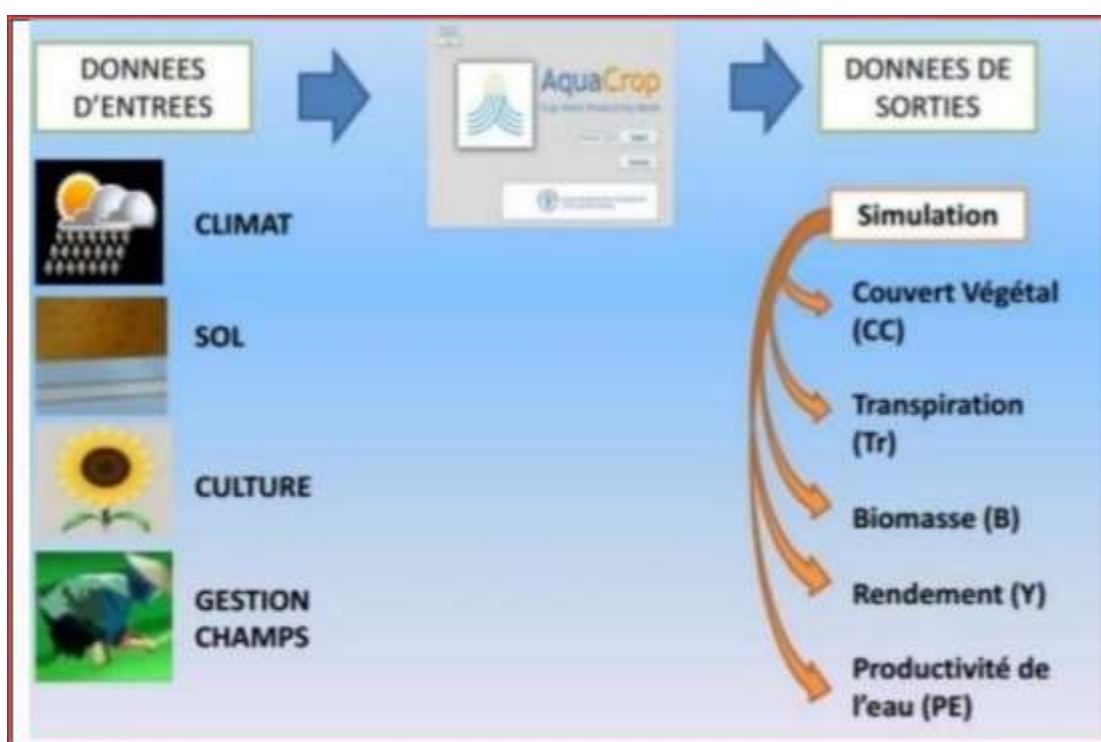


Photo 03 : Données d'entrées et sorties d'AQUACROP.

Source : Manuel d'utilisation AQUACROP

Evaluation du modèle :

La performance du modèle a été évaluée par l'utilisation des paramètres statistiques suivants:

- **AAE** (Average Absolute Error) erreur absolue moyenne entre données simulées et observées, Se calcule par l'équation
$$AAE = \frac{\sum_{i=1}^n |O_i - S_i|}{N}$$

- RMSE** (rootmean square error) la racine de l'erreur quadratique moyenne. **L'RMSE** est l'un des indicateurs statistiques les plus couramment utilisés et mesure l'amplitude moyenne de la différence entre les prédictions et les observations (Kontoyiannis, 2022). Elle varie de 0 à l'infini positif, avec la première montrant une bonne indication et la deuxième, une mauvaise performance du modèle. Un gros avantage de l'erreur quadratique moyenne, c'est qu'il résume la différence moyenne dans les unités de S et O. Cela ne montre pas de distinction entre la sur- et sous-estimation. **(Jacovides, 1995)**

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - S_i)^2}{N}}$$

- L'indice d'agrément (d)** développé par Willmott cherche à améliorer la sensibilité et l'efficacité des corrélations entre les prédictions (P) et les observations (O) pour la validation du modèle. L'indice d'agrément varie entre 0 (mauvais) et 1 (parfait) et s'interprète comme le coefficient de détermination, R^2 . Cet indice est représenté par le ratio entre le Mean Square Error (MSE) et le PotentielError (PE). (d) dont il est question cidessous. **(Krause, 2005)**

d (Willmott's index of agreement) :

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (S_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|S_i - MO| + |O_i - MO|)^2}$$

- PE** est la somme des différences au carré entre les observations et les prédictions et représente la plus grande valeur qui peut être obtenue pour chaque paire modèle observation. L'indice d'agrément est très sensible aux valeurs extrêmes et permet ainsi d'évaluer les prédictions en fonction des écarts importants et non uniquement de la moyenne. **(FAO, 2018)**

Chapitre 02 :

II. Résultats et discussion :

II.1. Conditions édapho-climatique :

1. Evapotranspiration :

Pendant la période de novembre à juin, on observe des variations significatives de l'évapotranspiration. Le mois de juin enregistre la valeur la plus élevée, atteignant 5,7 mm, tandis que le mois de décembre présente la valeur la plus basse, avec seulement 0,8 mm d'évapotranspiration. Ces variations sont principalement influencées par les fluctuations de température enregistrées au cours de ces mois. Les températures plus élevées en juin entraînent une évapotranspiration plus importante, tandis que les températures plus basses en décembre réduisent les besoins en eau des cultures, ce qui se reflète dans les niveaux d'évapotranspiration enregistrés.

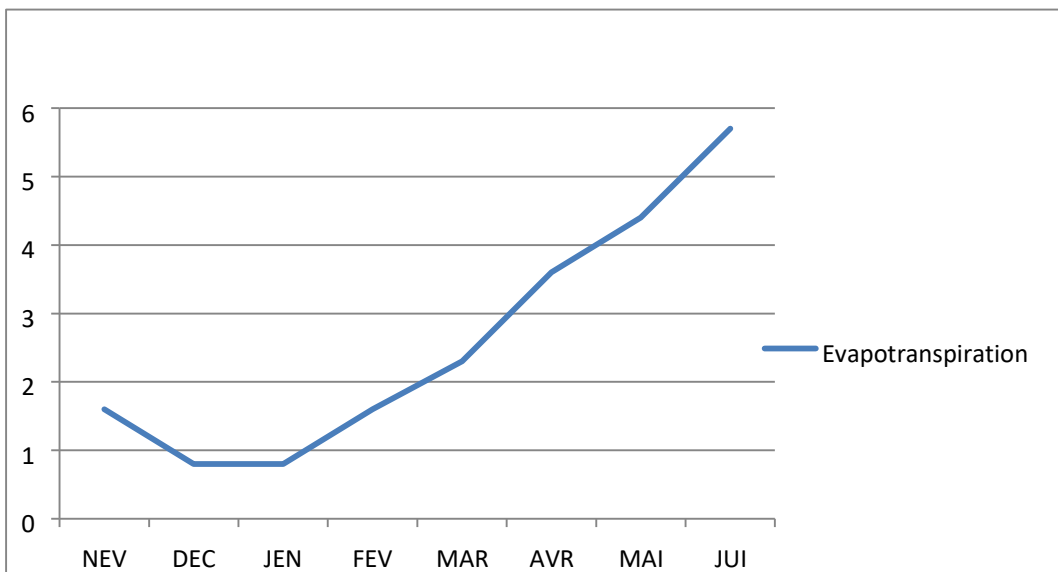


Figure03 : Evapotranspiration potentielle dans la région d'étude

II.2. Résultats de la simulation

II.2.1. Evaluation des résultats de simulation du rendement:

II.2.1.1. Blé dur :

On observe que le rendement observé de blé dur est de 2,32 tonnes par hectare, tandis que le rendement simulé est de 2,94 tonnes par hectare, comme indiqué dans la figure 06.

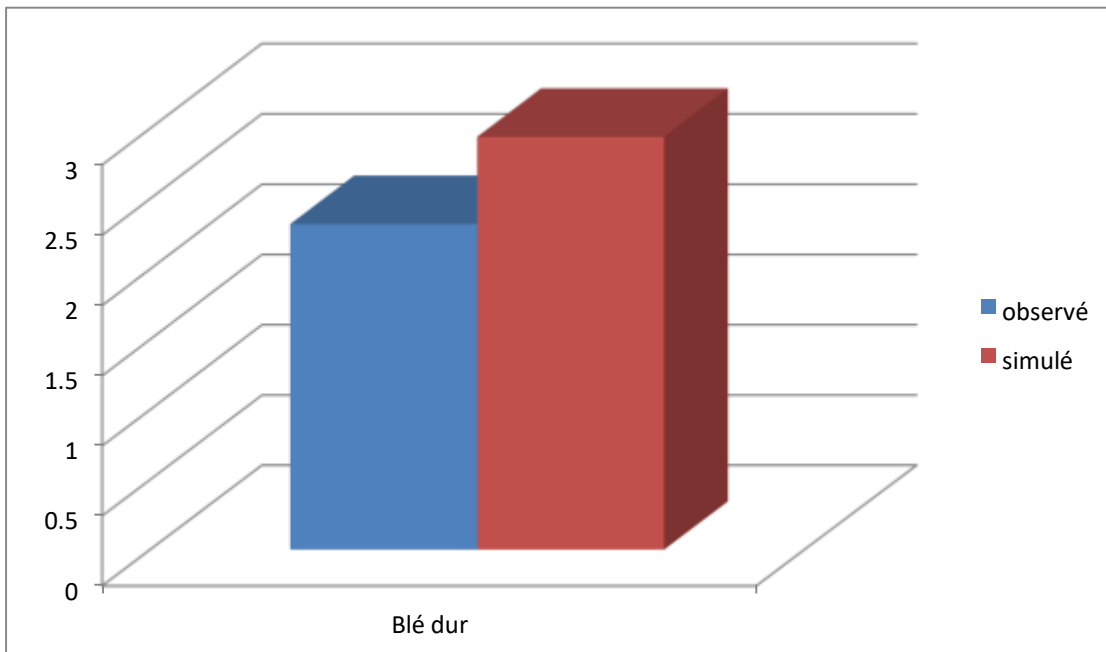


Figure04 : Valeur moyenne du rendement simulé et observé de blé dur.

Les résultats de la simulation avec le modèle sont considérés comme satisfaisants, avec des valeurs d'erreur moyenne absolue (AAE) et d'erreur quadratique moyenne (RMSE) entre les données simulées et observées de 0,612 tonne/ha respectivement (tableau 04). L'indice d'agrément (d) est de 0,37, ce qui indique une correspondance relativement bonne entre les valeurs simulées et observées. L'analyse de l'erreur de prévision (Pe) affiche une valeur moyenne de 26,34, ce qui signifie que le modèle surestime le rendement avec une déviation de 6 %.

La moyenne générale de l'indice de récolte simulé est 48,4%(indice de récolte= la valeur de rendement(2,94)/la valeur de la biomasse (6,06).

La comparaison entre les rendements observés et simulés d indique que le modèle explique de manière satisfaisante la relation entre les rendements observés et simulés du blé dur.

Il est intéressant de constater que nos résultats concordent avec ceux de Maamri (2019), qui ont également constaté une légère surestimation du rendement de blé dur pendant la longue saison des pluies sur plusieurs années. De plus, les résultats de Guendouz (2014) montrent une excellente corrélation entre le rendement observé et simulé du grain de blé dur, avec un coefficient de corrélation (r) de 0,99, une pente de 0,49 et un indice d'agrément (d) de 0,56. Cela indique que le modèle Aqua-Crop explique 99 % de la relation entre le rendement observé et simulé du grain de blé dur lors de la simulation dans les hautes plaines Sétifiennes. Ces références fournissent un soutien supplémentaire à la validité et à la fiabilité de notre modèle de simulation.

Tableau 04: Valeurs des paramètres utilisés pour l'évaluation du modèle.

	<i>Observé T/Ha</i>	<i>Simulé T/Ha</i>	<i>biomasse</i>	<i>indice de récolte</i>	<i>AAE</i>	<i>RMSE</i>	<i>d</i>	<i>Pe</i>
Blé dur	2,32	2,94	6,06	48,4	0,612	0,612	0,374	26,34
Blé tendre	1,21	1,12	2,24	50	0,083	0,083	0,006	-6,88
Orge	2,35	2,11	5,9	35,8	0,242	0,242	0,058	-10,28
Moyenne	1,96	2,06			0,31	0,31	0,15	3,05

II.2.1.2. Blé tendre :

Il est intéressant de noter que le rendement observé (1,21 t/ha) de blé tendre est légèrement supérieur au rendement simulé (1,12 t/ha) ce qui indique une sous-estimation du rendement par le modèle (figure 07).

Les valeurs d'erreur absolue moyenne (AAE) et de racine de l'erreur quadratique moyenne (RMSE) indiquent une faible différence entre les données simulées et observées, avec des valeurs de 0,083 tonne/ha pour les deux indicateurs. L'indice d'agrément (d) est également très faible, à 0,0068 (tableau 04). Cela suggère que le modèle n'a pas réussi à capturer de manière précise la relation entre le rendement observé et simulé pour le blé tendre. L'analyse de l'erreur de prévision (Pe) montre une valeur moyenne de -6,88, ce qui signifie que le modèle sous-estime le rendement.

La moyenne globale de l'indice de récolte simulé est de 50% (l'indice de récolte est calculé en divisant la valeur de rendement (1,122) par la valeur de la biomasse (2,244)). Cependant, la comparaison entre le rendement observé et le rendement simulé des différentes campagnes indique que le modèle ne parvient pas à expliquer de manière satisfaisante la relation entre le rendement observé et le rendement simulé du blé tendre.

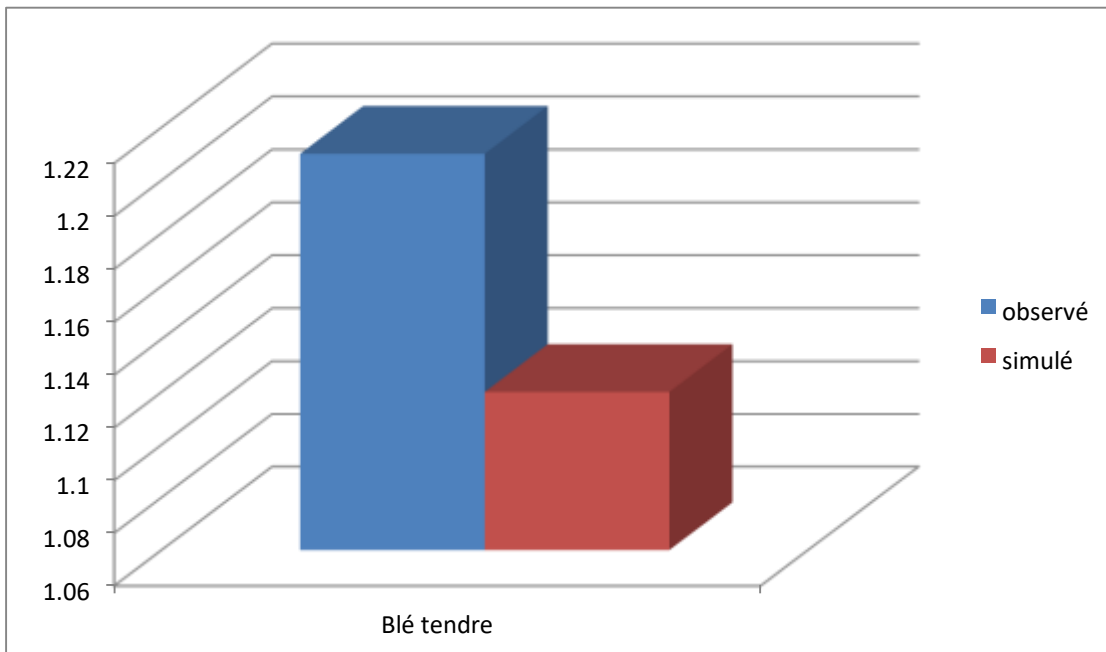


Figure 05: Valeur moyenne du rendement simulé et observé de blé tendre.

Bien que les résultats ne soient pas aussi satisfaisants que pour le blé dur, il est encourageant de constater que la différence entre les rendements observés et simulés reste relativement faible. Cela souligne néanmoins la nécessité de prendre en compte les limitations du modèle et d'effectuer des ajustements pour améliorer la précision des simulations de rendement pour le blé tendre.

II.2.1.3. L'orge :

Les résultats de la simulation pour l'orge montrent une sur-estimation du rendement par le modèle, avec un rendement simulé de 2,11 T/ha par rapport au rendement observé de 2,35 T/ha (figure 08).

Les valeurs d'erreur absolue moyenne (AAE) et de racine de l'erreur quadratique moyenne (RMSE) indiquent une différence de 0,242 tonne/ha entre les données simulées et observées. L'indice d'agrément (d) est également relativement faible, à 0,058 (tableau 04). Cela suggère que le modèle n'a pas réussi à capturer avec précision la relation entre le rendement observé et simulé pour l'orge.

L'analyse de l'erreur de prévision (Pe) montre une valeur moyenne de -10,28, indiquant une sous-estimation du rendement par le modèle avec une déviation de 2,4%.

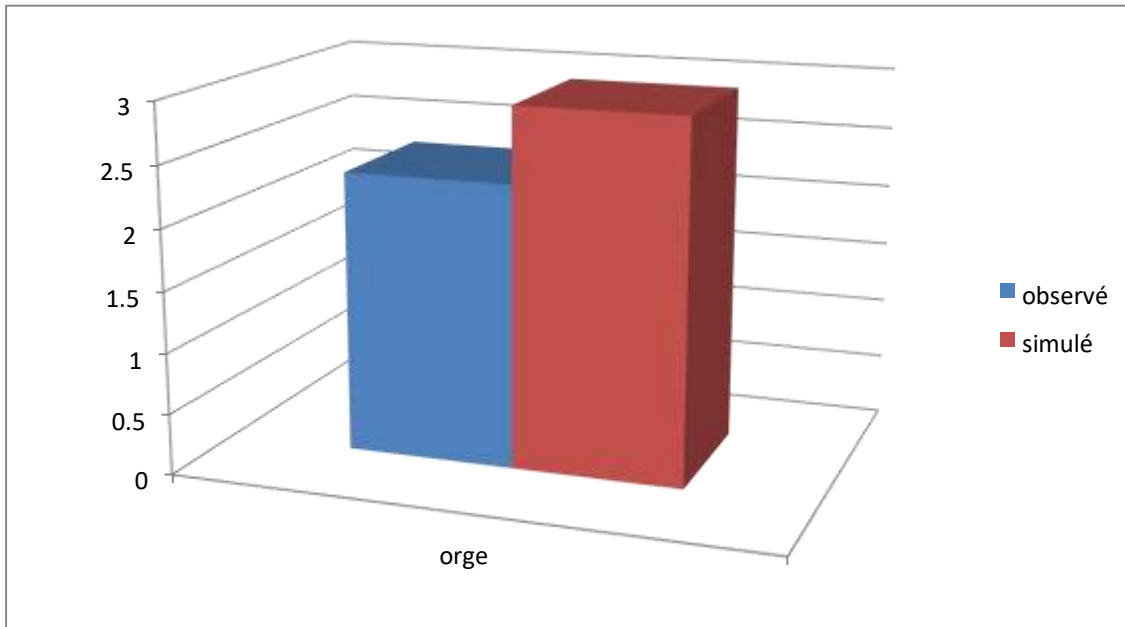


Figure06: Valeur moyenne de rendement simulé et observé de l'orge.

En moyenne, l'indice de récolte simulé s'élève à 35,8%, ce qui est calculé en divisant la valeur de rendement (2,110) par la valeur de la biomasse (5,901).

Il semble que les résultats de notre étude sur la simulation du rendement de l'orge avec le modèle Aqua-Crop sont cohérents avec les résultats de l'étude menée par Araya et al. (2010). Selon cette étude, il y avait un écart de 13% à 15% entre les valeurs de rendement simulé et observé pour l'orge en grains.

Notre étude a montré une corrélation positive significative ($r = 0,87$) entre les valeurs de rendement simulé et observé (Figure 10). Une corrélation élevée indique une relation étroite entre les deux ensembles de données et suggère que le modèle Aqua-Crop est capable de capturer une partie importante de la variabilité du rendement observé.

Une corrélation de 0,87 est considérée comme assez élevée, ce qui renforce la confiance dans les résultats de simulation obtenus avec le modèle. Cela indique que le modèle est capable de reproduire dans une certaine mesure les variations du rendement observé. Cependant, il est important de garder à l'esprit que la corrélation ne mesure que la relation linéaire entre les deux ensembles de données.

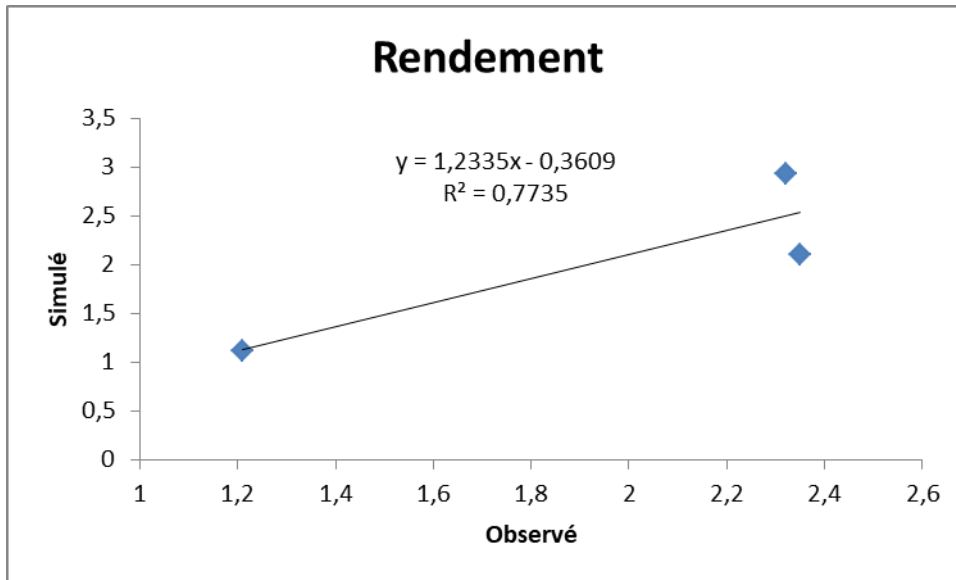


Figure 7 : Relation entre le rendement simulé et observé.

II.3.Relation entre les paramètres simulés :

C'est très intéressant de constater que notre étude a révélé une forte corrélation ($r = 0,90$) entre les valeurs de rendement simulé et la biomasse aérienne (Figure 11, tableau 05). Une corrélation élevée indique une relation étroite entre les deux variables, suggérant que le modèle Aqua-Crop est capable de capturer une grande partie de la variabilité de la biomasse, ce qui est un indicateur important du rendement potentiel.

Tableau 05: Relations entre les paramètres simulés.

	Rendement	biomasse	Indice récolte
Rendement	1		
Biomasse	0,9	1	
Indice récolte	-0,15	-0,55	1

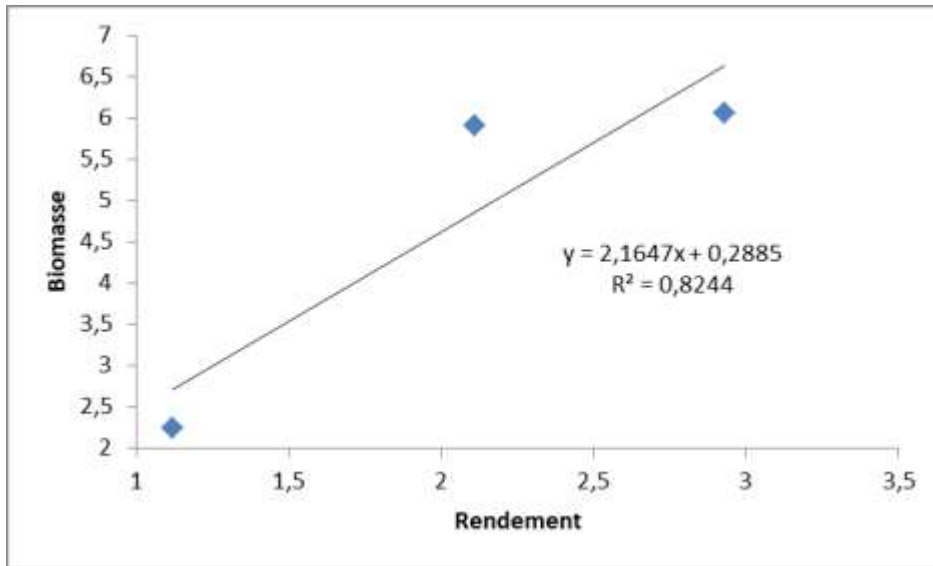


Figure08: Relation entre le rendement et la biomasse (simulé).

La figure12 indique qu'il existe une corrélation très faible et non significative entre le rendement et l'indice de récolte, avec un coefficient de corrélation de -0,15(tableau 05). Cela suggère que ces deux variables ne sont pas étroitement liées dans notre étude.

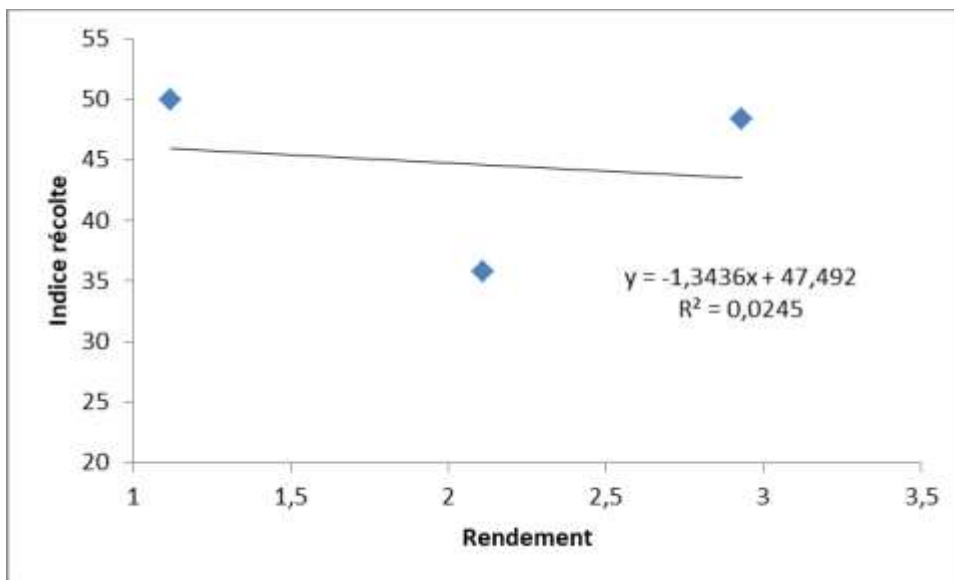


Figure 09: Relation entre le rendement et l'indice de récolte (simulé).

Cependant, nous avons constaté une corrélation significative et négative entre l'indice de récolte et la biomasse, avec un coefficient de corrélation de -0,55 (figure 13, tableau 05). Cette corrélation suggère qu'une diminution de l'indice de récolte est associée à une augmentation de la biomasse aérienne. Il est important de noter que la corrélation négative ne signifie pas nécessairement une relation causale directe, mais elle met en évidence une tendance générale dans nos données.

Il est essentiel de prendre en compte d'autres facteurs et variables qui peuvent influencer le rendement, tels que les conditions environnementales, les pratiques agricoles, les maladies, etc. Bien que l'indice de récolte et la biomasse puissent fournir des informations utiles, il est nécessaire de mener une analyse plus approfondie et de considérer l'ensemble du système agricole pour comprendre pleinement les facteurs qui influencent le rendement.

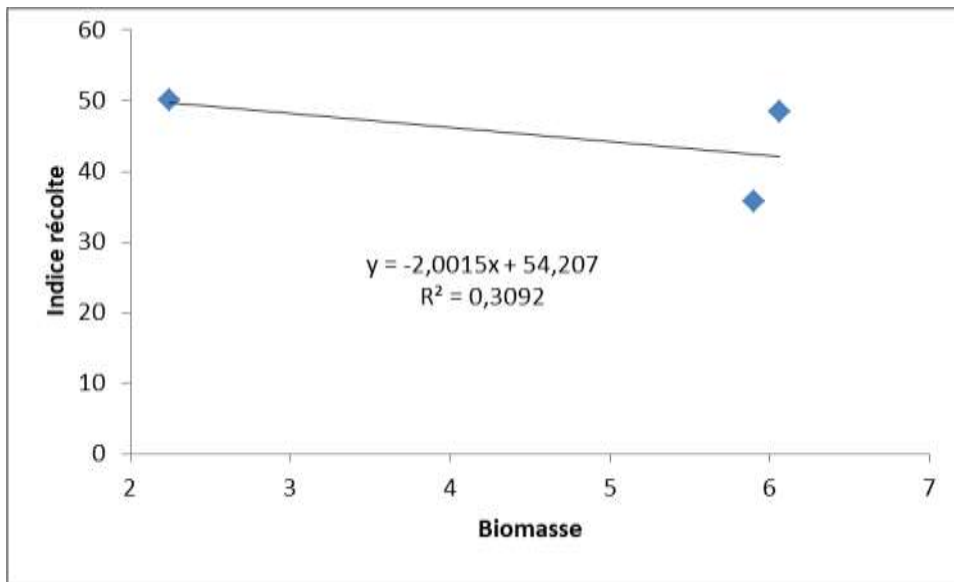


Figure10 : Relation entre la biomasse et l'indice de récolte (simulé).

II.4.Prévision des rendements futurs :

La figure 14 représente les prévisions de rendement futur pour les années 2030 et 2050 en utilisant les scénarios RCP2,6 et RCP8,5. D'ici 2030, les simulations indiquent des rendements compris entre 1 tonne/ha et 1,5 tonne/ha pour les trois espèces sous les scénarios RCP2,6 et RCP8,5.

En 2050, les simulations pour le scénario RCP2,6 prévoient des rendements allant de 1 tonne/ha à 1,5 tonne/ha, tandis que les simulations pour le scénario RCP8,5 montrent des rendements légèrement plus élevés, variant entre 1,5 tonne/ha et 2 tonne/ha. Cette baisse de rendement dans les deux scénarios est attribuable à l'augmentation des températures et à la diminution des précipitations.

D'autres études, telles que celle menée par Tamrabet et Larbi (Tamrabet Cherine, 2020), ont également montré des résultats similaires. Leurs simulations de rendement pour 2030 indiquent une légère augmentation sous les scénarios A2 (2,276 t/ha) et B2 (2,326 t/ha). En revanche, pour 2060, une diminution du rendement est observée sous les deux scénarios avec 1,697 t/ha sous A2 et 1,939

t/ha sous B2. Ces résultats sont directement liés à l'augmentation des températures (causant l'avortement des épis et l'échaudage) et à la diminution des précipitations.

Ces résultats soulignent l'impact potentiel du changement climatique sur les rendements agricoles et la nécessité de prendre des mesures d'adaptation pour atténuer ces effets négatifs.

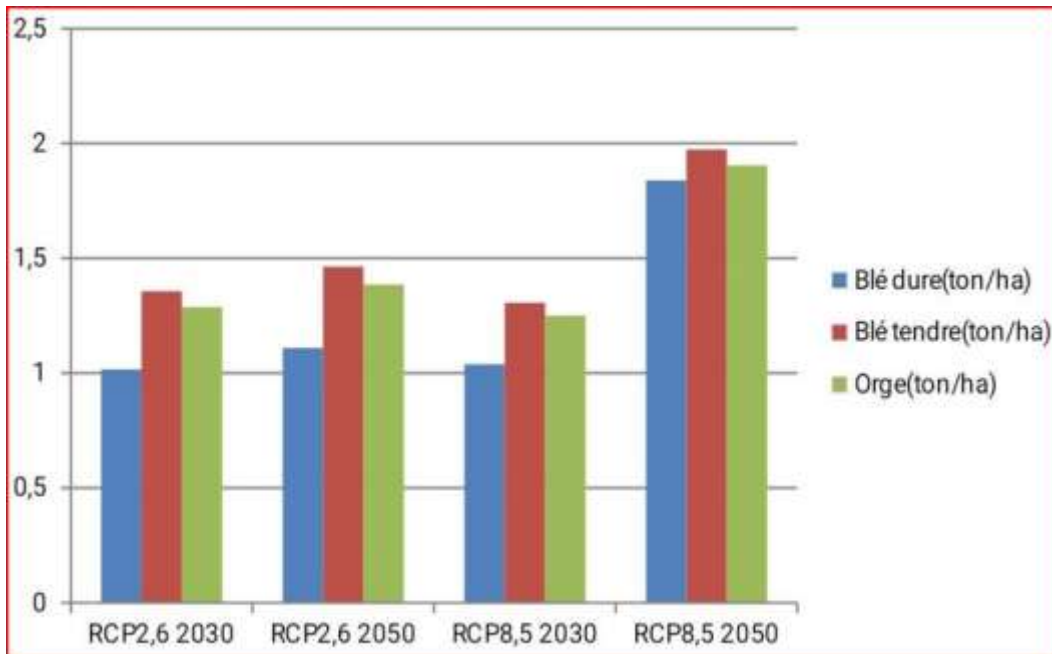
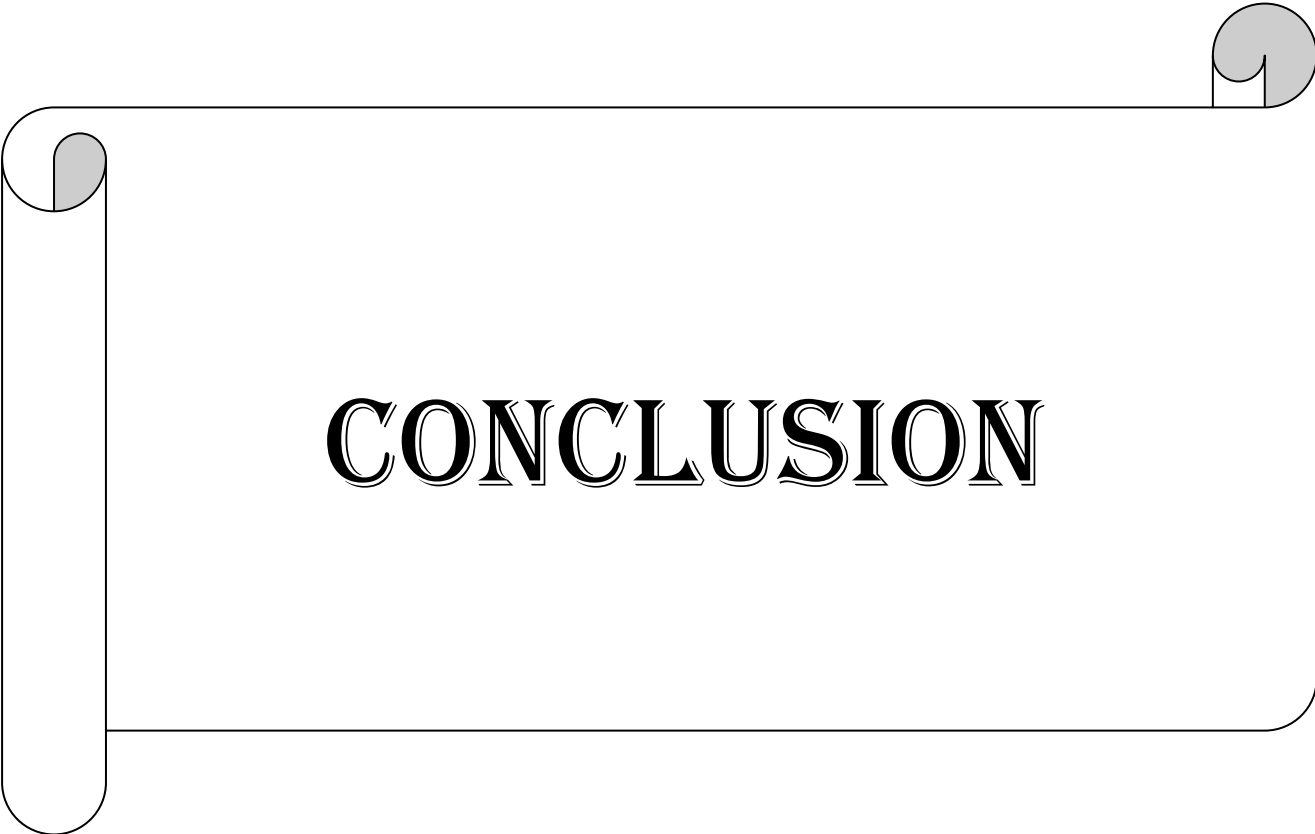


Figure11 : Préviation des rendements futurs simulée aux horizons 2030 et 2050



Conclusion

Cette étude vise à évaluer l'impact du changement climatique sur les cultures céréalières (blé dur, blé tendre et orge) dans la zone semi-aride de Bordj Bou Arreridj. Pour atteindre cet objectif, nous avons utilisé le modèle Aqua-Crop pour simuler le rendement, la biomasse et l'indice de récolte de ces cultures. L'objectif final de notre étude est de comparer les résultats de simulation avec les données réelles afin de mieux comprendre et évaluer l'ampleur de l'impact du changement climatique sur ces cultures céréalières dans la région spécifique de Bordj Bou Arreridj.

Les résultats obtenus dans cette étude indiquent que le modèle Aqua-Crop a montré de bonnes performances pour estimer le rendement, la biomasse et l'indice de récolte des cultures céréalières. Cette conclusion est soutenue par l'utilisation d'indices statistiques tels que R (coefficient de corrélation), RMSE (erreur quadratique moyenne), AAE (erreur absolue moyenne) et Pe (pourcentage d'erreur), qui ont confirmé la concordance entre les résultats simulés et observés.

Plus précisément, l'évaluation du modèle a démontré un accord satisfaisant entre le rendement simulé et observé, ce qui renforce la fiabilité des estimations fournies par Aqua-Crop. Par ailleurs, l'étude a également révélé que l'indice de récolte présentait une faible corrélation avec la biomasse et le rendement, tandis que la relation entre le rendement et la biomasse était fortement corrélée.

Le blé dur a montré les performances les plus élevées pour l'ensemble des paramètres simulés étudiés. Il est suivi par l'orge, qui a obtenu la deuxième place en termes de performances. En revanche, le blé tendre a été identifié comme ayant les performances les moins élevées parmi les trois cultures évaluées. Cette hiérarchie des performances entre les différentes espèces céréalières est une observation importante à prendre en compte lors de l'évaluation de l'impact du changement climatique sur ces cultures dans la zone semi-aride de Bordj Bou Arreridj.

AquaCrop présente de nombreux avantages en termes de convivialité et d'applicabilité dans le domaine agricole. Sa simplicité d'utilisation et ses besoins minimaux en termes de données d'entrée en font un outil convivial, accessible même aux utilisateurs non spécialisés. Cela en fait un outil précieux pour les simulations de scénarios dans le cadre de la planification agricole.

L'utilisation d'AquaCrop dans différents domaines agricoles peut contribuer à une gestion plus efficace des ressources et à une meilleure planification, ce qui est essentiel pour faire face aux défis croissants liés au changement climatique et à la sécurité alimentaire.



RÉFÉRENCE
BIBLIOGRAPHIQUE

RERERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

1. **Abdelkader, D. (2009).** La production céréalière en Algérie : les principales caractéristiques des produits céréaliers dans la vie quotidienne de la population. *Département d'Agronomie. Université de Hassiba Benbouali de Chlef*, 45 à 53p.
2. **Aoyad, G. (2012).** *La partition de l'évapotranspiration en évaporation du sol et transpiration de la végétation dans le continuum « Sol-PlanteAtmosphère » pour une culture de blé dans la région du Haouz : Techniques isotopiques et modélisation.* Marrakech Maroc.: Thèse de Master Université Cadi Ayyad Faculté des Sciences et Techniques, 23 à 24p.
3. **Araya A, Habtu, Solomon, Hadgu, KirosMeles, Kebede, Afewerk, et al. (2010).** *Test of AquaCrop model in simulating biomass and yield of water deficient and irrigated barley. Water Manage*, 97p.
4. **Bengrich, T. Tilioune, N. (2017).** *Analyses physico-chimiques et technologiques des farines Issues du moulin de « Baghlia ».* Université M'Hamed BougaraBoumerdès, (mémoires et rapports soutenus en Algérie) 47p.
5. **Benmohamed, L. (1998).** *Un algorithme de débit explicite ABR théorique de contrôle pour les commutateurs ATM avec file d'attente par VC.* Concordia–Ann Arbo: l'Université Concordia–Ann Arbor, 65 à 76p.
6. **CCKP. (2022).** Climate change knowledge portal, World Bank Group, CMIP5 data projection.
7. **Céréales. (2022).** *www.algerie-eco.com*, p1.
8. **Clerget, Y. (2011).** Biodiversité des céréales Origine et évolution, Académie de Montpellier (Article)p16.
9. **Enright. (2001).** *Changement d'habitudes, changement climatique : Analyse de base*, 11 à 21p.
10. **FAO. (2009).** *site des données statistique de la FAO.*
11. **FAO. (2012).** *Service d'assistance sur les objectifs de développement durable.*, Food and Qgriculture Organization of United Nations.
12. **FAO. (2018).** Site des données statistiques de la FAO.
13. **FAO. (2018).** *Site des données statistiques de la FAO.* Récupéré sur Food and Agriculture Organisation of the United Nations.
14. **G.I.E.C. (2007).** *Bilan 2007 des changements climatiques : Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat.* Genève, Suisse: GIEC.
15. **Gabr, M. E.-S. (2021).** *Terre et eau.* l'Égypte: Food and Agriculture Organization of United Nations, 96p.

RERERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

16. **Gaouet yousra, K. s. (2022, 07 14)**. Simulation de l'impact des changements climatique sur les céréales dans la région de Sétif sous les scénarios RCP,Prévision des rendement futurs pour les années 2030 et 2050 en utilisant les scénarios Rcp2.6 et Rcp8.5 . mémoire mastre, 38 à 39p.
17. **Guendouz, A. H. (2014)**. *Performance evaluation of aquacrop model for durum wheat (Triticum durum .Algeria*, Cette étude a été menée sur le site expérimental de la station INRAA de Sétif en AlgérieL'objectif et d'adapter et de tester la capacité de l'AquaCrop développé par la FAO Le modèle AquaCrop a été évalué à l'aide de données empiriques recueillies, 168 à 176p.
18. **Halab,A . Rahouni,A . (2016)**.*Croisement intra spécifique de quelques variétés d'orge (Hordeumvulgare L.)*. Université Mohamed BOUDIAF de Msila, 12p .
19. **ITGC. (2016)**, contrôles généraux informatiques qui ont pour objectif de protéger les données de votre organisation de toute utilisation, divulgation ou compromission, bases de données, droits d'accès logiques et infrastructures de Système d'Information.
20. **Jacovides, C. P. Kontoyiannis, H. (1995)**. *Statistical procedures for the evaluation of evapotranspiration models*.Agric.: Water Manage, 365 à 371 p.
21. **Khebbat, Z. (2015)**. *Etat hydrique du sol et performance d'une collection de .Sétif*: Université Ferhat Abbas,23 à 25p .
22. **l'USDA, S. a. (2014)**. *Ensembles de données FAS sur Data.gov*. Consulté le 05 06, 2023, sur Ensembles de données du SAF sur Data.gov: <https://www.usda.gov/sites/default/files/documents/data.json>
23. **Maamri, K. Guendouz, A. Hafsi, M. Lyes,M. (2018)**. *Aqua-crop module as best tool to estimate water stress in durum wheat*. Evaluation of the FAO Aqua-Crop model for Durum wheat (Triticum durum Desf.)on the eastern Algeria under semi-arid conditions(Article) ,393 à 394p .
24. **Maamri,K . (2019)**. *Modélisation de la productivité du blé dur en milieu semi aride en. Sétif*. (Thèse de Doctorat en science) 46p.
25. **OUDJANI, w. (2009)**. *Étude des caractères de production et d'adaptation*. université Mentouri de Constantine. Thèse de magister en biologie végétale, Université Constantine, 113p.
26. **Péguy. (1961)**. *LIBRARY*, Précis de climatologie. Masson, Paris. 347 p
27. **Raes, D .Steduti, R .Fereres, E . (2009)**. AquaCrop-The FAO crop model to simulate yield response to water: II. Main algorithms and software description. *Agronomy Journal*, 438 à 447p.
28. **Rafferty., J. P. (2023)**. évapotranspiration. *Sciences de la Terre*, 39 à 33p.

RERERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

29. **RAHMOUNI, H . (2016).***Croisement intra spécifique de quelques variétés d'orge (Hordeumvulgare L.).* Université Mohamed BOUDIAF de Msila (mémoire de master) 32 à 33p.
30. **Ramade, F. (1984).***Analyse de pseudoréplicants pour évaluer la régénération naturelle après l'application de brûlages dirigés dans une forêt tempérée du Mexique.*New York: Écologie des ressources naturelles vol.201 .
31. **station meterologique boumargade.**Brdj Bou Araridje (2021/2022).
32. **Steduto P, Hsiao, T.C., Fereres, E. &Raes, D. (2009).** AquqCrop the FAO model to simulate yield response to water:I.Concepts and underlying principles. *Agronomy Journal*, 101,426 à 437p.
33. **Tamrabet Cherine . (2020).** Simulation de l'impact des changements climatiques sur le blé dur à l'aide du logiciel Aquacrop. *mémoire de mestre*,44 p.
34. **Tassadit Kourat, D. S. (2020, 11 26).**Évaluation de l'impact futur du changement climatique sur le rendement du blé pluvial dans la Haute Plaine orientale semi-aride de l'Algérie à l'aide d'un modèle de culture, mémoire de mastre ,1p .
<https://doi.org/10.1017/s0021859614000094>.



ANNEX

1. L'entrée des données climatiques dans le modale AQUACRO :

a) Fichier précipitation :

Afficher/Editer des données de Précipitations

Fichier : P.PLU

Description : BBA

Données : 7

Enlever Dernière donnée

Ajouter 1 données

				Précipitations
Donnée	Mois	Année	mm/mois	
1	Décembre	2021	23.9	
2	Janvier	2022	6.6	
3	Février	2022	27.9	
4	Mars	2022	48.5	
5	Avril	2022	141.5	
6	Mai	2022	5.1	
7	Juin	2022	0.0	

Remplir Cellules vides 0.0 mm/mois

Graphique

- journalier
- 10-jours
- mensuel
- annuel

Annuler Fichier climatique

Annexe01 : Répartition mensuelle des taux de précipitation dans années 2021/2022 à (Station météorologique de Bordj Bou Arreridj, Boumergued).

b) Fichier température :

Afficher/Editer des données de Température

Fichier temp.TMP

Description bba

Données 7

Enlever Dernière donnée

Ajouter 1 données

Données		Mois	Année	Tminimum	Tmaximum
				?(Celsius)	?(Celsius)
1		Décembre	2021	3.8	12.7
2		Janvier	2022	0.9	12.0
3		Février	2022	3.2	15.1
4		Mars	2022	6.0	14.0
5		Avril	2022	7.6	19.3
6		Mai	2022	11.8	27.1
7		Juin	2022	20.6	37.2

Remplir Cellules vides —>>> — 10.0 — 20.0

Graphique

- journalier
- 10-jours
- mensuel
- annuel

Annuler Fichier climatique

Annexe02 : Températures (C°) enregistrées dans wilaya de B.B.A. (2021/2022).

c) Fichier ETO :

Afficher/Editer des données d'ETo

Fichier: ET.ETo

Description: 2023

Données: 8

Enlever Dernière donnée

Ajouter 1 données

Donnée	Mois	Année	ETo (mm/jour)
1	Novembre	2021	1.6
2	Décembre	2021	0.8
3	Janvier	2022	0.8
4	Février	2022	1.6
5	Mars	2022	2.3
6	Avril	2022	3.6
7	Mai	2022	4.4
8	Juin	2022	5.7

Remplir Cellules vides → 0.0 mm/day

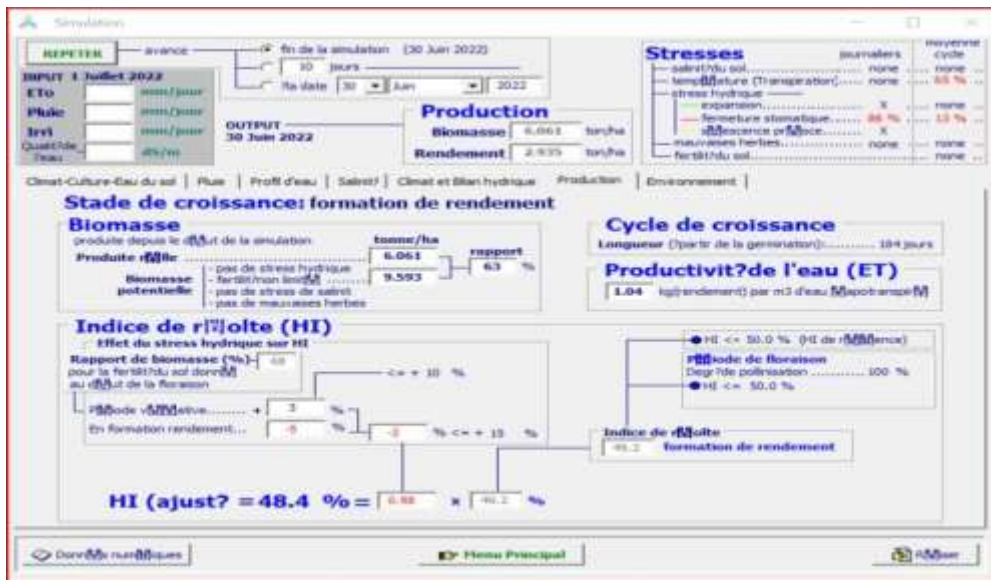
Graphique:

- journalier
- 10-jours
- mensuel
- annuel

Annuler Fichier climatique

Annexe03 : Répartition mensuelle des Evapotranspiration (CROPWAT 8.0) (2021/2022).

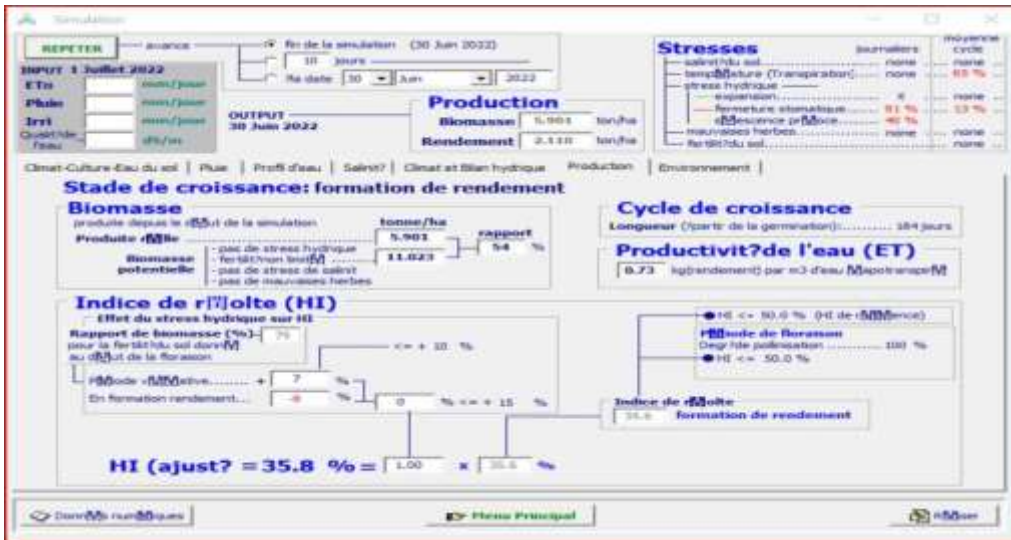
2. Evaluation des résultats de la simulation de l'indice de récolte :



Annexe 04: Indice de récolté de blé dur.

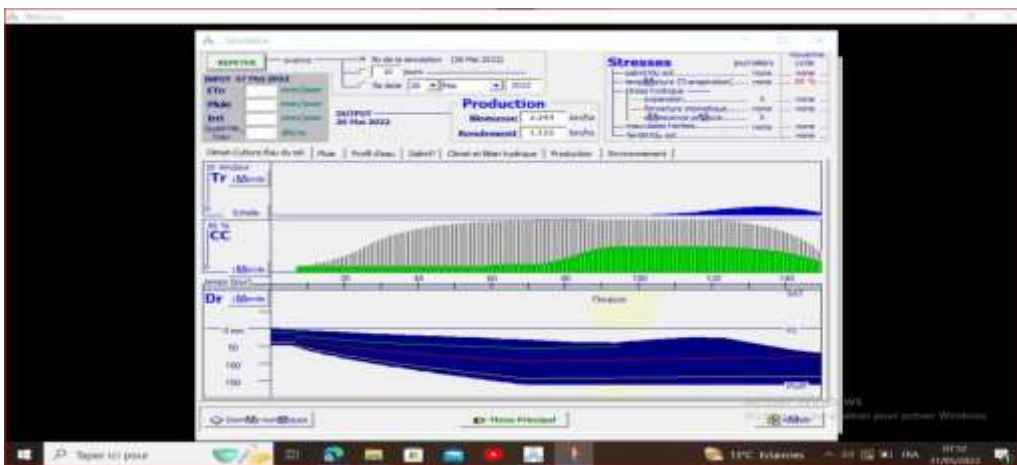


Annexe 05: Indice de récolté de blé Tendre.

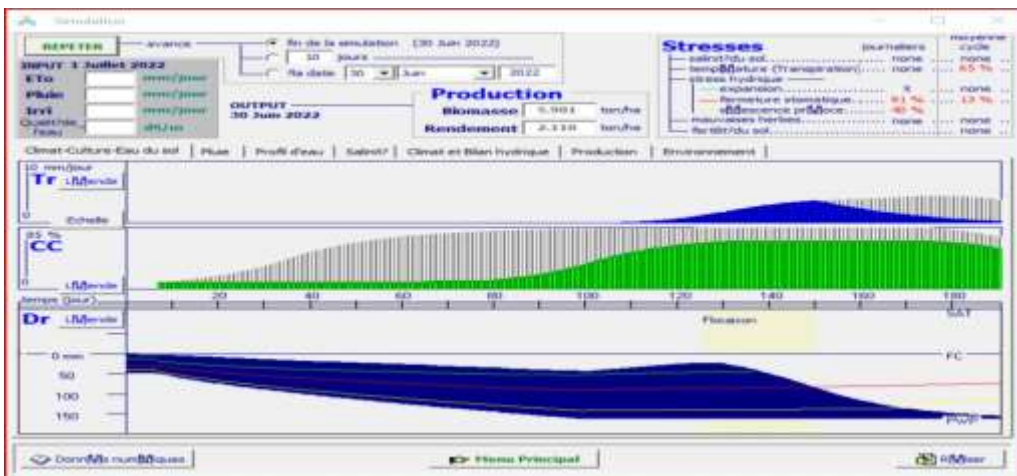


Annexe 06: Indice de récolte de l'orge.

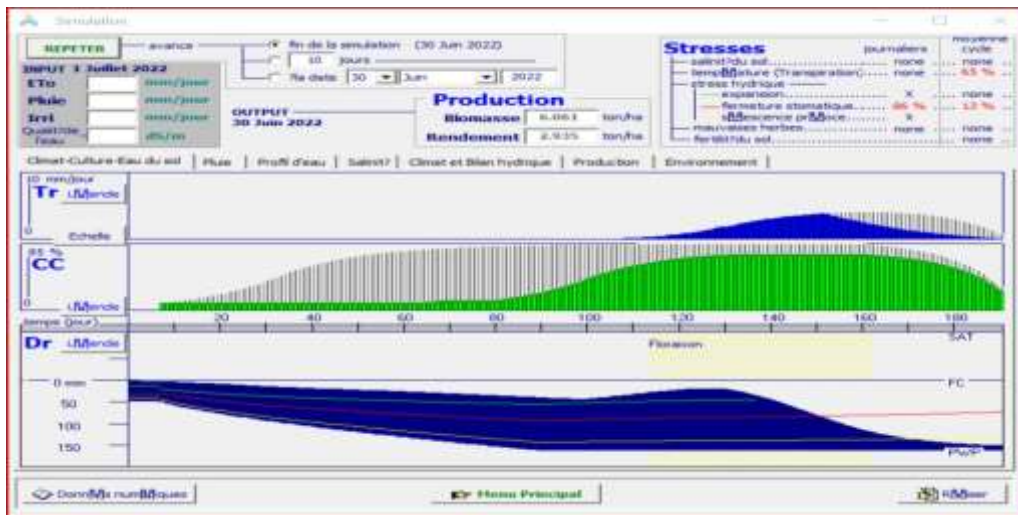
3. Evaluation des résultats de la simulation de rendement :



Annexe 07: Simulation de rendement de blé tendre.



Annexe 08 : Simulation de rendement de l'orge.



Annexe 09 : Simulation de rendement de blé dure.



RÉSUMÉ

Résumé :

Ce travail de recherche porte sur l'effet du changement climatique sur les cultures céréalières dans la zone semi-aride. L'objectif principal de cette étude était de valider l'utilisation du modèle AquaCrop (V6.1) pour simuler l'impact du changement climatique sur trois espèces de céréales : le blé dur (Simeto), le blé tendre (HD1220) et l'orge (Tichedrette) dans un climat semi-aride. Cet outil de prise de décision permet la planification et l'analyse de scénarios dans différentes saisons et régions, avec une complexité limitée. Le modèle AquaCrop a été évalué statistiquement (R , $RMSE$, d) en utilisant des données expérimentales collectées pendant la saison de croissance 2021-2022 dans la région de Bordj Bou Arreridj. Les résultats de la simulation ont montré un accord satisfaisant entre les rendements simulés et les rendements observés. De plus, l'utilisation des indices statistiques a démontré un accord satisfaisant entre les rendements simulés en grains et la biomasse, mais il n'y avait pas d'accord entre l'indice de récolte, le rendement et la biomasse ($r=0,9$; $r=-0,15$; $r=-0,55$ respectivement). Il est recommandé de poursuivre et d'approfondir les études sur l'utilisation de ce modèle à différentes échelles temporelles, spatiales et pour différentes cultures afin d'améliorer notre compréhension des cultures en conditions de stress hydrique. Cette approche pourrait contribuer à une meilleure planification agricole et à la gestion des ressources dans les zones semi-arides, en tenant compte des effets du changement climatique.

Mot clé : changement climatique, céréaliculture, AquaCrop, rendement, semi-aride.

Abstract :

This study addresses the impact of climate change on cereal crops in the semi-arid zone. The aim of this work is to validate the use of the AquaCrop model (V6.1) for three species: durum wheat (Simeto), bread wheat (HD1220), and barley (Tichedrette) in a semi-arid climate, in order to test the model's ability to simulate the impact of climate change. This decision support tool allows for planning and scenario analysis in different seasons and locations with limited complexity. The AquaCrop model was statistically evaluated (R , $RMSE$, d) using experimental data collected during the 2021-2022 growing season in the Bordj Bou Arreridj region. The simulation results showed a satisfactory agreement between the simulated and observed yields. Additionally, using statistical indices, it was demonstrated that there was agreement between the simulated grain yield and biomass, while there was no agreement between the harvest index, yield, and biomass ($r=0.9$; $r=-0.15$; $r=-0.55$, respectively). Further studies are recommended to expand and deepen the analysis of this model in terms of time, space, and crop types in order to improve our understanding of crops under water stress conditions. This approach could contribute to better agricultural planning and resource management in semi-arid areas, taking into account the effects of climate change.

Key word: climate change, cereal growing, AquaCrop, yield, semi-arid.

ملخص:

تتناول هذه الدراسة تأثير التغيرات المناخية على زراعة المحاصيل لحبوب في المنطقة شبه الجافة. الهدف من هذا العمل هو التحقق من استخدام نموذج AquaCrop (الاصدار 6.1) لتحاكي تأثير التغير المناخي على ثلاثة أصناف من المحاصيل: القمح الصلب (سيميتو), القمح لين (اتشدي 1220) والشعير (تيشدريت) في مناخ شبه الجاف. هذه الأداة المساعدة في اتخاذ القرار تسمح بالتخطيط وتحليل لسيناريوهات في مواسم مختلفة و مواقع مختلفة بتقعيد محدود. تم تقييم نموذج Aqua-crop باستخدام البيانات التجريبية المجمعَة خلال موسم 2022 في منطقة برج بوعريرج. أظهرت نتائج المحاكاة توافقاً مرضياً بين الحصاد النموذجي و الحصاد المرصود. بالإضافة إلى ذلك, باستخدام المؤشرات الإحصائية, تمت التوصية بان هناك توافقاً بين الحصاد المحاكاة للحبوب و الكتلة الحيوية, في حين لم يكن هناك توافق بين مؤشر الحصاد و الكتلة الحيوية إحصائياً: $r=0,9$, $r=0,15$, $r=-0,5$ يوصى بإجراء دراسات إضافية لتوسيع تعميق تحليل هذا النموذج من حيث الوقت والمكان وأنواع المحاصيل في ظروف الإجهاد المائي. يمكن أن يساهم هذا النهج في التخطيط الزراعي الأفضل والإدارة الموارد في المناطق شبه الجافة, مع مراعاة تأثير التغير المناخي.

الكلمة المفتاحية: تغير المناخ, زراعة الحبوب, اكوأكروب, المحصول, شبه الجاف.