



AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
<http://ageconsearch.umn.edu>
aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

Impact du changement climatique sur la productivité des cultures céréalières dans la région de Béja (Tunisie)

ALI CHEBIL¹

Institut National de Recherches en Génie Rural, Eaux et Forêts, Tunisie

NADHEM MTIMET

Ecole Supérieure d'Agriculture de Mograne, Université de Carthage, Tunisie

HASSEN TIZAOUI

Ecole Supérieure d'Agriculture de Mograne, Université de Carthage, Tunisie

L'objectif principal de ce travail est d'analyser l'impact du changement climatique sur la productivité des cultures céréalières dans la région de Béja, située au nord-ouest de la Tunisie. Pour ce faire, des modèles de régression multiple ont été estimés pour trois cultures céréalières (blé dur, blé tendre et orge). Les variables explicatives du rendement utilisées dans l'analyse sont celles d'ordre climatique (précipitations et températures) et le progrès technique. La période d'analyse est de 1980 à 2009. Les estimations des modèles de régression semi-logarithmiques ont montré que les rendements des différentes cultures céréalières dépendaient des variables climatiques et du progrès technique. L'analyse de la projection des effets du changement climatique sur les rendements céréaliers dans la zone d'étude, en utilisant les scénarios du modèle HadCM3, a montré que l'impact est important à l'horizon de 2030. Cet impact sera plus accentué pour le blé tendre. Ainsi, l'encouragement de la recherche en matière d'identification de nouvelles techniques agricoles, la diffusion de variétés tolérantes à la diminution des précipitations, dans les périodes critiques de croissance, et de variétés précoces, font partie des stratégies d'adaptation pour la réduction des effets du changement climatique sur le rendement céréaliier à long terme.

Mots-clés : changement climatique ; céréales ; productivité ; série temporelle ; Tunisie

This article analyzes the potential impact of climate change on cereal productivity in the Béja region of northwestern Tunisia. Multiple regression models were estimated for the cereal crops durum wheat, bread wheat and barley, using annual data from 1980 to 2009. The yield of each crop was used as the dependent variable, while the explanatory variables were mainly related to the climate (precipitation and temperature) and technological progress. The results show that yield variability is affected by climate and technological progress variables. The projected climate change scenarios predicted by the HadCM3 model will have a significant effect on crop yields by 2030, particularly for bread wheat. Some adaptation strategies that could alleviate climate change effects on cereal crops yields in the long run are the identification of new agricultural practices in this area, the widespread diffusion of

¹ Corresponding author: chebil.ali@iresa.agrinet.tn

varieties that can tolerate rainfall shortage during the critical periods, and the adoption of early maturing varieties.

Keywords: *climate change; cereals; productivity; time-series data; Tunisia*

1. Introduction

Durant les trente dernières années, un changement climatique (CC) a été constaté au niveau planétaire. Ce changement s'est traduit par une augmentation de la température moyenne, une plus forte variabilité de la pluviométrie et l'augmentation de l'occurrence de conditions extrêmes telles que les inondations, les sécheresses, les cyclones, les tsunamis, etc. (GIEC, 2007).

À l'échelle globale, les statistiques montrent qu'au cours du 20^{ème} siècle, la terre s'est réchauffée de 0,76°C. Les données météorologiques concernant l'Afrique du Nord (AN) indiquent que le réchauffement climatique est plus accentué dans cette région en comparaison avec la moyenne mondiale. En effet, la hausse des températures au 20^{ème} siècle concernant l'AN s'est située entre 1,5 et 2°C selon les régions, et la baisse des précipitations est estimée entre 10 et 20% (Philippe, 2007). Ceci montre que les pays de l'AN subiront, plus que d'autres régions, les impacts du CC (Aoul, 2007).

La Tunisie est caractérisée par un climat méditerranéen dominé par l'aridité, à laquelle s'ajoute une variabilité des aléas climatiques correspondant essentiellement à des déficits ou à des excès de pluviométrie (PNUD/FEM, 2002). En effet, depuis 1958, la Tunisie a connu plusieurs périodes de grands écarts climatiques, avec une sécheresse cyclique sévère, enregistrée environ tous les 6 ans contre 12 ans à pluviométrie abondante. Des événements extrêmes tels que des inondations plus fréquentes, plus intenses et plus étendues dans l'espace ont été observés au cours des trois dernières décennies (Mougou, 2003).

Le rapport publié par le Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche (MARHP, 2007) prévoit, aux alentours de 2030, une baisse modérée des précipitations, une augmentation de la température moyenne annuelle sur l'ensemble du pays de +1,1°C et une accentuation de l'augmentation de la température moyenne jusqu'en 2050 (+2,1°C). Selon Kurukulasuriya et Rosenthal (2003), le CC affecte plusieurs secteurs de l'économie, notamment l'agriculture.

Le présent travail se propose d'étudier l'impact du CC sur le secteur céréalier dans le gouvernorat de Béja, situé au nord-ouest de la Tunisie, et connu comme principale région productrice de céréales dans le pays. Le choix du secteur céréalier émane de sa position stratégique dans la politique alimentaire du gouvernement tunisien (les importations en céréales pèsent très lourd sur l'équilibre de la balance commerciale des produits agroalimentaires) et du fait qu'il soit, selon Melki et al. (1995), le secteur le plus menacé par le CC. Il s'agit donc d'évaluer en premier lieu les effets des variables climatiques température et précipitation sur la productivité céréalière (blé dur, blé tendre et orge) dans la région de Béja, et d'estimer en deuxième lieu les impacts du CC en termes physique et économique, à l'horizon de l'année 2030.

2. Cadre de l'étude et sources des données

Les données utilisées pour l'analyse empirique ont été collectées auprès des différents organismes nationaux. Les rendements sont fournis par la Direction Générale de la Planification Agricole (DGPA, 2009). Les données sur les précipitations et les températures sont obtenues auprès de la Direction Générale des Ressources en Eau (DGRE, 2009), et auprès de l'Institut National de la Météorologie (INM, www.meteo.tn).

La région de Béja, objet de l'étude, est caractérisée par un climat subhumide avec une pluviométrie annuelle moyenne de l'ordre de 600 mm. Les cultures céréalières constituent une spéculation abondante dans les traditions agricoles de cette région. Durant la dernière décennie, environ 57% des terres cultivées sont occupées par les cultures céréalières, 18% par les cultures fourragères, 16,62% par l'arboriculture, 6% par les légumineuses, 2,63% par les cultures maraîchères, et 2% par des cultures diverses (Tableau 1).

Chebil et al. – Impact du changement climatique sur la productivité des cultures céréalières dans la région de Béja (Tunisie) – *AjJARE* 6(2)

Tableau 1 : Occupation du sol dans le gouvernorat de Béja

Culture	Céréales	Fourrages	Arboriculture	Légumineuses	Maraîchage	Autres
Surface (ha)	143 040	45 090	34 200	15 280	6 600	6 820
Part (%)	56,98	17,96	13,62	6,08	2,63	2,71

Source : DGPA (2009)

La superficie moyenne emblavée par les céréales annuellement, à Beja, est de 143 000 ha, soit environ 9% de la superficie totale des céréales en Tunisie, faisant de cette région la première en termes de superficies dédiées à la céréaliculture. La céréaliculture est quasi-totalement menée en régime pluvial (95%). La répartition des superficies céréalières selon les espèces, durant ces dernières années, est de 67,2% de blé dur, 19,3% de blé tendre et 13,5% d'orge (DGPA, 2009).

2.1 Évolution des rendements

L'évolution des rendements moyens céréaliers, durant la période 1980–2009, montre de fortes variations d'une année à l'autre, et ceci pour les trois cultures de blé dur, de blé tendre et d'orge. Généralement, c'est le blé tendre qui présente le meilleur rendement, suivi par le blé dur et finalement l'orge (Figure 1).

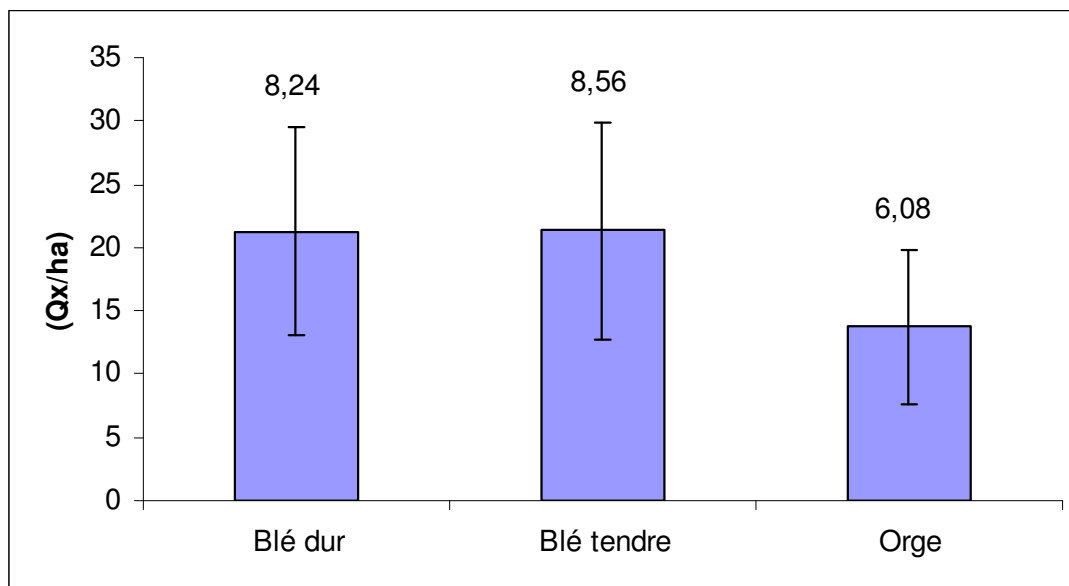


Figure 1 : Moyenne et écart type du rendement céréalier par culture dans le Gouvernorat de Béja entre 1980 et 2009

2.2 Données météorologiques

La température maximale moyenne a augmenté en moyenne de 1,3°C durant la période d'étude. En effet, elle est passée de 24,4°C durant la décennie 1980–1989 à 25,7°C durant les 10 dernières années (Figure 2).

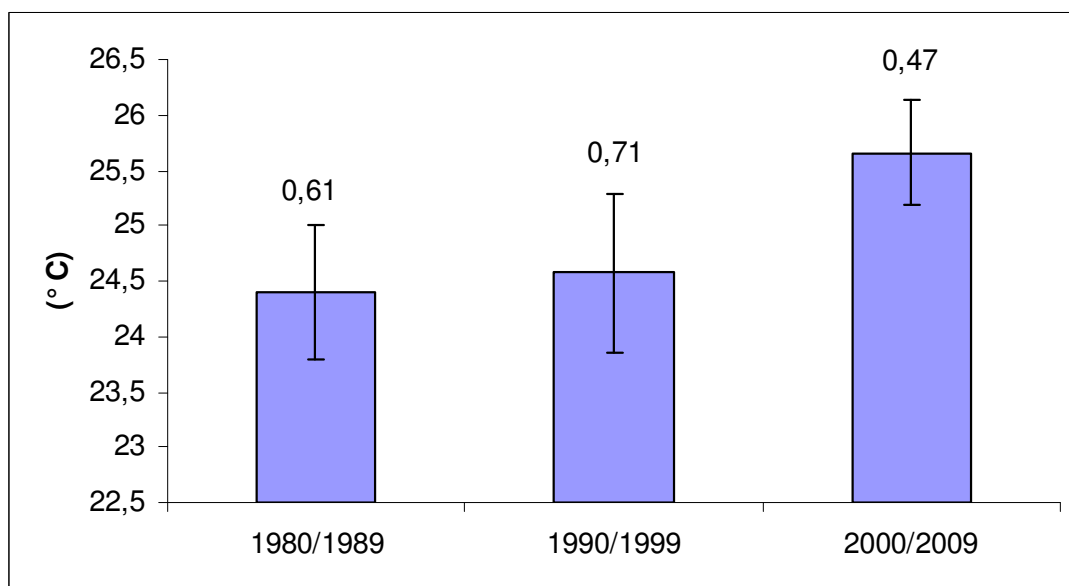


Figure 2 : Variation de la température maximale moyenne dans le Gouvernorat de Béja

L'analyse de la variation des précipitations sur la période d'étude (1980–2009), montre une augmentation des précipitations annuelles moyennes avec une moyenne de 546,5 mm pour la décennie 1980–1989, alors que la moyenne des 10 dernières années est de l'ordre de 604,9 mm (Figure 3). Par ailleurs, la comparaison des écarts-types indique une plus grande variation des écarts à la moyenne pour la dernière décennie. Ce qui explique l'augmentation de l'occurrence des conditions extrêmes durant cette période, en comparaison avec les deux autres décennies.

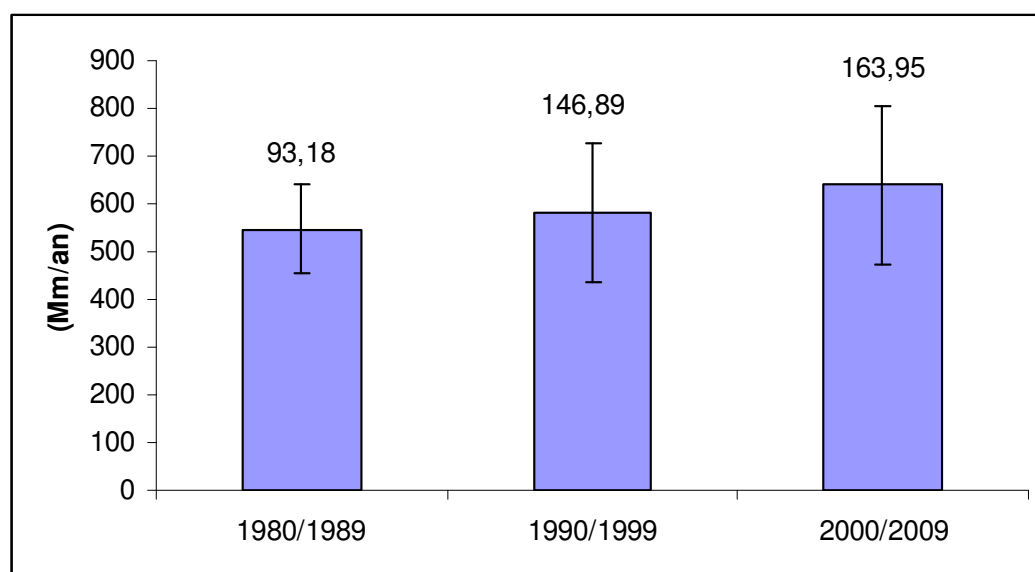


Figure 3 : Variation de la précipitation annuelle moyenne dans le Gouvernorat de Béja

3. Spécification du modèle

Nous avons adopté la forme fonctionnelle semi-logarithmique pour l'estimation de la variation des rendements céréaliers en fonction de la tendance temporelle et des variables climatiques. D'après certains auteurs (Belaid, 2000 ; Iglesias & Quioga, 2007), cette forme est la plus adaptée pour ce type d'analyse.

Habituellement, la date de semis de ces cultures se situe entre novembre et décembre. La date de récolte s'effectue en juin. Les céréales, comme les autres cultures, ont besoin d'eau au cours de tout leur cycle de développement. Cependant, certaines périodes sont jugées plus critiques (novembre–décembre et mars–avril). En effet, un manque d'eau au cours de ces périodes agit considérablement sur le rendement en le diminuant. Les cultures céréalières sont aussi sensibles à des températures basses durant novembre–décembre et élevées durant mars–avril (MARHP, 2000 ; Mougou, 2003). Les variables climatiques (précipitation et température), considérées dans l'analyse empirique, sont celles relatives aux périodes critiques de la croissance des cultures céréalières à Béja. Ainsi, le modèle se présente comme suit :

$$\begin{aligned} \text{Log}Y_t = & \beta_0 + \beta_1 P_{NDt} + \beta_2 P_{NDt}^2 + \beta_3 P_{MAt} + \beta_4 P_{MAt}^2 + \beta_5 T_{NDt} + \beta_6 T_{NDt}^2 \\ & + \beta_7 T_{MAt} + \beta_8 T_{MAt}^2 + \beta_9 P_{NDt} T_{NDt} + \beta_{10} P_{MAt} T_{MAt} + \beta_{11} \text{Trend} + \varepsilon_t \end{aligned} \quad (1)$$

Où :

Y_t : rendement moyen des céréales (blé dur, blé tendre ou orge) pour l'année t.

β_0 : constante.

P_{NDt} : précipitations des mois de novembre–décembre de l'année t.

P_{MAt} : précipitations des mois de mars–avril de l'année t.

T_{NDt} : température minimale moyenne des mois novembre–décembre de l'année t.

T_{MAt} : température maximale moyenne des mois mars–avril de l'année t.

Trend : tendance temporelle, variable proxy au progrès technique.

4. Résultats et discussions

4.1 Résultats de l'estimation

Les résultats de l'estimation du modèle par la méthode des Moindres Carrés Ordinaires (MCO) sont résumés dans le tableau 2. Les coefficients de déterminations R^2 obtenus sont de l'ordre de 0,82, 0,90 et 0,84 respectivement pour le blé dur, le blé tendre et l'orge, indiquant que les modèles expliquent une grande variabilité du rendement. En ce qui concerne le test F de Fisher, les valeurs calculées obtenues pour les trois cultures sont supérieures à la valeur critique ($F_{(11,18)}^{0,05} = 2,34$). Ce qui montre que les variables retenues sont globalement significatives. Les valeurs obtenues du test d'autocorrélation des erreurs de Durbin Watson (DW) sont comprises entre 1,75 et 2,14, indiquant l'absence de problème d'autocorrélation de premier ordre. Le test de Chow de la stabilité du modèle montre que les trois modèles estimés, en utilisant les deux sous-périodes (1980–1994 et 1995–2009) pour effectuer ce test, sont stables sur la période d'étude. En effet, les statistiques calculées (F calculée) pour les modèles correspondants aux trois cultures sont inférieures à la valeur tabulée ($F_{(12,6)}^{0,05} = 4,00$).

Tableau 2 : Résultats de l'estimation pour les trois cultures céréalières

Variables	Blé dur	Blé tendre	Orge
Constante	-2,418 (-0,457)	-5,647 (-1,357)	-2,267 (-0,405)
P _{ND}	0,010** (2,134)	0,014** (3,753)	0,008* (1,763)
P _{ND} *P _{ND}	-2,22E-05* (-1,764)	-3,18E-05** (-3,218)	-1,84E-05 (-1,383)
P _{MA}	0,016 (1,059)	0,001 (0,093)	0,001 (0,088)
P _{MA} *P _{MA}	1,10E-05 (1,057)	-6,89E-06 (-0,843)	-1,24E-05 (-1,131)
T _{ND}	0,001 (0,986)	0,005 (0,646)	0,001 (0,961)
T _{ND} *T _{ND}	-1,80E-07 (-0,318)	-1,20E-07 (-0,271)	-4,97E-07 (-0,833)
T _{MA}	0,341 (0,681)	0,697 (1,677)	0,364 (0,687)
T _{MA} *T _{MA}	-0,007 (-0,587)	-0,018* (-1,920)	-0,010 (-0,811)
P _{ND} *T _{ND}	-6,51E-06** (-2,342)	-1,88E-06 (-0,859)	-1,57E-06 (-0,533)
P _{MA} *T _{MA}	-0,001 (-1,237)	0,001 (0,306)	0,002 (0,392)
Trend	0,028** (5,280)	0,021** (5,038)	0,020** (3,698)
R ²	0,82	0,90	0,84
F	7,982**	19,60**	9,133**
DW	1,75	1,91	2,143*
Test de Chow	1,295	1,002	0,886

* Significatif à 10%, **Significatif à 5%; t-student entre parenthèses

Certains coefficients, correspondant aux variables introduites dans le modèle, sont significatifs au seuil de 10% au minimum. Les signes des paramètres sont les mêmes pour les trois cultures et sont conformes aux attentes : positifs pour la précipitation de novembre–décembre (P_{ND}), celle de mars–avril (P_{MA}) et le progrès technique (Trend).

Le signe positif correspondant au coefficient de la variable P_{ND} indique que l'augmentation de la précipitation des mois novembre–décembre affecte positivement, et d'une manière significative, le rendement dans le cas des trois cultures céréalières. Toutefois, le coefficient de la variable P_{MA} est positif mais n'est pas statistiquement significative à 10%. Ainsi, les précipitations durant les périodes de novembre–décembre et de mars–avril sont bénéfiques

pour les cultures céréalières. Il est à signaler que les coefficients du second ordre des variables de la précipitation sont négatifs. Ce qui implique que le rendement est une fonction concave des précipitations des mois de novembre–décembre et de mars–avril.

En contrepartie, les variables en relation avec les températures (T_{MA} et T_{ND}) ne sont pas statistiquement significatives à 10%. Cependant, les variables en interactions entre les précipitations et températures, durant les deux périodes considérées, sont négatives et dans certains cas significatives à un seuil de 5% (blé dur). Ce qui montre qu'une augmentation de la température et des précipitations durant la même période favorise l'apparition des maladies des plantes, et par conséquent, entraînerait une diminution du rendement des céréales. Pour remédier à cette défaillance, les agriculteurs de la région de Béja pourraient utiliser des variétés tolérantes à ces maladies. Par ailleurs, les agriculteurs de cette région pourraient recourir à des irrigations supplémentaires durant les périodes critiques.

Quant à la variable Trend, utilisée comme proxy pour le progrès technique (Chang, 2002), celle-ci présente un coefficient positif et significatif au seuil de 5% dans les trois modèles. La relation positive entre le rendement céréalier et le progrès technique pourrait être expliquée par les efforts déployés par la recherche scientifique dans le domaine céréalier et par l'adoption, par les agriculteurs, des nouveaux paquets techniques de production.

4.2 Simulation

Comme indiqué auparavant, on s'est basé sur les projections du modèle HadCM3 (MARHP, 2007) qui stipulent qu'à l'horizon de l'année 2030, la température moyenne va augmenter de 0,8°C, et les précipitations vont diminuer d'environ 5% dans la région d'étude.

Pour pouvoir estimer l'impact du CC sur les rendements céréaliers, nous avons procédé au calcul de la variation en pourcentage du rendement obtenu par le modèle, en utilisant les données climatiques moyennes de la période d'analyse (Y_0), et celles basées sur les scénarios du modèle HadCM3 à l'horizon 2030 (Y_1). La formule s'écrit comme suit :

$$\Delta Y = \frac{(Y_1 - Y_0)}{Y_0} \times 100 \quad (2)$$

Les résultats de la variation, en pourcentage par type de culture, sont illustrés dans le tableau 3.

Tableau 3 : Pertes prévues du rendement des cultures céréalières selon les projections du modèle HadCM3 à l'horizon 2030

Cultures	Pertes en %
Blé dur	-2,04
Blé tendre	-9,62
Orge	-6,78

Nous constatons que c'est la culture du blé tendre qui sera la plus touchée par l'augmentation des températures et la diminution des précipitations. À l'aube de l'année 2030, la région de Béja pourrait enregistrer des pertes en rendements céréaliers de l'ordre de 2,04%, 9,62% et 6,78% respectivement pour le blé dur, le blé tendre et l'orge.

À partir des pertes en pourcentage, nous avons calculé les pertes physiques réelles en quantités par hectare, et les pertes économiques correspondantes, en tenant compte des prix actuellement établis pour les trois types de cultures (58 DT/qx pour le blé dur, 45 DT/qx pour le blé tendre et 40 DT/qx pour l'orge en 2009, 1 DT \approx 0,527 €).

Le blé tendre subira la plus forte perte, estimée à 1,83 qx/Ha, suivi par l'orge 0,89 qx/Ha, et finalement le blé dur avec 0,39 qx/Ha. En termes de répercussions économiques, les agriculteurs devront s'attendre à des pertes monétaires évaluées respectivement en DT/Ha de l'ordre de 23,10, 82,77 et 35,83 pour le blé dur, le blé tendre et l'orge. En multipliant la perte par ha par la superficie moyenne annuelle cultivée pour chaque espèce, la perte totale s'élève à 5,193 millions DT dans la région d'étude. Ces pertes vont sûrement affecter le revenu des agriculteurs de la région de Béja, qui sont généralement spécialisés dans la céréaliculture, et qui pourraient les induire à opter pour d'autres cultures moins vulnérables aux changements climatiques. Ceci aura des répercussions sur la production nationale en céréales, et par conséquent, sur la sécurité alimentaire de la Tunisie tenant compte de l'importance de ces produits agricoles dans la balance alimentaire du pays.

5. Conclusions

L'objectif principal de ce travail a été d'étudier l'impact du changement climatique sur le secteur céréalier dans la région de Béja (Tunisie). Les estimations des modèles semi-logarithmiques ont montré que les rendements des trois cultures céréalières sont affectés par les variables climatiques et le progrès technique.

Ainsi, l'augmentation des précipitations des mois novembre–décembre et mars–avril influence positivement les rendements céréaliers. Cependant, une augmentation de la précipitation et de la température, au cours de la même période, affecte négativement ces rendements. En général, les paramètres ayant le poids le plus important sont ceux relatifs à la précipitation et le progrès technique.

Les résultats de la simulation de l'impact des projections des changements climatiques, selon les scénarios du modèle HadCM3 à l'horizon de 2030, montrent un effet négatif sur le secteur céréalier dans la région de Béja. Afin de réduire cet effet négatif du changement climatique sur ce secteur, des mesures d'adaptation devraient être prises. Parmi ces mesures, on suggère l'encouragement de la recherche en matière d'identification d'un nouveau paquet technologique agricole adapté à ce changement climatique, la diffusion de variétés tolérantes au déficit hydrique pendant les périodes critiques de la croissance, surtout pour le blé tendre, et la valorisation des variétés précoces pour réduire l'effet de l'augmentation de la température et des précipitations des mois de mars–avril sur le rendement des céréales.

Le présent travail pourrait être amélioré en introduisant d'autres variables climatiques (jours d'ensoleillement et de gelées, vitesse du vent, etc.), et techniques culturales (pourcentage de semence certifiée, indice de mécanisation, etc.) en cas de disponibilité des données.

Remerciements

Ce travail a été effectué dans le cadre du projet de coopération tuniso-espagnol « Impact du changement climatique sur la productivité de l'agriculture en Tunisie et en Espagne-A/020887/08 ». Les auteurs tiennent à remercier l'Agence Espagnole de Coopération Internationale et de Développement et le Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche Scientifique et de la Technologie (Tunisie), ainsi que Sonia Quiroga (Université Alcalà de Henares de Madrid) et Emilio Cerda (Université Complutense de Madrid) pour leurs commentaires.

Références bibliographiques

- Aoul, MT, 2007. Impacts des changements climatiques sur l'agriculture et les ressources en eau : stratégie d'adaptation et cadre de mise en œuvre (Oran – Algérie). Conférence internationale « Solidarité Internationale pour une stratégie contre le changement climatique en Afrique et dans la région de la Méditerranée », 18–20 novembre, Tunis, Tunisie.
- Belaid, A, 2000. Durum wheat in WANA: Production, trade, and gains from technological change. *Options Méditerranéennes : Série A*, 40, 35–49.
- Chang, CC, 2002. The potential impact of climate change on Taiwan's agriculture. *Agricultural Economics* 27(1), 51–64.
- DGPA (Direction Générale de la Planification Agricole), 2009. *Annuaire des statistiques agricoles (1980–2009)*. DGPA, Tunisie.
- DGRE (Direction Générale des Ressources en Eau), 2009. *Rapports annuels des situations pluviométriques (1979–2009)*. DGRE, Tunisie.
- GIEC (Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat, 2007. *Rapport d'évaluation du GIEC sur le changement climatique*. GIEC, Genève, Suisse.
- Iglesias, A & Quiroga, S, 2007. Measuring the risk of climate variability to cereal production at five sites in Spain. *Climate Research* 34, 47–57.
- Kurukulasuriya, P & Rosenthal, S, 2003. *Climate change and agriculture: A review of impact and adaptation*. Environmental Department, Climate change series, paper n°91, World Bank, Washington, DC.
- MARHP (Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche), 2000. *Techniques de production des céréales irriguées*. Agence de vulgarisation et formation agricole. Document technique, N°7, 19 p., Tunisie.
- MARHP (Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche), 2007. *Stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture tunisienne et des écosystèmes aux changements climatiques*. GTZ, GOPAT et Exa Consult Tunisie.

- Melki, M, Dahmane, K & Garoui, A, 1995. Effet de la variation saisonnière des facteurs climatiques sur les composantes du rendement des céréales (blé dur et orge). *Revue de l'INAT* 10(1), 105–14.
- Mougou, R, 2003. Assessment, impacts, and vulnerability to climate change on North Africa: Food and water resources. Tunisian Semi-annual Report. Contribution to the AIACC (Adaptations to Climate Change) AF90 North Africa Project, UNEP/WMO/IPCC, Washington, DC.
- Philippe, J, 2007. Pratiques agricoles, gestion des ressources naturelles et changement climatique au Maghreb et en Afrique subsaharienne. Conférence internationale « Solidarité internationale pour une stratégie contre le changement climatique en Afrique et dans la région de la Méditerranée », 18–20 novembre, Tunis, Tunisie.
- PNUD/FEM (Programmes des Nations Unies pour le Développement/ Fonds pour L'Environnement Mondial), 2002. Vulnerability of the Maghreb Region to Climate Change, and Needs for Adaptation. (Algeria, Morocco, Tunisia). UNDP/GEF (United Nations Development Programme/ Global Environment Facility). Regional coordination of the UNDP GEF RAB 94/G31 project www.ccmaghreb.com