

Evaluation de l'impact économique du changement climatique sur l'agriculture au Maghreb

Aida Nefzi, Fethi Bouzidi

Résumé

« Cette étude évalue la vulnérabilité de l'agriculture maghrébine aux changements climatiques en utilisant une analyse Ricardienne de la valeur ajoutée agricole. Nous exploitons une base de données relative aux cinq pays du Maghreb (Algérie, Libye, Mauritanie, Maroc et Tunisie) qui couvre la période 1974-2005. L'étude de la variation de la valeur ajoutée relativement aux projections d'un scénario modéré à l'horizon 2005 montrent une diminution accentuée de celle-ci dans tous le Maghreb»

Mots clés ; agriculture, changement climatique, Maghreb, modèle Ricardien

Introduction

La région du Maghreb, comme le reste du monde, va subir des changements dans les précipitations et la température au cours des prochaines décennies à cause du changement climatique global. L'observation de l'évolution récente du climat au Maghreb montre que le réchauffement est plus important que la moyenne planétaire. En effet, si au niveau mondial la hausse de température au 20^{ième} siècle a été de 0.74°C, celle sur le Maghreb s'est située entre 1.5 et 2°C selon les régions, soit plus du double que la hausse moyenne planétaire. (Les notes d'alertes du CIHEAM, 2008) Ceci montre que cette région du monde sera l'une des plus affecté au monde. Les modèles climatiques prévoient une augmentation de la température de 1°C combinées à une diminution de 10 à 20% des pluies à l'horizon 2020 au sein de la région. Cette étude vise à déterminer les effets du changement climatique sur le secteur agricole au Maghreb. Ce secteur, à la croisée de deux thématiques centrales, l'économie et l'environnement, représente un sujet d'étude particulièrement intéressant ; il est d'autant plus intéressant que sa dépendance vis-à-vis du climat est très forte. La raison de ce raisonnement est le rapport biologique direct entre la récolte et les conditions climatiques.

Beaucoup d'études se sont intéressés à l'impact du changement climatique sur l'agriculture. La plupart de ces études se sont focalisés sur les Etats-Unis et les pays développés. Seulement deux analyses élaborés par ROSENZWEIG et PARRY (1992) d'un côté, et DARWIN et al. (1995) de l'autre ; ont réunit tous les pays du monde. Ces analyses ont limité l'évidence empirique dans les pays en voie de développement. En effet, les premiers ont limité leurs enquêtes aux grains, et les seconds se sont basés sur des écosystèmes typiquement représentatifs. Cependant, il n'est pas clair que le changement climatique aurait les mêmes effets sur les systèmes agricoles dans le monde. Ces systèmes sont différents dans les pays en voie de développement ; ils peuvent être plus ou moins adaptables et les écosystèmes tropicaux et subtropicaux peuvent répondre différemment au changement climatique. Généralement, on a supposé que les pays en voie de développement sont plus vulnérables au changement climatique que les pays développés à cause de la prédominance de l'agriculture à faible capital et des activités économiques affectées par le climat et de leurs climats de base relativement chauds. Cependant, la vulnérabilité est fonction de la nature, de l'ampleur et du rythme des changements climatiques auxquels un système est exposé, ainsi que de sa capacité d'adaptation. Certes le potentiel d'adaptation dépend des circonstances économiques, des infrastructures institutionnelles, facteurs moins favorables dans les pays en voie de développement. Mais la réponse des écosystèmes et des agro écosystèmes, principaux intrants du secteur agricole, et leurs capacités à s'adapter compte aussi.

Ainsi, la recherche empirique dans les pays en voie de développement mérite d'être plus poussée. Les travaux futurs concernant les impacts du changement climatique devraient se concentrer sur les modèles régionaux prêtant plus d'attention aux dispositifs locaux et adressant au mieux la question de l'adaptation.

Cadre méthodologique

Deux approches à considération économiques ont été souvent employées dans la littérature afin de mesurer les impacts du changement climatique sur l'agriculture: l'approche agro économique et celle Ricardienne.

La première modélise de façon typique une culture ou une exploitation agricole. Elle représente la réponse agronomique des cultures spécifiques et des variétés de cultures ainsi que le déroulement des opérations dans l'exploitation agricole, des choix de cultures et de la manière avec laquelle ces décisions affectent les coûts et les revenus des agriculteurs. Cette modélisation est faite sur la base de spécifications théoriques et d'expériences soigneusement

tenues. Les cultures sont développées dans des arrangements de champs ou des laboratoires qui simulent différents climats et différents niveaux de CO₂. Les études qui ont employé cette approche incluent celles d'Adams et al. (1990), Kane et al. (1991), Kaiser et al. (1993), Reilly et al. (1994), Rosenzweig et Iglesias (1994) et Rosenzweig et Parry (1994). Ces simulations offrent une représentation idéalisée de l'opération culturale et de l'exploitation agricole qui tend à donner des résultats forts différents des conditions du monde réel. De plus, avec cette approche il serait plutôt difficile de modéliser le niveau d'adaptation de l'exploitant. En effet, d'innombrables possibilités d'adaptations sont disponibles pour l'agriculteur—changement des périodes de plantation ; des variétés de culture ; des dates de récoltes ; et des méthodes de laboure et d'irrigation—les inclure tous serait pratiquement non faisable.

Partant de cette faiblesse dans les modèles agro économiques, Mendelsohn et al. (1994) ont développé l'approche Ricardienne qui, au lieu de considérer les rendements de certaines cultures, examine l'influence du climat sur le revenu net ou la valeur de la terre. Le principe étant de régresser la performance de l'exploitation agricole—représentée par la valeur de la terre ou le revenu net—sur un ensemble de facteurs environnementaux, d'inputs traditionnels (terre et travail) et de systèmes de soutien (infrastructure). Ceci permettra de mesurer la contribution de chaque facteur aux résultats et de détecter les effets du changement climatique à long terme sur la valeur agricole de la terre (revenu net). Contrairement à l'approche agro économique, celle-ci prend en compte les adaptations de l'exploitant. Les bénéfices et les coûts d'adaptation sont incorporés automatiquement par la valeur agricole de la terre ou le revenu net. Cette approche a permis de constater que les impacts des températures plus élevées sur l'agriculture ont évoluées modérément de catastrophique à salutaire. D'où, l'importance de la considération de l'adaptation dans les études de l'impact du changement climatique sur l'agriculture pour diminuer le biais de la surestimation des impacts.

Les chercheurs employant chacune des méthodes existantes conviennent généralement que le niveau auquel les agriculteurs arrivent à s'adapter aux nouvelles conditions peut être très important. Les modèles agro économiques doivent explicitement modéliser l'adaptation. L'analyste doit pouvoir déterminer quelles adaptations sont économiquement souhaitables à travers les expériences établies dans les laboratoires. Dans la pratique, il est difficile de faire de telles déterminations, et ainsi elles sont en grande partie de manière ad hoc.

L'adaptation implique un changement des pratiques agricoles en réponse à un changement des conditions climatiques. Elle inclut des changements des procédures de gestion, telles que la synchronisation de l'ensemencement et la moisson, l'intensification des intrants, et le

changement des variétés de cultures. Naturellement, l'adaptation suppose que les agriculteurs ont accès aux pratiques et aux technologies alternatives qui sont déjà pratiquées ailleurs.

Dans ce contexte, la technique Ricardienne, en s'appuyant sur les variations en coupe instantanée de la valeur capitalisée du climat dans la terre ; permet d'étudier les conséquences du changement climatique sur l'agriculture tout en intégrant les mesures d'adaptation. Ceci, tout en utilisant les données existant ; éliminant par la suite le recours à de très coûteuses méthodes qui nécessitent l'exploration des sites agricoles ou la collection de données de panel sur une longue période.

Ceci étant, nous utiliserons la méthode Ricardienne dans ce travail afin de répondre à notre objectif général d'évaluer l'impact du changement climatique sur l'agriculture du Maghreb.

Spécifications du modèle et des données

La fonction de production de l'exploitation agricole peut être exprimée comme fonction de variables exogènes et endogènes des intrants et des moyens de productions. Les variables exogènes incluent les caractéristiques, du sol et du climat, associées à l'exploitation agricole, ainsi que, les rémunérations nettes (prix, subventions) associées aux activités agricoles. Les variables endogènes incluent le travail (salariés, ménages), le capital (le matériel et équipement), les graines, les fertilisants et bien d'autres intrants déterminant les ressources et capacités de production. Les caractéristiques de l'exploitant agricole peuvent aussi avoir une importante contribution au processus de production.

Ainsi, la fonction de profit s'écrit comme suit :

$$\pi = \sum_{j=1}^n [p_j Q_j(z, m, x_j) - w x_j] \quad \text{où } j=1, 2, \dots, n \text{ cultures (1)}$$

p_j sont les prix des activités agricoles, Q_j les fonctions de production, z le vecteur des variables climatiques, m vecteur des caractéristiques exogènes à l'exploitation agricole, x_j est le vecteur des inputs associés à l'activité de production j et w est le vecteur des prix des inputs.

Maximisant le profit, on pourrait choisir un vecteur x_j satisfaisant les conditions suivantes étant donnée les intrants endogènes :

$$p_j \frac{\partial Q_j}{\partial x_j} = w \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Le vecteur optimal x_j peut être noté comme suit : $x_j = x_j(z, m)$.

Ainsi, si les activités de production et les inputs qui procurent le revenu net le plus élevé sont choisis; le revenu net résultant serait seulement fonction des variables exogènes à l'exploitant :

$$\pi^* = f(z, m, w)$$

À l'équilibre, les bénéfices à court terme, peuvent être mesurés et exprimés en revenu net par unité de terre. D'ailleurs, les revenus nets peuvent être considérés pour incorporer les choix optimaux des produits et des intrants par les agriculteurs. Ce qui implique que, les impacts climatiques calculés ($\frac{\partial \pi^*}{\partial z}$) à partir de l'équation ci-dessus représente la réponse des agriculteurs au climat, au sol et aux autres facteurs

Conformément au travail de MNS (1993), nous assumons que les variables climatiques prennent la forme quadratique dans la fonction du revenu net¹, et que les prix sont uniformes à travers les régions. La fonction du revenu net peut ainsi être exprimée en fonction des C conditions climatiques et L caractéristiques climatiques ainsi ;

$$\pi = \alpha_0 + \sum_{i=1}^c \alpha_i z_i + \sum_{i=1}^c \beta_i z_i^2 + \sum_{i=1}^L \gamma_i m_i + u \quad (3)$$

Où α , β , et γ sont respectivement les coefficients des variables climatiques et les autres variables exogènes et u un terme d'erreur $u \rightarrow N(0,1)$. La première étape du travail consiste à estimer les coefficients de cette expression, la méthode utilisée est la coupe instantanée suivant l'unité statistique choisie.

Une fois, cette fonction est estimée ; nous sommes en mesure d'estimer l'effet du changement climatique sur l'agriculture. En fait, le changement de bien-être résultant d'un changement climatique d'un état de conditions climatiques C_0 à un autre C_1 peut être mesuré par :

$$\Delta \pi = \pi(C_1) - \pi(C_0) \quad (4)$$

En ce qui concerne notre cas de travail, c'est-à-dire le Maghreb, l'unité d'analyse que nous considérons est le pays puisque les données concernant les variables agro économiques ne sont disponibles qu'au niveau des pays. Nous disposons ainsi de seulement quatre individus

¹ Cette hypothèse est fondée sur les travaux de recherches agronomiques sur la fonction de réponse des cultures aux conditions climatiques

(Libye, Tunisie, Algérie, Maroc, Mauritanie). Pour remédier à cette défaillance nous allons utiliser la méthode du panel afin d'estimer les coefficients de l'équation (3).

La plupart des données agro économiques utilisés dans ce travail sont procurées par la banque mondiale, nous avons exploité les données qui couvrent la période 1974-2005. Si l'ensemble de données en tant que tel comprend de nombreuses variables, cette étude utilise pour chaque pays juste les données concernant, les machines agricole et celles des surfaces irriguées, puisque la base n'est complète pour les quatre pays que pour ces variables

Le second problème que nous rencontrons est, la non disponibilité des données concernant le revenu net agricole, nous utilisons alors la valeur ajouté pour apprécier le revenu net agricole.

Pour mesurer et anticiper l'impact du changement climatique sur l'agriculture des pays du Maghreb, il est nécessaire de fournir des données climatiques qui peuvent servir cet objectif. Ces données sont généralement recueillies par un réseau d'observation principal selon les normes internationales de la météorologie dans des sites bien sélectionnées. . Alors, il existe plusieurs valeurs des conditions climatiques pour un pays donné par l'ensemble de station implantées dans divers lieux. La base de données climatique que nous exploitons est celle fournit par le réseau du NOAA « National Ocean and Atmospheric administration » parce qu'elle est la plus complète. Pour la Tunisie les données recueillies concernent les deux stations de Jendouba et Gabes. Pour le Maroc, elles concernent les stations Casablanca et Ouarzazate. Pour l'Algérie, quatre stations sont retenues Dar el Beida, El Goela, In Amenas et Tamanrasset. Pour la Libye les données touchent cinq stations Tripoli, Benina, Sebha, Hon et Kufra. Finalement, pour la Mauritanie les conditions climatiques de cinq stations sont révélées à savoir Bir Moghreïn, Nouadhibou, Atar, Tidjikja et Nema.

La disponibilité des données par station et non pas par pays pose des difficultés. En effet, les données climatiques doivent être en accord avec les données agro économiques dont nous disposons pour pouvoir les utiliser dans les estimations et simulation du modèle Ricardien. Ainsi il est nécessaire d'estimer les conditions climatiques pour chaque pays à partir des enregistrements des stations météorologiques réparties sur tous les territoires. Pour déterminer une seule valeur de la variable, il faut passer par c'est qu'on appelle « la spatialisation du climat ».

La spatialisation des variables climatiques appelée aussi « interpolation des variables climatiques » peut être effectuée moyennant différentes méthodes : méthode déterministe, méthode stochastique et méthodes mixtes. Pour les pays de Maghreb, les caractéristiques des données collectées ; le nombre restreint de données, nous contraignent à suivre la méthode

déterministe d'interpolation. Nous utilisons plutôt la méthode gravitaire basée sur la distance aux points de mesure pour l'interpolation spatiale des données. Elle est connue dans la littérature par l'acronyme *IDW* (*IDWA*, pour Inverse Distance Weighted Averaging). Le principe de cette méthode est que, pour une même variable, l'effet relatif d'un point d'observation diminue avec la distance qui le sépare du point de l'espace dont on veut estimer la valeur. Alors pour notre cas, nous calculons la moyenne des mesures des différentes stations climatiques avec un poids plus important donné aux stations les plus proches.

La valeur prédite pour un point de l'espace est :

$$Z = \frac{\left[\sum_{i=1}^N \frac{Z_i}{d_i^k} \right]}{\left[\sum_{i=1}^N \frac{1}{d_i^k} \right]} \quad (5)$$

Où Z est la variable estimée, Z_i est la valeur connue au point de mesure i , d_i est la distance entre le point de valeur inconnue et le point de mesure i , N est le nombre de stations utilisés pour l'interpolation, et k est la puissance à laquelle est élevée la distance. Dans la plupart des cas, $k=2$. Nous obtenons ainsi les conditions climatiques (température et précipitations) pour chaque pays au Maghreb pour la période 1940-2005.

La variable climatique appropriée pour cette étude est le climat normal, qui est défini en climatologie par la moyenne climatique sur 30 ans. En effet selon la méthode Ricardienne, c'est par rapport à cette période que les exploitants agricoles vont s'adapter. En considérant ce point de vue, nous faisons l'analyse en utilisant le climat normal c'est à dire la moyenne de température et de précipitation observés pour chaque année de la période 1974-2005.

Résultats

Le tableau 1 donne les résultats de la régression pour la période de 1974 à 2005. Pour préciser la nature du modèle (modèle à effet fixe ou à modèle à effet variable) qui aboutirait à des estimateurs convergents et efficaces, nous utilisons le test d'Hausmann. Le résultat de ce test appliqué à différentes montre que le modèle à effet aléatoire est plus approprié pour interpréter les coefficients estimés du modèle.

En examinant les coefficients des variables de contrôle retenues dans le modèle, nous constatons qu'ils sont significatifs au seuil de 5% et qu'ils possèdent le signe positif attendu. En effet, l'augmentation de la surface irrigués et du nombre de machine aurait un effet positif

sur la valeur ajoutée de l'agriculture. Ces deux variables reflètent l'utilisation de la technologie et l'importance du capital, ils peuvent nous renseigner sur l'aspect du secteur agriculture : traditionnel ou intense en capital.

Le signe du coefficient de la température est positif, ceci reflète que la température a un effet positif sur l'agriculture au Maghreb. Ce résultat peut être expliqué par le fait que des températures plus hautes pourraient avoir un effet positif sur la croissance de certaines plantes. Elles renforceraient aussi l'effet fertilisant du CO₂ ainsi que son effet anti-transpirant sur les plantes C₃ et C₄ à moins que les plantes ne soient surchauffées. Cependant, il est difficile de trancher pour la variable température. On ne peut pas séparer les effets physiologiques des températures (au niveau des plantes et de leurs organes) des effets écologiques (au niveau du champ ou de la région). Il y a, à la fois, des impacts positifs et négatifs aux deux niveaux et seuls une simulation spécifique à la culture et au site permet d'évaluer l'effet global "net" des augmentations de températures. Ainsi le signe positif du coefficient de la variable dépend des autres paramètres intégrés dans le modèle.

Tableau 1. Régression de la valeur ajoutée pour la période de 1974 à 2005

Variables indépendantes	Variable dépendante : valeur ajoutée de l'agriculture au prix constant (\$ 2000)
Constante	-6622.965*
Machines agricole (les tracteurs)	1066.304*
Surface irriguée	4.843*
Température moyenne	236.39*
Précipitation moyenne	214.93*
Température*Précipitation	-7.018*
Précipitation*précipitation	-0.88*
* significatif au seuil de 5% N : 115 R² within : 0.5534 R² between : 0.98 R² overall : 0.8971 Pro > Chi 2 : 0.000	

Le signe du coefficient des précipitations ne forme pas une surprise, il reflète l'effet positif de l'augmentation des précipitations sur l'agriculture. Le signe le coefficient du terme d'interaction entre température et précipitations est négatif, ainsi une augmentation de la température associé à une augmentation des précipitations affecterait négativement le secteur agricoles. Ceci peut être expliqué par le fait que la qualité et la quantité des ressources en

terres et en eaux déclineraient, notamment du fait de l'augmentation du ruissellement, de l'érosion, des processus de dégradation des sols, de la fréquence des inondations et, probablement, des sécheresses.

L'estimation des coefficients du second ordre climatique dans le tableau 1 impliquent que la valeur ajoutée est une fonction concave des précipitations. La variable de second ordre de la température n'est pas retenue par le modèle parce que le coefficient n'est pas significatif.

Les impacts des projections climatiques prévus pour la région

Nous considérons les projections de température et des précipitations effectués sur le Maghreb à l'horizon 2050 par l'utilisation du modèle global UKHI (scénario moyen « IS92a » du GIEC) (projet RAB/94/G31). Elles ont été effectuées sur une base saisonnière et par comparaison avec les moyennes de la période 1961-1990. Les températures marqueraient une hausse variant de 1 à 2.2° C. Ce serait la saison d'été qui sera marquée le plus par le réchauffement, soit de 1.8 à 2.2° C. Les projections de baisse des moyennes régionales des précipitations saisonnières seraient de 10 à 15 % pour l'automne, de 16 % pour l'hiver, de 10 à 20 % pour le printemps.

Nous combinons ces différentes projections telles qu'illustré dans le tableau suivant. Ensuite, nous ajoutons les changements climatiques prévus par le modèle à la température de référence dans chaque pays et nous multiplions la base de précipitations dans chaque pays par les pourcentages de diminutions prévu par le modèle climatique. Cela nous donne un nouveau climat pour chaque pays, au Maghreb. Nous calculons la valeur ajoutée du climat actuel (correspondant à la dernière année disponible dans la base de données) et de chaque nouveau climat. En soustrayant la valeur ajoutée estimée de celle actuelle nous pouvons obtenir la modification de la valeur du revenu net pour chaque pays. Le total donne la variation de la valeur ajoutée pour le Maghreb. Les résultats sont illustrés dans le tableau 2.

Tableau 2. Variation de la valeur ajoutée de l'agriculture au Maghreb selon les projections à l'horizon de 2005

Pays	Variation de la valeur ajoutée en agriculture en Million dollars			
	Température +1 Précipitation -10%	Température +1 Précipitation -20%	Température +2 Précipitation -10%	Température +2 Précipitation -20%
Algérie	-705,8689368	-769,7354725	-861,6215323	-881,9157129
Libye	-2161,597576	-2185,410447	-1951,451497	-1972,347421
Mauritanie	-698,4037227	-679,7637189	-566,7492393	-536,4710004
Maroc	-2034,522784	-2071,976246	-1842,337779	-1874,878619
Tunisie	-1230,62354	-1240,136307	-1267,577687	-1246,717926
Total	-6831,016559	-6947,022192	-6489,737734	-6512,33068

Nous constatons qu'une augmentation de la température combinée à une diminution de la distribution de probabilités diminuerait la valeur ajoutée de l'agriculture dans tous les pays du Maghreb. La détérioration de la valeur ajoutée est d'autant plus ressentie en Tunisie, en Libye et au Maroc. Ainsi, l'agriculture aux pays du Maghreb sont touchés de plein fouet par le changement climatique et se doivent de mettre en place une stratégie d'adaptation.

Conclusion

Nous avons étudié l'impact du changement climatique sur l'agriculture au Maghreb en utilisant une l'approche Ricardienne développé par MNS (1993). Nous avons choisit cette méthode surtout parce qu'elle permet de tenir compte des méthodes d'adaptation utilisés par l'agriculteur. Les résultats de l'analyse ont indiqué que la valeur ajoutée est sensible au climat. Examiner l'impact des projections des changements climatiques fournit par un scénario modéré à l'horizon 2050 ont montré que le changement climatique aurait un effet négatif sur la valeur ajoutée.

Bibliographie

Adams, R.; Mc Carl, B.; Duek, D.; et Glycer, D. 1989. "Implications Of Global Climate Change For Western Agriculture", *Western Journal of Agriculture Economics*, 13 (2), pp 348-356.

Adams, R.; Rosenweig, C.; Pearl, R.; Ritchie, J.; Mc Carl, B.; Glycer, D.; Curry, B.; James, J, Boote, K. et Allen, H. 1990. "Global Climate Change and U.S Agriculture", *Nature*, 345, pp 219-223.

Adams, R.M.1989. "Global Climate Change and Agriculture: An Economic Perspective. *American Journal of Agricultural Economics* 71, pp 1272-1279.

Adams, Richard, Bruce McCarl, Kathleen Segerson, Cynthia Rosenzweig, Kelley Bryant, Bruce Dixon, Richard Conner, Robert Evenson, et Dennis Ojima. 1999. "The Economic Effects of Climate Change on U.S. Agriculture.". *The Impact of Climate Change on the Economy of the United States*, pp 18-54, ed. R.

Adams, Richard, D. Glycer, et Bruce McCarl. 1989. "The Economic Effects of Climate Change in US Agriculture: A Preliminary Assessment." In *The Potential Effects of Global Climate Change on the United States: Report to Congress*, Appendix C-1, 4-1-4-54, ed. D.

Tirpak and J. Smith. Washington D.C.: U.S. Environmental Protection Agency, EPA-230- 05-89-050.

Adams, Richard, R. Fleming, C. Chang, Bruce McCarl, et Cynthia Rosenzweig. 1993. "A Reassessment of the Economic Effects of Global Climate Change in U.S. Agriculture." Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency.

Agoumi, Senoussi, Yacoubi, Fakhredine, Sayouty, Mokssit, Chikri. 1999. « Changements climatiques et ressources en eau » *Hydrogéologie appliquée*, Tome 12 vol 11, pp 163–182.

Akong'a, J., T.E. Downing, N.T. Konijn, D.N. Mungai, H.R. Muturi, et H.L. Potter. 1988. "The Effects of Climatic Variations on Agriculture in Central and Eastern Kenya". In: M.L. Parry, T.R. Carter; and N.T. Konijn (Eds.): *The Impact of Climatic Variations on Agriculture*, Vol. 2, Assessment in Semi-Arid Regions.

Armington, P. 1969. "A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production" *IMF Staff Papers*, 16, pp 159-178.

Baer, B.D., W.S. Meyer, et D. Erskine. 1994. "Possible Effects of Global Climate Change on Wheat and Rice Production in Australia". In: C. Rosenzweig, and A. Iglesias (Eds.): *Implications of Climate Change for International Agriculture: Crop Modeling Study*.

Banque Mondiale : www.banquemondiale.org

Cline, William. 1996. "The Impact of Global Warming on Agriculture: Comment." *American Economic Review* 86 (5), pp 1309-12.

République Tunisienne. Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire. Octobre 2001. "Communication Initiale de la Tunisie à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques", cette communication est proposées dans le site de la convention cadre des nations unies sur le climat.

Darwin, Roy. 1999. "The Impact of Global Warming on Agriculture: A Ricardian Analysis: Comment." *American Economic Review* 89 (4), pp 1049-52.

Davis. Mendelsohn, Robert, William D. Nordhaus, et Daigee Shaw. 1994. "The Impact of Global Warming on Agriculture: A Ricardian Analysis." *American Economic Review* 84 (4): pp 753- 71.

Davis. Mendelsohn, Robert, William D. Nordhaus, et Daigee Shaw. 1996. "Climate Impacts on Aggregate Farm Values: Accounting for Adaptation." *Agriculture and Forest Meteorology* 80 (1), pp 55-67.

De Siqueria, O.J.F., J.R. Boucas Farias, et L.M. Aguiar Sans. 1994. "Potential Effects of Global Climate Change for Brazilian Agriculture: Applied Simulation Studies for Wheat,

Maize, and Soybeans”. In: C. Rosenzweig, and A. Iglesias (Eds.): Implications of Climate Change for International Agriculture: Crop Modeling Study.

Dinar, A.; Mendelsohn, R.; Evenson, R.; Prikh, J. ; Sanghi, A.; Kumar, K.; McKinsey, J. et Lonergan, S. 1999. “Measuring the Impact of Climate Change on Indian Agriculture”. *World Bank Technical Paper No. 42.*

Eid, H.M. 1994. “ Impact of Climate Change on Simulated Wheat and Maize Yields in Egypt”. In: C. Rosenzweig, and A. Iglesias (Eds.): Implications of Climate Change for International Agriculture: Crop Modeling Study.

Escano, C.R., et L.V. Buendia. 1994. “ Climate Impact Assessment for Agriculture in the Philippines: Simulation of Rice Yield under Climate Change Scenarios”. In: C. Rosenzweig, and A. Iglesias (Eds.): Implications of Climate Change for International Agriculture: Crop Modeling Study.

Etudes de vulnérabilité de trois pays du Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie) face aux changements climatiques réalisées dans le cadre du projet PNUD-FEM RAB94G31 : 2000–2001.

Kaiser, H.M. 1991. “Climate Change and Agriculture”. *Northeastern Journal of Agricultural and Resource Economics*, 20, pp 151-163.

Kaiser,H.M., Riha,S.J., Wilks,D.S., Rossiter,D.G., et Sampath,R., 1993. “A farm-level analysis of economic and agronomic impacts of gradual warming”, *American Journal of Agricultural Economics*, 75, pp 387-398.

Kumar K.S.Kavi, Parikh Jyoti. 2001.“Indian agriculture and climate sensitivity”. *Global Environmental Change*, 11, pp 147-154.

Mendelsohn R. et Dinar A. “Climate Change, Agriculture, and Developing Countries: Does Adaptation Matter? ”. *The World Bank Research Observer*, vol. 14, no. 2 (August 1999), pp. 277–93.

Mendelsohn R. et Nordhaus W.D. 1996. “The Impact of Global Warming on Agriculture: Reply”, *American Economic Review*, 86, pp 1312-1315.

Mendelsohn R.; Nordhaus W.D. et Shaw D. 1994. “The impact of Global Warming on Agriculture: A Ricardian Analysis”, *The American Economic Review*, 4 (84), pp 755-771.

Ministère de l’Agriculture et des Ressources Hydrauliques de la Tunisie, et Coopération Technique Allemande 2007. “Changements Climatiques : Effets Sur l’Economie Tunisienne et Stratégie d’Adaptation pour Le Secteur Agricole et les Ressources Naturelles”

Mike Hulme, Ruth Doherty, Todd Ngara, Mark New et David Lister. 2000. “ African Climate Change: 1900-2100”. *Revised Manuscript for Climate Research.*

Mooney, S., et L.M. Arthur.1990. “ The Impacts of Climate Change on Agriculture in Manitoba”. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, 38, pp 685-694.

NOAA « National Ocean and Atmospheric administration » <http://www1.ncdc.noaa.gov>

Projet RAB 94G31. 1998 “l’eau et les Changements Climatiques au Maghreb” Livre publié en dans le cadre du **projet RAB 94G31**: Il peut être téléchargé du site www.ccmaghreb.com

Projet PNUD-FEM RAB 94G31. 2002 “le climat et la santé au Maghreb” livre publié dans le cadre du Projet PNUD-FEM RAB 94G31.

Projet de FEM/PNUD RAB/94/G31, 2002 « Vulnérabilité et Adaptation des Pays du Maghreb aux Changements Climatiques Alger ». 6èmes Journées du Comité Consultatif Technique Maghrébin sur les Changements Climatiques, 6–7 Mai.

Projet PNUD-FEM RAB94G31 (Novembre 2002) « Vulnérabilité et Adaptation des pays du Maghreb face aux changements Climatiques », COP8 à New delhi www.ccmaghreb.com

Qureshi, A., et A. Iglesias. 1994. “Implications of Global Climate Change for Agriculture in Pakistan: Impacts on Simulated Wheat Production”. In: C. Rosenzweig, and A. Iglesias (Eds.): *Implications of Climate Change for International Agriculture: Crop Modeling Study.*

Reilly, J. ET Hohmann, N. 1993. “Climate Change and Agriculture: The Role of International Trade”. *The American Economic Review*, vol.83, No.2, pp 306-312.

Rosenzweig Cynthia, Tubiello Francesco N., Goldberg Richard, Mills Evan, et Bloomfield Janine. 2002. “Increased crop damage in the US from excess precipitation under climate change”. *Global Environmental Change*, 12, pp 197-202.

Rosenzweig, C., Parry, M.L., Fischer, G., and K. Fromberg. 1993. “Climate Change and World Food Supply”. Research Report, No. 3. Environmental Change Unit, University of Oxford.

Rosenzweig,C., Parry,M.L. 1994. “Potential impact of climate change on world food supply”, *Nature*, 367, pp 133-138.

Stour, Agoumi, Snoussi. 2002. « Changements climatiques et Elévation du Niveau de la Mer » *Revue Marocaine de Génie Civil*, N 97.