

University of Tunis El Manar

Faculty of Economics and management of Tunis



International Conference

**ENERGY, CLIMATE CHANGE, AND SUSTAINABLE
DEVELOPMENT**

ENERGY, CLIMATE CHANGE, AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Hammamet (Tunisia), June 15 - 17, 2009

Vulnérabilité de la céréaculture tunisienne face aux changements climatiques

*Mosbah LAFI
Docteur ès Sciences Economiques
Université Paris II Panthéon Assas
CEDIMES Paris*

Résumé

Cet article a pour objectif l'analyse des impacts des changements climatiques sur la culture des céréales en Tunisie. L'agriculture occupe une grande importance dans l'économie tunisienne. , La Tunisie, située dans le Nord de l'Afrique, se caractérise par un climat à dominance aride et semi-aride, et des ressources hydrauliques fragiles. Par ailleurs la présence des changements climatiques dans la région méditerranéenne devient une certitude et constitue une menace écologique et économique. Dans ce cadre, faire face à ces changements apparaît comme un enjeu de développement durable.

Abstract

This article aims to analyze the impacts of climate change on the production of cereals in Tunisia. On one hand, agriculture is of great importance in the Tunisian economy. Located in North Africa, Tunisia's climate is predominantly arid and semi-arid. Their resources of water are so fragile. On the other hand, the presence of climate change in the Mediterranean region becomes a certainty and is an ecological and economic threat. In these conditions, make the necessary of these changes appear as a question of sustainable development.

Introduction

Les changements des conditions climatiques influenceront la sécurité alimentaire car ils exerceront un impact sur tous les éléments des systèmes alimentaires nationaux et mondiaux. Des événements climatiques, des sécheresses et des hausses du niveau de la mer plus fréquents et intenses et des irrégularités croissantes du modèle des saisons de pluie ont déjà des retombées immédiates sur la production alimentaire, les infrastructures de distribution des denrées, l'incidence des crises alimentaires, les moyens d'existence et les occasions de dégager des revenus, et la santé humaine en zone rurale comme en zone urbaine.

Les effets des changements des températures moyennes et des précipitations provoqueront des perturbations aussi bien positives que négatives, et pourraient produire les phénomènes suivants :

- changements dans l'adéquation des terres à différents types de cultures et de pâturages,
- changements dans la santé et la productivité des forêts,
- changements dans la répartition, la productivité et la composition des communautés marines,
- changements dans l'incidence et les vecteurs de différents types d'insectes nuisibles et de maladies,
- perte de biodiversité et de fonctionnement éco-systémique des habitats naturels,
- changements dans l'approvisionnement en eau de bonne qualité pour les cultures, le bétail et l'aquaculture,
- perte de terres cultivables due à l'augmentation de l'aridité et de la salinité connexe, épuisement des sources d'eau souterraine et hausse du niveau de la mer,
- changement des possibilités de réaliser des revenus,
- changement des risques sanitaires
- migration interne et internationale.

Comment nous allons faire face à ces changements. La gestion des ressources en eau constituera un défi majeur dans le futur. Selon les mesures instrumentales des 145 dernières années, l'année la plus chaude reste 1998, car le réchauffement a été amplifié par El Niño¹ de

¹ El Niño : Tous les trois à quatre ans, entre janvier et mars, l'anticyclone du Pacifique sud descend vers le sud ouest; des eaux chaudes tropicales (+1°C à +4°C par rapport à leur température habituelle) se déplacent le long de l'équateur, de l'Australie au Pérou, créant un courant ouest-est inversant le sens des alizés et provoquant des pluies torrentielles (Colombie, nord du Pérou, Equateur), des tempêtes et des sécheresses (Australie, Indonésie). Ce réchauffement des eaux entraîne la destruction du plancton et donc des poissons.

1997-98. Les années 2002-2004 sont respectivement les 2ème, 3ème et 4ème années les plus chaudes depuis 1861, et sur la période 1995-2004, neuf sont parmi les plus chaudes jamais enregistrées, à l'exception de 1996. Sur la base des reconstitutions de température fournies par des indicateurs indirects, comme les anneaux des arbres et les carottes de glace, plusieurs études ont également conclu que les températures de surface de l'hémisphère Nord sont plus chaudes qu'elles ne l'ont jamais été au cours des 1000 dernières années.

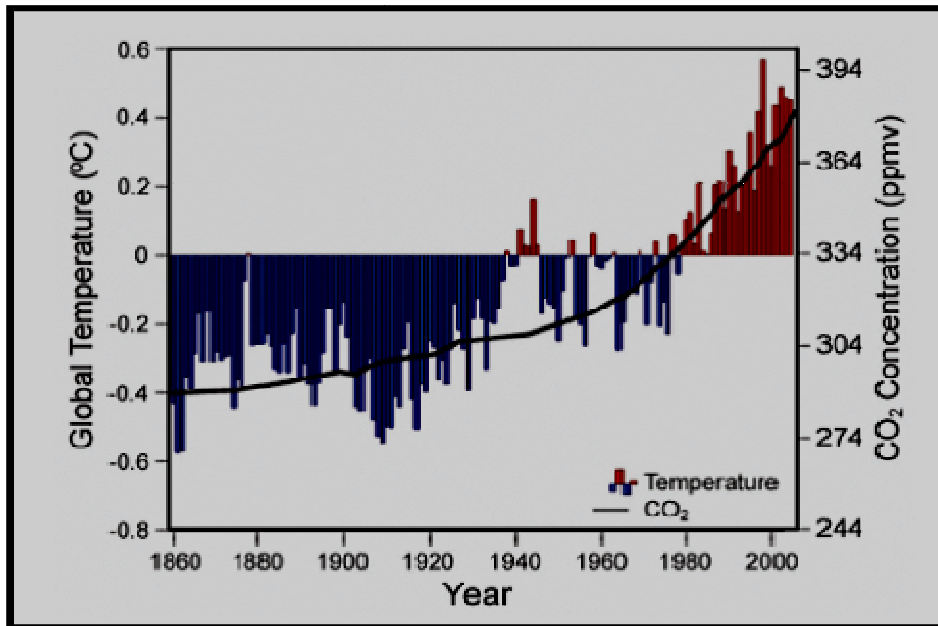


Figure 1. : Séries temporelles des anomalies de température globale en moyenne annuelle par référence à la moyenne de la période 1961-90 (barres, échelle de gauche), et la concentration atmosphérique moyenne annuelle de CO2 (courbe noire, échelle de droite) les valeurs avant 1957 sont issues de mesures dans les bulles de glaces et celles après 1957 de mesures atmosphériques faites à Mauna Loa dans le Pacifique). Mis à jour à partir de Karl and Trenberth 2005.

Quand aux impacts économiques de ces changements, Mendelsohn et al. (1997)² «évaluent les dommages climatiques à 0,3% du PIB mondial, mais ce chiffre agrège des dommages très inégalement répartis avec des pertes de 4,7% pour l'Afrique... La forte perte du PIB en Afrique est provoquée par une forte baisse de la production agricole et celle-ci renvoie à un risque d'explosion de besoins alimentaires non satisfaits. Si des aides suffisantes ne lui sont

² Mendelsohn R. et Sohngen, B., (1997), "A Dynamic Model of Carbon Storage in the United States During Climatic Change" Pages s309-s322 in *Economics of Carbon Sequestration in Forestry*, Edited by R. Sedjo, N. Sampson, and J. Wisniewski. Boca Raton: Lewis Press. Also in *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, Volume 27/Special Edition.

pas données, on aura alors un choc économique majeur, des tensions régionales et des mouvements d'exode des populations » [Impacts Climatiques en France (2005)³, publié par **CLIMPACT**, pp 130-131].

La vulnérabilité des pays du Sud de la Méditerranée au changement climatique varie en fonction de la part de leur économie sensible au climat (agriculture, tourisme, infrastructures, énergie, écosystème). Ainsi, les coûts de l'inaction pourraient être plus importants dans les pays agricoles (Syrie, Egypte, Maroc, Tunisie) : il est estimé entre 2 et 9% du PIB agricole des pays d'ici 2050 (Fischer et al. 2002)⁴. Des études plus ciblées géographiquement montrent que les pertes anticipées suite à une augmentation des températures de 2,5°C seront voisines de 7% du PIB par tête en moyenne pour l'Afrique (inclus l'Afrique du nord) d'ici à 2100 (soit la fourchette haute des coûts estimés à l'échelle mondiale). Ces résultats laissent penser que la région de la Méditerranée sera parmi les zones les plus touchées et la plus rapidement affectée par les effets néfastes de la variation du climat dans le monde. Ces études, basées sur des scénarios climatiques futurs, font apparaître une extrême vulnérabilité de la Tunisie face aux changements climatiques, avec au premier lieu le problème de l'aridification progressive du climat et les îlots de chaleur urbain. La baisse des ressources hydriques, quant à elle, a déjà atteint la limite de la pénurie hydrique⁵. L'agriculture, se trouve d'ores et déjà fortement affectée et subit de plein fouet les importants dérèglements du climat. Le littoral tunisien subit lui aussi des perturbations diverses. Le niveau maritime devrait connaître une élévation sensible, susceptible de modifier à terme le paysage côtier⁶. Le domaine forestier n'est pas épargné non plus.

En Tunisie, l'agriculture représente 16 % de la population active et 12 % du PIB en 2006⁷. Après un recul de 7 % en 2005 lié à la sécheresse, son taux de croissance s'est établi à 2.5 % en 2006 et 2.1 % en 2007. En dehors de l'emploi, l'importance de l'agriculture en Tunisie se distingue par ses effets en amont et en aval vis-à-vis des autres secteurs de l'économie, en particulier l'industrie agroalimentaire et le tourisme. Les principaux produits agricoles sont : l'huile d'olive, les agrumes, les dattes et les céréales.

³ Ce rapport est téléchargeable sur le lien suivant : www.impactsclimatiquesenfrance.fr

⁴ Fischer, G., Shah, M., et Van Velthuizen, H. (2002), *Climate Change and Agricultural Vulnerability*. Vienna: International Institute of Applied Systems Analysis.

⁵ Un pays étant en stress hydrique s'il présente moins de 1000m³/hab./an, et étant près de la pénurie à moins de 500m³/hab./an, c'est le cas de la Tunisie avec 493m³/hab./an.

⁶ www.anme.nat.tn

⁷ BCT, 2007, Rapport Annuel de la Banque Centrale de Tunisie.

La Tunisie occupe le 2^{ème} rang mondial dans la consommation des pâtes, et le 3^{ème} rang mondial dans la consommation des produits céréales dérivés (semoule, farine, couscous...) ⁸

Une production stable de céréales, en particulier du blé dur et d'orge permet, à la Tunisie d'atteindre une sécurité alimentaire suffisante. Toutefois, la céréaliculture tunisienne reste très dépendante des conditions climatiques et est soumise à des sécheresses très fréquentes. De nombreux travaux se sont intéressés à l'étude de la production des céréales en conditions de déficit hydrique, mais à notre connaissance actuelle, il n'existe pas d'étude qui s'intéresse au cas tunisien. Ce travail tend à combler cette lacune et analyse les effets potentiels des changements climatiques sur la production des céréales en Tunisie.

I. Le climat et les changements climatiques

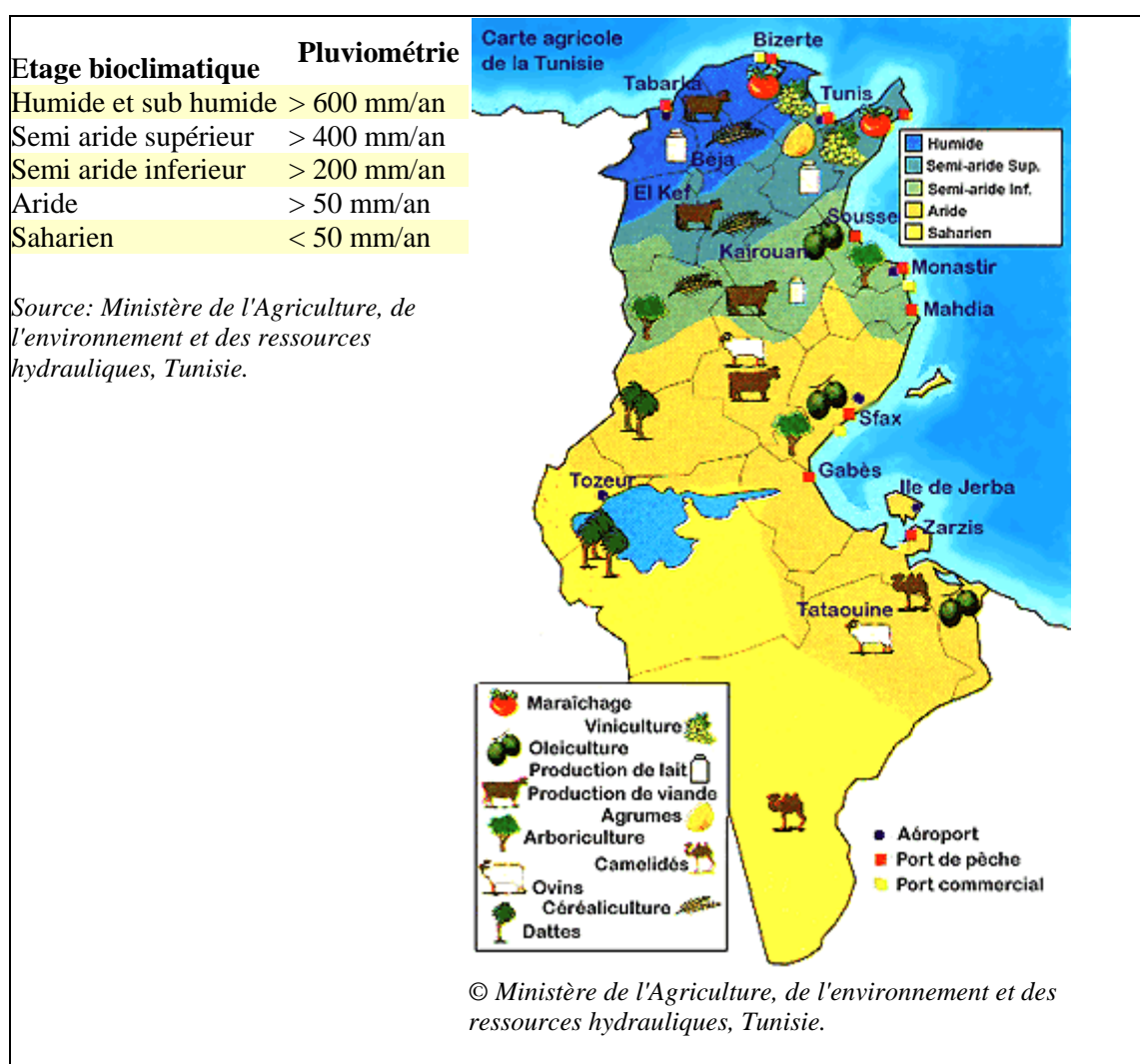


Figure 2. Carte agricole et climatique de la Tunisie.

⁸ www.ubifrance.fr

Comme le démontre la carte agricole et climatique, la Tunisie est à dominance semi-aride à aride, soumise à un climat résultant d'influences maritimes au Nord et à l'Est (Mer Méditerranée) et sahariennes au Sud. Cette carte montre aussi une grande variabilité spatiale et interannuelle des précipitations avec des précipitations plus faibles au Sud caractérisé par des périodes de sécheresse périodiques et fréquentes dont la durée peut dépasser trois années successives.

Quels changements climatiques a-t-on observés jusqu'aujourd'hui ?

Les données climatiques relevées dans la région du Maghreb durant le 20^{ème} siècle indiquent un réchauffement durant ce siècle estimé à plus de 1°C, malgré sa faible part dans l'émission mondiale des gaz à effets de serre GES⁹. Ces données montrent aussi une augmentation des sécheresses et inondations. Ainsi on est passé d'une sécheresse tous les dix ans au début du siècle à cinq à six années de sécheresses en dix ans actuellement (Agoumi, 2003)¹⁰. Cette nouvelle situation est accentuée par la nature excessive des rares années avec pluviométrie forte et répartie sur une courte période de l'année. On voit ainsi des centaines de millimètres d'eau tomber dans des régions arides en quelques jours et presque rien pour le reste de l'année. Un sol aride, une érosion forte, un ruissellement excessif, sont des caractéristiques de cette région qui favorisent des catastrophes naturelles en relations avec ces fortes précipitations et ces inondations.

Malheureusement nous ne disposons pas encore d'indicateurs spécifiques à la Tunisie ou pour le Sud de la méditerranée, mais certaines recherches menées par plusieurs centres en France¹¹ [INRA, l'Observation de l'énergie et des matières premières - MEEDDAT, Météo France...], nous informent sur l'évolution du climat dans la Méditerranée. Le bilan de masse du glacier d'Ossoue (Massif du Vignemale - Pyrénées françaises), les bilans de masse des glaciers tempérés des Alpes françaises, la concentration en chlorophylle-a, les dates de floraison

⁹ <http://www.anme.nat.tn> : En 2006, un Tunisien émet environ 3 tonnes de gaz à effet de serre, contre une moyenne mondiale de 4 tonnes par habitant, selon une étude publiée par l'agence nationale tunisienne de maîtrise de l'énergie (ANME). La principale source d'émissions de gaz à effet de serre en Tunisie est le secteur de l'énergie (53,4%), suivi par l'agriculture (20,2%), les procédés industriels (10,3%), les forêts (12,4%) et les déchets (3,7%). La consommation nationale d'énergie dépend à raison de 54% des produits pétroliers et 45% du gaz naturel alors que les énergies renouvelables ne dépassent pas 1%.

¹⁰ A. AGOUMI, (2003), « Vulnérabilité des pays du Maghreb face aux changements climatiques », *Climate Change Knowledge Network*, <http://www.cckn.net>

¹¹ Téléchargeables sur le site de l'observatoire national sur les effets du réchauffement climatique (ONERC) : www.onerc.gouv.fr

d'arbres fruitiers, les dates de floraison et dates de vendanges en Champagne, l'évolution des populations de certaines espèces d'oiseaux, les pluies diluviennes sur le sud-est méditerranéen de la France, la salinité de surface de la mer, les stades de développement de la vigne en Alsace, les températures moyennes de l'air en métropole, et l'évolution des pratiques agricoles montrent clairement la présence d'un réchauffement du bassin méditerranéen.

Quels changements du climat aurons-nous dans le futur ?

Les Modèles de Circulation Générale (MCG) (voir encadré I), estiment un réchauffement probable de la région de l'Afrique du Nord de l'ordre de 2° à 4° durant le 21^{ème} siècle, avec en particulier plus de 1°C de réchauffement entre 2000 et 2020¹².

Par ailleurs, des incertitudes mais des consensus pour le 21^{ème} siècle font du bassin méditerranéen (BM) un « *hot spot du changement climatique* ». A l'aide des modèles climatiques régionaux (MCR) à plus haute résolution que les modèles MCG, les incertitudes sur les projections régionales du climat au 21^{ème} siècle dans le bassin méditerranéen sont essentiellement dues au fait que les méthodes numériques et techniques utilisées. Cependant, les conclusions du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC, 4^{ème} Rapport, 2007), convergent vers un certain nombre de consensus généraux :

- les hausses de températures dans le bassin méditerranéen seront vraisemblablement supérieures à 2°C et, du fait des caractéristiques écologiques et socio-économiques de la zone, les impacts seront plus importants que dans de nombreuses autres régions du monde. Ainsi, la Méditerranée a été qualifiée de « *hot spot du changement climatique*» (Giorgi, 2007)¹³.
- une diminution générale des précipitations moyennes sur l'ensemble du bassin méditerranéen est attendue.

les zones méditerranéennes les plus vulnérables sont celles de l'Afrique du Nord voisines des zones désertiques, les grands deltas (ceux du Nil, du Pô et du Rhône par exemple), les zones côtières (rive Nord comme rive Sud du bassin), ainsi que les zones à forte croissance démographique et socialement vulnérables (rive Sud et Est, villes denses et banlieues) (GIEC, 4^{ème} Rapport, 2007).

¹² République Tunisienne, 2001, Communication Initiale de la Tunisie à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques, Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire, Octobre.

¹³ Giorgi, F., (2007), CMDDD présentation, Juin 2007.

Encadré I.

Qu'est ce qu'un Modèle de Circulation Générale (MCG, en anglais GCM pour General Circulation Model)?

On peut presque poser par définition que c'est le modèle numérique le plus complexe et le plus réaliste d'une des composantes fluides du système climatique (atmosphère, océan) que l'on puisse construire, compte tenu de la connaissance et de la compréhension que l'on a des processus à prendre en compte et des limitations imposées par la puissance des ordinateurs.

En pratique, c'est un modèle numérique qui résout explicitement les équations primitives de la mécanique et de la thermodynamique des fluides géophysiques dans les 3 dimensions spatiales et dans le temps. Les MCGs simulent aussi le transfert du rayonnement et les sources et puits d'énergie qui en résultent dans le milieu. La résolution spatiale des modèles est limitée par la puissance des ordinateurs existants, et certains processus thermodynamiques de petites échelles (turbulence, convection...) que l'on saurait formuler exactement doivent être paramétrés, avec les incertitudes supplémentaires que cela implique. D'autres processus sont probablement encore trop mal connus pour être explicitement simulés même s'il n'y avait pas de limitation de résolution (caractéristiques physiques et optiques des nuages...);

Tous les MCG existants (et il en existe plusieurs dizaines de part le monde) ont donc la même fonction: simuler aussi exactement que possible l'atmosphère ou l'océan. Tous ont des défauts. Une des grandes sources d'incertitude pour l'atmosphère, sur laquelle les MCGA (MCG Atmosphériques) divergent, est la modélisation des nuages et de leur rôle dans le bilan hydrique et radiatif de la planète. Le traitement de la convection "humide" (avec changement de phase de l'eau et éventuellement précipitation) est également un problème complexe suscitant beaucoup de recherche sur les MCG.

Les modèles climatiques régionaux (MCR) à échelle plus fine sont présentement en cours d'élaboration ce qui permettra des études régionales plus détaillées des effets du changement climatique sur le paysage terrestre.

- selon le 4^{ème} Rapport du GIEC, sous le scénario A1B¹⁴, la température de l'air connaîtra une augmentation d'entre 2,2°C et 5,1°C pour les pays de l'Europe du Sud et de la région méditerranéenne si on compare la période 2080-2099 avec la période 1980-1999 (avec quelques différences selon les sous régions).
- les mêmes projections donnent une baisse considérable de la pluviométrie comprise entre -4 et -27% pour les pays de l'Europe du Sud et de la région méditerranéenne (alors que les pays du Nord de l'Europe connaîtront une hausse comprise entre 0 et 16%). Une augmentation des périodes de sécheresse (associées à la dégradation des terres) se traduisant par une fréquence élevée des jours au cours desquels la température dépasserait 30°C est également prévue (Giannakopoulos et al. 2005)¹⁵.
- les événements extrêmes de type vagues de chaleur, sécheresses ou inondations pourraient être plus fréquents et violents.

¹⁴ Pour voir les différents scénarios mis en place par le GIEC, voir Annexe 2.

¹⁵ Giannakopoulos, C., M. Bindi, M. Moriondo, P. LeSager, and Tin, T., (2005): Climate change impacts in the Mediterranean resulting from a 2°C global temperature rise. *A Report for the WWF for a Living Planet. The Global Conservation Organization, Gand, Switzerland.*

- quant à l'évolution du niveau de la mer, des séries temporelles plus longues à partir de données d'altimétrie satellitaire, ainsi qu'une amélioration des mesures des marées, sont encore nécessaires afin de pouvoir arriver à des conclusions robustes. Quelques études climatologiques seulement estiment que le niveau de la mer pourrait monter d'une moyenne de 35 cm au cours du 21^{ème} siècle.

II. Les ressources hydriques en Tunisie : quantités limitées et répartition régionale inégale¹⁶.

Les ressources mobilisables : faibles et mal réparties

En Tunisie les ressources mobilisables sont estimés à 4 503 millions de m³, dont 2 700 sont des eaux de surface, et 1 803 sont des eaux souterraines. Par comparaison aux autres pays du Maghreb (en particulier le Maroc et l'Algérie), ces ressources sont relativement faibles, en raison de la taille modeste des bassins hydrologiques du pays, et des précipitations limitées.

Les eaux de surface : concentrées dans la partie nord du pays

Les principaux oueds sont au Nord de la Tunisie. Cette région qui reçoit les plus grandes quantités de précipitations (plus de 400 mm/an), rassemble les bassins du Nord-Est (Cap Bon, Miliane et Ichkeul) et ceux du Nord-Ouest (Medjerda et extrême Nord). Le Centre (entre 400 mm et 200 mm/an) et le Sud (inférieur à 200 mm/an, souvent à 100 mm/an), se caractérisent par l'aridité et l'endoréisme. La répartition spatiale du réseau hydrographique et des précipitations, ainsi que les trois grandes régions hydrologiques du pays font apparaître que le Nord fournit 82 % des ressources hydriques, le centre 12 %, et le sud 6 % alors que ce dernier représentant 62 % de la superficie du pays

Les ressources souterraines

L'essentiel des ressources souterraines provient des nappes du Sud (tableau 1), dont les plus importantes sont les nappes profondes fossiles du Continental intercalaire et du Continental Terminal. Le caractère fossile des nappes du Sud pose le problème de la durabilité de leur exploitation, d'autant plus que cette région est de plus en plus considérée comme une région de mise en valeur par l'eau, puisque la surface des oasis a plus que doublé en 30 ans, passant

¹⁶ Pour une étude plus détaillée sur les ressources en eaux en Tunisie ainsi que l'évolution de la politique hydraulique en Tunisie, voir Lettre n°16 Programme International Géosphère Biosphère-Programme Mondial de Recherches sur le Climat (PIGB-PMRC), CNRS : Les ressources en eaux en Tunisie Bilan et perspective, Mars 2004.

de 15 000 à 36 000 hectares irrigués. Quant aux nappes de surface, elles sont exploitées à la limite de leurs ressources ; les plus importantes, celles du centre et du Sud tunisiens, affichent des situations de surexploitation, ce qui pourrait provoquer de dégradation qualitative et quantitative de l'eau (intrusions salées et baisses des niveaux piézométriques).

Tableau 1 : Répartition régionale des ressources en eaux souterraines en Tunisie en 1995 (Millions de m³)

	Nord	Centre	Sud	Total
Ressources des nappes de surface	395	222	102	719
Ressource des nappes profondes	216	306	728	1250
Total	611	528	830	1969

Source : Ministère de l'Agriculture, Tunisie, 1998

III. Risque climatique et évolution des rendements d'exploitations céréalières en Tunisie

Stern (2006)¹⁷ met l'accent sur le fait qu'une augmentation des températures de 2° peut engendrer une diminution de la production mondiale de céréales de 5%. Cet impact est décuplé dans la région MENA où cette production peut se réduire de 15% à 35% selon l'effet réel de fertilisation du CO₂ supplémentaire dans l'atmosphère.

L'eau au cœur des principaux impacts du changement climatique sur l'environnement naturel en Méditerranée, se traduisant notamment par :

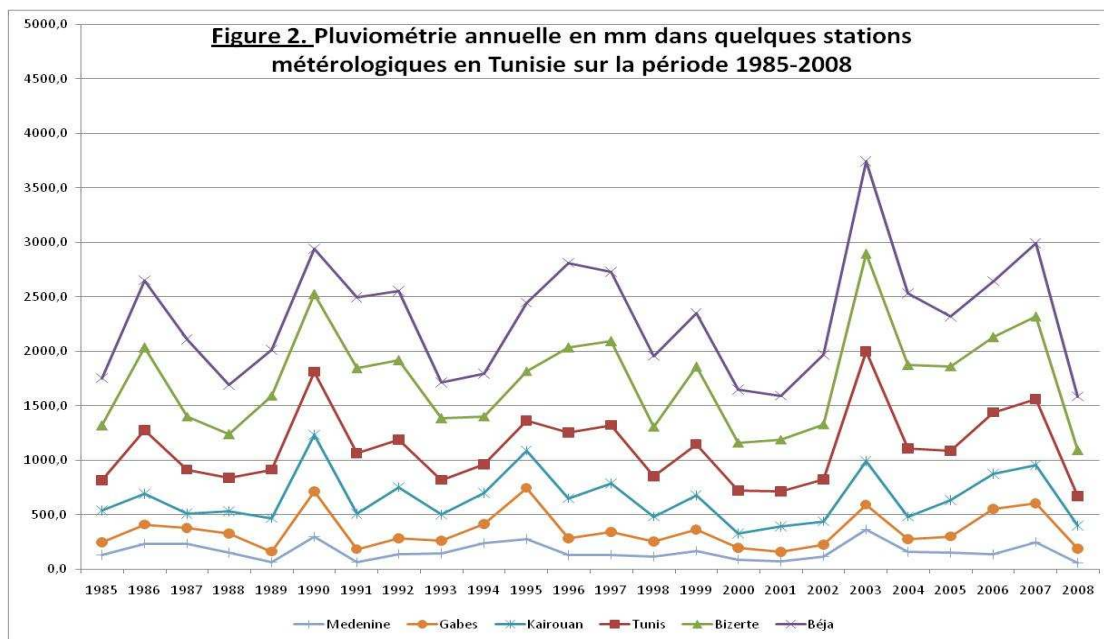
- l'eau : une modification rapide du cycle de l'eau du fait de la hausse de l'évaporation et de la diminution des précipitations (voir Annexe 3);
- les sols : une diminution de la capacité de stockage des eaux (du fait de la modification de leur porosité suite au changement de température les rendant plus secs). L'accélération des phénomènes de conduisant à l'appauvrissement des sols, (voir Annexe 2).

La question de l'eau, est donc centrale dans les préoccupations des nations dans leurs projets de développement durable au Sud de la Méditerranée du fait de sa rareté. Les activités humaines et les zones influencées directement par les effets du changement climatique en

¹⁷ Stern, N., (2006), "The Economics of Climate Change", *The Stern Review*. Cambridge: Cambridge University Press.

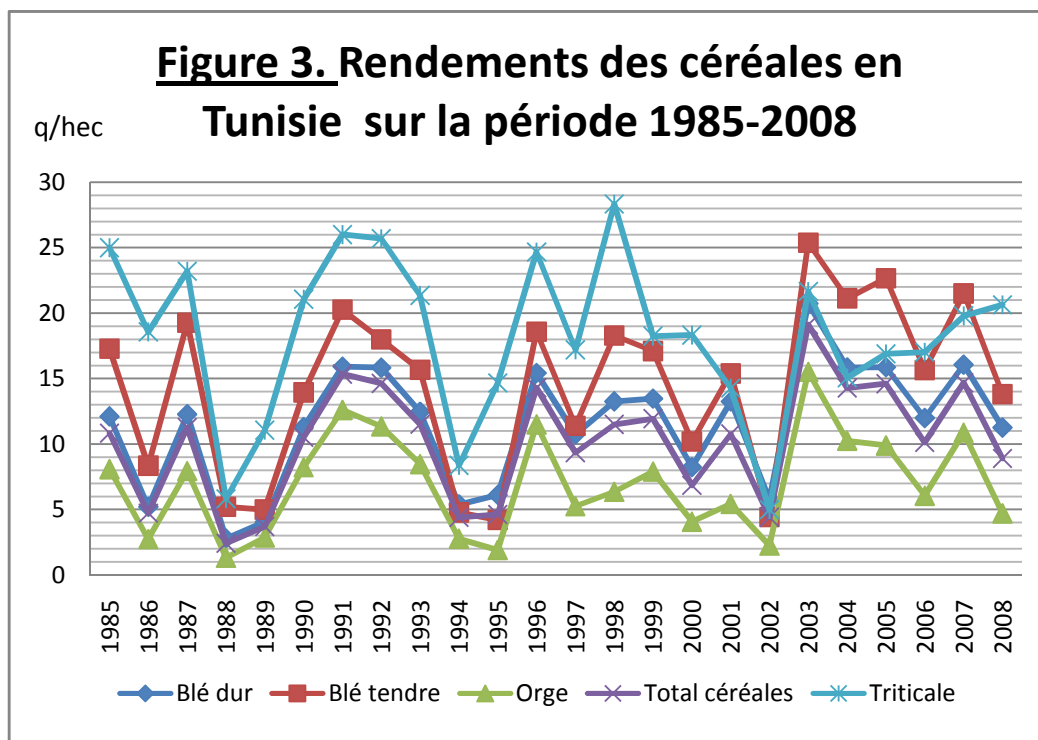
Méditerranée concernent principalement l'agriculture et la pêche. Une diminution des rendements agricoles et halieutiques est attendue (du fait des conditions cumulées de températures, précipitations, état des sols et des comportements des espèces animales et végétales). Par exemple, au Maroc, le modèle Cropwat (FAO, 2001)¹⁸ appliqué aux cultures hivernales de céréales sous différents scénarii dans le 3^{ème} Rapport du GIEC montre des baisses de rendement de l'ordre de 10% en année normale et de 50% en année sèche d'ici 2020 et une production nationale en baisse de 30%. Les besoins en eau des espèces cultivées augmenteront avec un climat plus sec et plus chaud.

Globalement, les températures augmenteront, encore plus en été qu'en hiver. Les précipitations suivront le chemin inverse : réduites en été mais plus abondantes en hiver. Cette nouvelle donne fait l'objet de nombreuses réflexions. Produire devient un enjeu crucial, à l'heure où les cours des matières premières agricoles s'enflamment sous l'effet d'une hausse de la demande mondiale.



Source : Institut National de la Météorologie de la Tunisie

¹⁸ www.fao.org



Source : Ministère de l'Agriculture, de l'environnement et des ressources hydrauliques de la Tunisie.

D'après les figures 2 et 3 nous pouvons montrer que les rendements des exploitations céréalières suivent une évolution en dents de scie. Cette évolution cyclique de 6 à 7 ans reflète la périodicité de la pluviométrie. Le développement de la céréaliculture, avec toutes ses composantes, est étroitement lié au problème de l'eau. Sous l'effet du changement climatique cette ressource qui est limitée dans nos régions sera plus menacée d'une part, d'épuisement, de salinisation et de pollution d'autre part. L'agriculture tunisienne qui consomme 80% des besoins nationaux demeure tributaire de ces ressources hydrauliques. Alors que le secteur irrigué est pratiquement peu vulnérable aux sécheresses, le secteur pluvial est en revanche sensible aux manques de pluie.

Conclusion

L'objectif de ce papier est l'analyse des effets redoutables du changement climatique sur la culture des céréales en Tunisie. Les résultats obtenus convergent pour affirmer que l'impact du changement climatique sur l'agriculture et en particulier sur la production des céréales, est considérable si aucune mesure n'est entreprise pour réduire leur vulnérabilité à ces variations. L'adaptation du secteur agricole doit figurer parmi les priorités pour les pays, en particulier pour la culture des céréales pour deux principales raisons. La question de la sécurité

alimentaire du pays, et le fait de son caractère stratégique (emploi, poids dans le PIB...). La diminution des récoltes peut donc avoir des conséquences catastrophiques en termes de dépendance politique, du chômage, et de survie de la population.

En outre, ce secteur est le plus grand utilisateur d'eau. Dans cette région, les mesures d'adaptation retenues doivent obligatoirement s'inscrire dans un processus de développement durable. Pour cela, elles doivent être en accord avec les Objectifs du Millénaire et de ce fait permettre à la fois un bénéfice supplémentaire pour les agriculteurs. Car il est clair que le changement climatique aura un impact néfaste qui viendra, si rien n'est fait, accentuer les problèmes déjà existants (Downing et al, 1997)¹⁹.

L'adaptation de ce secteur aux changements climatiques peut prendre plusieurs années. On estime en moyenne que 3 à 10 ans sont requis pour l'exploitation de nouvelles terres et le recours à de nouvelles variétés. Et de 50 à 100 ans sont nécessaires pour les investissements lourds : la modification d'infrastructures, la réorientation de la production vers de nouvelles cultures (Reilly, 1997)²⁰. Par conséquent, la Tunisie doit réagir dès maintenant en fonction des prévisions du climat futur. En ce sens, différentes options s'offrent.

Dans le court et moyen terme, les possibilités d'adaptation du pays doivent passer par une réorientation de certaines cultures et une modification des processus de production pour résister à la variation du climat et répondre aux besoins croissants de la population.

Ces initiatives individuelles ne sont généralement pas suffisantes et demandent d'être accompagnées de politiques d'orientations plus complètes. A long terme, il s'agit d'envisager une réduction significative de la part accordée au secteur agricole au profit d'autres activités économiques.

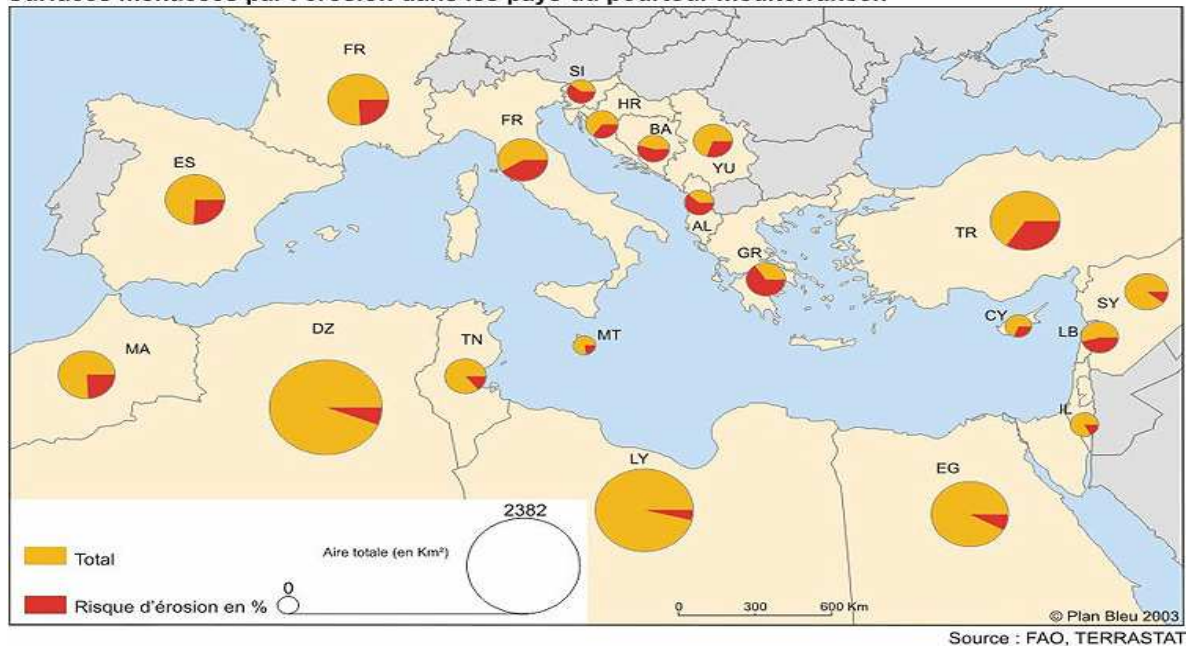
Dans ce cadre, les institutions internationales semblent être les mieux placées à gérer les financements à l'échelle mondiale permettant d'aider les pays en développement à s'adapter en vue de limiter l'impact du changement climatique sur toute la planète.

¹⁹ Downing, T.E., Ringius, L., Hulme, M., et Waughray, D., (1997), "Adapting to climate change in Africa," *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 2, 19-44.

²⁰ Reilly, J., (1997), "Changement de climat, agriculture globale et vulnérabilité régionale", Chapitre 10 de *Changement du Climat et Production Agricole : Effets Directs et Indirects du Changement des Processus Hydrologiques, Pédologiques et Physiologiques des Végétaux*, FAO, Rome et Polytechnica, Paris.

Annexe 1.

Surfaces menacées par l'érosion dans les pays du pourtour méditerranéen



Annexe 2. Les modèles climatiques

Afin d'anticiper au mieux l'évolution climatique de notre planète, le GIEC, a mis en place une série de scénarios de référence qui dessinent des hypothèses hautes et basses pour les émissions futures. Les scénarios d'émission, au nombre de plusieurs dizaines, sont regroupés en quatre grandes « familles », chacune désignée par un sigle (A1, A2, B1, B2). On retrouve dans chaque famille des hypothèses voisines quant à l'évolution démographique et les choix de société.

La famille A1 correspond à un monde où la population mondiale culmine en 2050 à près de 9 milliards d'individus, avant de commencer à décroître. La croissance économique est très rapide, mais la pénétration de nouvelles technologies peu consommatrices d'énergie, elle aussi rapide, en modère les effets. Le revenu par tête et le mode de vie convergent entre les différentes régions du monde (les Chinois, les Indiens et les Occidentaux vivent de manière toujours plus semblable) et les interactions sociales et culturelles augmentent aussi fortement. La famille A1 possède trois variantes discriminées par les différents « paniers » de ressources énergétiques utilisés :

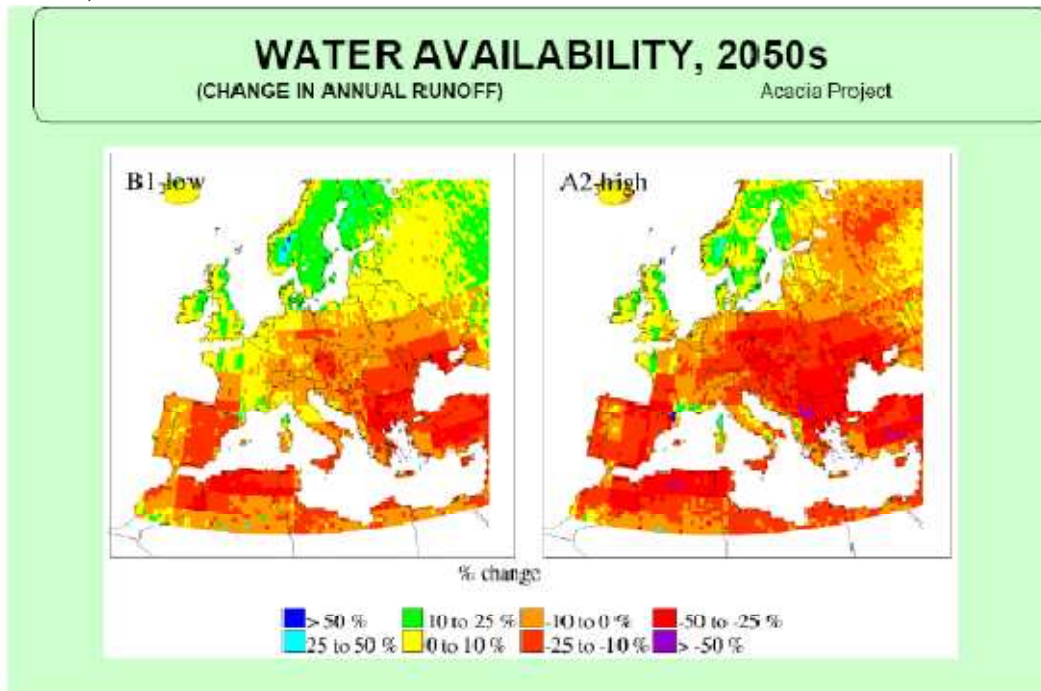
A1 FI, « FI » signifiant « fossil intensive », est caractérisé par une utilisation intensive des énergies fossiles ; A1T, au contraire, par une utilisation intensive des sources non fossiles (incluant le nucléaire) ; et enfin A1B ne privilégie aucune ressource spécifique, mais fait appel à toutes les formes d'énergie.

Dans le scénario A2, la population mondiale atteint 15 milliards d'individus en 2100, sans cesser de croître après. La croissance économique et la pénétration de nouvelles technologies peu consommatrices d'énergie sont très variables selon les régions. De manière générale, le monde évolue de façon très hétérogène, et les très fortes disparités de niveau de vie et d'évolution démographique se maintiennent.

Les scénarios de la famille B1 correspondent à un monde où la population mondiale culmine en 2050 à près de 9 milliards d'individus pour décroître ensuite. L'économie est dominée par les services et les technologies de l'information. Les nouvelles technologies peu consommatrices d'énergie sont massivement utilisées et, plus généralement, l'attention portée aux problèmes économiques, sociaux et environnementaux constitue un aspect important des politiques publiques. Ce souci pour l'environnement prend ici un caractère général : le scénario B1, tout comme l'ensemble des scénarios du GIEC, ne prend en compte aucune initiative explicitement destinée à faire baisser les émissions de gaz à effet de serre.

Dans la famille B2, la population mondiale atteint plus de 10 milliards d'individus en 2100, sans cesser de croître. L'économie devient de plus en plus locale, et les problèmes économiques, sociaux et environnementaux constituent, comme pour la famille B1, un souci majeur des politiques publiques. Là encore, aucune initiative particulière explicitement destinée à faire baisser les émissions de gaz à effet de serre n'est prévue. La dispersion entre les revenus par tête est inférieure à celle du scénario A2, mais supérieure à celle du scénario A1, et les nouvelles technologies se développent de manière inégale et moins rapidement que dans B1 ou A1.

Annexe 3. Disponibilité d'eau (ou changement du ruissellement annuel, exprimé en %) au milieu du 21ème siècle, selon les scénarios B1 (estimations basses) et A2 (estimations élevées) du GIEC



Dans les deux scénarios, les changements les plus importants (de 25 à 50 %) sont visibles sur le Maghreb, la Sicile, l'est de l'Espagne, la Grèce, le sud-est de la Turquie.

Source : Projet ACACIA

Références bibliographiques

Agoumi, A., (2003), « Vulnérabilité des pays du Maghreb face aux changements climatiques », *Climate Change Knowledge Network*.

CNRS, (2004), Lettre n°16 Programme International Géosphère Biosphère-Programme Mondial de Recherches sur le Climat (PIGB-PMRC), CNRS : Les ressources en eaux en Tunisie Bilan et perspective, Mars 2004.

Downing, T.E., Ringius, L., Hulme, M., Waughray, D., (1997), “Adapting to climate change in Africa,” *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 2, 19-44.

Fischer, G., Shah, M., et Van Velthuisen, H., (2002), *Climate Change and Agricultural Vulnerability*. Vienna: International Institute of Applied Systems Analysis.

Giannakopoulos, C., M. Bindi, M. Moriondo, P. LeSager, and Tin, T., (2005): Climate change impacts in the Mediterranean resulting from a 2°C global temperature rise. *A Report for the WWF for a Living Planet. The Global Conservation Organization, Gand, Switzerland*.

Giorgi, F., (2007), CMDD présentation, Juin 2007.

Mendelsohn R. et Sohngen, B., (1997), “A Dynamic Model of Carbon Storage in the United States During Climatic Change” Pages s309-s322 in *Economics of Carbon Sequestration in Forestry*, Edited by R. Sedjo, N. Sampson, and J. Wisniewski. Boca Raton: Lewis Press. Also in *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, Volume 27/Special Edition.

Reilly, J., (1997), “Changement de climat, agriculture globale et vulnérabilité régionale”, Chapitre 10 de *Changement du Climat et Production Agricole : Effets Directs et Indirects du Changement des Processus Hydrologiques, Pédologiques et Physiologiques des Végétaux*, FAO, Rome et Polytechnica, Paris.

Stern, N., (2006), “The Economics of Climate Change”, *The Stern Review*. Cambridge: Cambridge University Press.

BCT, (2007), Rapport Annuel de la Banque Centrale de Tunisie.

www.anme.nat.tn

www.cckn.net

www.fao.org

www.impactsclimatiquesenfrance.fr

www.onerc.gouv.fr

www.planbleu.org

www.ubifrance.fr