



**Laboratoire d'Economie de la Production et  
de l'Intégration Internationale**  
Groupe Energie et Politiques de l'Environnement  
(EPE)  
FRE 2664 CNRS-UPMF



**L'agriculture du Maghreb au défi du changement  
climatique : quelles stratégies d'adaptation face à la  
raréfaction des ressources hydriques ?**

**Communication à WATMED 3,3<sup>e</sup> conférence internationale sur les *Ressources  
en Eau dans le Bassin Méditerranéen*, Tripoli (Liban), 1 -3 novembre 2006**

**Nathalie Rousset  
René Arrus**

**octobre 2006**



# L'agriculture du Maghreb au défi du changement climatique : Quelles stratégies d'adaptation face à la raréfaction des ressources hydriques ?

Nathalie Rousset, LEPII/EPE, [nathalie.rousset@upmf-grenoble.fr](mailto:nathalie.rousset@upmf-grenoble.fr), +33 (0)4 56 52 85 87

René Arrus, LEPII/CNRS, [rene.arrus@upmf-grenoble.fr](mailto:rene.arrus@upmf-grenoble.fr), +33 (0)4 76 82 54 10

LEPII, BP 47 -38040 Grenoble cedex 9 - France ; Fax +33 (0)4 56 52 85 71

**Résumé :** Cet article analyse une double question : quels sont les impacts potentiels du changement climatique sur l'agriculture du Maghreb et quelles stratégies d'adaptation sont envisageables ? La hausse des températures et la perturbation des régimes pluviométriques impactera directement l'agriculture par l'approfondissement des déficits hydriques. Deux types d'options d'adaptation sont explorés : d'un côté, le retrait partiel et organisé de l'agriculture face à son inadaptabilité croissante ; de l'autre, des options permettant de résister à l'évolution des conditions. La réussite de l'adaptation passe essentiellement par la mise en place d'une politique de l'eau axée de manière structurelle sur la rareté croissante de cette ressource.

Mots-clé : adaptation, agriculture, changement climatique, eau, Maghreb

## 1 – Introduction

L'agriculture du Maghreb comporte des paysages extrêmement diversifiés mais qui ont pour caractéristiques communes d'être, à des degrés divers, limités par les ressources hydriques, et de marquer de grandes fluctuations en fonction de la variabilité climatique. Les perspectives fondées sur le changement climatique font ainsi peser des risques importants sur les systèmes agricoles. Le modèle MAGICC (Hulme et al, 2000), centré sur cette région, estime en effet un réchauffement de l'ordre de 1°C entre 2000 et 2020 et une perturbation des régimes pluviométriques avec une tendance à la baisse, de l'ordre de 5 à 10 %. A plus long terme, la température pourrait augmenter de 3°C d'ici 2050 et dépasser les 5°C en 2100, alors que les précipitations diminueraient de 10 à 30 % d'ici 2050 et de 20 à de 50 % en 2100. Des changements dans les moyennes, mêmes faibles, impliquent une augmentation de la fréquence des extrêmes climatiques (Katz et Brown, 1992). Les risques principaux concernent alors une probable augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses et de la concentration des épisodes pluvieux sur un faible nombre de jours. Ainsi, les conditions climatiques défavorables de ces dernières décennies pourraient progressivement devenir la norme au Maghreb, faisant ainsi peser des risques considérables sur l'agriculture. Le changement climatique alors implique alors d'envisager la forme et l'ampleur des impacts potentiels sur l'agriculture et d'analyser les stratégies d'adaptation des systèmes agricoles envisageables pour les prochaines décennies. L'analyse portera ici plus spécifiquement sur les cas de l'Algérie et du Maroc.

## 2. Impacts potentiels du changement climatique sur l'agriculture du Maghreb

Au Maghreb, les ressources hydriques sont vulnérables aux variations du climat. L'eau et sa gestion sont des problèmes déjà présents conditionnant l'avenir de cette région, indépendamment de tout changement climatique. La forte sensibilité des bassins hydrologiques à de faibles écarts des variables climatiques implique que le volume d'eau mobilisable sera fortement touché par la diminution du ruissellement (Agoumi et al, 1999 ; PNUD-FEM, 1998). Au regard des estimations des besoins sectoriels, le changement climatique pourrait ainsi placer ces pays dans des situations inconfortables puisque le volume maximal mobilisable serait à la limite des besoins, voire déficitaire en Algérie d'ici 2020.

Si l'augmentation de la teneur en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère peut augmenter les rendements de certaines cultures, dans le bassin méditerranéen et plus particulièrement en Afrique du Nord, cet effet doit être contrecarré par le risque de diminution des disponibilités en eau et par l'accroissement d'une dynamique déjà engagée d'accroissement des déficits hydriques subis par

l'agriculture. Le processus de changement climatique se traduira par un déplacement vers le nord des étages bioclimatiques méditerranéens, conduisant en Afrique du Nord à une remontée des zones arides et désertiques (Le Houérou, 1992).

Les modèles prévoient une baisse des rendements agricoles au Maghreb (Rozensweig et Tubiello, 1997 ; Bindi et Moriondo, 2005). L'augmentation des températures, la diminution des précipitations et l'augmentation de leur variabilité implique en effet un décalage et une réduction des périodes de croissance, ainsi qu'une accélération de la dégradation des sols et de la perte de terres productives. Une réduction des disponibilités en eau et une augmentation des besoins sont à prévoir pour l'agriculture pluviale et irriguée, causée par les modifications du régime des pluies, la hausse de l'évapotranspiration et l'élévation du niveau de la mer, accentuant ainsi les risques de sécheresses aux périodes cruciales des cycles des cultures. Les cultures pluviales seront directement affectées, les zones d'irrigation privées et de petite ou moyenne hydraulique souffriront également de la rareté de l'eau, certaines pouvant être vouées à redevenir des cultures pluviales, et les zones irriguées verront leurs besoins s'accroître.

La combinaison de ressources en eau et en sol plus limitées entraînerait des effets négatifs sur les potentiels agricoles. Au Maroc, le modèle Cropwat (FAO, 2001) appliqué aux cultures de céréales hivernales et pluviales montre des rendements en baisse de 10 % en année normale à près de 50 % en année sèche d'ici 2020. Avec une fréquence des sécheresses d'une année sur trois à l'horizon 2020, la production nationale accuserait une baisse de 30 %. De son côté, l'Algérie anticipe des réductions moyennes des rendements de 5,7 % à près de 14 %. Le changement climatique touchera également les légumes dont les rendements diminueraient de 10 à 30 % en Algérie, à près de 40 % au Maroc à l'horizon 2030 (Bindi et Moriondo, 2005).

Les modifications de l'environnement bioclimatique doivent transformer la géographie des potentiels agricoles et conduire à une concentration spatiale des potentiels cultureux. Elles accentueraient des dynamiques déjà observables en se traduisant par une remontée vers le nord des possibilités agricoles. Dans tous les cas, les résultats des projections agricoles marquent un déficit croissant entre les besoins en céréales estimés par les programmes de sécurité alimentaire et les potentiels agricoles. Le réchauffement impactera également les cultures d'exportation par ses effets sur les potentiels des pays européens. Les cultures typiquement méditerranéennes comme les olives ou les citrons pourraient progressivement s'installer dans de vastes zones d'Europe du Sud et le maraîchage pourrait également s'intensifier, grevant le développement de l'agriculture d'exportation maghrébine. Le climat pourrait cependant devenir progressivement propice à certaines cultures tropicales (Le Houérou, 1992)

### **3. Quelles stratégies d'adaptation de l'agriculture du Maghreb ?**

La modification des paysages et des potentiels agricoles du Maghreb créent de nouveaux enjeux nationaux et internationaux. Les études de vulnérabilité montrent que le changement climatique pourrait finalement miner les efforts de promotion d'un développement durable en exacerbant des risques existants de désertification, de pression sur les ressources hydriques et d'une production agricole en difficulté. En ce sens, le changement climatique va fortement intensifier et accélérer des problèmes existants plus qu'il ne va en créer de nouveaux (Downing et al, 1997). Face à cette charge potentiellement lourde, la problématique de réponse consiste en deux stratégies d'adaptation capables de limiter les impacts des difficultés croissantes de l'agriculture (Rosenberg, 1992) : d'un côté, résister aux modifications du climat et adapter les systèmes cultureux et hydriques; de l'autre, organiser le retrait progressif de l'agriculture, ou de certaines cultures, face à l'inadaptabilité croissante à l'environnement bioclimatique.

#### **3.1. Quelles options possibles d'adaptation pour l'agriculture ?**

La sécurisation alimentaire et l'augmentation des productions agricoles sont au cœur des stratégies de développement du Maghreb. Dès lors, des options d'adaptation, récapitulées dans l'appendice, atténueraient les effets du changement climatique sur les rendements. Le défi

consiste à augmenter la production pour satisfaire les besoins d'une population en croissance, avec des ressources en terre et en eau de plus en plus réduites. Pour le Maroc, il s'agit aussi de maintenir l'exportation de produits agricoles générant une part importante des entrées en devises. La majorité des options d'adaptation concerne les ressources hydriques, secteur transversal des possibilités de l'activité économique et véritable clé de voûte des performances de l'agriculture. Un premier type implique l'accélération de la mobilisation de nouvelles ressources, d'abord conventionnelles par la construction de barrages, option qui pourrait être cependant limitée par la nécessité de considérer le climat comme un processus non stationnaire en intégrant les impacts du changement climatique sur le ruissellement sur plus de 50 ans. Une voie primordiale concerne le développement des eaux non conventionnelles, notamment le dessalement de l'eau de mer qui permettrait l'approvisionnement de villes côtières et la redistribution de l'eau des barrages vers les cultures. Associée à la production d'électricité par cogénération, cette option pourrait s'intégrer aux projets de construction de centrales d'ici 2020 et développerait la production électrique tout en maîtrisant les coûts du dessalement. L'utilisation de l'eau saumâtre par l'industrie ainsi que la récupération des eaux usées pour l'agriculture et l'industrie permettrait de dégager des ressources importantes pour l'irrigation. Les eaux usées après traitement économiseraient 0,9 et 0,5 milliards de m<sup>3</sup>/an en Algérie et au Maroc. Cette option serait cependant limitée par les délais et les coûts de construction ou de relance des stations d'épuration. Une gestion intégrée des bassins versants améliorerait la mobilisation des eaux de pluie et la protection des ressources contre la pollution et permettrait des transferts interrégionaux entre les bassins vers les périmètres à irriguer. Au-delà de la mobilisation de nouvelles ressources, l'utilisation efficace et raisonnée de l'eau sera probablement le principal « gisement » d'eau qu'il sera possible de dégager pour les besoins de l'agriculture (Benblidia et al, 1997). L'utilisation de techniques optimales d'irrigation économiserait 10 à 20% sur sa dotation en eau, soit 0,5 à 1 milliards de m<sup>3</sup>/an en Algérie. Concernant l'eau potable, l'amélioration des réseaux d'adduction permettrait des économies importantes. Au Maroc, porter ce rendement à 80% économiserait 200 millions de m<sup>3</sup>/an. Dans l'industrie, le recyclage et l'utilisation de l'eau saumâtre réduiraient fortement les besoins. La tarification de l'eau pourrait inciter les utilisateurs à maîtriser leurs consommations et à utiliser des techniques économes.

D'autres options concernent plus directement le secteur agricole et ses pratiques, avec notamment la refonte du calendrier agricole traditionnel par l'optimisation des dates de semis en fonction de l'évolution du climat, l'utilisation de semences sélectionnées et le choix de variétés céréalières à cycle court et résistantes au stress hydrique, et enfin la reconversion et le repositionnement des cultures selon l'évolution du contexte bioclimatique. Cette option serait cependant conditionnelle à un accompagnement technique et financier des agriculteurs. Le renforcement de l'offre d'irrigation apparaît primordial et nécessite d'arbitrer entre d'une part l'extension du réseau irrigué et l'application d'une irrigation de complément à des exploitations initialement pluviales pour faire face aux sécheresses saisonnières, et d'autre part la limitation de la superficie dédiée aux céréales et l'intensification de l'irrigation. Les deux supposent cependant la disponibilité des ressources. La généralisation de techniques optimales d'irrigation, permettant des économies substantielles dans la demande en eau de ce secteur, s'impose dans les deux cas.

Le renforcement des capacités à s'adapter et à faire face à des conditions climatiques en transition constitue le troisième axe d'adaptation et améliorerait l'efficacité dans la mise en œuvre des mesures choisies. Ces options, plutôt transversales, concernent le développement de la recherche et le renforcement de structures spécialisées dans les domaines climatique, hydrologique et agronomique. Elles nécessitent aussi des investissements dans la formation, l'encadrement et la sensibilisation aux modalités des économies en eau et aux risques posés par le changement climatique, des agriculteurs en particulier, mais également de tous les usagers de l'eau.

Le principal vecteur de dégradation des conditions agricoles concernant l'approfondissement des déficits hydriques, l'adaptation passe donc essentiellement par le développement des ressources en eau mises à la disposition de l'agriculture. Elle implique une mobilisation croissante de

nouvelles ressources et des économies dans les différents secteurs consommateurs qui permettent de dégager des capacités nouvelles pour l'agriculture. Dans le contexte de la croissance démographique et des perspectives de développement économique dans lesquels le changement climatique s'inscrit, tous les secteurs verront probablement leurs besoins s'accroître. La redistribution intersectorielle de l'eau sera-t-elle suffisante pour satisfaire les besoins croissants des cultures et pour quelle efficacité ? Pour combien de temps ? Si l'analyse a bien avancé dans la détermination d'options d'adaptation capables de limiter les impacts négatifs sur l'agriculture du Maghreb, les possibilités de leur évaluation, notamment en termes économiques, font cependant encore cruellement défaut.

### 3.2. Quel rôle pour l'agriculture au Maghreb au XXI<sup>ème</sup> siècle ?

Si la mise en place de ces options d'adaptation permettrait de limiter les impacts, une autre stratégie consisterait à prendre acte de l'inadaptabilité croissante de l'agriculture, ou de certaines cultures, à l'environnement bioclimatique et du coût, notamment pour d'autres secteurs, de ce qui pourrait constituer une fuite en avant. Ainsi, le changement climatique et l'adaptation posent la question de la place et du rôle de l'agriculture au Maghreb au XXI<sup>ème</sup> siècle.

Mises en relation avec la croissance de la population et le doublement attendu des besoins entre 1990 et 2020, les perspectives de sécurisation alimentaire apparaissent toujours plus difficiles. En Algérie, le taux de couverture est seulement de 20 % pour les céréales. Au Maroc, si la situation est moins marquée, le taux de couverture des produits alimentaires de base est en dégradation continue. D'autre part, la vulnérabilité du secteur agricole à la variabilité climatique se traduit par des épisodes de contraction et d'expansion de l'activité, aux effets macroéconomiques élevés et déstabilisateurs. Surtout, les efforts en faveur de l'agriculture impliquent des pressions croissantes sur l'environnement et une concentration sectorielle de ressources comme l'eau. Ainsi, si elle ne participe qu'à 15 % de la formation du PIB en moyenne, l'agriculture prélève 85 et 65 % des eaux mobilisées respectivement au Maroc et en Algérie. Le poids de l'irrigation soulève de nombreuses questions dans la mesure où il peut constituer un handicap pour le développement d'autres secteurs économiques comme l'industrie ou le tourisme. Le changement climatique doit ainsi jouer un rôle d'accélérateur d'une dynamique en cours de marginalisation de l'agriculture, et l'adaptation se traduit par une mobilisation croissante des ressources en eau par l'intensification de l'irrigation, susceptible d'aggraver les conflits et la compétition sur les usages sectoriels de l'eau (Margat et Vallée, 1999). Dés lors, au lieu de viser l'intensification de l'irrigation, l'adaptation pourrait au contraire organiser le retrait partiel de l'agriculture et le déplacement des facteurs de production de ce secteur vers d'autres activités moins dépendantes des conditions climatiques. Dans les zones arides et semi-arides, l'adaptation pourrait en effet viser à diversifier l'économie et favoriser les activités faiblement liées au climat, et à importer les produits agricoles à fort contenu en eau, maximisant ainsi l'utilisation de « l'eau virtuelle » (Allen, 2001). Deux niveaux peuvent être envisagés : le retrait des cultures céréalières et la reconversion vers des cultures d'exportation à forte valeur ajoutée dans les zones propices, et l'importation des produits de base à bas prix ; ou le retrait plus généralisé de l'agriculture, de manière à réduire les exportations d'eau virtuelle. Ces options permettraient de limiter les coûts du changement climatique et d'une fuite en avant que constituerait une tentative d'intensification de l'agriculture par l'irrigation. Une telle stratégie nécessite cependant de repenser profondément les trajectoires de développement dans une perspective de long terme: elle implique en effet le développement de nouvelles activités productives capables d'absorber une main d'œuvre importante et un exode rural qui serait une contrainte forte sans le développement d'un tissu d'entreprises dans les régions intérieures des pays. Elle entraînerait également une certaine vulnérabilité liée à une dépendance totale aux marchés mondiaux. En Méditerranée, certains pays moins peuplés comme Israël, Chypre et Malte ont montré la possibilité d'une transition rapide vers des économies de services, intégrée à l'économie mondiale, avec une réallocation de l'eau aux autres secteurs (Margat et Vallée, 1999).

Quand bien même cette voie serait choisie par les pays du Maghreb, elle nécessiterait probablement un timing complexe entre le soutien de l'agriculture à court terme et son retrait progressif. La question se pose alors de savoir comment et par qui les différentes options d'adaptation au changement climatique pourraient être mises en œuvre.

### 3.3. Quelles politiques d'adaptation ?

L'adaptation apparaît comme un enjeu important dans la mesure où de nombreuses options pourraient réduire significativement les dommages du changement climatique. S'il est possible d'établir des listes de mesures minimisant les impacts, les questions relatives aux processus par lesquels elles pourraient devenir effectives restent en suspens (Burton et al, 2002). Les mesures prises se situent à deux niveaux : d'un côté l'adaptation autonome, décidée et mise en œuvre par les agents privés au niveau des exploitations agricoles, et d'un autre les politiques d'adaptation, menées par les organes publics (Smit et al, 2001).

Si de tout temps les agriculteurs se sont adaptés aux variations des conditions climatiques, l'adaptation à des changements rapides constitue un nouvel enjeu. Les études empiriques montrent que l'adaptation autonome est essentiellement *réactionnelle, incrémentale et ad hoc* (Glantz, 1988 ; Schneider et al, 2000). Elles montrent une bonne capacité d'adaptation aux changements dans les conditions moyennes de long terme, mais des succès beaucoup plus limités face à la variabilité et à des changements rapides du climat. Dans le cas du Maghreb, les sécheresses des 20 dernières années corroborent cet aspect : peu d'actions capables de limiter les risques ont été mises en place par les agriculteurs et les impacts ont été considérables. L'adaptation autonome risque donc d'être insuffisante (Magalhaes, 1996 ; Downing et al, 1997 ; Kates, 2000). D'abord, de nombreuses options supposent des actions planifiées de la part des organes étatiques. Ensuite, si certaines pourraient être prises au niveau individuel, les moyens dont disposeront les agents privés et leurs capacités d'adaptation seront probablement insuffisants. Enfin, l'adaptation autonome sera surtout réactionnelle, conduisant à des trajectoires d'adaptation plus coûteuses que des stratégies anticipatoires basées sur une compréhension structurée des modifications de moyen et long terme des conditions bioclimatiques.

Au regard des limites à attendre concernant la forme et l'ampleur de l'adaptation autonome, les enjeux concernent l'élaboration de politiques d'adaptation du secteur agricole (Downing et al, 1997 ; Major et Frederick, 1997). En dépit des incertitudes qui persistent concernant l'ampleur et la vitesse du changement climatique, dans de nombreux cas, des stratégies anticipatoires apparaissent plus appropriées et efficaces que des mesures uniquement réactionnelles (Burton, 1996 ; Fankhauser et al, 1999). D'abord, concernant les décisions d'investissement public comme les infrastructures, les choix présents doivent prendre en compte dès maintenant les changements potentiels dans les variables climatiques pouvant se produire durant leur durée de vie. Ensuite, pour la majorité des options d'adaptation citées précédemment, des laps de temps non négligeables doivent s'observer entre la mise en œuvre et l'effectivité de ces politiques. Si les perspectives climatiques ont été envisagées à moyen et long terme, il est probable que les effets en terme de modification dans la distribution des événements climatiques extrêmes se fassent sentir dès le court terme. Enfin et surtout, la plupart des options d'adaptation sont des mesures « sans regret », qui procureraient des bénéfices immédiats en remettant en cause des pratiques inadaptées dans la gestion des ressources hydriques et en limitant les risques et les impacts du climat, de sa variabilité et de l'occurrence d'événements extrêmes actuellement subis par l'agriculture. Les options d'adaptation au changement climatique correspondent donc souvent à des politiques qui seraient déjà nécessaires ou bénéfiques dans le contexte actuel. Les politiques d'adaptation d'une agriculture globalement limitée par les ressources hydriques sont finalement généralement concomitantes, synergiques avec les politiques de développement durable que visent les pays du Maghreb (Munasinghe, 2000). Ainsi, les politiques d'adaptation ne concernent pas une catégorie à part ou un nouveau type de politique, mais pourraient plutôt se développer en tant qu'aspect, composante ou paramètre des politiques ou programmes de gestion des ressources naturelles en eau et en sol, ou des stratégies de promotion de l'agriculture et du développement.

Si des stratégies anticipatoires et ambitieuses réduiraient les impacts du climat et du changement climatique, les marges de manœuvre et les capacités du Maghreb à mettre en place ces politiques dans les délais impartis seront probablement limitées. Dans tous les cas l'adaptation au changement climatique constitue un surcoût pour les pays en développement, phénomène dont ils sont peu responsables et qui amputerait d'autant d'autres programmes de développement. La question se pose alors du rôle à jouer pour la communauté internationale pour l'organisation du financement de projets d'adaptation et du transfert des techniques.

#### **4. Conclusion**

Si l'agriculture du Maghreb est déjà extrêmement vulnérable à la variabilité climatique et à l'occurrence d'évènements extrêmes, le changement climatique pourrait exacerber des dynamiques en cours d'approfondissement des déficits hydriques et de dégradation des terres subies par ce secteur. De nombreuses options d'adaptation permettant de limiter les impacts sur l'agriculture consisteraient à mettre en place une politique de l'eau axée de manière structurelle sur la rareté croissante de cette ressource. Mises en place de manière anticipatoire, en développant des mesures « sans regret », de telles stratégies limiteraient les impacts du changement climatique et les coûts d'adaptation, tout en répondant à des enjeux immédiats. Cependant, face aux capacités limitées des pays, la communauté internationale doit avancer dans l'élaboration et l'opérationnalisation d'un protocole sur l'adaptation pour les pays en développement en particulier, qui puissent compléter les efforts de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

## Appendice : Récapitulatif des options d'adaptation visant le maintien ou le développement de l'agriculture au Maghreb

Options axées sur l'offre d'eau	
<b>Mobilisation de ressources hydriques conventionnelles</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- création de nouveaux barrages hydrauliques pour les eaux superficielles</li> <li>- création de nouveaux forages pour la mobilisation des aquifères profonds</li> </ul>
<b>Mobilisation de ressources hydriques non conventionnelles</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- dessalement de l'eau de mer pour l'approvisionnement en eau douce des villes</li> <li>- récupération et retraitement des eaux usées pour l'irrigation et l'industrie</li> <li>- utilisation de l'eau saumâtre pour l'industrie</li> <li>- injection des eaux de surface dans les nappes souterraines</li> </ul>
<b>Gestion intégrée des bassins versants</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- amélioration de la couverture végétale favorisant la mobilisation des pluies</li> <li>- épuration des eaux usées et protection des ressources contre la pollution</li> <li>- bilans « demandes-ressources » des bassins versants et transferts interrégionaux</li> </ul>
Options axées sur les demandes d'eau	
<b>Economies d'eau dans les grands secteurs consommateurs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- économies d'eau dans l'agriculture</li> <li>- économies dans la consommation de l'eau potable</li> <li>- économies d'eau dans le secteur industriel</li> </ul>
Options d'adaptation du secteur agricole	
<b>Modifications des pratiques agricoles</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- refonte du calendrier agricole traditionnel</li> <li>- utilisation de semences sélectionnées et choix de variétés adaptées au climat</li> <li>- reconversion et repositionnement des cultures</li> </ul>
<b>Modifications des stratégies d'irrigations</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- élargissement de l'irrigation : application de l'irrigation complémentaire</li> <li>- ou intensification de l'irrigation : application de l'irrigation totale</li> <li>- généralisation de techniques optimales d'irrigation</li> </ul>
<b>Protection des sols</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Protection des sols contre l'érosion, la pollution et la désertification</li> </ul>
Renforcement des capacités d'adaptation	
<b>Recherche</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- développement de la recherche et création/renforcement de structures spécialisées</li> </ul>
<b>Dissémination des connaissances</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- investissements dans la formation, l'encadrement, l'éducation et la sensibilisation</li> </ul>
<b>Réduction des incitations négatives</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- réduire les incitations négatives concernant les usages de l'eau</li> </ul>

## Bibliographie

- Agoumi, Senoussi, Yacoubi, Fakhredine, Sayouti, Mokssit, Chikri (1999). Changements climatiques et ressources en eau. *Hydrogéologie appliquée*, 12(11), 163-182.
- Allan, J.A. (2001). Virtual water: invisible solutions and second best policy outcomes in the MENA region. *International Water and Irrigation Journal*.
- Allan, J.A (2003). Virtual water - the water, food and trade nexus: useful concept or misleading metaphor? *Water International*, 28, 4-11.
- Benblidia M., Margat J., Vallée D., 1997, L'eau en région méditerranéenne. (Plan Bleu)
- Bindi M., Moriondo M. (2005). Impact of a 2°C global temperature rise on the Mediterranean region: Agriculture analysis assessment. (In : C. Giannakopoulos, M. Bindi, M. Moriondo, P. Le Sager, & T. Tin, Climate change impacts in the Mediterranean resulting from a 2°C global temperature rise (pp. 54-66), WWF Report)
- Burton, I. (1996). The growth of adaptation capacity: practice and policy. (In: J. Smith, N. Bhatti, G. Menzhulin, R. Benioff, M.I. Budyko, M. Campos, B. Jallow, and F. Rijsberman (eds.) *Adapting to Climate Change: An International Perspective* (pp. 55-67). New York: Springer-Verlag)
- Downing, T.E., Ringius, L., Hulme, M., Waughray, D. (1997). Adapting to climate change in Africa, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2(1), 19-44.
- Fankhauser, S., Smith, J., Tol, R.S.J. (1999). Weathering climate change: Some simple rules to guide adaptation decisions, *Ecological Economics*, 30(1), pp. 67-78.
- Glantz, M.H. (eds) (1988). *Societal responses to climate change: Forecasting by analogy*. (Boulder: Westview Press)
- Hulme, M, Wigley, T.M.L., Barrow, E.M. Raper, S.C.B., Centella, A., Smith, S. and Chipanshi, A.C. (2000) Using a Climate Scenario Generator for Vulnerability and Adaptation Assessments: MAGICC and SCENGEN Version 2.4 Workbook, Climatic Research Unit, UEA, Norwich
- Iglesias, A., Minguéz, M.I. (1997). Modelling crop-climate interactions in Spain : vulnerability, adaptation of different agricultural systems to climate change, *Mitigation, adaptation and Strategies for Global Climate Change*, 1, 273- 288.
- Kates, R.W. (2000). Cautionary tales: Adaptation and the global poor, *Climatic Change*, 45(1), 5-17
- Katz, R.W., Brown, B.J. (1992). Extreme events in a changing climate, *Climatic Change*, 21, 289-302
- Le Houérou, H.N. (1992). Vegetation and land-use in the Mediterranean basin by the year 2050 : A prospective study, (In: L. Jeftic, J.D Milliman, G. Sestini (eds), *Climatic Change and the Mediterranean Vol 1* (pp. 175-232), Unep,
- Magalhães, A.R. (1996). Adapting to climate variations in developing regions: a planning framework. (In: J. Smith, N. Bhatti, G. Menzhulin, R. Benioff, M.I. Budyko, M. Campos, B. Jallow, and F. Rijsberman (eds.) *Adapting to Climate Change: An International Perspective* (pp. 44-54). New York: Springer-Verlag)
- Major, D.C., Frederick, K.D. (1997). Water resources planning and climate change assessment methods, *Climatic Change*, 37(1), 25-40.
- Margat, J., Vallée, D. (1999). Vision méditerranéenne sur l'eau, la population et l'environnement au XXIème siècle, Plan Bleu
- Munasinghe, M., (2000). Development, equity and sustainability (DES) in the context of climate change. (In: M. Munasinghe & R. Swart (eds.) *Climate Change and Its Linkages with Development, Equity and Sustainability: Proceedings of the IPCC Expert Meeting held in Colombo, Sri Lanka, 27-29 April, 1999*(pp. 13-66) LIFE, Colombo, Sri Lanka; RIVM, Bilthoven, The Netherlands; and World Bank, Washington, USA)
- PNUD-FEM (1998). Changements Climatiques et Ressources en Eau dans les pays du Maghreb, Algérie - Maroc - Tunisie, enjeux et perspectives, Projet RAB/94/G31.
- Rosenberg, N. J. (1992). Adaptation of agriculture to climate change, *Climatic Change*, 21, 385-405
- Rosensweig, C., Tubiello, F.N. (1997). Impacts of global climate change on Mediterranean : current methodologies and future directions, *Mitigation, adaptation and Strategies for Global Climate Change*, 1, 219- 232.