Public Disclosure Authorized

Public Disclosure Authorized

76186

Etude de la Banque mondiale

La Tunisie face aux changements climatiques

Évaluation et Actions pour accroitre la résilience et le développement

Photographie de Dorte Verner

THE WORLD BANK
Washington, D.C.

Contents

Préface.....5

Remerciements 6

Résumé Exécutif 7

CHAPITRE 1 : LE CHANGEMENT CLIMATIQUE EST UNE REALITE ET LES GENS SONT TOUCHES 23

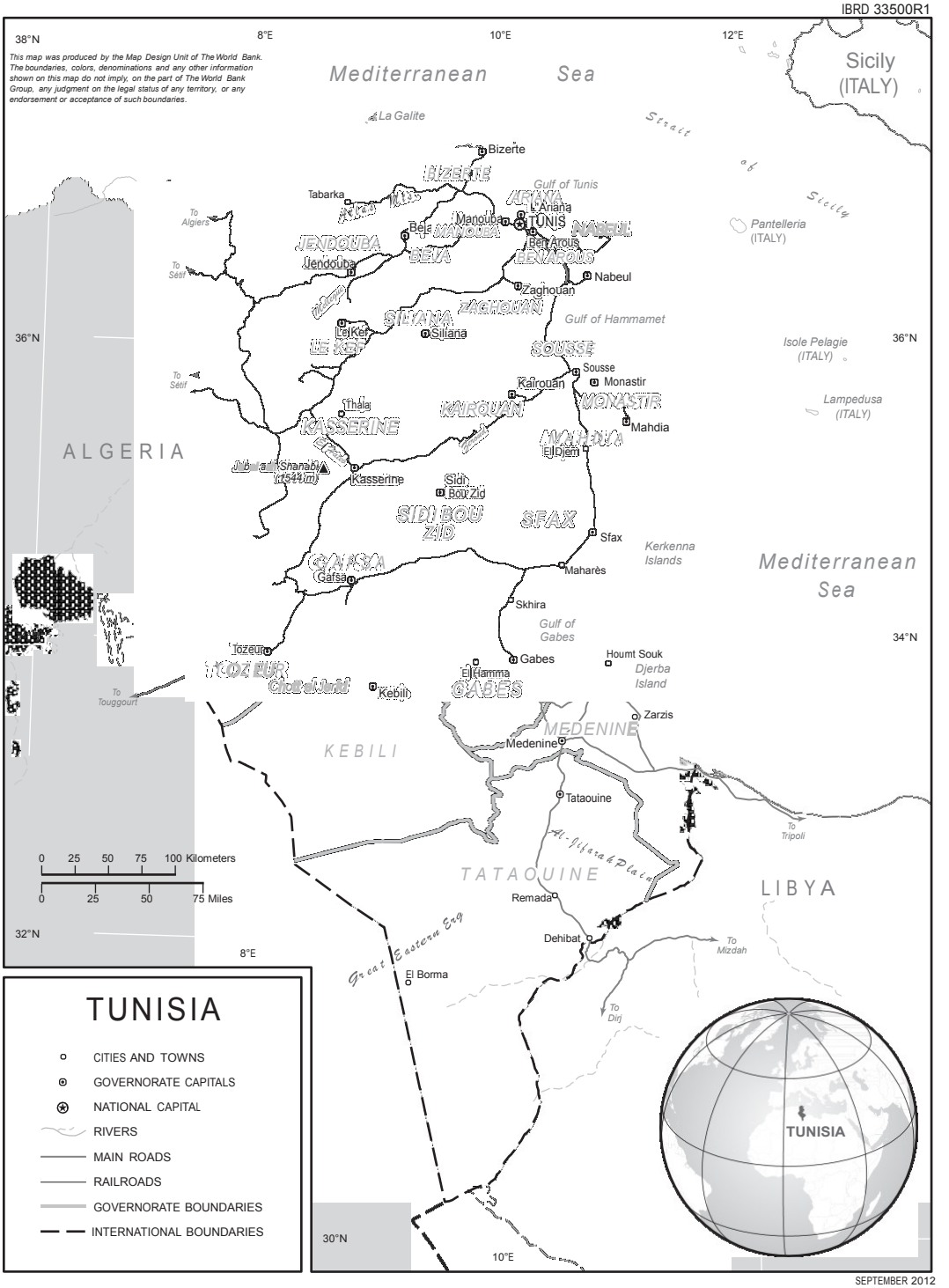
CHAPITRE 2: UNE SYNTHESE DES SCENARIOS DE CHANGEMENT CLIMATIQUE ET DE LEURS IMPACTS POUR LA TUNISIE 41

CHAPITRE 3 : IMPACTS ECONOMIQUES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE EN TUNISIE.....1

CHAPITRE 4 : LES EFFETS SOCIO-ÉCONOMIQUES DU CHANGEMENT CLMATIQUE DANS LE CENTRE ET LE SUD DE LA TUNISIE 29

CHAPITRE 5 : REPONSES ET ACTIONS STRATEGIQUES CLIMATIQUES RECOMMANDEES EN TUNISIE 52

Map of Tunisia



Préface

Le Gouvernement Tunisien (GT) a demandé l'assistance de la Banque Mondiale afin de fournir des données analytiques et techniques en vue de répondre aux défis importants auxquels fait face le développement dans le contexte d'un climat changeant. Sur la base de cette requête, la Banque Mondiale a élaboré ce rapport *la Tunisie dans un Climat Changeant* en partenariat avec le Ministère de l'Environnement avec l'objectif de fournir des informations sur le changement climatique et le développement en Tunisie, incluant des conseils techniques sur l'adaptation au changement climatique.

La Tunisie est et continuera d'être touchée par la variabilité et le changement du climat principalement à travers les effets néfastes résultant de la hausse des températures, de la réduction et la variabilité des précipitations et de l'élévation du niveau de la mer à travers, par exemple, l'intrusion salée. Les impacts du changement climatique devraient entraîner l'augmentation de la pénurie en eau, la fréquence des sécheresses et des inondations. A leur tour, ces impacts se répercuteront négativement sur les moyens de subsistance et le bien-être humain en particulier chez les personnes et les secteurs vulnérables et au niveau des zones arides et côtières de la Tunisie. Les impacts négatifs prévus du changement climatique appellent à la fois à des mesures d'adaptation pour augmenter la résilience et à des mesures d'atténuation pour réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Dans ce contexte, le GT est entrain d'œuvrer à l'élaboration d'études, de stratégies, de plans d'action et des portefeuilles de projets nationaux au niveau des secteurs clés en termes d'atténuation du changement climatique et d'adaptation à ce dernier. La Banque mondiale joue un rôle complémentaire en fournissant une assistance technique par le biais de ce travail et en soutenant les investissements, entre autres dans les secteurs de l'agriculture, la santé, l'énergie, l'eau et les secteurs urbains. Ce rapport répond aux objectifs de la Stratégie Intérimaire FY13-FY14 de la Banque Mondiale pour la Tunisie, au niveau de ses trois domaines d'engagement : (1) ériger les fondations d'une croissance et d'une création d'emplois durables ; (2) promouvoir l'inclusion sociale et économique ; et (3) renforcer la gouvernance : voix, transparence et responsabilité. *La Tunisie dans un Climat Changeant* complète les évaluations sectorielles et les plans d'action réalisés par le gouvernement en ajoutant des analyses économiques et régionalement holistiques.

Les options stratégiques visant à répondre à la variabilité et au changement du climat et ses impacts sur la Tunisie ont été élaborées en collaboration avec le GT, dirigées par le Ministère de l'Environnement, et en collaboration avec des organisations et des instituts Régionaux, de Planification et de Météorologie ainsi que d'autres parties prenantes et ce de manière participative.

Remerciements

Le rapport a été développé et dirigé par Dorte Verner. L'équipe est reconnaissante aux auteurs des chapitres : Chapitre 1 : Dorte Verner ; Chapitre 2 : Robert Wilby ; Chapitre 3 : Clemens Breisinger, Perrihan Al-Riffai, Richard Robertson et Manfred Wiebelt ; Chapitre 4 : Jakob Kronik et Viviane Clément ; et Chapitre 5 : Dorte Verner, Tamara Levine, Viviane Clément, Rob Wilby, Clemens Breisinger, Jakob Kronik, Ferhat Esen et Philippe Roos.

L'équipe est reconnaissante pour les idées et les contributions apportées par le Ministère de l'Environnement tunisien incluant S.E. Mémia Benna Zayani, Ministre de l'Environnement ; Habib Ben Moussa (Directeur Général de l'Environnement et la Qualité de Vie (DGEQV) au sein du Ministère de l'Environnement) ; Imed Fadhel (Point Focal National de la CCNUCC au sein du Ministère de l'Environnement) ; Nabil Hamdi (Directeur Général du Développement Durable au sein du Ministère de l'Environnement) ; Amel Akremi (DGEQV) ; Awatef Messai (DGEQV) ; Hédi Shili (DGEQV) ; Ridha Guesmi (Représentation Régionale de la DGEQV à Tozeur) ; Youssef Mansouri (Représentation Régionale de la DGEQV à Kairouan) ; Kamel Aloui (Direction Générale des Forêts au sein du Ministère de l'Agriculture) ; Sahla Mizgani (Direction Générale de la Production Agricole au sein du Ministère de l'Agriculture) ; Faliez Msallem (Commissariat Régional au Développement Agricole [CRDA] de Tataouine) ; Abd Elmajid Bouchahoua (Gouvernorat de Tataouine) ; Ezzedine Nasri (CRDA de Kasserine) ; Mustapha Taghouti (CRDA de Kasserine) ; Ezzedine Dalhoumi (Gouvernorat de Kasserine) ; Zied Askri (CRDA de Tozeur) ; Riadh Ribh (CRDA de Kébili) ; Abd Elmajid Abess (Gouvernorat de Kébili) ; Fethi Akroute (Gouvernorat de Gabès) ; Ahmed Rathouan Rdhounia (CRDA de Gafsa) ; Ines Dakhili (Direction Générale de l'Hygiène et de la Protection Environnementale au sein du Ministère de la Santé Publique) ; Halima Traya (Ministère de l'Industrie) ; Moncef Miled (Ministère du Développement Régional et de la Planification) ; Sinan Bacha (Centre National de la Cartographie et de la Télédétection) ; Lamine Aouni (Centre National de la Cartographie et de la Télédétection) ; Mouna Besbes (Agence Nationale de l'Energie) ; Yadh Labbene (Institut National de la Météorologie) ; Soumaya Ben Rached (Institut National de la Météorologie) et Hadhemi Kasraoui (Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral).

L'équipe est reconnaissante pour les commentaires d'évaluation par les pairs d'Ana Elisa Bucher, Christophe Crepin et Svetlana Edmeades. En outre, l'équipe a bénéficié des conseils de Simon Gray, Junaid Kamal Ahmad, Mats Karlsson, Laszlo Lovei, Eileen Murray, Eavan O'Halloran, Luis Constantino et Hoonae Kim.

L'équipe principale de la Banque Mondiale travaillant sur l'étude a inclus Viviane Clement, Tamara Levine, Dylan Murray et Dorte Verner. L'équipe a également bénéficié du soutien de Marie Francoise How Yew Kin et Indra Raja. L'équipe est reconnaissante pour l'assistance éditoriale de Hilary Gopnik et l'assistance et les conseils photo-éditoriaux de Eliot Cohen. L'équipe est reconnaissante pour l'assistance d'Inger Brisson and Abdia Mohamed qui ont dirigé efficacement le processus de publication.

L'équipe est reconnaissante pour le financement reçu par le Fonds Fiduciaire pour le Développement Ecologiquement et Socialement Durable.

Résumé Exécutif

La révolution de janvier 2011 a apporté des changements significatifs en Tunisie entraînant de nouveaux défis et de nouvelles opportunités pour répondre au changement climatique. D'une part, un libre accès à l'information, des institutions plus responsables, une commission d'enquête sur la corruption, de nouvelles lois et une nouvelle constitution pourraient améliorer la gouvernance et la transparence indispensables pour des réponses efficaces au changement climatique. D'autre part, l'incertitude politique a affecté à la fois l'investissement direct étranger et le tourisme impactant ainsi les taux de pauvreté et de chômage. En septembre 2011, le taux moyen national de pauvreté était de 11,8 pour cent avec une variation significative atteignant jusqu'à 29 pour cent dans le Centre-Ouest du pays. En outre, l'économie a enregistré une croissance négative de moins 1,8 pour cent en 2011, ce qui a poussé le taux de chômage à 18,9 pour cent en 2011 et à 18.1 pour cent en 2012.1 Sans une action significative, le changement climatique ne fera qu'approfondir la pauvreté et le chômage déjà importants dans le pays et pourrait annuler les gains de développement réalisés au cours des dernières décennies contribuant à une insécurité alimentaire et une instabilité politique. En revanche, les choix de politiques d'adaptation et d'atténuation des changements climatiques peuvent créer des opportunités de croissance économique et de réduction de la pauvreté.

Ce rapport évalue les risques et les opportunités climatiques et propose des actions. Il fournit une synthèse des données relatives à la variabilité et au changement du climat, les impacts et les incertitudes liées au changement climatique qui pourraient affecter l'eau, la terre, l'agriculture et les zones côtières en Tunisie. Le rapport fournit ensuite une analyse détaillée des impacts potentiels du changement climatique sur la sécurité alimentaire et le produit intérieur brut (PIB) ainsi que sur les populations locales, en se basant en particulier sur sept gouvernorats. Le rapport examine ensuite les choix possibles de politiques visant à réduire la vulnérabilité humaine et à atteindre une meilleure adaptation à la variabilité et au changement climatiques.

Le rapport fournit des recommandations aux décideurs politiques tunisiens et ce de trois manières. D'abord, il fournit un Cadre d'Action pour l'Adaptation au Changement Climatique, représenté par une pyramide d'adaptation. Ensuite, il propose une typologie d'approches politiques pertinentes au sein de la région afin de faciliter la formulation de réponses politiques efficaces par les décideurs. Enfin, une matrice est fournie. Elle décrit les principales recommandations en matière de politiques. Les actions proposées s'alignent avec la Note de Stratégie Intérimaire (NSI) 2012 de la Banque Mondiale pour la Tunisie, qui orientera les investissements de la Banque Mondiale en Tunisie au cours des deux prochaines années et qui est axée sur trois principaux domaines d'intervention : (1) une croissance et une création d'emplois durables, (2) la promotion de l'inclusion sociale et économique en améliorant l'accès aux services de base pour les communautés mal desservies et en améliorant l'efficacité des programmes de filet de protection sociale, et (3) le renforcement de la gouvernance en améliorant l'accès à l'information publique comme base pour plus de responsabilité sociale et de transparence .

Le Climat se Réchauffe, devient Plus Sec et Plus Variable

Les données météorologiques, les indices climatiques dérivés et les produits satellitaires montrent que les températures annuelles moyennes ont augmenté d'environ 1,4°C au cours du XXe siècle où le réchauffement le plus rapide a été enregistré depuis les

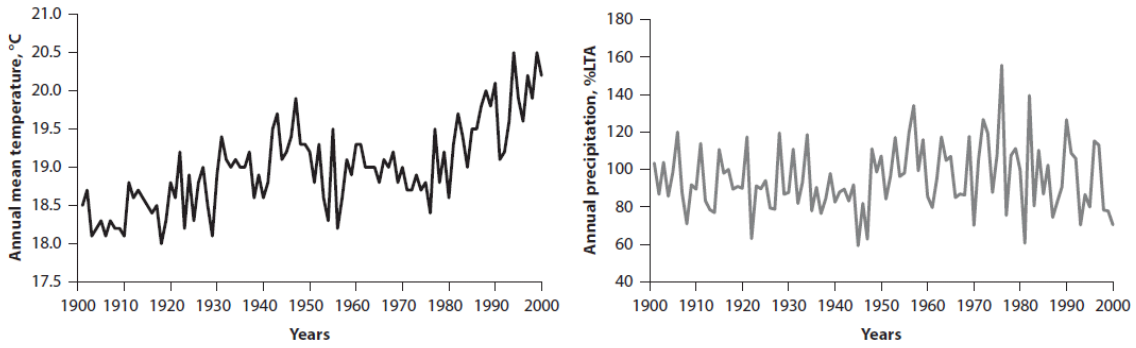
années 1970 (figure E.1, colonne de gauche). Les taux locaux de réchauffement peuvent être supérieurs. Par exemple, à Tunis, les températures ont augmenté d'environ 3°C au cours du XXe siècle.

Le total des précipitations annuelles moyennes à travers le pays montre une grande variabilité d'année en année, liée à des dispositifs de pression atmosphérique dans l'Atlantique et le Pacifique (respectivement Oscillation Nord Atlantique et Oscillation Sud-El Niño) (figure E.1, colonne de droite). Cela rend la détection des tendances des précipitations très difficile à déterminer. Cependant, il est prouvé que les totaux annuels des précipitations ont diminué de 5 pour cent par décennie dans le nord du pays depuis les années 1950.

Les tendances relatives aux événements extrêmes sont également problématiques quant à leur évaluation à partir des données disponibles au moment de l'étude, mais les évaluations régionales montrent que la fréquence des nuits chaudes a augmenté, et que les événements de fortes précipitations sont devenus plus fréquents.

Les données portant sur les marées suggèrent que les niveaux de la mer ont augmenté de plus de 3 millimètres par an depuis 1992 par rapport à la moyenne à travers la Méditerranée mais elles montrent aussi une variabilité spatiale et temporelle considérable au niveau des taux locaux. Des données écologiques anecdotiques suggèrent que la végétation halophile est déjà entrain de migrer dans les terres le long des canaux et des drains à proximité de la lagune de Ghar El Melh et sur les plaines côtières autour du Golfe de Gabès. Les régions côtières subissent également une salinisation et la mer est entrain d'inonder certains sites archéologiques.

Figure ES.1 Températures Moyennes du XXe Siècle (à gauche) et Précipitations (à droite), Tunisie



Source : Mitchell et al. 2002 ; http://www.cru.uea.ac.uk/~timm/data/index-table.html.

Les Tendances de Réchauffement et d'Assèchement Continuent à Exacerber la Pénurie de l'Eau

En 2050, les températures moyennes pourraient changer de +1,4 °C à +2,5 °C et les précipitations pourraient se réduire de -5 à -15 pour cent. Les changements locaux et saisonniers de température et de précipitations pourraient même être encore plus importants. Les réductions futures des précipitations découleraient d'un déplacement vers le nord de la trajectoire des tempêtes méditerranéennes.

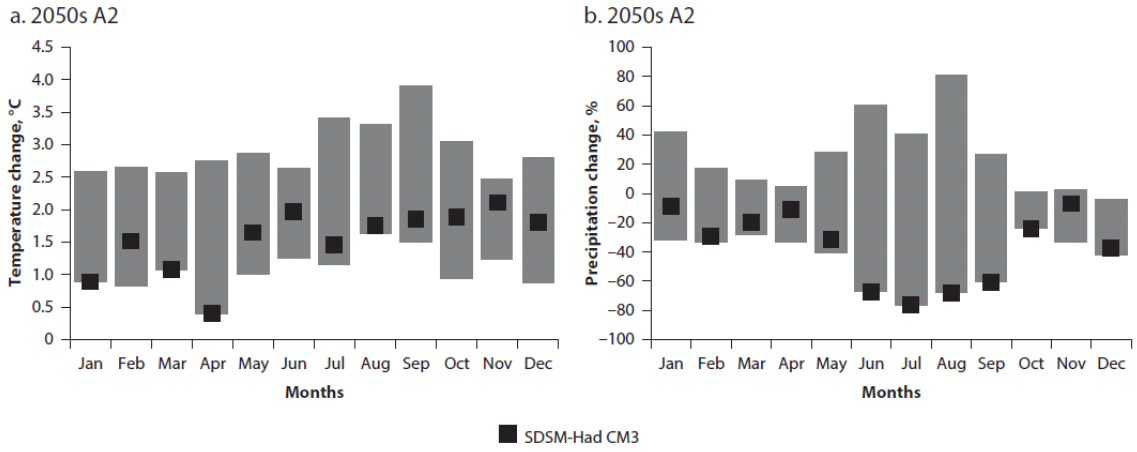
Les niveaux de la mer pourraient avoir augmenté de 3 centimètres à 61 centimètres au cours du XXIe siècle en fonction du contenu thermique et de la salinité de l'eau dans la Méditerranée. Cela pourrait augmenter le risque d'intrusion d'eau salée dans les aquifères côtiers.

Les Modèles Climatiques Peuvent Être Soumis à une Réduction d'Echelle pour Evaluer l'Impact Local du Changement Climatique et la Prise de Décision y Afférente

Deux méthodes de réduction d'échelle statistique (SDSM et UCT) ont été utilisées dans le chapitre 2 de ce rapport pour générer des scénarios illustratifs pour Tunis. Les températures quotidiennes maximales (Tmax) et les précipitations totales (PRCP) ont été revues à la baisse à partir du modèle climatique sous le scénario d'émissions SRES A2. Par comparaison avec le modèle de réduction d'échelle de l'Université de Cape Town (UCT), les scénarios SDSM se sont situés à l'extrémité inférieure en matière de réchauffement, mais en position plus extrême en ce qui concerne l'assèchement régional. En fonction du choix de méthode de réduction d'échelle et de modèle climatique, la variation de la température maximale en moyenne annuelle pourrait être de +1,5 à +2,6 °C, et les précipitations annuelles totales pourraient changer de + 5 à - 20% d'ici 2050. (Figure E.2). Ces scénarios ne reflètent pas toute la gamme des incertitudes en raison d'autres facteurs importants influant sur le climat régional (tels que les surfaces terrestres et les rétroactions des aérosols) qui ne sont pas inclus. Par conséquent, même en cas de consensus entre les scénarios du climat régional, ils ne doivent pas être interprétés comme une prévision exacte.

Avec ces mises en garde à l'esprit, une simple étude de cas a démontré comment les scénarios à réduction d'échelle peuvent être utilisés pour les évaluations d'impact du changement climatique.

Figure ES.2 Série de Changements des Moyennes Mensuelles TMAX (°C) et de PRCP (en pourcentage), Tunis



Source : Sur la base de la réduction d'échelle UCT (bars) et SDSM (box symbol) dans le cadre du Rapport SRES pour les années 2050.

En s'appuyant sur l'exemple des dates de floraison de l'olivier, il a été démontré que la hausse des températures maximales dans le nord de la Tunisie pourrait faire avancer de près de trois semaines les cycles de croissance et de floraison d'ici les années 2050. Néanmoins, la variabilité interannuelle de la croissance de l'olivier restera considérable et une bonne part du changement climatique continue de se situer dans la fourchette des dates de floraison précoce/tardive actuelle.

Cette étude s'est concentrée sur les changements des températures et des précipitations en Tunisie. Cependant, il a été observé que l'élévation du niveau de la mer augmente le risque d'intrusion saline dans les aquifères côtiers limitant les ressources disponibles pour l'irrigation et les zones urbaines côtières. D'autres études suggèrent que les rendements des cultures seront sensibles aux modifications de la période de croissance et

de la disponibilité d'humidité. En outre, une hausse de la demande d'évaporation associée à une réduction des précipitations risque d'aggraver la salinité des sols, et des précipitations plus extrêmes risquent d'accroître l'érosion sur les pentes et la sédimentation dans les réservoirs.

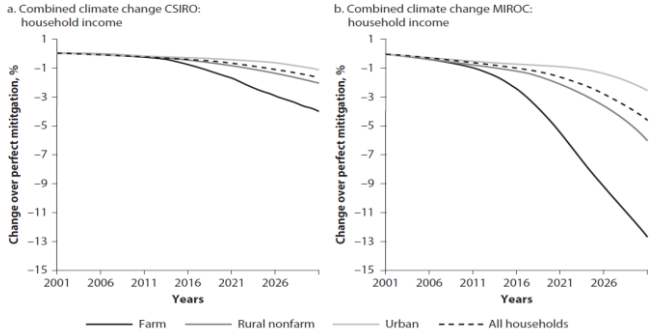
Les scénarios régionaux des changements climatiques et les incertitudes ci-dessus devraient renforcer la pénurie d'eau et la surexploitation des stocks d'eau douce. Cependant, à court et moyen terme, la croissance démographique et la croissance économique pourraient représenter des facteurs de stress hydrique plus importants que le changement climatique. Les situations d'exception possibles incluent celles où un seuil de tolérance est atteint, par exemple la limite de l'agriculture en sec (~200 mm/an) ou des ruissellements de surface pérennes (~400 mm/an). Même en cas de taux de changement climatique modestes, ces seuils pourraient être atteints en ne laissant guère de temps pour une adaptation anticipative. C'est pourquoi des programmes internationaux, tels que CORDEX, cherchent à mieux caractériser l'incertitude dans les projections climatiques régionales en établissant des priorités et en comparant les techniques de réduction d'échelle pour les régions vulnérables, y compris l'Afrique du Nord.

L'Augmentation de la Variabilité et du Changement Climatiques Impacte la Sécurité Alimentaire et le PIB

Le changement climatique devrait avoir des impacts majeurs sur l'agriculture, l'économie et les ménages en Tunisie à la fois à partir d'une perspective locale et d'une perspective globale. Le principal canal d'impact du changement climatique global se fait à travers l'évolution des prix mondiaux des denrées alimentaires, d'autant plus que la Tunisie est un importateur net de nombreux produits alimentaires. Les prix des denrées alimentaires sur le marché mondial devraient augmenter avec le changement climatique et les impacts locaux du changement climatique se manifestent par des changements de rendement à long terme. Les rendements relatifs au blé, à l'orge et aux pommes de terre en culture irriguée devraient baisser.

Les résultats des analyses économiques - basées sur le modèle d'équilibre général calculable (EGC) - montrent que le changement climatique entraînera des effets négatifs sur l'intégralité de l'économie, le secteur agricole, et une réduction totale des revenus des ménages. Les effets globaux (hausse des prix mondiaux des denrées alimentaires) et locaux (baisse des rendements) combinés devraient coûter à l'économie tunisienne entre 2 et 2,7 millions de dollars sur 30 ans. L'agriculture pourrait bénéficier de la hausse des prix mondiaux des denrées alimentaires mais les effets globaux de la baisse des rendements sur le secteur sont significativement négatifs. La croissance agricole risque de baisser de 0,3 à 1,1 points de pourcentage d'ici la fin de la période de l'étude.

Figure ES.3 : Impact des Changements Climatiques Combinés sur les Revenus des Ménages



Source : Données de la Banque Mondiale.

Le bien-être des ménages est encore plus durement frappé. Les ménages agricoles sont les plus touchés par le changement climatique en Tunisie. Cependant, les ménages ruraux non agricoles et les ménages urbains souffrent également (figure E.3). Le changement climatique devrait réduire les revenus agricoles de 2 à 7 pour cent par an en moyenne sur 30 ans. Les ménages ruraux non agricoles et les ménages urbains en tant que consommateurs nets de produits alimentaires sont les plus touchés par la hausse des prix mondiaux des denrées alimentaires en raison du changement climatique.

Les Personnes et les Collectivités Pauvres Comptent Parmi les Plus Vulnérables au Changement Climatique

Le changement climatique affectera négativement en particulier les moyens de subsistance déjà vulnérables des populations rurales dans les régions intérieures du Centre et du Sud de la Tunisie, ainsi que les agro-écosystèmes dans lesquels vivent ces dernières. Ces populations tirent une part importante de leurs revenus de l'agriculture, allant de 13,7 pour cent de la population active à Tataouine à 30,4 pour cent à Kasserine, en comparaison avec une moyenne nationale de 16,5 pour cent. Les taux de chômage sont également importants. En 2011, le chômage variait entre 12 pour cent à Kébili et 21 pour cent à Gafsa, en comparaison à une moyenne nationale de 16,4 pour cent. Ce taux est particulièrement élevé chez les femmes, allant de 19,7 pour cent à Gabès à 28,3 pour cent à Gafsa. Les taux élevés de chômage ont déjà contribué et continuent à contribuer à l'exode rural ainsi qu'aux troubles sociaux. Ces problèmes sont susceptibles de s'accroître avec le changement climatique. C'est pourquoi des études approfondies ont été menées dans sept gouvernorats de la Tunisie, axées sur les conséquences sociales de la variabilité et du changement climatiques pour ces populations.

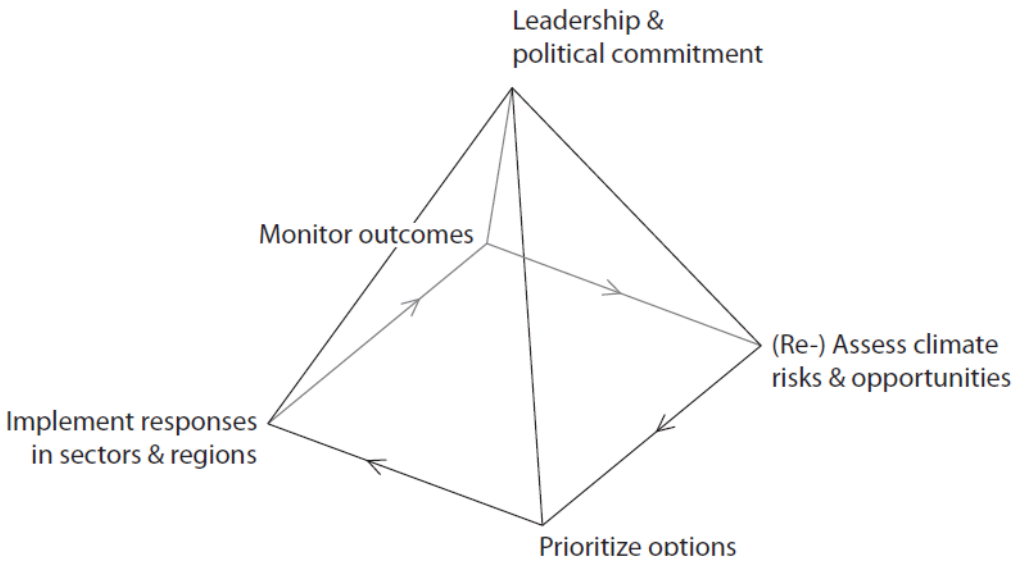
Dans ces régions, les impacts ont de multiples facettes et sont différenciés. Les systèmes de production alimentaire et les conditions agro-écologiques soutenant les stratégies locales de subsistance sont sévèrement perturbées. La surexploitation historique de l'eau et du sol, combinée au stress dû au climat sur les conditions de vie et de production, a des impacts négatifs sur la génération de revenus et l'emploi en milieu rural ; la sécurité alimentaire, à la fois aux niveaux des ménages et national ; et les ressources naturelles.

L'Adaptation au Changement Climatique Devrait Faire Partie Intégrante de la Gestion du Développement Durable par le Secteur Public

Les gouvernements, les institutions sectorielles et les acteurs locaux devront prendre des mesures agressives pour lutter contre le changement climatique en Tunisie. Ce ne sera pas facile. Le Gouvernement Tunisien manœuvre actuellement dans un environnement politique et institutionnel post-révolutionnaire en constante évolution ; il doit faire face au changement et à la variabilité climatiques et à l'épuisement de ressources naturelles cruciales ; et doit faire face à la crise financière en Europe, dont la Tunisie dépend en matière d'exportation et de tourisme. Compte tenu du nouvel environnement politique du pays et des attentes accrues des communautés locales, une orientation générale systématique axée sur des options d'adaptation accessibles ou faisables, à moindres coûts est nécessaire. Il y aura un fort besoin de coopération et de soutien internationaux en matière d'actions d'adaptation au changement climatique. Ce chapitre vise à fournir une orientation politique claire et des mesures d'adaptation faisables capables d'aider la Tunisie à répondre au changement climatique tout en contribuant à la croissance économique et à la stabilité.

La pyramide d'adaptation (figure E.4, détaillée davantage au chapitre 1) peut aider les parties prenantes en Tunisie en intégrant systématiquement les risques et les opportunités liés au climat aux activités de développement.

Figure ES.4 Cadre pour une Action sur l'Adaptation au Changement Climatique : Pyramide d'adaptation



Source: Verner 2012.

Elle se base sur une approche de gestion adaptative critique dans le contexte actuel d'incertitude. Elle souligne également l'importance du leadership, sans lequel les efforts d'adaptation sont peu susceptibles d'atteindre l'engagement nécessaire pour réussir. La base de la pyramide est détaillée dans les sections suivantes.

La pyramide de changement climatique comporte quatre étapes :

Évaluer les risques, les impacts et les opportunités liés au climat. Dans cette première étape, un large éventail d'analyses pourrait être utilisé.2 Toutes s'appuient sur l'accès aux données climatiques et socio-économiques afin de fournir des informations sur les impacts climatiques, incluant les groupes, les régions et les secteurs vulnérables. Pour aider à comprendre les risques et les impacts, des données portant sur la variabilité et le changement climatiques actuels mais aussi sur les projections et l'incertitude liées au climat futur sont nécessaires. De même, des informations portant sur les mesures et les stratégies d'adaptation passées doivent être recueillies et évaluées à la lumière de l'évolution du climat.

Hiérarchiser les options. La deuxième étape est d'identifier et de hiérarchiser les options d'adaptation dans le contexte des priorités nationales, régionales et locales. "D'importance particulière" est l'identification des contraintes financières et de capacité. Dans ce contexte, il est important d'examiner les conséquences des décisions sur le long terme car les réponses à court terme peuvent ne pas être efficaces ou pourraient conduire à des résultats inadaptés.

Un exemple de mauvaise adaptation réside dans la poursuite de la construction de logements dans des endroits très vulnérables. Une approche efficace pour la hiérarchisation des options est une prise de décision robuste qui vise à identifier les choix qui mènent à des résultats acceptables selon de nombreux scénarios futurs possibles.

Mise en œuvre des réponses dans les secteurs et les régions. Les réponses d'adaptation sont souvent quelque peu en contradiction avec les priorités locales immédiates, par conséquent la troisième étape de la mise en œuvre nécessite la coopération et la compréhension aux niveaux national, sectoriel et régional/local (souvent conjointement). Au niveau national, l'adaptation doit être intégrée dans les politiques, plans et programmes nationaux et les systèmes de gestion financière. Une telle intégration comprend des plans quinquennaux qui ont été préparés dans un certain nombre de pays arabes. La planification de l'adaptation devrait être intégrée dans les stratégies de développement durable et de réduction de la pauvreté ; les politiques, les règlementations et la législation ; les programmes d'investissement ; et le budget. Alternativement, les stratégies d'adaptation nationales peuvent guider l'intégration de l'adaptation dans les autres politiques nationales et la mise en œuvre des plans aux niveaux sectoriel et local.

Surveiller les résultats. La quatrième étape consiste à surveiller les résultats afin d'assurer que les stratégies et les activités relatives à l'adaptation aient les résultats et les gains prévus de l'adaptation. Des indicateurs qualitatifs et quantitatifs compréhensifs peuvent aider les planificateurs à reconnaître les forces et les faiblesses relatives des différentes initiatives, ce qui alimente la prochaine étape (réévaluer les risques, les impacts et opportunités climatiques) d'ajustement des activités afin de mieux répondre aux besoins actuels et futurs. Le cadre de la surveillance devrait envisager explicitement les effets du changement climatique à venir, en particulier pour les projets sur le long terme. Il s'agit d'un processus itératif.

Une adaptation efficace au changement climatique ne se fera pas sans un leadership et un engagement politique solides. L'expérience montre que le leadership doit opérer au niveau national par un ministère important ou un champion du gouvernement, tel que le Premier Ministre, le Ministre de la Planification ou de l'Economie, ou encore le Ministre de l'Environnement. Ce champion aura également besoin de l'appui d'une équipe solide composée de représentants des ministères concernés, des gouvernorats, des autorités et institutions locales, du secteur privé, du milieu universitaire, des organisations de la société civile et, idéalement, des représentants des partis de l'opposition afin d'assurer la continuité étant donné que les gouvernements peuvent changer. En Tunisie, le soutien du Premier ministre, ainsi que d'autres ministres clés tels que le Ministre de la Planification ou de l'Economie, ou le Ministre de l'Environnement, sera essentiel pour l'établissement d'une hiérarchisation et d'une mise en œuvre efficaces des mesures d'adaptation. De toute évidence, cela doit être adapté au contexte de chaque pays et de ses circonstances.

La Prise de Décision en Matière d'Adaptation Doit Être Soutenue par une Série de Mesures Politiques

Ce rapport propose des options pertinentes pour le pays en prenant en compte les conséquences de la révolution du 14 janvier 2011 sur les systèmes de gouvernement et les

priorités politiques ainsi que sur la nécessité de privilégier la croissance économique et la création d'emplois. Ces options politiques concernent cinq domaines prioritaires :

Améliorer la Qualité et l'Accessibilité de l'Information Publique sur le Changement Climatique
L'accès à des données climatiques et météo de qualité est essentiel pour la mise en place d'une politique d'adaptation en Tunisie. Sans données fiables sur les niveaux de température et de précipitations, il est difficile d'évaluer le climat actuel et de faire des prévisions météorologiques et climatiques fiables. La Tunisie dispose d'un système régulier de collecte de données climatiques avec une forte concentration de stations météorologiques dans le nord-est du pays ainsi qu'à de Djerba et autres régions très développées. Il existe cependant de faibles concentrations de stations météorologiques dans le sud-ouest et l'intérieur du pays. À court et à moyen terme, la collecte et le suivi des données climatiques pourraient être améliorés en augmentant le nombre de stations météorologiques et en collaborant avec d'autres pays de la région pour améliorer la couverture et la comparabilité des données. Certains de ces efforts ont déjà commencé grâce à la participation précieuse de la Tunisie dans le projet European Climate Assessment & Dataset qui examine des observations quotidiennes, effectue le contrôle qualité et l'analyse et diffuse les résultats.

Un travail plus important doit cependant être entrepris en Tunisie pour relier les données climatiques aux ensembles de données relatifs à l'eau, la nourriture et socio-économiques. Bien que les informations sur l'hydrologie soient incluses dans le système Climdata utilisé par la Tunisie, dans de nombreuses régions du pays, la disponibilité des données est faible et nécessite une amélioration. Dans les zones rurales, il est important de recueillir des données relatives à l'évolution des rendements et de la production agricoles pour les cultures, le fourrage et le bétail afin de comprendre les principales chaînes d'approvisionnement alimentaire et de comprendre comment ces chaînes peuvent être affectées par le changement climatique. Les types de données socio-économiques nécessaires à l'élaboration de politiques efficaces comprennent des données sur les ménages et de recensement ainsi que d'autres données économiques relatives au marché du travail et à la production. Il est important que l'information économique et sociale puisse être ventilée afin de refléter l'emplacement, le sexe, l'âge et le statut socioéconomique étant donné que ces facteurs affectent considérablement l'exposition à, et la capacité à faire face aux risques climatiques. Les méthodes de collecte de données doivent être conçues de manière à être reproductibles afin de permettre un suivi rapproché au fil du temps.

Fournir des Ressources et des Services Humains, Techniques et Autres pour Soutenir l'Adaptation

Des ressources humaines et techniques spécialisées sont nécessaires pour analyser, identifier et mettre en œuvre des réponses d'adaptation. Les ressources humaines et techniques peuvent être développées grâce à l'éducation et à la formation, la recherche et le développement mais aussi par le biais d'améliorations techniques. L'éducation a été une priorité du Gouvernement Tunisien et le système éducatif du pays a été classé comme l'un des meilleurs de la région Moyen-Orient et Afrique du Nord selon l'Indice de Développement Humain ainsi que dans des études de l'Organisation de Coopération et de Développement Economiques (OCDE) et du Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD). Les questions environnementales ont été intégrées dans les programmes scolaires à travers le Programmes d'Écoles Durables.[3] Cependant, l'adaptation au changement climatique n'a pas encore été intégrée dans ce programme. Dans plusieurs gouvernorats visités lors de

l'élaboration de ce rapport, les personnes ont rapporté une prise de conscience croissante à la question du changement climatique. Il y avait cependant une compréhension limitée des liens entre cette prise de croissance et une adaptation réelle au changement climatique.

Un certain nombre d'établissements d'enseignement et de nouveaux programmes éducatifs environnementaux dans les écoles primaires et secondaires incluent déjà une formation en matière de climat. Au niveau de l'enseignement supérieur, l'Université de Tunis offre des cours en climatologie et changement climatique. L'Institut National Agronomique de Tunisie propose une formation en liaisons agroclimatiques. Davantage d'efforts peuvent être faits pour intégrer les politiques de changement climatique dans les cursus universitaires et de créer des liens entre les cours techniques sur la climatologie et l'élaboration de politique générale. Certains groupes de personnes doivent aussi être ciblés par l'éducation et la formation. Les professionnels en milieu de carrière engagés dans des secteurs particuliers pourraient constituer un tel groupe. A titre d'exemple, la formation des employés des services publics de l'eau pour améliorer la gestion de la demande en eau grâce à des instruments fondés sur le marché (par exemple, la tarification de l'eau, le comptage). Les femmes rurales qui font face aux effets de l'exode des hommes pourraient être formées en matière de compétences de participation politique et communautaire, entrepreneuriat, alphabétisation générale, et services d'éducation et de vulgarisation. Les autres groupes à cibler comprennent les fonctionnaires de l'administration locale, les équipes de gestion des urgences, et les pauvres engagés dans les moyens de subsistance exposés au climat. La formation peut également cibler des gouvernorats particuliers exposés à un risque climatique élevé.

Le Gouvernement Tunisien a également un rôle important à jouer pour faciliter la promotion et l'accès à des technologies permettant d'aider les citoyens à s'adapter aux risques climatiques. Ceci pourrait être accompli par le biais d'une combinaison de réformes politiques et d'interventions financières qui changeront les incitations à l'investissement privé dans les nouvelles technologies et remédieront aux défaillances du marché clé. Dans le secteur de l'eau, les domaines prioritaires incluent la réduction des fuites du réseau de l'eau, l'amélioration de la capacité de stockage et de transport et la réduction de la demande en eau par le biais, par exemple, de l'irrigation goutte à goutte. De nouveaux types de systèmes de stockage ou de transport de produits alimentaires pourraient également être soutenus afin d'assurer la sécurité alimentaire et améliorer le transport des produits agricoles vers le marché. Le transfert de technologie est parfois disponible mais bien souvent, ces technologies ne peuvent être obtenues qu'à travers la recherche et le développement locaux. Les récents accords avec l'Inde visant à promouvoir la coopération dans le domaine de la recherche en biotechnologie offrent quelques perspectives de croissance pour le développement de la technologie nationale de la Tunisie en matière de changement climatique, tels que les efforts en cours pour remédier aux pénuries d'eau grâce à la technologie de dessalement.

Construire la Résilience Climatique à travers la Protection Sociale et Autres Mesures

La deuxième priorité de la NSI 2012 de la Banque Mondiale pour la Tunisie est la promotion de l'inclusion sociale et économique en améliorant l'accès aux services de base pour les communautés mal desservies et l'amélioration de l'efficacité des programmes de filets de sécurité. Les efforts visant à promouvoir la protection sociale incluant régimes d'assurance, pensions, accès au crédit, programmes de transfert en espèces et programmes

de relocalisation constituent un aspect crucial de mise en place de la résilience au changement climatique.

Le sous-investissement dans les filets de protection sociale, les services publics tels que l'approvisionnement en eau et le traitement des eaux usées, le logement et l'infrastructure ainsi que l'accès inéquitable aux soins de santé rendent les gens plus vulnérables aux changements climatiques. En réponse à la révolution de janvier 2011, le Gouvernement Tunisien cherche à réformer son système de protection sociale, une étude de la vulnérabilité sociale est en cours. Cependant, à l'heure actuelle, le changement climatique n'est pas considéré comme un facteur clé de vulnérabilité sociale dans cette étude. Dans un contexte où les impacts du changement climatique sont de plus en plus accrus et touchent particulièrement les pauvres et les plus vulnérables dans de nombreuses régions de l'intérieur du pays, il sera essentiel d'intégrer le changement climatique dans ces études.

Dans les zones rurales où le taux d'exode des hommes est élevé, la protection sociale est particulièrement critique pour les femmes, les personnes âgées et les enfants laissés pour compte. Cela peut prendre la forme de régimes de pensions en milieu rural ou de programmes de transfert conditionnel en espèces. L'assistance en matière d'amélioration de la productivité peut inclure un accès facilité au crédit ou aux marchés pour les produits agricoles et autres produits ruraux. Au niveau des zones urbaines, les services sociaux peuvent inclure la fourniture de logements abordables loin des endroits à risque d'impacts climatiques tels que les zones inondables ou la fourniture d'énergie, d'eau et de services de transport public. Les pauvres et les plus vulnérables ont particulièrement besoin d'aide lorsqu'un événement météorologique extrême a lieu. Cette aide pourrait inclure des dispositions d'intervention d'urgence pour assurer les besoins essentiels tels qu'un logement adéquat et l'accès à la nourriture, à l'eau et aux vêtements.

Développer une Politique et un Cadre Institutionnel de Soutien pour l'Adaptation

Une politique et un cadre institutionnel de soutien aux niveaux national, sectoriel et local sont essentiels à une prise de décision efficace en matière d'adaptation au changement climatique. Des conditions de base pour un développement efficace, telles que la primauté du droit, la transparence et la responsabilité, des structures de prise de décision participative et la fourniture de services publics fiables qui répondent aux normes internationales de qualité, sont propices à un développement efficace des mesures d'adaptation. En outre, l'adaptation au changement climatique nécessite des politiques et des structures intelligentes face au client, nouvelles ou révisées, à tous les niveaux. Une structure de gouvernance claire mais coordonnée est également essentielle à la mise en œuvre des mesures d'adaptation au changement climatique.

La Tunisie montre de plus en plus de progrès en matière d'intégration de l'environnement et du changement climatique dans les politiques nationales. La Tunisie a déjà mis au point un certain nombre de stratégies nationales d'adaptation ainsi que des stratégies sectorielles, telles que la stratégie d'adaptation de l'agriculture et des écosystèmes au changement climatique (janvier 2007), la stratégie d'adaptation des zones côtières au changement climatique (février 2008) et la stratégie d'adaptation du secteur de la santé publique au changement climatique (2010). Tout au long des années 2011 et 2012, un processus a été mis en place en collaboration avec la GIZ, la Banque Mondiale et d'autres bailleurs de fonds pour développer cette Stratégie Nationale sur le Changement Climatique. Le 23 mai 2012, la Tunisie a adhéré à la Déclaration sur la Croissance Verte de l'OCDE et a activement participé à l'élaboration de la stratégie de Croissance Verte après Rio +20 et aux

activités de développement résilient au climat et à faible émissions de carbone présentées lors des négociations sur le climat à Doha. La mise en œuvre en Tunisie de stratégies nationales et sectorielles en matière de changement climatique nécessitera une coordination interministérielle et une forte coordination entre les différents niveaux du gouvernement. Il s'agit d'un secteur qui a besoin d'attention et de soutien accrus en Tunisie.

Une collaboration régionale et internationale est également essentielle en matière de résilience climatique. L'hétérogénéité des pays arabes et les diverses expériences nationales fournissent de multiples opportunités pour une collaboration régionale bénéfique liée au climat. La Tunisie sera mieux équipée pour lutter contre le changement climatique si elle bénéficie d'une forte collaboration sur des questions telles que le partage de données liées au climat, la réponse à la crise, la gestion des éclosions de maladies, la migration, les ressources d'eau partagées, et de solides relations commerciales pour assurer la sécurité alimentaire. Un engagement avec des organismes internationaux peut relier la Tunisie à de nouvelles initiatives et connaissances et constituer un déclencheur en matière d'amélioration des réponses au changement climatique. Par exemple, l'Organisation Météorologique Mondiale développe actuellement une nouvelle initiative à grande échelle sur les services climatiques qui pourraient bénéficier d'une participation accrue des États Arabes.

Renforcer la Capacité à Générer et Gérer les Revenus et à Analyser les Besoins et les Opportunités Financiers

Les ressources financières sont essentielles au développement et à une adaptation efficace au changement climatique. Tunisie devra investir dans le renforcement de sa capacité à analyser ses besoins financiers et à générer et gérer les ressources liées au changement climatique. Les ministères doivent intégrer l'adaptation au changement climatique dans les budgets nationaux et sectoriels en développant des systèmes de suivi des finances du changement climatique dans les budgets nationaux et en allouant des financements à des activités qui réduisent la vulnérabilité au changement climatique. En outre, les impacts actuels et futurs du changement climatique doivent être pris en compte dans la planification et l'analyse des coûts des investissements, en particulier sur le long terme. Les ressources financières destinées au changement climatique devront provenir de sources nationales et internationales. Pour la Tunisie, les révisions des dépenses publiques nationales pourraient constituer un outil pour mettre en évidence les dépenses courantes et mieux comprendre leur relation avec les prévisions budgétaires pour une infrastructure résistante au changement climatique. A leur tour, ces informations aideront la Tunisie à comprendre quels niveaux de revenus supplémentaires sont nécessaires pour compenser les déficits et à identifier de nouvelles opportunités de revenus. Ces revenus peuvent provenir de la suppression des subventions, de la création de mécanismes fiscaux innovants ou de Paiements pour Services Environnementaux (PSE). Les PSE ont un potentiel important en matière d'amélioration des moyens de subsistance ruraux et des rendements agricoles, de maintien et d'amélioration des services environnementaux tels que les bassins versants et la biodiversité et de développement des partenariats à long terme avec le secteur privé. Les PSE peuvent contribuer à la réduction des risques de catastrophes, les revenus générés servant de réserves financières pour les collectivités lors de chocs induits par le climat.

Il Existe Certains Investissements Prioritaires pour la Tunisie

Investir dans la recherche et le développement agricoles, en particulier dans la sélection des cultures résistantes au changement climatique. Les rendements des cultures pluviales en Tunisie sont particulièrement touchés. L'avancement scientifique en matière de reproduction de variétés plus résistantes aux changements climatiques sera donc essentiel pour l'avenir de l'agriculture en Tunisie et dans la région arabe en général. Les agriculteurs peuvent également recourir à différentes techniques de gestion au sein de leurs fermes pour compenser les effets du changement climatique. Ces techniques peuvent inclure : Reporter la date de plantation, changer les variétés de cultures, commuter les cultures, ainsi que l'expansion de la zone de production et/ou l'augmentation de la couverture de l'irrigation (Burke et Lobell 2010) et l'amélioration de l'efficacité de l'irrigation en particulier face à des ressources en eau déjà limitées. En outre, la recherche et le développement dans l'agriculture incluraient également des changements dans les pratiques de culture - les dates optimales de semis, le choix des cultivars et la densité prévue des plantes (Hainoun 2008) - une réévaluation et une refonte de l'irrigation et des pratiques de collecte de l'eau pour soutenir un secteur agricole en bonne santé. Lorsque l'on tente de lutter contre le changement climatique, il est essentiel de faire la distinction entre les mesures à court terme et les mesures à long terme.

Encourager et soutenir les stratégies de gestion des risques. Il est essentiel d'établir un réseau riche et fonctionnel pour atténuer les risques qui comprennent les services sociaux et de vulgarisation en reliant les agriculteurs à la recherche agricole ainsi que reliant la population vulnérable aux marchés et aux décideurs politiques. Un réseau de communication et de services de vulgarisation est essentiel pour sensibiliser les agriculteurs ou la communauté agricole dans son ensemble. Un tel système complet assure la diffusion d'une information et/ou de techniques et de cultivars pertinents et garantit que les politiques nationales soient mises en œuvre en adéquation avec l'unité individuelle ; l'agriculteur.

En outre, un tel réseau fournit également un lien fort entre l'agriculteur, les scientifiques et les décideurs politiques pour la collecte d'informations essentielles à l'avancement technologique et à l'élaboration des politiques. Des stratégies de gestion des risques de catastrophes, telles que les polices d'assurance basées sur un indice climatique - peuvent constituer un outil puissant pour atténuer le risque auquel font face les moyens de subsistance des petits agriculteurs en raison de la variabilité météorologique et des pertes de récolte conséquentes. Les avantages des polices de sécurité météorologiques simples sont multiples. Une assurance pourrait être fournie à travers des groupes afin de réduire les coûts de transaction pour la compagnie d'assurance (Martins - Filho et al. 2010), ils augmenteraient la couverture sur la variabilité climatique aux petits agriculteurs, ce qui se traduirait par moins de perturbations et de risques liés aux moyens de subsistance. Pour opérer avec succès, il est essentiel de mettre en place un indice climatique pertinent auquel seront liées les polices d'assurance afin de fournir durablement des informations exactes et continues. En outre, compte tenu de la dépendance à l'égard de la structure d'assurance groupe pour ces polices, il faut mettre en place de solides canaux de vulgarisation des agriculteurs à la diffusion de produits et d'information.

Encourager la croissance de la création d'emploi et les régimes de protection sociale pour aider les pauvres en milieu rural et urbain. Une bonne politique de développement est une bonne stratégie d'adaptation au changement climatique pour les pauvres en milieux ruraux et urbains. Même si la gravité et la fréquence des climats variables demeurent

constantes, les impacts sont susceptibles d'avoir des conséquences socio-économiques de plus en plus négatives en raison d'une population plus importante (par conséquent l'augmentation de la demande de nourriture) et de l'épuisement accru des eaux souterraines. Les ménages agricoles ruraux et les pauvres en milieux ruraux non agricoles et en milieu urbain sont particulièrement touchés, principalement en raison de la part importante de leur revenu qu'ils consacrent à la nourriture et les ménages agricoles ruraux sont les plus dépendants de leur revenu agricole pour leurs moyens de subsistance. Il est essentiel de mettre en place des filets de protection sociale qui fourniront les canaux de sensibilisation et d'atténuation nécessaires aux pauvres et aux personnes les plus vulnérables, à la fois en temps de crise et dans des conditions plus bénignes, afin de diffuser les informations sur les produits et le support technique. En général, les filets de protection sociale et les objectifs de développement à long terme devraient être intégrés ensemble ainsi qu'avec les objectifs et les buts nationaux du plan national de la Tunisie (voir tableau ES.1).

Élaborer une stratégie de sécurité alimentaire complète pour préparer la Tunisie à la hausse et la volatilité accrue des prix mondiaux des denrées alimentaires. Étant donné que le changement climatique se traduit par des prix alimentaires mondiaux futures plus élevés et plus volatiles, et que la Tunisie est susceptible de devenir à l'avenir plus dépendante des importations alimentaires, la mise en place d'une stratégie nationale prospective de sécurité alimentaire devient urgente. Les éléments importants d'une telle stratégie devraient comprendre (1) l'évaluation du rôle potentiel et futur de l'agriculture pour l'économie et pour la sécurité alimentaire ; (2) la répartition future de l'eau entre l'agriculture, le commerce et l'usage domestique ; (3) la révision des accords commerciaux internationaux et des chaînes nationales d'approvisionnement alimentaire ; (4) la santé et les politiques liées à la croissance de la population, la réduction de la pauvreté et la nutrition ; et (5) la gestion des risques de sécurité alimentaire. Au niveau mondial, la Tunisie peut s'engager activement dans les efforts en cours visant à réformer le système alimentaire mondial afin d'assurer un avenir alimentaire moins volatile et plus sûr pour tous.

Tableau ES.1 Matrice Stratégique

	Recueillir des informations sur l'adaptation au changement climatique et les rendre disponibles	*Fournir des ressources et des services humains et techniques pour soutenir l'adaptation*	*Fournir une assistance telle qu'une protection sociale pour les populations pauvres et les plus vulnérables*	*Assurer un cadre institutionnel et politique de soutien*	*Renforcer la capacité à générer et gérer les finances et à analyser les besoins et les opportunités financiers*
Général	- Mettre en place un bureau central pour tenir et diffuser les données aux secteurs concernés en ce qui concerne le climat observé, les caractéristiques socioéconomiques, l'utilisation des terres et les scénarios de changement climatique.	- Identifier les besoins (humains et matériels). - Renforcer la capacité de mener des études régionales au niveau central. - Mettre en place un processus pour les consultations régionales impliquant les organisations non gouvernementales (ONG). - Intégrer l'adaptation au changement climatique à la planification régionale. - Mettre en place un système de surveillance et d'évaluation.	- Mettre en place des programmes pour soutenir les besoins de base et l'emploi des pauvres et des plus vulnérables.	- Soutenir la mise en place de la stratégie nationale pour l'adaptation. - Intégrer les considérations liées au changement climatique dans la nouvelle constitution.	– Assurer l'intégration du changement climatique à tous les niveaux et toutes les étapes de planification et de budgétisation. – Mettre en place une institution en charge de la coordination de l'accès aux financements extérieurs pour l'adaptation au changement climatique.
Climatologie	- Scénario climatique et analyses d'impact avec d'autres pays de la région (en reconnaissant que de nombreux risques climatiques transcendent les frontières de l'État). - Un atelier MENA pour partager les leçons apprises et les conclusions des études sur le climat à travers la région arabe dans son ensemble. - Des projets de recherche collaboratifs impliquant des experts nationaux et internationaux portant sur les lacunes de connaissances spécifiques : (1) coproduction et validation des scénarios climatiques pour la Tunisie ; (2) capacité renforcer pour la prévision saisonnière de la sécheresse au niveau national et dans les régions agro-économiques [par exemple, indice de végétation par différence normalisée (NDVI), indice de précipitation standardisée (SPI), indices de prix des denrées alimentaires] ; et (3) le renforcement des capacités techniques pour la modélisation des impacts. - Étendre la couverture du réseau	- Renforcer la capacité nationale et/ou régionale à utiliser les programmes internationaux existants sur les extractions et les données satellitaires. - Former et renforcer la capacité à travailler avec et utiliser des ensembles de données complets tels que les produits de réanalyse. - Renforcer la capacité d'utiliser les données climatiques régionales a - Promouvoir et utiliser les produits disponibles pour l'analyse des impacts et des risques du changement climatique entre les utilisateurs. - Mettre en place des centres régionaux / internationaux d'excellence. - Améliorer l'utilisation des connaissances des centres existants dans le pays à travers l'échange de personnel et en renforçant la coopération régionale et internationale.	- Responsabiliser l'autorité civile qui sera chargée de mettre les données à disposition du public. - Combiner les données climatiques avec les données socioéconomiques afin d'obtenir des informations qui peuvent aider à renforcer la résilience, y compris chez les pauvres et les plus vulnérables.	- Renforcer la collaboration régionale sur les systèmes d'alerte précoce, y compris l'utilisation et la diffusion des prévisions étendues existantes (disponibles par le biais de l'OMM, etc.) - L'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) travaille sur la promotion d'une nouvelle initiative à grande échelle sur les services climatologiques. Cette initiative dépend essentiellement de la participation active des États membres ; l'aptitude à explorer et à contribuer à ces efforts est absolument nécessaire. - Encourager la collaboration internationale - des informations satellitaires peuvent compléter les informations de terrain.	- Inclure la collecte de données climatologiques dans le budget national, y compris les coûts liés à la récupération des données ; étendre le nombre de stations météorologiques. - Mettre en place des centres d'excellence. - Renforcer les capacités et la formation.

	d'observation en vue d'assurer une densité minimale de stations afin de refléter la variabilité du climat et le changement probable dans le pays/la région (également bénéfique pour les prévisions météorologiques et les systèmes d'alerte précoce).				
Rural	- Évaluer les changements des niveaux/rendements de production agricole pour les cultures indicatrices. - Modéliser les chaînes d'approvisionnement alimentaire, modéliser leur fonctionnement et comment elles seront touchées par le changement climatique. - Surveiller l'état de l'eau (eaux souterraines et niveaux de salinité) et les conditions du sol (profondeur et teneur en carbone), et les activités agricoles dans les zones agricoles "les plus exposées" (à l'aide de zones indicatrices de terres marginales, zones pluviales dans les quatre régions).	- Développer les connaissances et les compétences liées aux pratiques agricoles résilientes au changement climatique telles l'accroissement des espèces animales et végétales tolérantes au sel, résistantes à la chaleur et aux parasites, l'agriculture de conservation, l'augmentation de l'efficacité de l'irrigation et l'utilisation des ressources en eau non conventionnelles. - Développer les ressources humaines et techniques pour optimiser les systèmes de la chaîne alimentaire, en particulier en matière de transport, de commercialisation, d'amélioration des développements à valeur ajoutée et de création de coopératives.	- Utilisation des transferts ciblés lors des pics de prix et des échecs des cultures pour soutenir les plus vulnérables. - Soutenir le développement de l'accès aux marchés pour les produits agricoles et autres produits ruraux. - Soutenir le développement des écoles et des centres de formation pour nourrir à la fois les compétences académiques et professionnelles de base et fournir les incitations nécessaires pour assurer la participation et la présence soient possibles.	- Créer une structure de gouvernance claire mais coordonnée pour mettre en œuvre des mesures d'adaptation au changement climatique aux niveaux central et local à travers les ministères chargés de l'agriculture, de l'eau et de l'économie. - Élaborer une politique nationale coordonnée, susceptible d'être répandue entre les ministères, appuyant la sécurité alimentaire et le développement des moyens de subsistance en milieu rural, assurant l'équilibre entre les risques et les opportunités et consciente des vulnérabilités en matière d'eau et de sécurité énergétique. - Créer des associations d'agriculteurs liées directement au Ministère de l'Agriculture et des services de recherche / vulgarisation agricoles pour assurer un flux clair de connaissance dans tous les domaines en amont et en aval.	- Développer la capacité à évaluer les risques financiers liés à la non-application de l'adaptation au changement climatique et la façon de maximiser la gestion des risques au moyen d'instruments financiers disponibles. - Renforcer la capacité d'évaluer toutes les possibilités de réponse à la demande alimentaire en mettant en balance les risques économiques et géopolitiques.

Source: Données de la Banque Mondiale.
Note: MENA = Moyen Orient et Afrique du Nord; ONG = organisations non gouvernementales; OMM = Organisation Météorologique Mondiale.
a. Par exemple par le biais de Systèmes d'Information Géographique (SIG).

Note

1. Selon les chiffres de l'Institut National de la Statistique - Tunisie - accès le 12 novembre 2012 sur l'adresse http://www.ins.nat.tn/indexen.php voir le rapport sur le chômage http://www.ins.nat.tn/communiques/Note_emploi_1T2012_15052012_V3.pdf.
2. Pour une vue d'ensemble des outils disponibles pour assister l'analyse des risques climatiques voir http://climatechange.worldbank.org/climatechange/content/note-3-using-climate-risk-screeningtools-assess-climate-risks-development-projects.
3. *Programme des écoles durables.*

Références

Burke, M., et D. Lobell. 2010. "Food Security and Adaptation to Climate Change: What Do We Know?" In *Climate Change and Food Security*, edited by D. Lobell and M. Burke, 133–53. Dordrecht, The Netherlands: Springer Science + Business Media, B.V.

Hainoun, A. 2008. "Vulnerability Assessment and Possible Adaptation Measures of Agricultural Sector." Programme des Nations Unies pour le Développement, Rapport Non Publié.

Martins-Filho, C., A. S. Taffesse, S. Dercon, and R. V. Hill. 2010. *Insuring Against the Weather: Integrating Generic Weather Index Products with Group-based Savings and Loans.* Seed Project Selected. United States Agency for International Development: Washington, DC. http://i4.ucdavis.edu/projects/seed%20grants/MartinsFilho-Bangladesh/files/Martins-Filho%20proposal%20short.pdf.

Mitchell, T. D., Hulme, M. and New, M. 2002. Climate data for political areas. Area, 34, 109–112. http://www.cru.uea.ac.uk/˜timm/data/index-table.html

Verner, D., ed. 2012. "Adaptation to a Changing Climate in the Arab Countries: A Case for Adaptation Governance and Leadership in Building Climate Resilience." MENA Development Report, World Bank, Washington, DC.

CHAPITRE 1 : LE CHANGEMENT CLIMATIQUE EST UNE REALITE ET LES GENS SONT TOUCHES

Photographie par Dorte Verner

En Tunisie et dans le monde, le changement climatique porte déjà préjudice aux moyens de subsistance et au bien-être des gens. Il constitue une menace à la réduction de la pauvreté et à la croissance économique et pourrait défaire la plupart des gains de développement réalisés au cours des dernières décennies. Aujourd'hui mais aussi à long terme, la variabilité et le changement climatiques menacent le développement en limitant l'accomplissement du potentiel humain et en paralysant les gens et les communautés, limitant leur capacité à protéger et à enrichir leurs moyens de subsistance. Il est donc essentiel d'investir dans l'adaptation au changement climatique. Cela implique l'adaptation de mesures pour protéger les systèmes naturels et humains contre les effets néfastes réels et prévus du changement climatique ; exploiter toutes les opportunités que peut générer le changement climatique ; et assurer la durabilité des investissements et des interventions de développement dans des conditions climatiques plus difficiles.

Un climat rigoureux a façonné la culture dans de nombreuses régions de la Tunisie depuis des milliers d'années. Au cours des siècles, les tunisiens ont du faire face aux défis de la variabilité du climat en adaptant leurs stratégies de survie à des changements dans les précipitations et la température. Cependant, le message véhiculé par le chapitre 2 est clair : au cours du prochain siècle, cette variabilité augmentera et le climat connaîtra des extrêmes sans précédent. De nombreuses stratégies d'adaptation climatique que les gens ont utilisées tout au long de l'histoire sont devenues moins viables. A titre d'exemple, le seul choix laissé aux habitants des zones rurales frappées par la sécheresse confrontés à des actifs épuisés et à une baisse de productivité est de migrer vers les villes où leurs compétences rurales sont difficiles à déployer (Verner, à paraître).

Les défis liés au climat existants en Tunisie incluent une pénurie d'eau, des précipitations très faibles et variables, et une exposition à des événements extrêmes comme les sécheresses et les inondations. Si des mesures drastiques ne sont pas prises pour réduire les impacts du changement climatique et en particulier dans les secteurs de l'agriculture et de l'eau, le pays sera exposé à une réduction de plus en plus accrue de la productivité et des revenus agricoles, en raison d'une probabilité plus élevée de sécheresse et de vagues de chaleur, d'une réduction à long terme de l'approvisionnement en eau et d'une perte des basses zones côtières à travers le potentiel d'intrusion d'eau salée et éventuellement en raison de l'élévation du niveau de la mer. Cette exposition aux impacts climatiques aura des conséquences considérables sur les zones peuplées et les systèmes socio-économiques (GIEC, 2007). Plus la variabilité du climat augmente, plus la vulnérabilité augmente à son tour, en particulier chez les pauvres et les personnes fortement tributaires des ressources naturelles telles que les agriculteurs et les éleveurs (voir chapitre 4).[1]

Le changement climatique affecte ou affectera bientôt la plupart des 10,6 millions de tunisiens. Les quelques 3,5 millions de habitants des zones rurales seraient parmi les plus durement touchés, car ils ont tendance à avoir le moins de ressources à leur disposition pour lutter et s'adapter avec succès. Par conséquent, ils sont susceptibles d'être les plus durement touchés par la variabilité et le changement climatiques.[2]

L'adaptation au changement climatique peut réduire la vulnérabilité des pauvres aux impacts négatifs du climat. Les mesures d'adaptation comprennent le développement et la mise en œuvre de technologies innovantes, la diversification et l'adoption de moyens de subsistance alternatifs et la fourniture de systèmes de protection sociale (voir chapitre 5). Il est également important de noter que les pauvres contribuent le moins aux émissions de dioxyde de carbone (CO2) de la Tunisie qui sont de 2,4 tonnes par habitant, ce qui est inférieur à 0,1 pour cent des émissions mondiales de CO2.

Il est de plus en plus évident que le changement climatique aura des impacts négatifs graves sur le développement économique et social en Tunisie. Le changement climatique menace de bloquer et inverser les progrès accomplis en matière de réduction de

la pauvreté, d'amélioration de la santé, d'égalité des sexes et d'inclusion sociale.3 Pourtant, la recherche relative aux dimensions socio-économiques du changement climatique dans la région arabe est seulement à ses débuts (Tolba et Saab 2009). Ce rapport vise à évaluer les impacts de la variabilité et du changement climatiques afin de combler les lacunes en termes de connaissances et de répondre à la demande du Gouvernement Tunisien en assistance technique pour la compréhension et l'identification des politiques et des programmes d'adaptation à succès. Cette analyse aidera le pays et son peuple à construire une résilience au changement climatique, en particulier pour les pauvres et les plus vulnérables (voir encadré 1.1 pour les définitions du GIEC relatives au changement climatique).

Ce rapport sert de ressource pour commencer à évaluer les risques, les possibilités et les actions liés au climat. Le rapport explique les impacts potentiels du changement climatique en Tunisie puis discute des options politiques possibles pour réduire les risques climatiques et mieux s'adapter à la variabilité et au changement climatiques. La méthodologie appliquée combine des approches quantitatives et qualitatives servant à l'évaluation des impacts du changement climatique et des comportements d'adaptation. Ce rapport comporte cinq chapitres.4 Ce chapitre expose la motivation et les instruments de lutte contre le changement climatique en Tunisie. Les scénarios et les impacts du changement climatique sur la Tunisie sont traités dans le chapitre 2. Les impacts économiques du changement climatique sur la Tunisie sont abordés dans le chapitre 3 et les impacts socio-économiques du changement climatique dans le Centre et le Sud de la Tunisie sont abordés dans le chapitre 4.

Encadré 1.1

Définitions du GIEC : Climat, Changements Climatiques et Variabilité Climatique

Le climat, dans un sens étroit, est généralement défini comme étant les conditions météorologiques moyennes, ou plus rigoureusement, comme étant la description statistique en termes de moyennes et de variabilité de paramètres pertinents sur une période de temps allant de quelques mois à des milliers voire des millions d'années. La période classique est de 30 ans selon la définition de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM). Ces paramètres consistent le plus souvent en des variables de surface telles que la température, les précipitations et le vent. Le climat dans un sens plus large consiste en l'état, y compris une description statistique, du système climatique.

Le changement climatique renvoie à une variation statistiquement significative des conditions moyennes du climat ou de sa variabilité qui persiste sur une période prolongée (généralement des décennies ou plus). Le changement climatique peut être dû à des processus naturels intrinsèques ou à des influences extérieures, ou à des changements anthropiques persistants de la composition de l'atmosphère ou de l'utilisation des terres.

La variabilité climatique renvoie à des variations dans les conditions moyennes et autres statistiques (tels que les écarts-types, circonstances extrêmes, et ainsi de suite) du climat à toutes les échelles temporelles et spatiales au-delà des phénomènes météorologiques particuliers. La variabilité peut être due à des processus naturels intrinsèques au sein du système climatique (variabilité interne), ou à des variations de l'influence externe naturelle ou anthropique (variabilité externe).

Source : Glossaire, GEIC, 2001.

Enfin, ce rapport fournit des conseils aux décideurs politiques. Ces conseils sont fournis de trois façons. D'abord, le rapport fournit un Cadre pour une Action d'Adaptation au Changement Climatique, représenté par une Pyramide d'Adaptation qui vise à fournir une illustration des éléments clés d'une prise de décision itérative en matière d'adaptation (voir figure 1.2). Ensuite, il met en avant une typologie d'approches politiques pertinentes pour la Tunisie, pour appuyer la prise de décisions en matière d'adaptation. Enfin, il fournit une matrice de politiques qui décrit les principales options stratégiques couvertes par chaque domaine de ce rapport. Ces recommandations et options politiques ont été élaborées en collaboration avec le Gouvernement Tunisien, menées par le Ministère de l'Environnement, les organisations et les instituts de planification, météorologiques et régionaux ainsi que d'autres parties prenantes.

Dans ce contexte, le GT est entrain d'œuvrer à l'élaboration d'études, de stratégies, de plans d'action et des portefeuilles de projets nationaux au niveau des secteurs clés en termes d'atténuation du changement climatique et d'adaptation à ce dernier (voir encadré 1.2). La Banque mondiale joue un rôle complémentaire en fournissant une assistance technique par le biais de ce travail et en soutenant les investissements entre autres dans les secteurs de l'agriculture, la santé, l'énergie et l'eau. Ce rapport répond aux objectifs de la stratégie intérimaire 2013-14 de la Banque Mondiale pour la Tunisie, au niveau de ses trois domaines d'engagement : (1) ériger les fondations d'une croissance et d'une création d'emplois durables ; (2) promouvoir l'inclusion sociale et économique ; et (3) renforcer la gouvernance : voix, transparence et responsabilité. Cette étude complète les évaluations sectorielles préparées par le Gouvernement Tunisien en ajoutant des analyses économiques, sociales et régionales globales.[5]

Encadré 1.2

Travaux en cours en Tunisie sur les Changements Climatiques

Pour répondre aux impacts du changement climatique, le Gouvernement Tunisien (Ministère de l'Environnement) est en train de terminer une Stratégie Nationale sur les Changements Climatiques, en s'appuyant sur des travaux antérieurs et en mettant à jour ces derniers. En juillet 2012, un atelier de deux jours portant sur les scénarios climatiques s'est tenu à l'Institut National de Météorologie afin de fournir un aperçu des dernières avancées scientifiques en matière de changement climatique et une expérience pratique de l'utilisation des outils de scénarios climatiques. Cet atelier fait partie des initiatives plus larges visant à renforcer les capacités techniques en matière de production de scénarios climatiques et d'évaluation des risques.

Les analyses existantes comprennent une stratégie nationale et un plan d'action pour l'adaptation au changement climatique dans le secteur agricole et les agroécosystèmes. Le plan d'action s'articule autour de trois axes principaux : (1) surmonter la gestion de crise à court terme grâce à une stratégie d'adaptation aux risques liés au changement climatique, (2) intégrer la volatilité climatique dans les politiques agricoles et économiques, et (3) gérer les conséquences socio-économiques pour influencer le secteur agricole de manière intégrée entre les secteurs économiques.

Une stratégie nationale et un plan d'action ont également été réalisés pour l'adaptation à l'élévation du niveau de la mer dans les zones côtières et les écosystèmes en se concentrant sur cinq thèmes principaux : (1) la surveillance du niveau océanique et de la mer à travers la création de l'Observatoire du Niveau de la Mer (ONMER),[6] (2) des mesures d'adaptation pour les zones côtières, (3) ressources en eau, y compris des mesures pour les aquifères côtiers vulnérables, (4) ressources écologiques et de la pêche, et (5) infrastructures côtières, y compris des mesures pour les infrastructures portuaires et sanitaires.

D'autres ministères techniques ont également développé des stratégies d'adaptation et des plans d'action correspondants pour les secteurs de la santé et du tourisme. La stratégie d'adaptation du secteur agricole est elle-même complétée par trois études sur les systèmes d'alerte précoce pour gérer le risque d'événements extrêmes. La stratégie d'adaptation du secteur touristique est complétée par trois études sur le développement de l'écotourisme. Ces stratégies et plans d'action sectoriels seront intégrés dans la future Stratégie Nationale sur le Changement Climatique mentionnée ci-dessus et dans un portefeuille de projets d'adaptation multi-sectoriels. Les catégories de projets inscrits dans le portefeuille répondront aux domaines prioritaires suivants : (1) les ressources en eau, (2) l'agriculture, (3) la biodiversité et les écosystèmes, (4) l'industrie et l'énergie, (5) les déchets, et (6) la santé.

Un certain nombre d'activités d'atténuation sont également déjà en cours. Le Gouvernement a terminé l'élaboration d'un portefeuille de Projets de Mécanisme de Développement Propre (MDP). Une stratégie nationale complète le portefeuille en mettant l'accent sur l'accélération du processus MDP dans tous les secteurs et la mise en œuvre de programmes de renforcement des capacités, d'appui technique, de financement et de diffusion des connaissances pour les projets privés ou publics. Jusqu'à présent, le potentiel de réduction des émissions est estimé à 12,7 millions de tCO_2 (tonnes d'équivalent de dioxyde de carbone) pour 2006-11 et environ 17 millions de tCO_2 pour 2012-16, avec 74 projets couvrant les domaines de l'énergie, des déchets, de la foresterie, et des procédés industriels.

Le Gouvernement Tunisien s'est positionné de manière à accéder à divers fonds climatiques pour les activités d'atténuation. Grâce à la Banque Mondiale, le Gouvernement a accédé au Fonds pour les Technologies Propres (FTP) pour le programme d'Energie Solaire Concentrée (ESC), au financement du carbone pour le projet de parc éolien de Sidi Daoud.

Le Gouvernement Tunisien prévoit également d'accéder au Programme d'Assistance pour la Gestion du Secteur de l'Energie (ESMAP) pour le projet d'Incitatation Régionale de Gestion de l'Energie (REMIT), à des fonds du FEM pour des investissements élargis en matière d'efficacité énergétique, et peut-être à un Fonds Fiduciaire Multidonateurs (MDTF) pour le changement climatique.

Source : Sur la base de données du Ministère de l'Environnement/GIZ (2007, 2009, 2011), du PNUD (2011), et de la Banque Mondiale (2011).

Le Changement Climatique Se Passe Maintenant

Le changement climatique se fait déjà ressentir en Tunisie. Un aperçu des rapports scientifiques et médiatiques sur le changement climatique en Tunisie montre le profil de plus en plus exposé du pays (voir le chapitre 2 pour une description détaillée car il fournit la première synthèse de fond des informations portant sur le changement climatique en Tunisie depuis la Première Communication Nationale à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques [CCNUCC] en 2001) :

• Des températures plus élevées et des vagues de chaleur plus fréquentes et plus intenses menacent la vie, les cultures, la biodiversité terrestre et les écosystèmes marins.

• Des précipitations réduites mais plus intenses causent à la fois plus de sécheresses et des inondations plus fréquentes.

• La perte de stockage des précipitations hivernales induit des sécheresses estivales.

• Une fréquence accrue des sécheresses prolongées entraîne des pertes des moyens de subsistance, des revenus et du bien-être humain

• L'élévation du niveau de la mer menace les villes côtières, les zones humides, et les petites îles à travers des ondes de tempête, une intrusion d'eau salée, des inondations, ainsi que les impacts humains associés.
• La modification des précipitations et des températures crée de nouvelles zones exposées aux maladies vectorielles et d'origine hydrique qui affectent la santé et la productivité de la population.

Les Impacts du Changement Climatique sont Socialement Différenciés

Le changement climatique affecte tous les tunisiens. Pourtant, les effets du changement climatique sont régionalement et socialement inégaux. Les communautés aux actifs pauvres ont peu de ressources mais une certaine capacité à s'adapter au changement climatique. Beaucoup parviennent à prendre des mesures en diversifiant leurs moyens de subsistance, leur déplacement, en poursuivant leurs études, etc. (voir encadré 1.3). Le changement climatique se superpose à des risques et des vulnérabilités préexistants auxquels les groupes pauvres et marginalisés sont généralement confrontés. De nombreuses études ont suggéré que les pauvres sont les plus vulnérables au changement climatique en raison de leur

• Dépendance à l'égard des ressources naturelles qui sont exposées aux impacts du changement climatique
• Manque d'actifs, ce qui entrave une adaptation efficace
• Installation dans des zones à risque, qui sont moins productives mais également vulnérables aux inondations ou à la sécheresse ou autres événements graves
• Statut des migrants, ce qui peut les empêcher d'accéder à certains services sociaux
• Faibles niveaux d'éducation, qui les empêche de développer des compétences plus résilientes au changement climatique ou des stratégies de subsistance
• Statut de minorité, ce qui décourage les décideurs de les placer au centre des politiques d'adaptation

Les tunisiens ne savent plus à quoi s'attendre en ce qui concerne le climat, et ignorent donc quelles décisions prendre. Cela est particulièrement le cas pour les activités dépendantes du climat telles que l'agriculture et ce compte tenu des changements du calendrier et de l'intensité des précipitations et de la variabilité de la température. Un atout majeur des agriculteurs consiste en leur connaissance traditionnelle de l'environnement, mais cette connaissance ne peut plus être fiable sans le soutien d'une technologie de prévision et d'informations climatiques supplémentaires.

Les impacts du changement climatique varient selon les régions en Tunisie. Les approches visant à répondre à ces impacts dépendent en partie de la *perception* des impacts du changement climatique et en partie de la *capacité* à y répondre. Ce rapport fournit une orientation stratégique en matière d'adaptation sur un horizon à court terme - jusqu'à 2030 - tout en tenant compte des projections de changement climatique à long terme.

Beaucoup de gens pauvres sont déjà contraints de faire face aux impacts du changement climatique. Les petits agriculteurs connaissent une baisse des rendements agricoles et des pertes de production en raison de la variabilité et des changements climatiques. Le chômage augmente, en particulier dans les secteurs et les régions vulnérables aux impacts du changement climatique.

Le changement climatique constitue une menace pour le développement à court, moyen et long terme. Il restreint le potentiel humain et réduit la capacité des gens à faire des choix éclairés quant à leur bien-être et leurs moyens de subsistance (Mearns et Andrew 2009 ; Verner 2012). Comme le fait valoir le Rapport Stern (2007), il est primordial que les questions liées au changement climatique soient pleinement intégrées dans la politique de développement et essentiel d'accroître le soutien international pour ces mesures. Le

développement social, économique et humain est la clé quant aux efforts visant à réduire les conflits, la migration et les déplacements potentiels, les pertes de moyens de subsistance et les dommages ou déclins des infrastructures. Traiter efficacement toutes ces questions permettra d'aider les personnes et les communautés à faire face aux changements climatiques.

Encadré 1.3

Contexte Géographique et Politique Social

La Tunisie est un pays relativement petit (163 610 kilomètres carrés), situé entre l'Algérie et la Libye et entouré au Nord et à l'Est par la Méditerranée. Le Nord est caractérisé par des collines verdoyantes et un climat relativement humide recevant entre 500 et 1500 millimètres de pluie par an et avec des températures comprises entre 12°C et 30°C. En revanche, le Centre est semi-aride avec seulement 150-400 millimètres de pluie par an. Le Sud est caractérisé par les dunes de sable du Sahara et par des précipitations annuelles ne dépassant pas les 178 millimètres par an, avec des températures maximales supérieures à 50°C en été.

Cette diversité géographique entraînera des impacts différentiels du changement climatique. Le Sud sera soumis aux plus fortes hausses de températures annuelles et aux réductions les plus importantes des précipitations annuelles. Le Centre connaîtra également d'importantes hausses de température et une réduction significative des précipitations. Le Nord fera l'objet des augmentations les plus faibles des températures saisonnières annuelles et de la baisse la moins importante de la pluviométrie. En plus de ces changements, une élévation des niveaux de la mer sera également enregistrée entraînant une menace d'érosion accrue, d'inondations et de salinisation des aquifères dans les zones côtières.

La révolution qui a déclenché le Printemps Arabe a apporté des changements significatifs en Tunisie entraînant de nouveaux défis et de nouvelles opportunités pour répondre au changement climatique. Le libre accès à l'information, le droit d'élire des représentants légitimes et des institutions qui garantissent la responsabilité, une commission temporaire pour enquêter sur la corruption et l'introduction de nouvelles lois constituant le cadre législatif pour des institutions plus fortes et indépendantes peut augmenter la confiance des donateurs. En outre, les efforts croissants pour lutter contre l'inégalité qui a déclenché la révolution peuvent encourager des formes de protection sociale ciblant les plus pauvres et les plus vulnérables au changement climatique.

De plus, des données statistiques plus claires sur la pauvreté et le chômage pourraient aider à cibler les réponses au changement climatique. En 2005, les rapports officiels de la Tunisie annonçaient un taux national de pauvreté de 3,8 pour cent. Après la révolution, l'Institut National de la Statistique a publié des estimations révisées de la pauvreté en septembre 2011, indiquant que le taux moyen national de pauvreté en 2005 était de 11,8 pour cent. Le rapport produit en septembre 2011 a également exposé pour la première fois une répartition des taux de pauvreté par région indiquant d'importantes variations, avec des taux de pauvreté aussi faibles que 5-7 pour cent pour la région du Centre-Est et le Grand Tunis et aussi élevés que 29 pour cent pour le Centre-Ouest du pays.

Au lendemain de la révolution, l'incertitude politique a affecté les investissements directs étrangers et le tourisme, impactant des taux déjà élevés de chômage et entraînant un ralentissement de la croissance économique. Cette situation a été aggravée par la crise financière mondiale qui a conduit à une baisse des exportations. La chute de la demande de l'Union Européenne en particulier, principal partenaire commercial de la Tunisie, a eu un impact significatif. Le conflit en Libye a entraîné un afflux de réfugiés et le retour des travailleurs migrants tunisiens. Alors que la plupart des réfugiés sont maintenant rentrés en

Libye, la perte des transferts de fonds des travailleurs migrants est estimée à entre 48 à 83 millions de US $. Le résultat cumulatif est que la croissance négative de l'économie est aujourd'hui estimée à moins 1,8 pour cent en 2011, ce qui a poussé le taux de chômage à atteindre les 18,9 pour cent.

Le Changement Climatique Impacte les Personnes et l'Economie

Le changement climatique augmente la pression sur les personnes et l'économie. La variabilité et le changement climatiques peuvent entraîner, et accroître, des perturbations des systèmes et des ressources sociaux, infrastructurels, environnementaux ou productifs ce qui peut ralentir la croissance économique et accroître la pauvreté. Les régions qui dépendent fortement des secteurs sensibles au climat comme l'agriculture, la pêche et le tourisme, et qui ont des taux élevés de pauvreté, de faibles niveaux de capital humain ou moins de capacité institutionnelle, économique, technique ou financière seront les plus vulnérables.

La population totale de la Tunisie est relativement stable à 10,6 millions ; avec une légère tendance à la baisse (voir tableau 1.1). Des services sociaux et infrastructurels de meilleure qualité dans les villes, combinés au stress climatique ont déjà conduit à l'urbanisation rapide de nombreux pays arabes. En conséquence, des millions de personnes ont quitté leurs maisons rurales pour s'installer dans les centres urbains. Les données les plus récentes montrent que 67,3 pour cent des tunisiens vivent dans des zones urbaines, ces dernières se développant à un taux de 1,6 pour cent par an. Les villes souffrent de vulnérabilités spécifiques aggravées par la croissance rapide, en partie à cause de la migration de la population rurale pauvre. Cependant, et bien que moins de 35 pour cent de la population du pays vit dans les zones rurales, 25,8 pour cent sont employés dans l'agriculture qui contribue à 8,0 pour cent du produit intérieur brut national annuel par habitant (PIB) de 8,566 US $ (voir tableau 1.1). Il est donc nécessaire que l'adaptation au changement climatique se produise à la fois dans les zones rurales et urbaines.

Tableau 1.1 Informations Socioéconomiques des Pays Arabes Sélectionnés

	Algérie	*Libye*	*Maroc*	*Tunisie*	*Égypte*	*Jordanie*	*Liban*
Superficie (km2)	2 381 740	1 759 540	446 300	155 360	995 450	88 780	10 230
Superficie agricole (% de la superficie totale)	17,4	8,8	67,3	63	3,7	11,5	67,3
Superficie forestière (% de la superficie totale)	0,6	0,1	11,5	6,5	0,1	1,1	13,4
Population (millions)	35,5	6,4	32	10,6	81,1	6,1	4,2
Croissance démographique (% annuel)	1,5	1,5	1	1	1,8	2,2	0,7
Population urbaine	66,5	77,9	56,7	67,3	42,8	78,5	87,2
Croissance démographique urbaine (% annuel)	2,4	1,7	1,6	1,6	1,8	2,3	0,9
Pop urbaine > 1 million (% du total)	7,9	17,4	19,3	0	19	18,3	45,8
Population des zones avec une élévation <5 m	3,5	4,7	3,8	9,5	25,6	4,2	9,1
PIB par habitant, PPA (cont. 2005 $)	7,521	15,361	4,227	8,566	5,544	5,157	12,619
Indice de Développement Humain (IDH)	0,70	0,76	0,58	0,70	0,64	0,70	0,74
Valeur de 2011							
Taux de pauvreté à 1,25$ par jour	6,8	-	2,5	2,6	2	0,4	-
Population active totale (milliers)	14,845	2,305	11,846	3,821	26,536	1,818	1,444
Emploi dans l'agriculture (% emploi total)	20,7	19,7	40,9	25,8	31,6	3	-
Agriculture, valeur ajoutée (% du PIB)	11,7	1,9	15,4	8,0	14,0	2,9	6,4

Source : Données issues des Indicateurs de Développement dans le Monde de la Banque Mondiale (décembre 2011) et le Rapport 2011 de Développement Humain du PNUD. Les données sont les plus récentes disponibles et la plupart s'appliquent à 2010.
Note : ppa = produit de pouvoir d'achat ; PIB : Produit Intérieur Brut.

Les gens sont vulnérables aux impacts de la variabilité et des changements climatiques à la lumière des changements associés en termes de disponibilité de l'eau, de sécurité alimentaire et de leur santé. Bien que différentes options d'adaptation seront

déployés dans ces différents environnements, il est important que les femmes et les hommes, et en particulier les pauvres, jouent un rôle essentiel dans la construction de la résilience de leurs moyens de subsistance et leur bien-être. Les femmes peuvent constituer, en même temps, le groupe le plus vulnérable et les principaux agents de changements sociaux nécessaires à faire face aux changements climatiques.

Il est prévu que l'économie tunisienne soit de plus en plus affectée par le changement climatique. Ceci est illustré par ce rapport dans l'analyse sur le revenu, les moyens de subsistance, le bien-être, la pauvreté et autres facteurs sociaux (voir les chapitres 3 et 4). 7

Alors que les experts s'accordent sur les tendances climatiques (voir chapitre 2), les impacts socioéconomiques du changement climatique sont moins évidents. L'évaluation de ces impacts est mise en question par la relation généralement complexe entre les interactions météorologiques, biophysiques et économiques ; la diversité prévue des impacts locaux au sein des pays ; et l'horizon relativement long de l'analyse.

Les conséquences locales et globales à long terme du changement climatique en Tunisie devraient conduire à une forte réduction totale des revenus des ménages vers 2030. Les réductions des revenus s'accumulent au fil du temps ; les revenus des ménages ont initialement enregistré des pertes de 100 millions de dollars US (0,4 pour cent du PIB). Ces pertes s'accumuleront en 2020 à 393 millions de dollars US (1,4 pour cent du PIB) et 1,8 milliard de dollars (6,7 pour cent du PIB) vers 2030 (voir chapitre 3).

La Tunisie sera affectée par le changement climatique aux niveaux national et local et subira des impacts associés à d'autres pays, notamment en termes de sécurité alimentaire. Au niveau local, une augmentation des températures et, dans certains cas, une réduction des précipitations devraient réduire les rendements agricoles. Les rendements du blé par exemple pourraient diminuer d'environ 60 pour cent d'ici 2050 dans certaines parties du monde arabe. En outre, parce que le changement climatique réduira probablement les rendements agricoles à l'échelle mondiale, les prix du marché mondial pour les principaux produits alimentaires devraient augmenter. Compte tenu de la forte dépendance des pays arabes des aliments importés (combinée à un potentiel agricole relativement limité), ces dimensions mondiales sont particulièrement importantes pour le monde arabe.

Pour la Tunisie, des indications montrent que les sécheresses ont augmenté en nombre dans certaines régions et continueront à devenir plus fréquentes à l'avenir. 8 Des précipitations moins importantes sont susceptibles d'entraîner une réduction des rendements agricoles ou, dans des cas extrêmes, la perte totale des récoltes, en particulier pour les systèmes de cultures pluviales.

Les sécheresses affectent aussi le bétail, en particulier les animaux qui dépendent des pâturages pour se nourrir. Il est également prévu que les périodes sèches normales durent plus longtemps, ce qui est de nature à aggraver ces impacts. En plus de ces effets directs sur le secteur agricole et les familles qui en dépendent, les sécheresses affectent aussi directement d'autres secteurs de l'économie et, indirectement, les ménages non agricoles.

Les inondations peuvent également devenir plus fréquentes en raison de la variabilité et des changements climatiques, et provoquer en conséquence de lourdes pertes économiques et une aggravation de l'insécurité alimentaire. Plus récemment, les inondations dans les gouvernorats du Nord-Ouest d'El Kef, Bizerte, Jendouba, Béja au début de 2012 ont entraîné un certain nombre de morts et d'importants coûts économiques. Alors que les inondations régulières peuvent être bénéfiques aux pratiques agricoles dans les terres arides, des inondations importantes conduisent à des pertes de terres productives, au déracinement d'arbres fruitiers, à la perte de bétail et à la destruction d'infrastructures telles que les installations d'irrigation et les routes rurales.

Comme le montre clairement le chapitre 3, les communautés rurales pauvres sont parmi les plus vulnérables à ces impacts.

Les données suggèrent que les pauvres en Tunisie souffrent plus que les non-pauvres des impacts du changement climatique et que les ménages ruraux (agricoles et non agricoles) constituent le groupe le plus touché par ces effets néfastes. Les agriculteurs sont les plus négativement affectés par les impacts du changement climatique avec des pertes de 700 millions de dollars à l'économie (3 pour cent du PIB en 2010, voir chapitre 3). Ce niveau élevé de vulnérabilité des pauvres en milieu rural peut être expliqué par l'effet conjoint d'être à la fois acheteurs nets de produits alimentaires - qui dépensent une part importante de leur revenu à l'achat de nourriture - et de gagner ses revenus à partir de stratégies de production sensibles au climat, à savoir le travail agricole non qualifié. Il est important de noter que les ménages urbains sont également affectés négativement par le changement climatique en Tunisie.

L'Adaptation au Changement Climatique Consiste à Réduire la Vulnérabilité

Définitions et Cadre

L'adaptation consiste à réduire la vulnérabilité. La vulnérabilité des pays, des populations et des ménages aux effets de la variabilité et du changement climatiques ne dépend pas seulement de l'ampleur de stress climatique mais aussi de la sensibilité et de la capacité des populations et des ménages touchés à faire face à ce stress (OECD 2009, consulter également l'encadré 1.4).

Encadré 1.4
Définition de l'Adaptation au Changement Climatique

Le GIEC définit l'adaptation au changement climatique comme un "ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques réels ou prévus ou à leurs effets, afin d'atténuer les effets néfastes ou d'en exploiter les avantages." L'Organisation de Coopération et de Développement Economiques - Comité d'Aide au Développement (OCDE-CAD) définit les projets d'adaptation au changement climatique comme étant ceux qui "réduisent la vulnérabilité des systèmes humains ou naturels aux effets du changement climatique et aux risques liés au climat en maintenant ou en augmentant la capacité d'adaptation et la résilience. Cela englobe une gamme d'activités allant de l'information et de la production des connaissances au renforcement des capacités et à la planification et la mise en œuvre de mesures d'adaptation au changement climatique". L'adaptation réduit les impacts du stress climatique sur les systèmes humains et naturels et consiste en une multitude d'ajustements comportementaux, structurels et technologiques. L'OCDE souligne que le timing (par anticipation vs réactif, *ex ante* vs *ex post*), la portée (à court terme ou à long terme, localisée vs régionale), la finalité (autonome vs planifié ; passif vs actif) et l'agent d'adaptation (privé ou public ; populations vs systèmes naturels) sont des concepts importants lorsqu'il s'agit d'adaptation.

Source : Selon l'OCDE 2009 et le GIEC 2001.

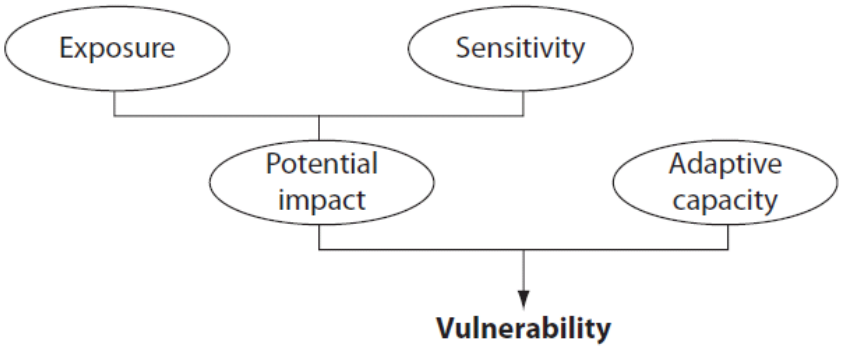
Un des cadres conceptuels visant à définir la vulnérabilité et l'adaptation provient de Fay, Block et Ebinger (2010). Ce cadre est fondé sur la définition du GIEC (2010) de la vulnérabilité et cherche à cerner l'essence des différents concepts de la littérature en définissant la vulnérabilité en fonction de l'exposition, la sensibilité et la capacité

d'adaptation ou de lutte (voir figure 1.1).9 Comme décrit par Fay, Block et Ebinger (2010, 15) : "L'avantage de cette approche est qu'elle permet de distinguer entre ce qui est exogène, ce qui est le résultat de décisions passées et ce qui est réceptif à une action politique." Cette approche peut être appliquée à des communautés, des régions, des pays ou des secteurs - par exemple, le Gouvernement Australien a appliqué ce cadre à l'agriculture.

La vulnérabilité est le degré jusqu'auquel un système est susceptible de, ou incapable de, faire face aux effets néfastes des changements climatiques, incluant la variabilité et les extrêmes climatiques. La vulnérabilité est fonction de la nature, l'ampleur et le rythme du changement climatique, et la mesure dans laquelle un système est exposé ainsi que sa sensibilité et sa capacité d'adaptation. La vulnérabilité augmente à mesure que l'ampleur de l'exposition et de la sensibilité au changement climatique augmente, et diminue à mesure que la capacité d'adaptation augmente (GIEC, 2001).

L'impact potentiel de la variabilité et du changement climatiques sur une communauté, un secteur ou un système dépend de l'exposition et de la sensibilité (voir figure 1.1). L'exposition est déterminée par le type, l'ampleur, la variabilité et la vitesse de l'événement climatique tels que les changements des saisons des pluies, les températures minimum et maximum hivernales et estivales, les vagues de chaleur, les inondations et les tempêtes. Il s'agit des facteurs exogènes.

Figure 1.1 Cadre Conceptuel pour Définir la Vulnérabilité



Source: IPCC 2001 (telle que présentée par Fay, Block, et Ebinger 2010).

La sensibilité est la mesure dans laquelle un système peut être affecté par des changements climatiques, et dépend en partie de la façon dont le système est déjà mis sous pression. Les personnes et les communautés pauvres seront plus touchées que les non-pauvres car ils peuvent subir des pressions avant même qu'un événement climatique ne se produise. Avec des actifs limités, les pauvres sont par nature plus sensibles aux événements climatiques, même mineurs. Il s'agit des facteurs endogènes.

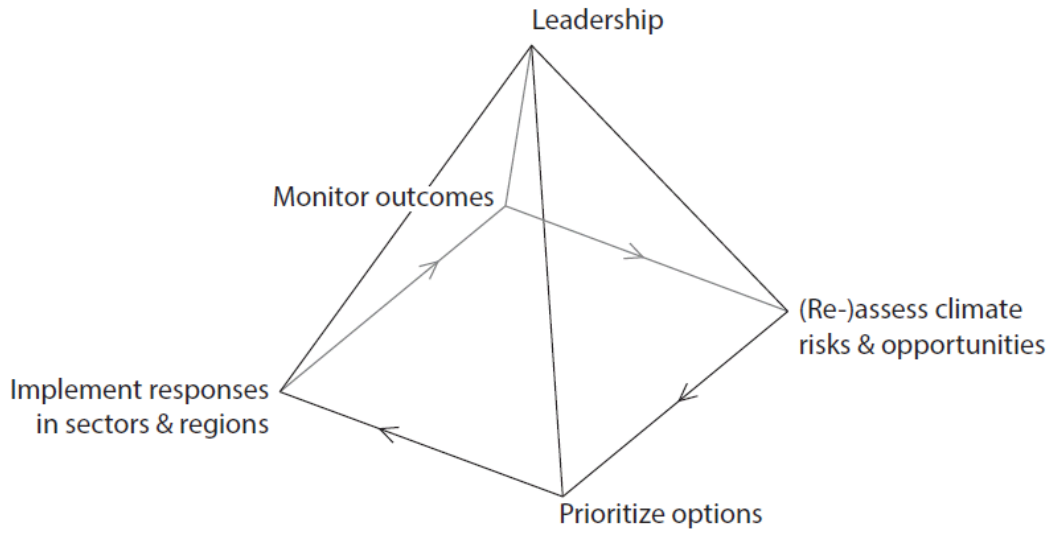
La vulnérabilité dépend de la gravité de l'impact potentiel et de la capacité d'adaptation d'une collectivité affectée.10 La capacité d'un système ou d'une communauté à s'adapter est déterminée par l'accès à l'information, à la technologie, aux ressources économiques et autres actifs. Cela dépend, en outre, de la disponibilité des compétences nécessaires pour utiliser ces informations, d'institutions pour gérer ces actifs et d'une répartition équitable des ressources. En général, les populations où la répartition des ressources est relativement plus équitable seront plus en mesure de s'adapter que les populations avec des distributions moins équitables. Ceci est du au fait qu'une répartition équitable évite l'accaparement des ressources, la corruption et le clientélisme. Le niveau de capacité d'adaptation tend à être corrélé positivement avec le niveau de développement, où la capacité d'adaptation augmente avec le niveau de développement (OCDE, 2009).

L'Adaptation au Changement Climatique Devrait Faire Partie Intégrante de la Gestion du Secteur Public du Développement Durable

De nombreux pays, en particulier les plus pauvres et les plus exposés, auront besoin d'aide pour s'adapter au changement climatique. Une aide d'urgence est requise pour se préparer à la sécheresse, gérer les ressources en eau, faire face aux niveaux de la mer, améliorer la productivité agricole, réduire la propagation des maladies et construire des infrastructures résilientes au climat.

La manière dont un pays s'adapte au changement climatique constitue une décision souveraine de chaque pays, et concerne les gouvernements, le secteur privé et la société civile. Il est dans l'intérêt de chaque pays de renforcer sa résilience climatique et d'être autant préparé que possible à affronter les conséquences connues et inconnues du changement climatique. Cette section fournit la simple ébauche d'un cadre pour un processus d'adaptation fondé sur une action gouvernementale intégrée. Cette approche, qui repose sur les conclusions des chapitres 2-4 et qui prend en compte les caractéristiques régionales, sera développée plus en détails dans le chapitre 5.

Figure 1.2 Cadre pour une Action d'Adaptation au Changement Climatique : Pyramide d'Adaptation



Source: Verner 2012.

La perspective du changement climatique ajoute un autre élément à intégrer dans la planification nationale. Les gouvernements, avec l'aide de la société civile et le secteur privé, peuvent faire en sorte que les politiques, stratégies et plans d'action de développement d'un pays renforcent la résilience au changement climatique. Comme le montre ce rapport, une approche intégrée à l'adaptation au changement climatique au niveau des pays exige un leadership, de l'action et de la collaboration et nécessite des stratégies solides à identifier, intégrer et mettre en œuvre. En outre, les stratégies doivent être soutenues par une législation et des plans d'action, incluant les cadres nécessaires et une politique nationale forte. Si elles ne le sont pas, ces stratégies peuvent entraîner des résultats incohérents et une mauvaise adaptation.

Ce rapport vise à fournir des conseils aux décideurs sur la façon de lutter pour l'adaptation au changement climatique. Comme présenté dans la pyramide d'adaptation, il existe cinq éléments de base pour une adaptation réussie (figure 1.2).

Cadre pour une Action d'Adaptation au Changement Climatique

L'adaptation est un processus à long terme, dynamique et itératif, qui se produit sur des décennies. Des décisions devront être prises malgré l'incertitude sur la façon dont la société et le climat changeront. Les stratégies et activités d'adaptation devront être révisées lorsque de nouvelles informations seront disponibles. Plusieurs méthodologies standards de prise de décision sont inappropriées, et des méthodes alternatives solides de sélection des priorités dans un cadre de gestion adaptative seront plus efficaces.

Les éléments d'un modèle de gestion adaptative comprennent ce qui suit : (1) les objectifs de gestion qui sont régulièrement mis à jour, et révisés en conséquence, (2) un modèle ou des modèles du système géré, (3) une gamme de choix de gestion, (4) le suivi et l'évaluation des résultats, (5) un mécanisme pour intégrer l'apprentissage dans les décisions futures, et (6) une structure collaborative pour la participation des parties prenantes et l'apprentissage. Ce modèle est couramment utilisé dans de nombreux domaines, mais plus particulièrement en politique environnementale.

En outre, et en complément à une approche de gestion adaptative, l'OCDE (2009) a mis en évidence cinq conditions favorables qui soutiennent une intégration réussie de l'adaptation au changement climatique dans les processus de développement.

Ces conditions permettent de s'assurer que de multiples perspectives sont introduites dans le processus de prise de décision politique et donc aident à s'assurer que les solutions politiques qui sont essayées sont solides et en adéquation avec une approche de gestion inclusive. Les cinq conditions favorables sont les suivantes :

• Un engagement et une participation larges et durables des parties prenantes, telles que les organismes et les institutions gouvernementaux, les communautés, la société civile et le secteur privé
• Une approche participative avec les agents légitimes chargés de la prise de décision
• Un programme de sensibilisation au changement climatique pour les ménages, les organisations de la société civile, les leaders d'opinion et les éducateurs
• La collecte d'informations pour informer des décisions d'adaptation à la fois au niveau national et local
• Les processus de réponse aux chocs climatiques à court et à long terme.

La pyramide d'adaptation (figure 1.2) fournit un cadre permettant d'aider les parties prenantes en Tunisie dans l'intégration des risques et des opportunités liés au climat aux activités de développement. Elle est basée sur une approche de gestion adaptative, mais souligne aussi en particulier l'importance du leadership, sans lequel les efforts d'adaptation sont peu susceptibles d'atteindre le niveau nécessaire pour minimiser les impacts du changement climatique.

La base de la pyramide représente les quatre étapes itératives qui constituent le fondement d'une prise de décision judicieuse en matière d'adaptation au changement climatique, à savoir

• Évaluer les risques, les impacts et les opportunités d'une action climatique
• Prioriser les options de politiques et de projets
• Mettre en œuvre des réponses dans les secteurs et les régions
• Suivre et évaluer et ensuite réévaluer les risques climatiques, les impacts et opportunités.

Les flèches sur les quatre côtés de la pyramide soulignent le caractère itératif de la prise de décision en matière d'adaptation. L'adaptation est un processus continu qui se déroule au fil du temps et les activités d'adaptation seront soumises à des révisions dès que de nouvelles informations seront disponibles. A cela s'ajoute un cinquième sommet : le leadership, sans lequel les efforts d'adaptation sont peu susceptibles d'atteindre le niveau

nécessaire pour minimiser les impacts du changement climatique. La base de la pyramide est détaillée dans les sections suivantes.

Évaluer les Risques, les Impacts et les Opportunités liés au climat.

Dans cette première étape, un large éventail d'analyses quantitatives et qualitatives pourrait être utilisé.[11] Toutes s'appuient sur l'accès aux données climatiques et socio-économiques afin de fournir des informations sur les impacts climatiques, incluant les groupes, les régions et les secteurs vulnérables. Pour aider à comprendre les risques et les impacts, des données portant sur la variabilité et le changement climatiques actuels mais aussi sur les projections et l'incertitude liées au climat futur sont nécessaires. De même, des informations portant sur les mesures et les stratégies d'adaptation passées doivent être recueillies et évaluées à la lumière de l'évolution du climat. Le chapitre 5 fournit plus de détails à ce sujet. Les approches à cette étape doivent être ajustées pour être en adéquation avec les questions, la localité et les circonstances.

Hiérarchiser les Options.

La deuxième étape est d'identifier et de hiérarchiser les options d'adaptation dans le contexte des priorités et des buts nationaux, régionaux et locaux et en particulier les contraintes financières et de capacité. Les attentes en matière de changement climatique rend plus important à considérer les conséquences à long terme des décisions, car les réponses à court terme peuvent manquer d'options d'adaptation plus efficaces ou même conduire à des résultats inadaptés, citons par exemple le développement d'endroits très vulnérables.

Une approche efficace consiste en une Prise de Décision Robuste qui vise à identifier les choix qui mènent à des résultats acceptables selon de nombreux scénarios futurs possibles.

Mise en œuvre des Réponses dans les Secteurs et au sein des Régions.

Les réponses d'adaptation peuvent être quelque peu en contradiction avec les priorités locales immédiates, par conséquent la troisième étape de la mise en œuvre des réponses convenues nécessite une coopération et une compréhension aux niveaux national, sectoriel et régional/local (souvent conjointement). Au niveau national, l'adaptation doit être intégrée dans les politiques, plans et programmes nationaux et dans les systèmes de gestion financière.

Cela comprend des plans quinquennaux établis dans un certain nombre de pays arabes, ainsi que des stratégies et des plans de développement durable et de réduction de la pauvreté ; des politiques, des réglementations et une législation ; des programmes d'investissement et le budget. En outre, les stratégies d'adaptation nationales peuvent guider l'intégration de l'adaptation dans d'autres politiques nationales ainsi que leur mise en œuvre aux niveaux sectoriel et local. Cela pourrait impliquer la formation d'un comité interministériel à différents niveaux avec la participation de la société civile, du secteur privé et du tissu universitaire.

Le changement climatique doit être pris en compte dans toutes les activités sectorielles, en particulier dans les secteurs vulnérables au climat tels que l'agriculture, la santé, le tourisme, et l'eau. Il est d'une importance primordiale que les plans et les stratégies sectoriels prennent en compte les interactions intersectorielles. A titre d'exemple, l'eau est l'un des secteurs clés pour une adaptation réussie, mais quelconque politique relative à la gestion de l'eau aura nécessairement un impact sur l'agriculture et l'énergie (irrigation), la planification urbaine (eau potable et eaux usées), le genre (le temps de travail des femmes et des filles opérant dans les champs et l'observation des animaux, voir encadré 1.5), et sur la santé (maladies d'origine hydrique).

Au final, le niveau local est le niveau auquel les effets du changement climatique se feront ressentir et seront répondus. Les moyens de subsistance en milieu rural ont tendance à être ancrés dans des secteurs sensibles au climat tels que l'agriculture, tandis que les moyens de subsistance en milieu urbain tendent vers les secteurs de services. Le changement de la productivité agricole due au changement climatique peut faire augmenter les prix des denrées alimentaires pour ceux qui ne produisent pas de nourriture et peut même perturber les approvisionnements alimentaires. Cela peut également accélérer l'exode rurale souvent initiée par l'émigration des hommes des régions rurales, entraînant des défis pour les femmes rurales laissées derrière et mettant la pression sur les services dans les zones urbaines à expansion rapide.

Surveiller les Résultats.

La surveillance est essentielle pour s'assurer que les stratégies et les activités d'adaptation atteignent les résultats et les bénéfices prévus par l'adaptation. Des indicateurs qualitatifs et quantitatifs globaux peuvent aider les promoteurs de projets à reconnaître les forces et les faiblesses de diverses initiatives et à ajuster les activités pour mieux répondre aux besoins actuels et futurs. Le cadre de la surveillance devrait envisager explicitement les effets du changement climatique à venir, en particulier pour les projets sur le long terme.

L'Adaptation Est un Processus Itératif

La prochaine étape sera donc de réévaluer les activités tout en tenant compte des informations nouvelles et disponibles, par exemple, portant sur l'évolution future du climat ou l'efficacité des solutions déjà appliquées.

Le Leadership est Essentiel pour une Adaptation Réussie

Une adaptation efficace au changement climatique ne peut se faire sans un leadership solide. L'expérience internationale montre que le leadership doit opérer au niveau national par un ministère important ou un champion du gouvernement, tel que le Premier Ministre, le Ministre de la Planification ou de l'Economie, ou encore le Ministre de l'Environnement.

Ce champion aura également besoin de l'appui d'une équipe solide composée de représentants des ministères concernés, des gouvernorats, des autorités et institutions locales, du secteur privé, du milieu universitaire, des organisations de la société civile et, idéalement, des représentants des partis de l'opposition afin d'assurer la continuité étant donné que les gouvernements peuvent changer. De toute évidence, cela doit être adapté au contexte de chaque pays arabe et de ses circonstances spécifiques. Des leaders sont nécessaires à d'autres niveaux du gouvernement et au sein des organisations de la société civile et du secteur privé. Des leaders appartenant à tous les secteurs ont besoin de soutien à travers l'accès à l'information, des possibilités d'éducation et doivent être traités comme des agents légitimes dans les processus de prise de décision.

Enfin, le leadership doit interagir avec d'autres États en ce qui concerne les questions intergouvernementales.

A quelle partie de la Pyramide répond ce rapport ? Il fournit des informations relatives à « *l'évaluation des Risques et des Opportunités liés au Changement Climatique* » (chapitres 2, 3, et une partie du chapitre 4) puis passe à la « *Hiérarchisation des Options* » (chapitre 5 et des parties du chapitre 4)

Encadré 1.5

Genre et Changement Climatique en Tunisie

Les impacts du changement climatique en Tunisie ne sont pas neutres en matière de genre. Les inégalités spécifiques en matière d'accès des hommes et des femmes aux actifs, aux opportunités et le pouvoir décisionnel qui leur permettrait de s'adapter avec succès aux nouvelles conditions climatiques ainsi que les rôles sociaux différentiels des hommes et des femmes en Tunisie, en particulier dans les zones rurales, donnent lieu à des vulnérabilités et des capacités d'adaptation différentielles. Pour renforcer la résilience au changement climatique, il est essentiel de construire une approche d'adaptation holistique et sensible au genre qui renforce les femmes en tant qu'agents du changement.

Les moteurs de la vulnérabilité au changement climatique basée sur le genre peuvent être séparés en trois domaines généraux de l'inégalité : l'accès aux ressources, les opportunités d'améliorer les moyens de subsistance existants et de développer des moyens de subsistance alternatifs, et la participation à la prise de décision. Dans les zones rurales de la Tunisie, ce sont le plus souvent les femmes, et particulièrement les femmes pauvres, qui font face aux inégalités structurelles et aux normes socioculturelles qui les désavantagent dans ces trois domaines. Cela intensifie leur exposition et leur sensibilité aux impacts du changement climatique. En conséquence, les femmes rurales sont plus susceptibles d'avoir une capacité d'adaptation plus faible que les hommes. Leur faible capacité d'adaptation entraîne des impacts aggravés sur le bien-être au niveau des individus, des ménages et des communautés.

Des progrès significatifs ont été accomplis dans la reconnaissance des liens entre le changement climatique et le genre au niveau international. En 2007, l'Organisation des Nations Unies et 25 organisations internationales ont formé le Global Gender and Climate Alliance (GGCA), qui vise à garantir que les politiques climatiques mondiales soient sensibles au genre. Le GIEC reconnaît aujourd'hui le genre comme un facteur qui façonne la vulnérabilité au changement climatique. En 2010, les Accords de Cancun ont reconnu l'égalité des sexes en tant que partie intégrante de l'adaptation. Lors de la COP-17 en 2011, les références au genre et aux femmes ont été renforcées dans un certain nombre de domaines importants, par exemple dans les lignes directrices des pays pour les Programmes d'Action Nationaux d'Adaptation (PANA), dans le Programme de Travail de Nairobi, 12 et dans l'opérationnalisation des Accords de Cancun, notamment le Fonds Vert pour le Climat, le Comité d'Adaptation, le Comité Permanent des Finances, et le Mécanisme pour la Technologie (Arend et Lowman 2011; WEDO 2011). De plus grands efforts peuvent être faits pour intégrer les considérations de genre dans la réponse au changement climatique de la Tunisie.

Source : Banque mondiale 2012, Chapitre 7, "Adaptation au Changement Climatique Sensible au Genre : Assurer l'Efficacité et la Durabilité de l'Adaptation à un Climat en Changement dans le Monde Arabe."

Notes

1. Les personnes vivant dans les villes et celles qui travaillent dans le tourisme sont également touchées par le changement climatique. Le changement climatique affecte également la dynamique du genre et la santé des personnes. Ces domaines sont abordés pour les pays arabes par Verner (2012).
2. Le GIEC (2007) souligne qu'il existe "des différences marquées entre les régions et [que] les personnes avec la situation économique la plus faible sont souvent les plus vulnérables

au changement climatique et sont souvent les plus vulnérables aux dommages liés au climat, surtout quand ils sont confrontés à de multiples pressions. Il est de plus en plus de données qui prouvent une plus grande vulnérabilité de certains groupes..." Le GIEC (2007) ne mentionne spécifiquement les peuples et les façons de vivre traditionnels que dans les cas des Régions Polaires et les petits États insulaires.

3. Voir par exemple, Verner (2012), Mearns et Andrew (2009) et Kronik et Verner (2010).

4. Ce rapport ne traite pas en détails des thématiques qui sont traitées dans d'autres travaux en cours en Tunisie ou pour la région MENA par la Banque Mondiale. Par exemple, la migration et la biodiversité climatiques et les écosystèmes.

5. Ce rapport est axé sur l'adaptation conformément à la demande du Ministère de l'Environnement. D'autres missions sont en cours pour le secteur de l'énergie en Tunisie en matière de mesures d'atténuation.

6. *Observatoire du Niveau de la Mer.*

7. Les résultats sont basés sur des analyses qualitatives et une modélisation quantitative (Equilibre Général Calculable - EGC).

8. Une sécheresse est définie comme étant une période prolongée (des mois voire des années) au cours de laquelle une région reçoit constamment des précipitations inférieures à la moyenne entraînant un débit de rivières faible, une réduction de l'humidité des sols et par conséquent des effets néfastes sur l'agriculture, les écosystèmes et l'économie.

9. Un aperçu des cadres d'adaptation est fourni par Füssel 2007.

10. La sensibilité et la capacité d'adaptation sont généralement inversement corrélées comme démontré pour les pays d'Europe de l'Est et d'Asie Centrale par Fay, Block et Ebinger (2010).

11. Pour une vue d'ensemble des outils disponibles pour assister l'analyse des risques climatiques voir http://climatechange.worldbank.org/climatechange/content/note-3-using-climate-riskscreening-tools-assess-climate-risks-development-projects.

12. Le Programme de Travail de Nairobi aide les pays en voie de développement à "améliorer leur compréhension et leur évaluation des impacts, de la vulnérabilité et de l'adaptation aux changements climatiques" et à "prendre des décisions éclairées en ce qui concerne les actions et les mesures d'adaptation concrètes"
Voir http://unfccc.int/adaptation/nairobi_work_programme/items/3633.php.

Références

Arend, Elizabeth, and Sonia Lowman. 2011a. “Governing Climate Funds that Will Work for Women.” Research Report, Women’s Environmental & Development Organization, Oxfam, September 2011. http://www.genderaction.org/publications/11/climatefunds-for-women.pdf

Fay, Marianne, Rachel I. Block, and Jane Ebinger. 2010. *Adapting to a Climate Change in Eastern Europe and Central Asia.* Washington, DC: World Bank.

Füssel, H. -M. 2007. “Vulnerability: A Generally Applicable Conceptual Framework for Climate Change Research.” *Global Environmental Change* 17 (2): 155–67.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2001. “Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability.” Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

———. 2007. “Climate Change 2007—The Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.” Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Kronik, Jakob and Dorte Verner. 2010. “Indigenous Peoples and Climate Change in Latin America and the Caribbean”,World Bank, Washington, DC.

Mearns, Robin, and Norton Andrew. 2009. *The Social Dimension of Climate Change: Equity and Vulnerability.* Washington, DC: World Bank.

OECD (Organisation for Economic Coordination and Development). 2009. “Policy Guidance on Integrating Climate Change Adaptation into Development Cooperation.” Organisation for Economic Coordination and Development, Paris. http://www.oecd.org/document/40/0,3343,en_2649_34421_42580264_1_1_1_1,00.html.

Stern, Nicholas. 2007. *Stern Review on the Economics of Climate Change.* Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Tolba, Mostafa K., and Najib W. Saab. 2009. “Arab Environment Climate Change—Impacts of Climate Change on Arab Countries.” Arab Forum for Environment and Development, Beirut, Lebanon.

UNDP (United Nations Development Programme). 2011. “Human Development Report 2011—Sustainability and Equity: A Better Future for All.” United Nations Development Programme, New York. http://hdr.undp.org/en/reports/global/hdr2011/.

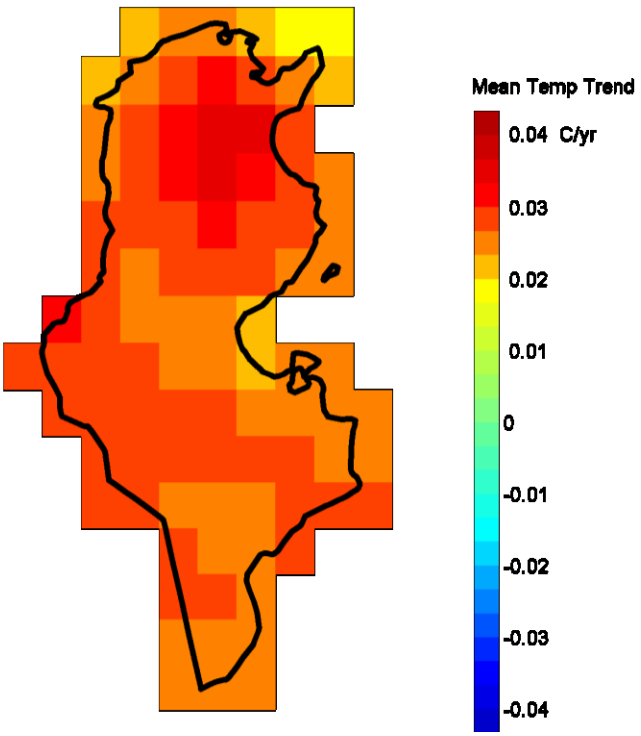
Verner, D., ed. 2012. “Adaptation to a Changing Climate in the Arab Countries: A Case for Adaptation Governance and Leadership in Building Climate Resilience.” MENA Development Report, World Bank, Washington, DC.

———. Forthcoming. *Syria Rural Development in a Changing Climate.* Washington, DC: World Bank.

WEDO (Women’s Environmental & Development Organization). 2011b. “The Outcomes of Durban COP 17: Turning Words into Action.” Women’s Environmental & Development Organization, New York, Friday, December 16, 2011. http://www.wedo.org/themes/sustainable-development-themes/climatechange/the-outcomes-ofdurban-cop-17-turning-words-into-action.

World Bank. 2011. *World Development Indicators 2011.* Washington, DC: World Bank. http://hdr.undp.org/en/media/HDR_2010_EN_Table1_reprint.pdf.

CHAPITRE 2: UNE SYNTHESE DES SCENARIOS DE CHANGEMENT CLIMATIQUE ET DE LEURS IMPACTS POUR LA TUNISIE



Tendances régionales des tendances de température annuelle moyenne en Tunisie 1951-2002
Source des données : *Climate Wizard*

Résumé analytique

Ce rapport fournit une synthèse des observations recueillies sur la variabilité du climat et le changement climatique en Tunisie. L'étude vise à soutenir la planification stratégique pour l'agriculture, l'irrigation et le développement rural dans la région. Les objectifs du rapport sont les suivants :

1) Résumer les tendances climatiques historiques et les scénarios de changement climatique qui sont pertinents pour la planification nationale dans les secteurs de l'eau et de l'agriculture en Tunisie.

2) Présenter les techniques de réduction d'échelle statistique pour l'évaluation de l'impact du changement climatique local.

3) Examiner les impacts potentiels du changement climatique et les incertitudes pesant sur la gestion de l'eau, des terres, de l'agriculture et des zones côtières en Tunisie.

Tendances climatiques observées

Les tendances climatiques historiques ont été évaluées en utilisant une gamme de données primaires et secondaires provenant de sources publiques, notamment des relevés météorologiques, des indices climatiques dérivés, et des produits satellitaires. Ces données montrent que les températures annuelles moyennes ont augmenté d'environ 1,4 ° C au XX^{e} siècle avec l'essentiel du réchauffement s'étant produit depuis les années 1970. Les précipitations totales annuelles ont diminué de 5 % par décennie dans le nord depuis les années 50. Toutefois, ces tendances doivent être considérées dans le contexte de grande variabilité interannuelle et décennale liée à l'Oscillation nord-atlantique et à *El Niño*-oscillation australe. Les tendances relatives aux phénomènes extrêmes sont plus problématiques à évaluer compte tenu des données disponibles, mais la fréquence des nuits chaudes a augmenté, et les événements de fortes pluies sont devenus plus fréquents. Le niveau de la mer a augmenté en moyenne de plus de 3 mm/an depuis 1992 dans tout le bassin méditerranéen, mais les données enregistrées sur une période plus longue montrent des variabilités spatiales et temporelles considérables dans les taux locaux.

Scénarios régionaux de changement climatique

Les scénarios régionaux de changement climatique suggèrent que les tendances historiques ci-dessus devraient se poursuivre au cours des prochaines décennies, ce qui pourrait aggraver la pénurie d'eau et le stress sur l'agriculture en sec déjà présents. Il existe un consensus parmi les modèles climatiques qui indiquent tous que la région continuera de se réchauffer et que les précipitations annuelles totales diminueront. D'ici les années 2050, les températures moyennes pourraient augmenter de + 1,4 ° C à + 2,5 °C et les précipitations diminuer de -5 % à -15 %. Les variations saisonnières et locales de la température et des précipitations pourraient être encore plus importantes. Les futurs changements de la pluviométrie pourraient être liés à un déplacement vers le nord de la trajectoire des tempêtes en Méditerranée. Le niveau de la mer pourrait augmenter de 3 cm à 61 cm au cours du XXI^{e} siècle, variant en fonction de l'expansion thermique et de la salinité des eaux au niveau local.

Technique de réduction d'échelle statistique

Deux techniques de réduction d'échelle statistique ont été utilisées pour illustrer des scénarios pour Tunis. Les températures maximales et les quantités de précipitations quotidiennes ont fait l'objet d'une réduction d'échelle à partir du modèle climatique HadCM3 du *UK Met Office* selon deux scénarios d'émissions (SRES A2 et B2) pour la période 1961-2099. Par comparaison avec le modèle de réduction d'échelle de l'Université de Cape Town (UCT), les scénarios HadCM3 se situaient à la frange inférieure en matière de réchauffement régional mais à la frange plus extrême en ce qui concerne l'assèchement régional. En fonction du choix de méthode de réduction d'échelle et de modèle climatique, la variation de la température maximale en moyenne annuelle pourrait être de + 1,5 ° C à + 2,6 °C, et les précipitations annuelles totales pourraient changer de + 5% à - 20% d'après le scénario d'émissions SRES A2 d'ici aux années 2050. Il faut souligner que ces scénarios ne reflètent pas toute la gamme des incertitudes en raison d'autres composantes importantes
influant sur le climat régional (telles que les surfaces terrestres et les rétroactions des aérosols) qui ne sont pas incluses. Par conséquent, même si la plupart des scénarios démontrent le réchauffement et l'assèchement, ce consensus des modèles ne doit pas être interprété comme une *prévision.*

Évaluation des impacts des changements climatiques

Avec les réserves ci-dessus présentes à l'esprit, une simple étude de cas a démontré comment les scénarios de réduction d'échelle peuvent être utilisés pour l'évaluation de l'impact du changement climatique (dans le cadre d'un évaluation plus large des options d'adaptation). En s'appuyant sur l'exemple des dates de floraison de l'olivier, il a été démontré que la hausse des températures maximales quotidiennes dans le nord de la Tunisie pourrait faire avancer de près de trois semaines les cycles de croissance et de floraison d'ici les années 2050. Même ainsi, la variabilité interannuelle de la croissance de l'olivier restera considérable et une bonne part de la réponse climatique continue de se situer dans la fourchette des dates de floraison précoce/tardive actuelle. Dans l'avenir, la croissance continuera à dépendre aussi d'une multitude de facteurs non climatiques.

L'étude a porté sur les changements de température et de précipitations en Tunisie. Cependant, il a été observé que l'élévation du niveau de la mer augmente le risque d'intrusion saline dans les aquifères côtiers limitant les ressources disponibles pour l'irrigation et les zones urbaines côtières. D'autres études montrent que les rendements des cultures pourraient être sensibles aux modifications de la période de croissance et de la disponibilité d'humidité. En outre, une hausse de la demande d'évaporation associée à une réduction des précipitations risque d'aggraver la salinité des sols, et des précipitations plus extrêmes risquent d'accroître l'érosion sur les pentes et la sédimentation dans les réservoirs.

Les scénarios régionaux des changements climatiques ci-dessus pourraient accélérer la pénurie d'eau et la surexploitation des stocks d'eau douce. Toutefois, à court et à moyen terme, la croissance démographique et la croissance économique pourraient représenter des facteurs de stress hydrique plus importants que le changement climatique. Les situations d'exception possibles incluent celles où un seuil de tolérance est atteint, par exemple la limite de l'agriculture en sec (~200 mm/an) ou des ruissellements de surface pérennes (~400 mm/an). Même en cas de taux de changement climatique modestes, ces seuils pourraient être atteints en ne laissant guère de temps pour une adaptation

anticipative. C'est pourquoi des programmes internationaux, tels que CORDEX, cherchent à mieux caractériser l'incertitude dans les projections climatiques régionales en établissant des priorités et en comparant les techniques de réduction d'échelle pour les régions vulnérables, y compris l'Afrique du Nord.

Remarques finales

Compte tenu du caractère généralement défavorable des scénarios climatiques, et de la vulnérabilité des populations rurales, il est logique d'identifier des stratégies de développement qui fonctionnent selon un éventail assez large de conditions, telles qu'elles se présentent aujourd'hui et pouvant se produire à l'avenir. Dans l'idéal, les stratégies dites « sans regret » offrent des avantages indépendamment du changement climatique. Dans la pratique, il y a toujours des coûts d'opportunité, des compromis, ou des externalités, associés aux mesures d'adaptation, aussi est-il préférable de qualifier ces interventions comme « à faible regret ». Ces mesures doivent répondre aux priorités de développement actuelles, *tout en* gardant ouvertes ou en maximisant les options d'adaptation futures. Par exemple, promouvoir une utilisation efficace de l'eau et protéger les sources d'eau de la salinisation sont des mesures rationnelles quel que soit le scénario de changement climatique. De même, il est nécessaire d'établir une surveillance à long terme et d'obtenir des rapports de qualité sur l'environnement pour suivre les pressions climatiques et non climatiques, ainsi que pour juger du succès de toute intervention. L'amélioration de la coopération et la gestion des ressources en eau transnationales (telles que le Système aquifère du Sahara septentrional) sont également considérées comme prioritaires.

1. Introduction

La Tunisie comprend trois zones climatiques distinctes. Le flanc nord-est des montagnes de l'Atlas présente un climat méditerranéen avec des hivers relativement froids et humides et des étés secs et chauds. Les précipitations orographiques dans le nord résultent des dépressions se formant en Méditerranée orientale, des systèmes venant de l'Atlantique traversant le Maroc et l'Algérie, ou des cyclones se développant à l'est des Alpes et des Pyrénées. Des recherches récentes basées sur des données atmosphériques à haute résolution montrent que les montagnes de l'Atlas peuvent générer des cyclones dits « explosifs » – des systèmes de basse pression pouvant se creuser rapidement et provoquer de graves répercussions sur la navigation et les zones côtières (Kouroutzoglou et coll., 2011.).

Les régions du centre et de l'est de la Tunisie sont semi-arides, mais peuvent subir de violents orages convectifs en automne et au printemps (la faiblesse des niveaux d'humidité atmosphérique limite leur formation en été). Cette région présente également le plus vaste registre de températures annuelles (c'est-à-dire qu'elle a un régime de climat continental). Les régions du sud-ouest et de l'extrême sud sont arides avec une variabilité interannuelle significative des précipitations en raison de l'interaction sur le Golfe de Gabès des masses d'air chaud-sec venant du Sahara et des infiltrations d'air plus froid arrivant du nord.

Les gradients des précipitations et des températures nord-sud reflètent dans l'ensemble la topographie et la distance de la côte, toutefois des variations locales du relief produisent une mosaïque de microclimats (Berndtsson, 1989 ; Slimani et coll., 2007). Les précipitations annuelles totales peuvent dépasser 1000 mm dans le nord-ouest près de Beja ; elles se situent entre 400 et 500 mm dans les environs de Tunis et Kélibia ; elles diminuent à 200-300 mm dans le centre près de Sidi Bouzid et Gabès ; puis tombent à moins de 100 mm près de Tozeur et Remada (Figure 1).

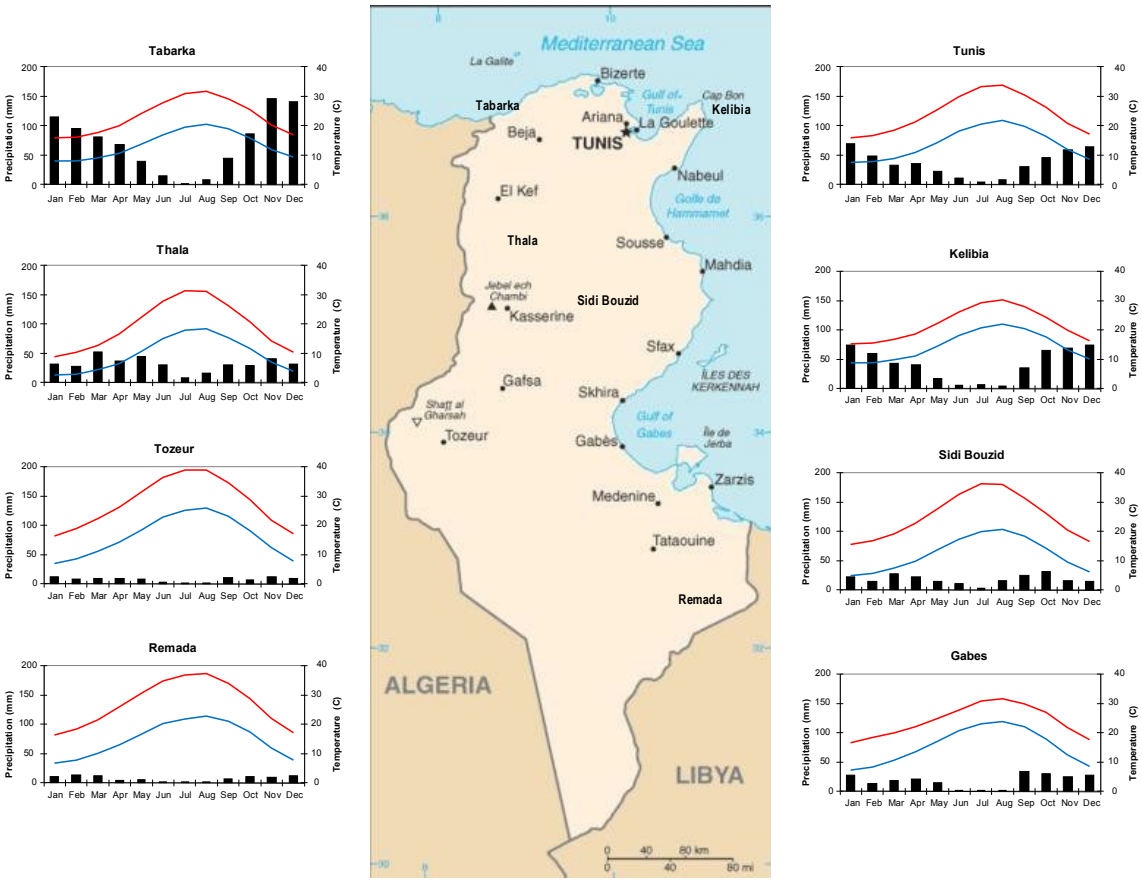


Figure 1 Précipitations mensuelles moyennes, températures maximales et minimales dans une sélection de sites en Tunisie. Source des données : Portail d'information climatique de l'Université de Cape Town.

Les températures maximales moyennes dépassent 40°C en juillet et août à la frontière avec la Libye (Ghadamès), mais sont plus proches de 30°C sur le littoral nord (Tabaka et Kélibia) et aux altitudes supérieures à 1000 mètres (Thala). Les températures moyennes minimales de janvier vont de 3 °C à Thala à 9° C à Kélibia sur la côte. Toutefois, les écarts les plus importants se trouvent à l'intérieur des terres, avec une différence entre les températures hivernales et estivales moyennes de plus de 20°C à Tozeur.

2. Objectifs du rapport

Après avoir esquissé les caractéristiques générales du climat tunisien, ce rapport va :

1) Résumer les tendances climatiques historiques et les scénarios de changement climatique qui sont pertinents pour la planification nationale dans les secteurs de l'eau et de l'agriculture en Tunisie.

2) Présenter les techniques de réduction d'échelle statistique pour l'évaluation de l'impact du changement climatique local.

3) Examiner les impacts potentiels du changement climatique et les incertitudes pesant sur la gestion de l'eau, des terres, de l'agriculture et des zones côtières en Tunisie.

sources de données secondaires :

1. ***Synthèses publiées*** produites par les ministères nationaux, les agences météorologiques, les stations de recherche agricole ; soumises à une assurance qualité et un contrôle croisé avec une analyse des données primaires où possible. Par exemple, la première Communication nationale de la République tunisienne (2001) donne des informations contextuelles et une analyse préliminaire de la vulnérabilité climatique.

2. ***Sources de données secondaires et synthèses*** d'études de cas régionales comme dans Zereini et Hötzl (2008). Par exemple, Shahin (2007) fournit un recueil de données météorologiques, hydrologiques et sur la qualité de l'eau pour des stations de la région arabe.

3. ***Relevés historiques des stations météorologiques*** conservés dans des archives mondiales tels que KNMI *Climate Explorer* et NOAA-NCDC *Global Surface Summary of Day*[1], qui donnent l'historique des températures quotidiennes et de la pluviométrie pour la région (Annexe 1), HadCRUT3 qui offre des séries de températures moyennes mensuelles utilisées dans les calculs de la température moyenne mondiale (les dernières versions comprennent des données allant jusqu'à janvier 2010), et le réseau mondial *Global Historical Climatology Network Version* 2-NCDC (GHCN2) qui relève les précipitations totales mensuelles. La Direction générale des ressources en eau de la Tunisie (DGRE) enregistre des données sur les précipitations mensuelles (Figure 2).

4. ***Produits combinés télédétection-pluviomètre*** tels que le Projet mondial de climatologie des précipitations (*Global Precipitation Climatology Project* - GPCP). De plus, les analyses multi-satellitaires des précipitations provenant de la Mission de mesure des précipitations tropicales (*Tropical Rainfall Measuring Mission-TRMM*) offrent des données avec un maillage de latitude-longitude 0.25° x 0.25° toutes les 3 heures, en temps quasi réel depuis 1998 (Huffman et coll., 2007).

5. ***Publications de recherche telles que*** celle d'Alexander et coll. (2006) qui fournit des informations sur les tendances en matière d'indices des extrêmes climatiques pour des sites de l'Afrique du Nord. Les indices climatiques observés sont disponibles pour quelques stations en Tunisie via le *European Climate Assessment and Dataset*[2] (voir Haylock et coll., 2008). La littérature de recherche tunisienne offre des données locales sur divers secteurs, y compris l'eau (p. ex., Leduc et coll.,
2007 ; Nasr et coll., 2008), les sols et l'agriculture (p. ex., Gargouri et coll., 2008 ; Jebari et coll., 2010).

6. ***Grilles de variables climatiques moyennes mensuelles*** telles que celles fournies par les archives du groupe de recherche *Climatic Research Unit* (CRU) TS 3.0[3] avec une couverture mondiale à une résolution de latitude-longitude de 0,5 ° x 0,5 °, pour la période 1901-2006 (documentation de référence en préparation).

variables « prédiction » de réduction d'échelle sont accessibles à partir du réseau canadien des scénarios de changement climatique (*Canadian Climate Change Scenarios Network*-CCCSN)[5] pour un nombre limité de modèles. Les données de réanalyse des données (indices quasi-observationnels des flux d'air et d'humidité) peuvent être obtenues auprès de la même source pour des grilles couvrant la région.

8. ***Sorties de modèles climatiques régionaux*** du projet européen ensembles dont la couverture a été étendue à l'Afrique du Nord (voir van Linden et Mitchell, 2009). La Tunisie fait aussi partie des domaines européens et africains de l'Étude coordonnée de recherche sur le climat à échelle régionale (*European and African domains of the ongoing Coordinated Regional climate Downscaling Experiment*-CORDEX)[6] actuellement en cours. Le Groupe d'analyse des systèmes climatiques (*Climate Systems Analysis Group*) de l'Université de Cape Town (UCT) fournit des scénarios de réduction d'échelle statistique des précipitations et des températures de sites en Afrique, y compris 18 stations en Tunisie[7].

9. ***Synthèses climatiques*** telles que les profils de pays de Mitchell et coll. (2002) qui fournissent des moyennes climatiques à long terme et des moyennes saisonnières pour les scénarios des modèles climatiques (dans ce cas, utilisés dans le Troisième rapport d'évaluation du GIEC).

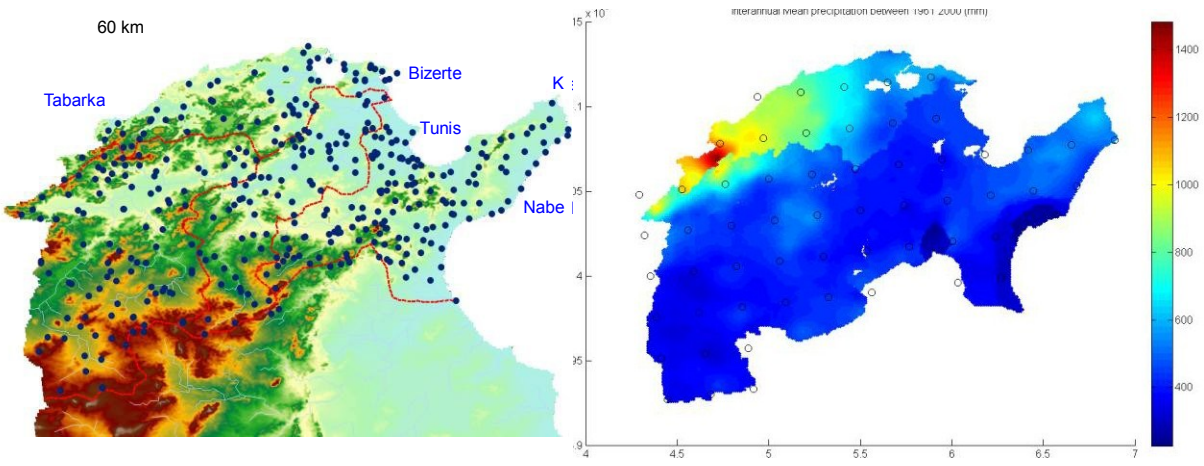


Figure 2 Les précipitations annuelles moyennes pour le nord de la Tunisie de 1961 à 2000 basées sur le krigeage (analyse géo-statistique) de 388 relevés mensuels effectués par le Service hydrologique tunisien (DGRE). Source : Bargaoui et Tramblay (2011*)*

4. Tendances climatiques observées

4.1 Températures

Les températures en moyenne sur l'ensemble de la Tunisie ont augmenté de ~ 1,4°C au cours du XX^{e} siècle (Figure 3). Dans l'ensemble, le réchauffement le plus rapide s'est produit en été (+ 1,8 °C) et le moins rapide au printemps (+ 1,2 °C) (Figure 4). L'essentiel du réchauffement s'est produit depuis les années 70. Cependant, des précautions doivent être prises lors de l'interprétation de ces tendances en raison de la grande variabilité interannuelle, de l'influence des valeurs aberrantes, de la brièveté et du caractère incomplet des relevés de chacune des stations individuelles (Figure 5).

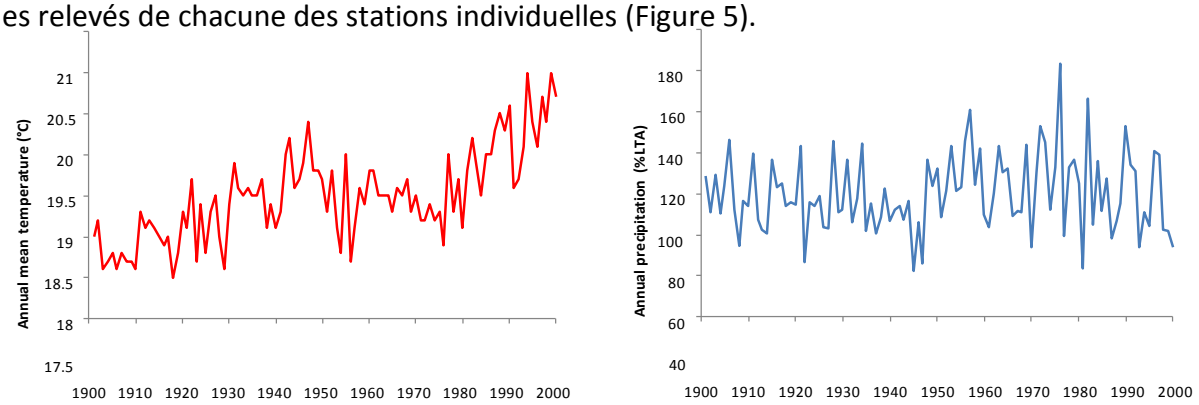


Figure 3 Températures moyennes (gauche) et des précipitations moyennes (droite) en Tunisie au XX^{e} siècle.
Source des données : Moyenne par pays TYN CY1.1

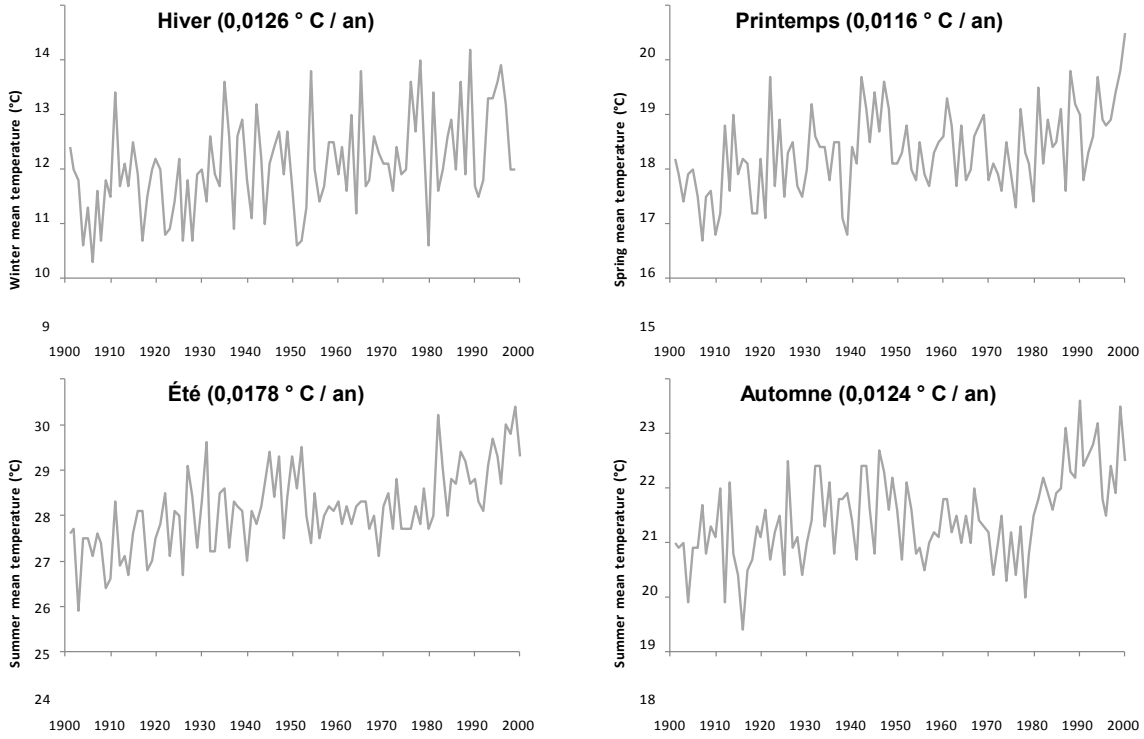


Figure 4 Températures moyennes saisonnières en Tunisie au XX^{e} siècle. Toutes les tendances sont statistiquement significatives (p< 0,05). Source des données : Moyenne par pays TYN CY1.1

Les zones climatiques du nord et du

sud ont subi un réchauffement plus rapide que celles du centre de la Tunisie, mais les tendances des températures annuelles moyennes depuis 1951sont partout statistiquement significatives (Figure 6).Dans l'ensemble, le réchauffement le plus important s'est produit au sud d'une ligne joignant Tozeur et Remada en automne (Figure 7).

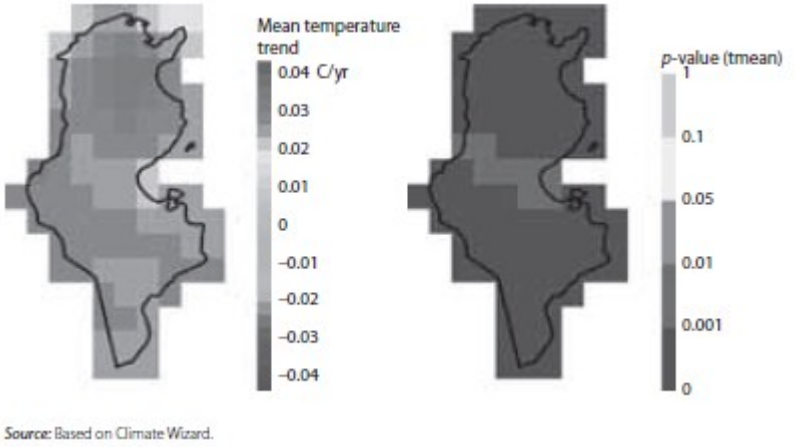


Figure 6 Variations régionales des tendances des températures annuelles moyennes (à gauche) avec les niveaux de signification statistique correspondants (à droite) pour les années 1951-2002. Source des données : *Climate Wizard*

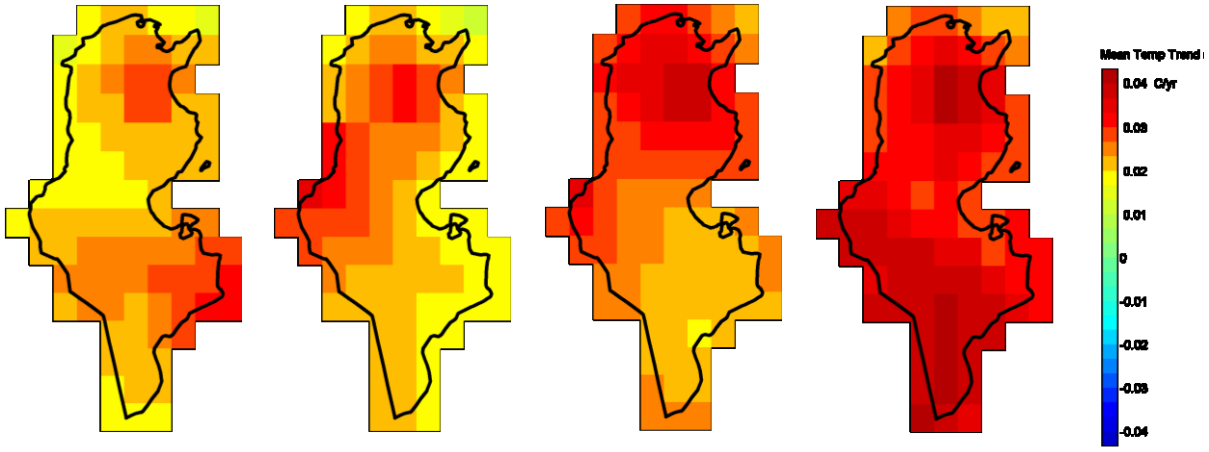


Figure 7 Tendances saisonnières des températures (°C/an) 1951-2002.

4.2 Précipitations

Les données en moyenne nationale du CRU révèlent des augmentations statistiquement significatives des précipitations totales au printemps et en été au cours du XX^{e} siècle (Figure 8). Même ainsi, les variabilités interannuelles et interdécennales sont très importantes par rapport aux tendances. Contrairement aux températures, les tendances des totaux des précipitations annuelles ne sont statistiquement significatives **que** dans le nord de la Tunisie, à proximité de Tunis et Bizerte, où les totaux annuels ont diminué de 5 % par décennie (Figure 9).

Les moyennes nationales et annuelles recèlent d'importantes variations spatio-temporelles des précipitations à travers la Tunisie, dues en particulier aux phénomènes extrêmes (voir Berndtsson et Niemczynowicz, 1986). Par exemple, Kingumbi et coll. (2005) mentionnent une période sèche notable en Tunisie centrale au cours des années 1976 à 1989. En général, cependant, les régions de l'ouest ont connu des précipitations stables ou en déclin, et les précipitations hivernales totales de

l'est ont augmenté depuis les années 50 (Figure 10). En revanche, les précipitations du printemps ont diminué dans la plupart des régions, mais plus particulièrement dans la moitié orientale du pays. C'est dans le sud que les précipitations d'automne ont le plus diminué.

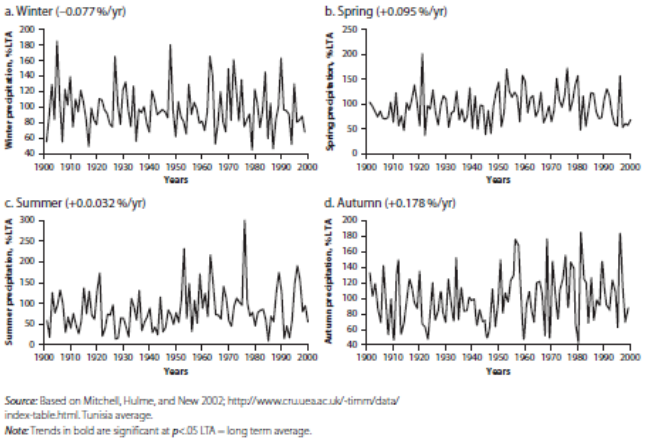


Figure 8 Précipitations saisonnières (1951-2002) [les tendances en **gras** sont significatives à p<0,05]. Source des données : Moyenne Tunisie TYN CY1.1

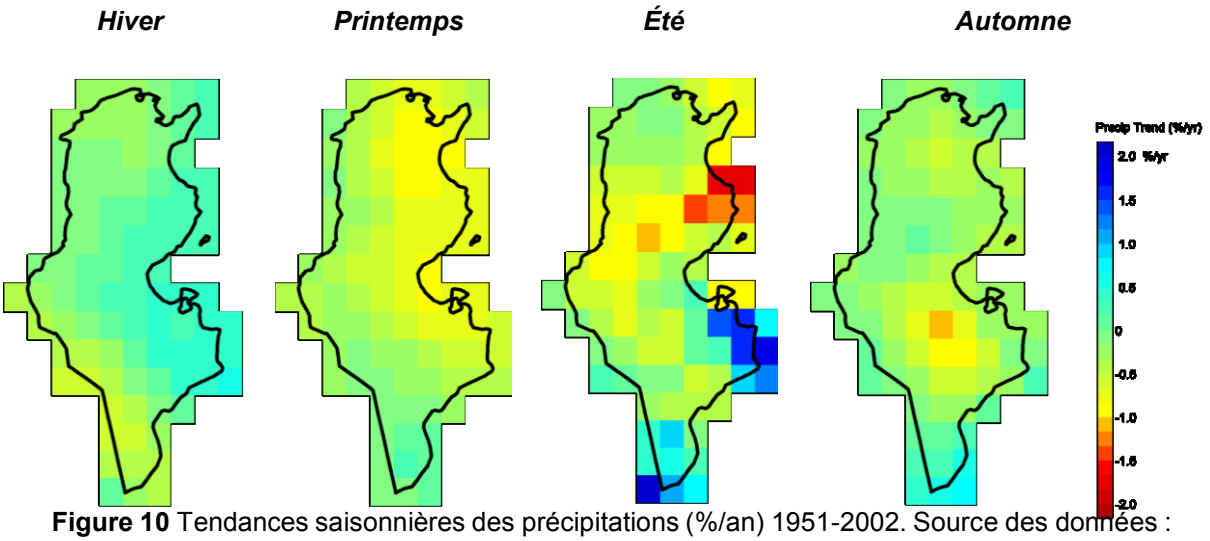


Figure 10 Tendances saisonnières des précipitations (%/an) 1951-2002. Source des données : *Climate Wizard*

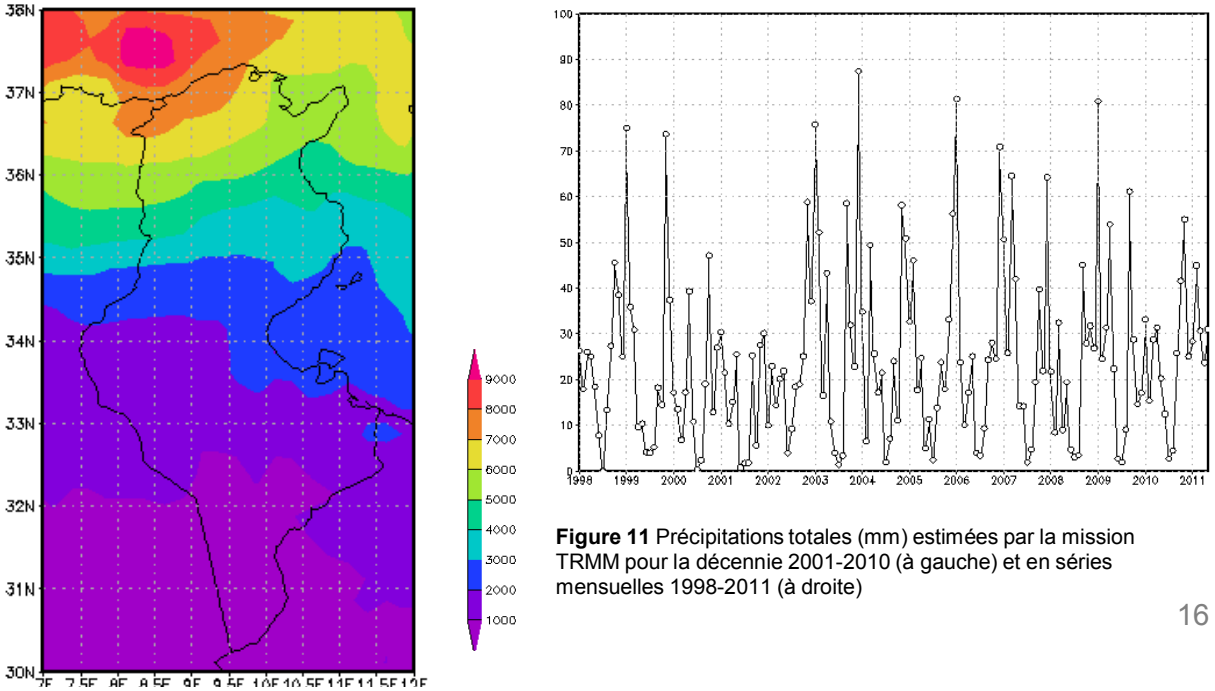


Figure 11 Précipitations totales (mm) estimées par la mission TRMM pour la décennie 2001-2010 (à gauche) et en séries mensuelles 1998-2011 (à droite)

Les données satellitaires TRMM ont fourni des observations supplémentaires des variations spatio-temporelles des précipitations dans l'ensemble de la Tunisie. Le régime décennal moyen confirme le gradient fort des précipitations nord-sud (Figure 1), avec des totaux annuels allant de moins de 100 mm sur les marges du Sahara à plus de 700 mm sur la côte méditerranéenne (Figure 11). Cette tendance est accentuée dans les hivers où l'Oscillation nord-atlantique (NAO) est fortement négative (Figure 12, à droite) par rapport aux années où NAO est fortement positif au cours desquelles les trajets dominants des tempêtes se situent beaucoup plus au nord, sur l'Europe (Figure 12, à gauche). L'influence du NAO sur l'ouest de l'Afrique du Nord a été signalée ailleurs (p. ex., Sâadaoui et Sakka, 2007).

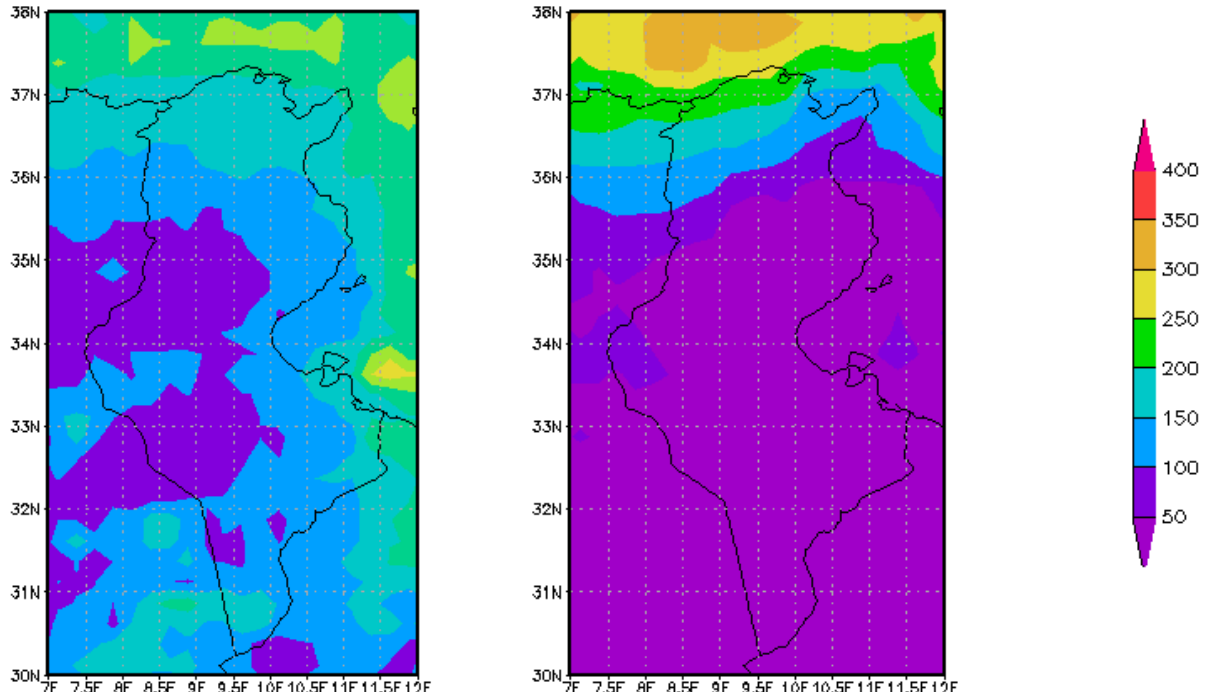


Figure 12 Précipitations totales (mm) en hiver (décembre-janvier -février) en 2007/2008 (à gauche, NAO positive) et 2009/2010 (à droite, NAO négative). Source des indices NAO : http://www.cpc.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/nao.sht(ml

Il a été observé qu'*El Niño*-oscillation australe (ENSO) influe également sur les précipitations totales de la Tunisie sur des périodes interannuelles et décennales. Par exemple, Dai et Wigley (2000) montrent une anomalie des précipitations annuelles pouvant aller jusqu'à -50 mm au cours de phases typiques d'*El Niño*. Ceci est confirmé par Ouachami et coll. (2012) qui démontrent des corrélations retardées importantes entre les années ENSO extrêmes et les périodes de déficit hydrique sévère dans la partie supérieure du bassin du fleuve Medjerda, au nord de la Tunisie. De même, Kingumbi et coll. (2005) notent une association entre ENSO et des anomalies négatives dans les précipitations annuelles en Tunisie centrale.

4.3 Phénomènes extrêmes

Les évaluations à l'échelle mondiale démontrent que des changements des extrêmes climatiques quotidiens des températures et des précipitations se produisent. Par exemple, Nelson et coll. (2006) montrent qu'il y a eu une réduction significative de la fréquence des nuits froides depuis les années 50 dans l'ouest de l'Afrique du Nord ; inversement, la fréquence des nuits et des jours chauds avec de fortes précipitations a augmenté au cours de la même période.

Ces observations sont conformes aux relevés disponibles. Par exemple, les températures estivales maximales moyennes à Tunis ont augmenté régulièrement depuis les années 60 (voir la Figure 25 ci-dessous). Kingumbi et coll. (2005) signalent une augmentation statistiquement significative de la fréquence des jours de précipitations abondantes (>30 mm) depuis 1989, sur la base des huit relevés des précipitations en Tunisie centrale, et le *Dartmouth Flood Observatory* a enregistré plusieurs crues éclair meurtrières depuis 1986 (Annexe 2).

4.4 Niveau de la mer

Aucune donnée publique n'a pu être trouvée sur les marées en Tunisie. Néanmoins, l'Université du Colorado fournit des données mensuelles sur le niveau moyen de la mer pour l'ensemble de la Méditerranée (Figure 13). Cet indice montre que le niveau moyen de la mer dans le bassin méditerranéen s'est élevé de ~3,1 mm/an depuis 1992. [Cette augmentation correspond à celle du taux moyen mondial de hausse du niveau de la mer estimé à 3,1 mm/an (entre 2,4 et 3,8) depuis 1993]. Les estimations fondées sur les données satellitaires d'altimétrie et de mesure des marées de TOPEX-POSEIDON pour la période 1993-2002 indiquent que, pour l'ensemble de la Méditerranée, la hausse du niveau de la mer dans les régions côtières atteint 4,54 ±0,30 mm/an, à comparer à seulement 4,28 ± 0,30 mm/an en pleine mer (Mangiarotti, 2007).

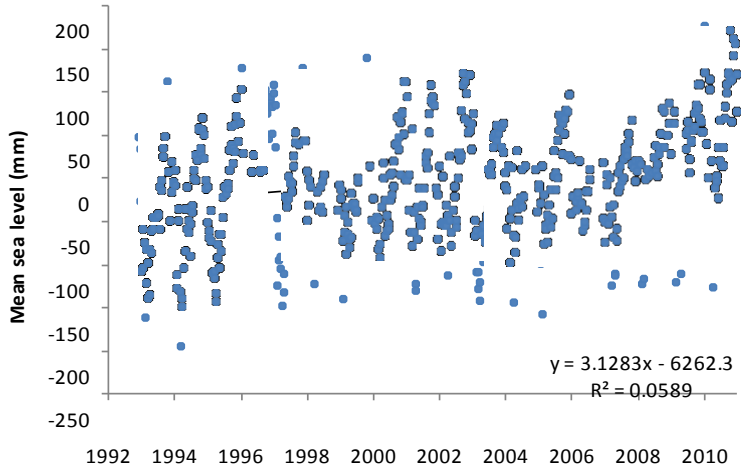


Figure 13 Variation moyenne du niveau de la mer en Méditerranée 1992-2011. Données : Groupe de recherche sur le niveau des mers de l'Université du Colorado[8].

La reconstitution des tendances du niveau de la mer pour la Méditerranée occidentale suggère un taux de 0,5 à 1,0 mm/an sur la période plus longue 1945-2000 (Calafat et Gomis, 2009). Cette simulation montre l'étendue de la variabilité décennale du niveau de la mer et incite à être prudent dans l'utilisation de relevés à court terme (Figure 14). Les variations de pression atmosphérique depuis les années 50 ont, semble-t-il, fait baisser le niveau de la mer, ce qui suscite, lorsque cet effet disparaît, une tendance résiduelle dans le bassin méditerranéen qui atteint 1,2 ± 0,2 mm/an, selon Calafat et coll. (2010) ou 0,9 ± 0,4 mm/an ; selon Marcos et Tsimplis (2007). Un tableau de relevés de marégraphes indique que, depuis 1990, le taux d'élévation du niveau de la mer dans la Méditerranée a été de 5 à 10 fois supérieur au niveau moyen du XX^{e} siècle (Klein et Litchter, 2009).

[8] http://sealevel.colorado.edu/content/regional-sea-level-time-series)

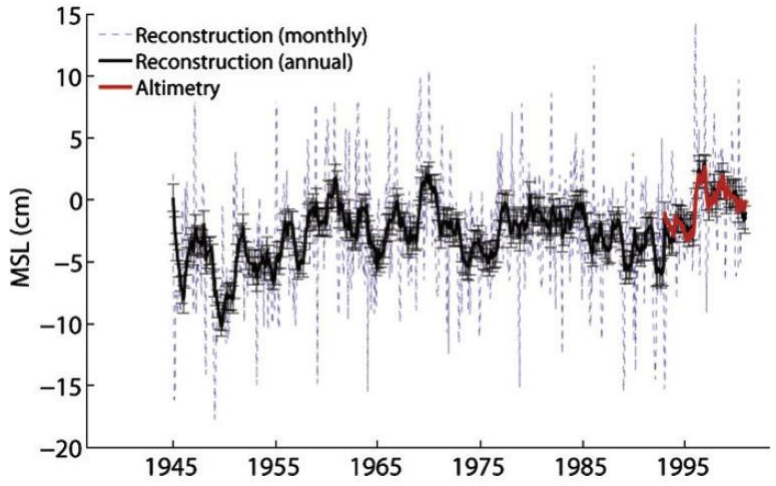


Figure 14 Reconstitution du niveau moyen de la mer Méditerranée (MSL) pour la période 1945-2000. La fine ligne grise correspond aux données mensuelles initiales, et la ligne noire épaisse est une moyenne annuelle mobile. La ligne rouge correspond au MSL calculé à partir de données altimétriques pour la période 1993-2000.Source : Calafat et Gomis (2009).

Outre les données sur le niveau des marées, des observations anecdotiques et écologiques confirment l'élévation du niveau de la mer. Par exemple, il a été signalé que des plantes tolérantes vis à vis du sel sont en train de migrer vers l'intérieur en suivant les canaux et les réseaux de drainage près de la lagune de Ghar El Melh (Ayache et coll. (2009) et vers des basses terres côtières autour du golfe de Gabès (Oueslatia, 1992). Les terres des zones côtières sont également en cours de salinisation et certains sites archéologiques sont en train d'être inondés par la mer (Oueslatia, 1995). Entre-temps, la teneur calorifique et la salinité de la Méditerranée occidentale ont augmenté au cours de la deuxième moitié du XX^{e} siècle (Mariotti, 2010 ; Vargas-Yanez et coll., 2008 ; 2010a ;b).

5. Scénarios régionaux de changement climatique

5.1 Bassin méditerranéen

La Tunisie fait partie des sous-régions du FAR du GIEC Europe du sud et Méditerranée (SEM) et Afrique du Nord (NAF). Aux fins du présent rapport, la sous-région SEM a été préférée en raison d'une plus grande disponibilité de résultats de modèles climatiques. En outre, les prévisions de réchauffement et d'assèchement du bassin méditerranéen (Figures 15 et 16) ont été amplement discutées dans la littérature de recherche (p. ex., Gao et Giorgi, 2008 ; Giorgi et Bi, 2005 ; Hertig et Jacobeit, 2008 ; MedCLIVAR, 2004).

Plusieurs études examinent les causes sous-jacentes des changements projetés des précipitations dans la région. Des hypothèses ont été émises selon lesquelles le changement climatique mondial pourrait entraîner un déplacement vers les pôles des trajectoires des tempêtes de l'hémisphère nord ce qui, par voie de conséquence, affaiblirait la force de la trajectoire des tempêtes de la Méditerranée (Bengtsson et coll., 2006). Ceci devrait réduire le nombre des cyclones traversant la Méditerranée (Giorgi et Lionello, 2008 ; Lionello et Giorgi, 2007). Une expérience réalisée avec un modèle climatique prédit une réduction de 10% des cyclones dans la Méditerranée occidentale (Raible et coll., 2010).

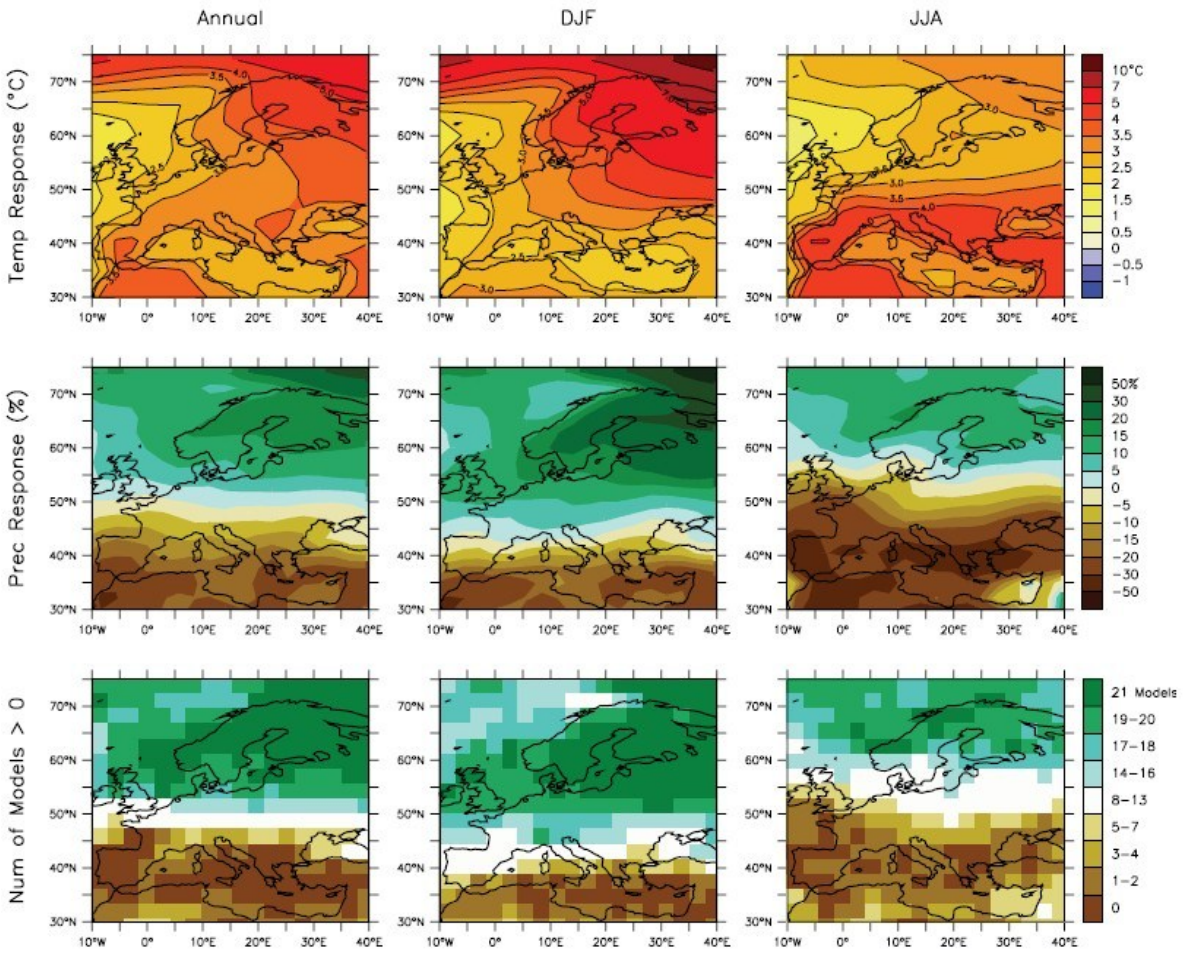


Figure 15 Changements des températures et des précipitations en Europe et dans la Méditerranée selon les simulations MMD-A1B. Rangée du haut : Changements de température – moyenne annuelle, Hiver (DJF) et été (JJA) – entre 1980-1999 et 2080-2099, en moyenne sur 21 modèles. Rangée du milieu : idem que rangée du haut, mais pour des changements fractionnels dans les précipitations. Rangée du bas : Sur les 21 modèles, nombre de modèles affichant des augmentations des précipitations. Source : Christensen et coll. (2007).

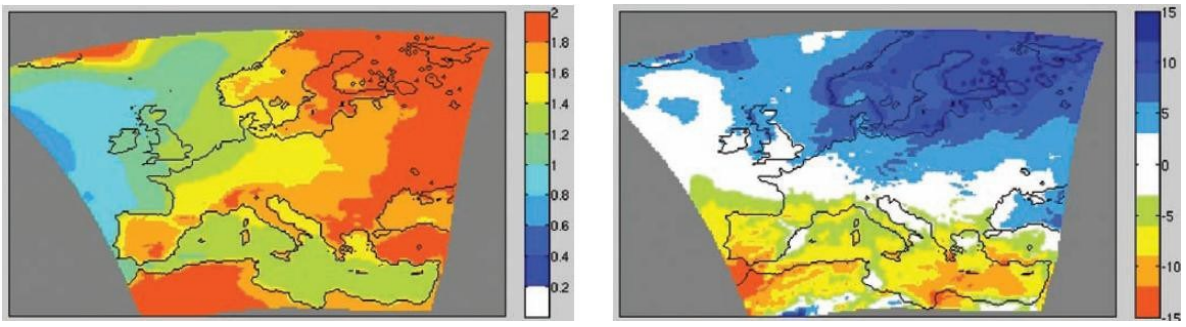


Figure 16 Signal de changement climatique (2021–2050, moins 1961–1990) pour les températures annuelles à proximité de la surface (°C) (à gauche) et le total des précipitations annuelles (%) (à droite) pour la moyenne des 16-modèles climatiques régionaux (RCM) issus d'ENSEMBLES selon le scénario d'émissions SRES A1B. Source : van Linden et Mitchell (2009).

Comme indiqué précédemment, la région présente une variabilité naturelle interannuelle climatique et des gradients climatiques importants dus à l'interaction complexe des influences de la topographie, des côtes et de la mer. Toutes ces caractéristiques font que la simulation du climat régional peut être problématique. Bien que les modèles reproduisent les changements observés des températures régionales sur la deuxième moitié du XX^{e} siècle, les processus des précipitations ne sont pas très bien représentés par la génération actuelle de modèles climatiques. Par exemple, même dans les conditions actuelles, des RCM tels que RegCM3 ont tendance à surestimer les précipitations totales dans les régions très accidentées (Pal et coll., 2007). D'autres modèles du projet ENSEMBLES, tels que DMI-ARPEGE, sont connus pour constamment sous-estimer les précipitations observées dans le nord de la Tunisie (Figure 17).

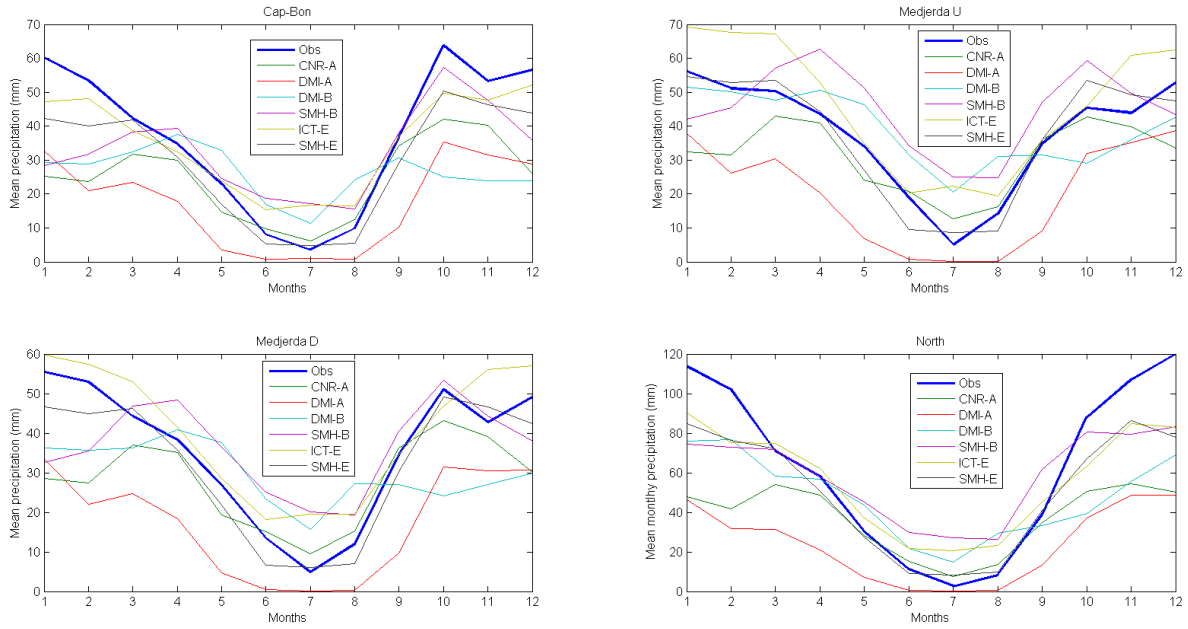


Figure 17 Totaux des précipitations mensuelles moyennes observées (ligne bleu foncé) et en sorties de RCM (lignes de couleur) dans quatre régions du nord de la Tunisie (Cap-Bon, bassin de la Medjerda en amont [U] et en aval [D] du barrage de Sidi Salem, bassins côtiers du nord). Source : Bargaoui et Tramblay (2011).

Les modèles climatiques prédisent que le niveau de la mer pourrait augmenter dans la Méditerranée de 3 à 61 cm en raison de l'augmentation de la teneur calorifique et de la salinité de l'eau (Marcos et Tsimplis, 2008). Toutefois, les effets conjugués de la température et de la salinité sont très incertains et, en conséquence, il n'y a aucune cohérence dans les modélisations de la composante stérique du changement du niveau de la mer (c.-à-d. la dilatation thermique et la salinité de l'eau) (Figure 18). Une des limitations de ces expériences tient à ce que les variations de la salinité sont connues pour être partiellement contrôlées par des échanges d'eau via le détroit de Gibraltar, mais cet aspect ne peut pas être représenté par la génération actuelle des modèles climatiques mondiaux. Les modifications de la pression atmosphérique ne devraient avoir qu'un effet relativement modeste, réduisant le niveau de la mer de moins de 0,6 cm, alors que les changements de la circulation océanique pourraient ajouter 6 cm dans certaines zones (Tsimplis et coll., 2008).

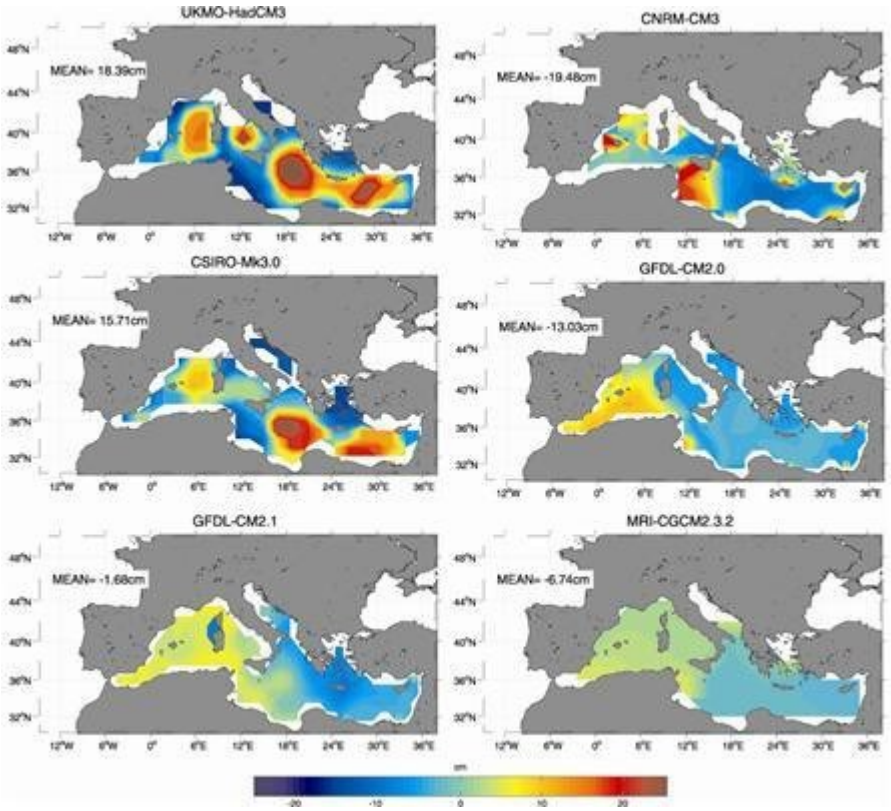


Figure 18 Variations des niveaux de la mer par effet stérique au cours du XXI^{e} siècle causées par les changements de la température et de la salinité des océans prédits par différents modèles climatiques. Source : Marcos et Tsimplis (2008)

5.2 Tunisie

Climate Wizard a été utilisé pour cartographier les changements de température et de précipitations projetés par 16 MCM et trois scénarios d'émissions de gaz à effet de serre (A2, A1B, B1) pour la Tunisie d'ici les années 2050 (Figures 19 à 21). Les cartes ont été produites pour les moyennes annuelles et saisonnières du groupe de modèles climatiques (ensemble) ainsi que pour les membres les plus extrêmes de l'ensemble pour montrer les fourchettes d'incertitude. Les projections des températures annuelles moyennes indiquent un changement de + 1,4 à + 2,5°C dans les années 2050 (Figure 19, rang du haut). Les projections des précipitations indiquent un changement de -5 à -15 % au cours de la même période (Figure 19, rang du bas). Ces fourchettes devraient atteindre respectivement + 2,4 à + 4,2 °C et -5 à -25 % dans les années 2080.

Les changements de la température saisonnière moyenne présentent des fourchettes beaucoup plus importantes lorsque l'on compare les membres extrêmes de l'ensemble. Selon le scénario d'émissions SRE B1, le plus grand réchauffement devrait se produire en été dans l'ouest et le sud de la Tunisie (Figure 20, rang du haut). Selon le scénario d'émissions SRES A2, on trouve un hot spot en été sur la frontière avec l'Algérie, près de Tozeur (Figure 20, rang du bas). À cet endroit, le changement de la température locale estivale pourrait atteindre jusqu'à + 5,3 °C.

Température B1 - années 2050 ***Température A2 - années 2050*** ***Température B1 - années 2080*** ***Température A2 - années 2080***

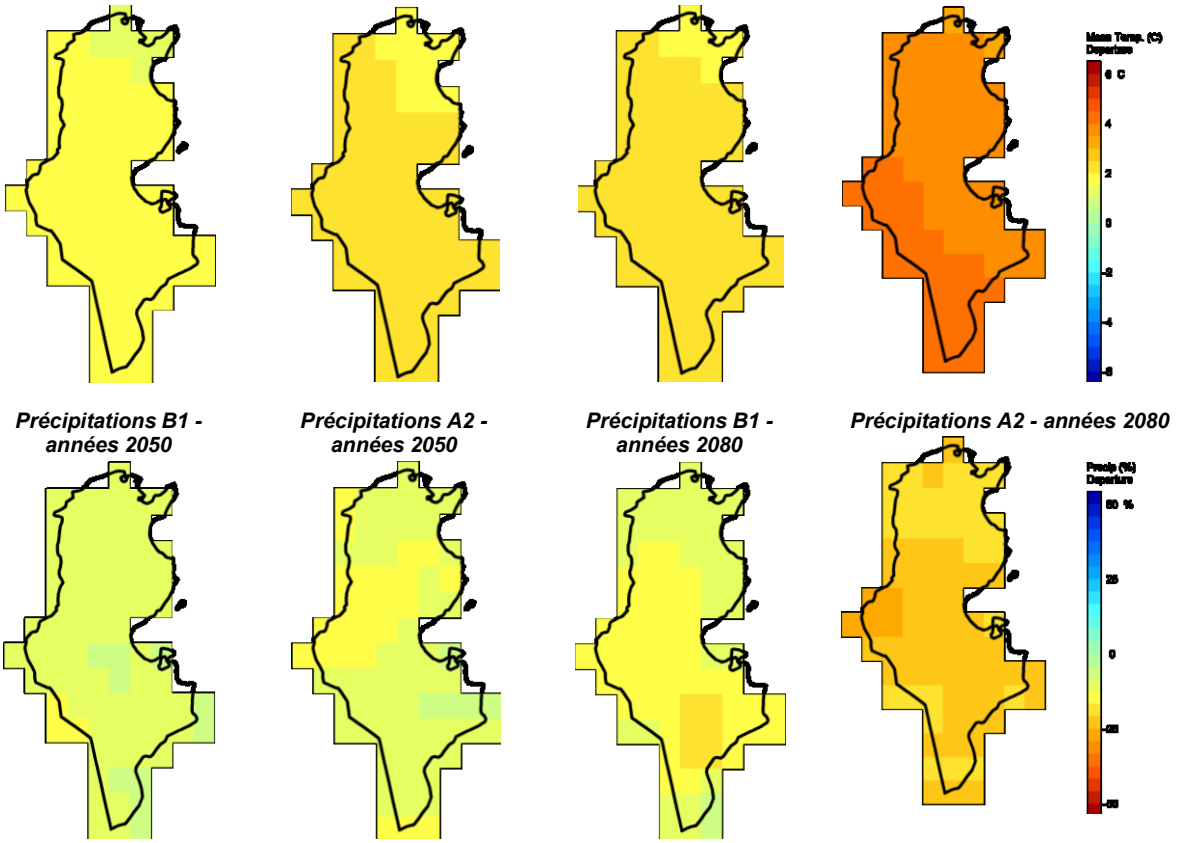


Figure 19 Changements annuels moyens des températures (rangée du haut) et des précipitations (rangée du bas) selon les scénarios d'émissions B1 et A2 d'ici les années 2050 et 2080 pour l'ensemble FAR du GIEC

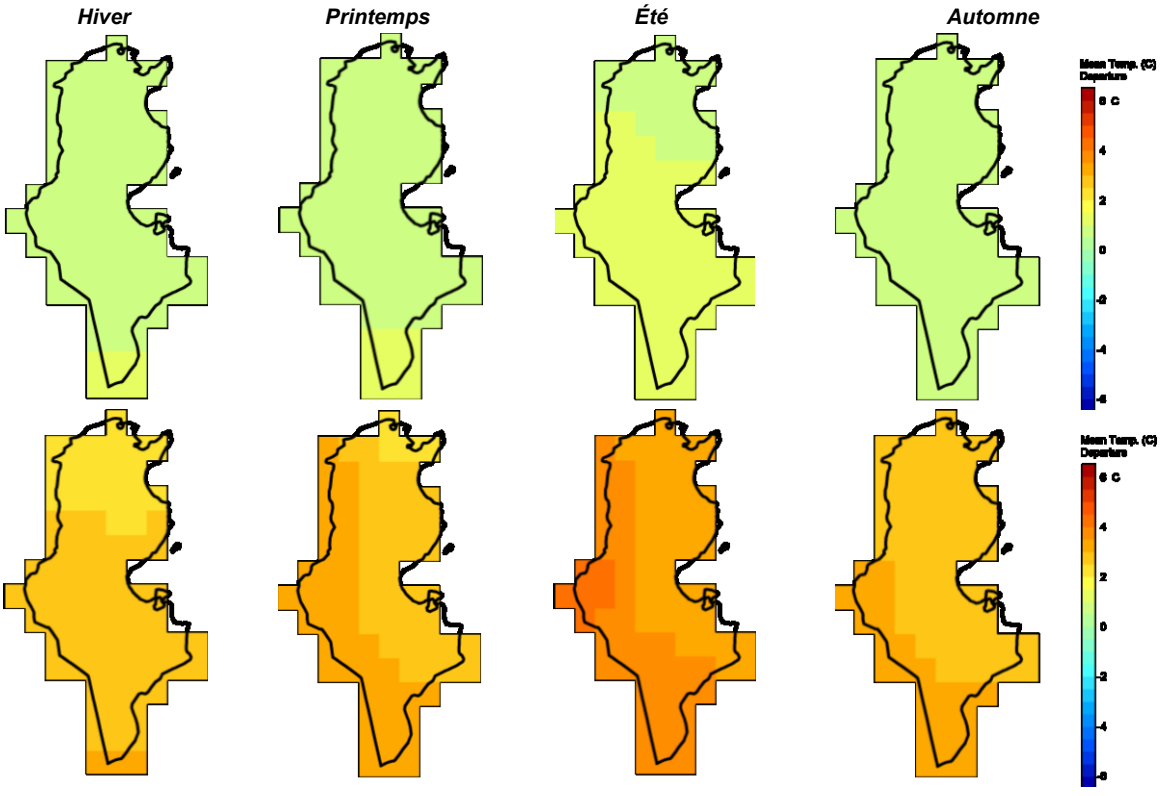


Figure 20 Fourchette pour l'ensemble-(B1-les plus bas, rang du haut ; A2-les plus hauts, rang du bas) des changements saisonniers des températures d'ici les années 2050

Il subsiste des incertitudes sur les changements des précipitations saisonnières totales malgré le consensus général sur la sécheresse noté ci-dessus (voir les Figures 15 et 16). Pour toutes les saisons, en réalité, la fourchette de l'ensemble FAR du GIEC comporte des réductions et des augmentations des précipitations (Figure 19). La plus grande incertitude concerne les pluies estivales sur le sud de la Tunisie où l'ensemble présente une fourchette qui va de - 80% à + 250 % d'ici les années 2050. Les changements correspondants des totaux des précipitations hivernales vont de - 55% à + 35 %. Ces fourchettes d'incertitude vont de - 95% à + 300 % (en été) et de - 65% à + 80% (en hiver) dans les années 2080. Toutefois, compte tenu du niveau très faible des précipitations dans les conditions climatiques actuelles (voir la Figure 1), les changements dans le sud ne représentent en valeur absolue que de faibles montants.

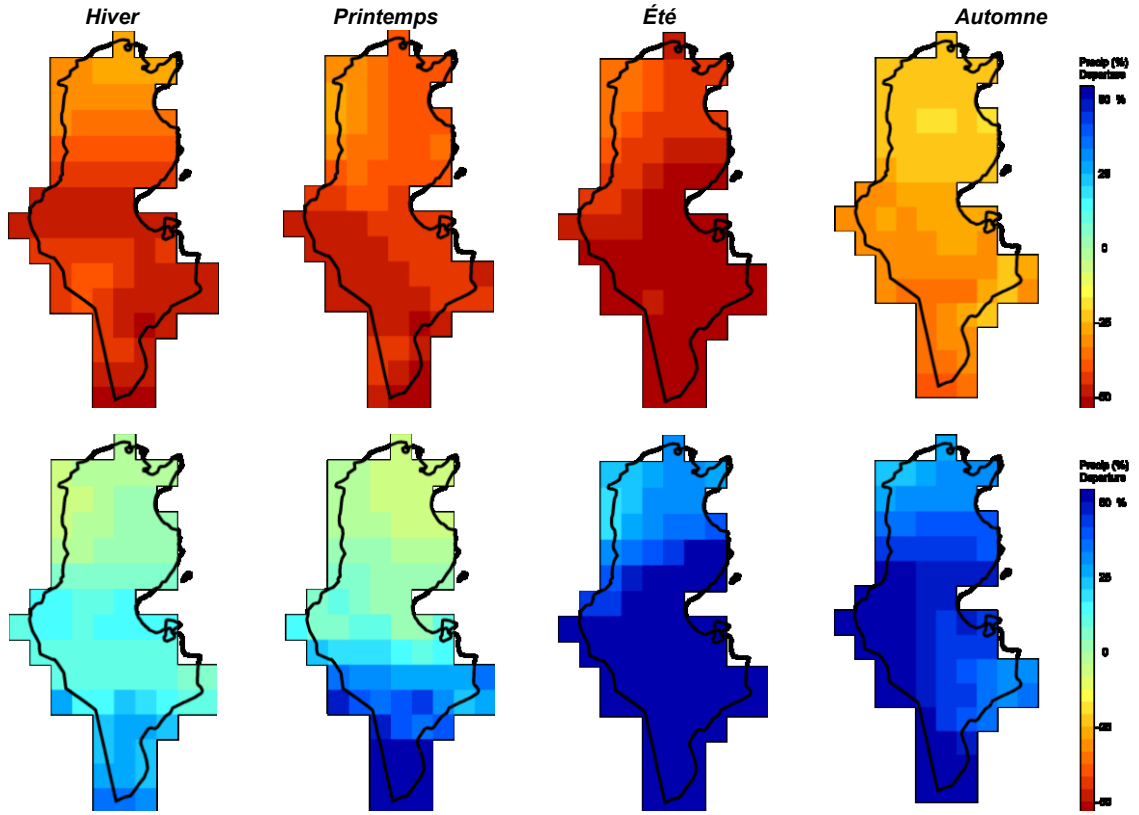


Figure 21 Fourchette pour l'ensemble-(B1-les plus bas, rang du haut ; A2-les plus hauts, rang du bas) des changements saisonniers des précipitations d'ici les années 2050

5.3 Phénomènes extrêmes

Il y a eu relativement peu de recherches sur les changements des extrêmes propres à l'Afrique du Nord. Une analyse mondiale des extrêmes de température et de précipitation basée sur neuf MCM montre une fréquence accrue des jours secs et une intensité plus forte des précipitations, mais les seuls changements statistiquement significatifs (basés sur au moins cinq modèles) concernent la réduction des jours de gelée, l'allongement de la durée des canicules et la fréquence accrue des nuits chaudes (Tebaldi et coll., 2006). Il faut noter que cette étude a également annoncé une réduction de la fréquence des fortes précipitations (totaux quotidiens >10mm) et des précipitations totalisées sur cinq jours, mais ces résultats n'étaient pas significatifs par rapport aux critères d'évaluation.

Toutefois, des simulations en haute résolution réalisées avec RegCM3 annoncent un accroissement de l'aridité pour la fin du XXI^{e} siècle et l'extension vers le nord des terres arides en Tunisie (Gao et Giorgi, 2008). De même, la réduction d'échelle à l'aide de différentes techniques statistiques, configurations de variables de prédiction, modèles climatiques mondiaux et scénarios d'émissions produit généralement (mais pas toujours) des changements négatifs des précipitations en Tunisie (voir : Hertig et Jacobeit, 2008).

5.4 Avertissements

Bien que les signaux de changement climatique pour le bassin méditerranéen (y compris la Tunisie) soient généralement considérés comme robustes dans les divers scénarios d'émissions et selon les périodes futures étudiées (Giorgi et Lionello, 2008), un consensus sur le modèle ne doit pas être interprété comme une garantie d'exactitude du modèle. Les scénarios doivent plutôt être traités comme des analyses de sensibilité dans lesquelles les réponses du climat régional à un ensemble limité de conditions limites sont explorées (Pielke et Wilby, 2012). Dans la mesure où ces expériences n'incluent pas tous les forçages radiatifs connus (y compris les rétroactions des terres et des aérosols), ce ne sont pas des prédictions. En outre, comme les ensembles sont composés de modèles qui sont étroitement liés (en termes de régimes et de valeurs de paramètre partagés), leurs résultats ne sont pas statistiquement indépendants. Néanmoins, les scénarios des modèles climatiques mondiaux et régionaux – tels que la réduction prévue de la fréquence des cyclones sur la Méditerranée – peuvent être soumis à des tests rigoureux par comparaison aux données observées. Ces remarques sont particulièrement pertinentes pour les réductions d'échelle du climat régional (dans la section suivante) qui renforcent l'incertitude dans le forçage futur aux limites fourni par le(s) modèle(s) mondial(aux) hôte(s).

6. Réduction d'échelle statistique pour Tunis

6.1 Méthodes de réduction d'échelle

Deux méthodes de réduction d'échelle statistique ont été utilisées pour construire des scénarios illustratifs des températures maximales quotidiennes (TMAX) et des précipitations (PRCP) à Tunis.

Le modèle de réduction d'échelle statistique v4.2 (Wilby et coll., 2002) est fondé sur des relations empiriques sensibles aux conditions physiques entre la (les) variable(s) locale(s) sélectionnée(s) (dans ce cas PRCP et TMAX) et les variables prédiction atmosphériques à grande échelle (telles que pression au niveau de la mer, force du vent du sud, humidité relative près de la surface, etc.) fournies par les ré-analyses ou les modèles climatiques sur grille (Figure 22). Ces relations sont supposées être valides sous un forçage futur des gaz à effet de serre, comme avec les autres méthodes statistiques de réduction d'échelle. Le modèle a été étalonné avec les relevés quotidiens observés TMAX et PRCP de Tunis pour les années 1981-2000, puis exécuté pour la période 1961-2099 selon les scénarios d'émissions SRES A2 et B2. Il convient de noter que pour ce site il est nécessaire d'utiliser des prédicteurs centrés sur la grille au sud-ouest de la ville, car la surface sous-jacente de la grille où figure Tunis dans le modèle climatique est l'océan (Figure 22).

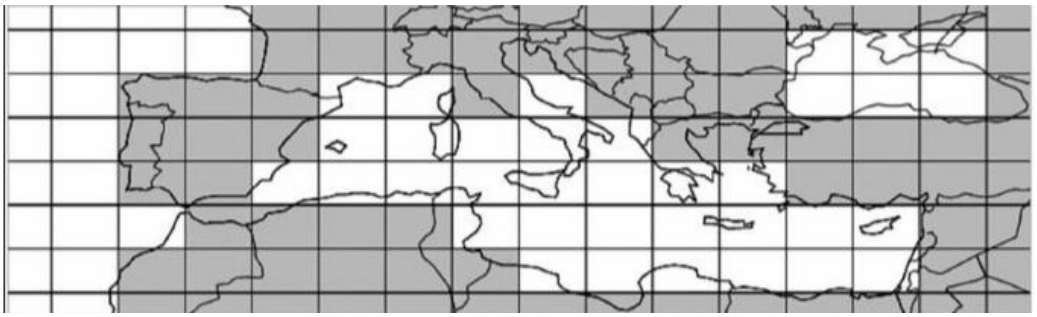


Figure 22 Masque terre-mer de HadCM3 sur la Méditerranée. Source : Giannakopoulos et coll. (2009)

Des scénarios de réduction d'échelle statistique pour Tunis ont également été tirés du portail de l'UCT (http://data.csag.uct.ac.za/). Le système UCT a été abondamment testé en utilisant des sites à travers l'Afrique, et en le comparant à d'autres techniques de réduction d'échelle (voir Hewitson et Crane, 2006 ; Hewitson et Wilby, 2008). Le modèle a déjà été étalonné et des scénarios préétablis peuvent être obtenus pour sept modèles climatiques mondiaux selon les scénarios d'émissions SRES A2 et B1 pour les années 2050 (2046-2065) et 2090 (2081-2100). Les scénarios UCT sont à résolution mensuelle.

6.1 Températures

Le SDSM reproduit fidèlement la moyenne et la variance mensuelles observées des températures quotidiennes maximales (TMAX) à Tunis (Figure 23, colonne de gauche). Toutefois, le modèle est moins performant pour la simulation des plus hautes températures maximales. Ceci conduit à une sous-estimation de la fréquence des maxima journaliers dépassant 40° C et du maximum absolu enregistrés chaque mois (Figure 23, colonne de droite). Cette limitation pourrait sans doute être résolue par un étalonnage complémentaire et un test du modèle ou par l'inclusion d'un terme d'autocorrélation à long terme qui permettrait d'établir l'accumulation et la persistance des températures élevées au cours des canicules couvrant plusieurs jours.

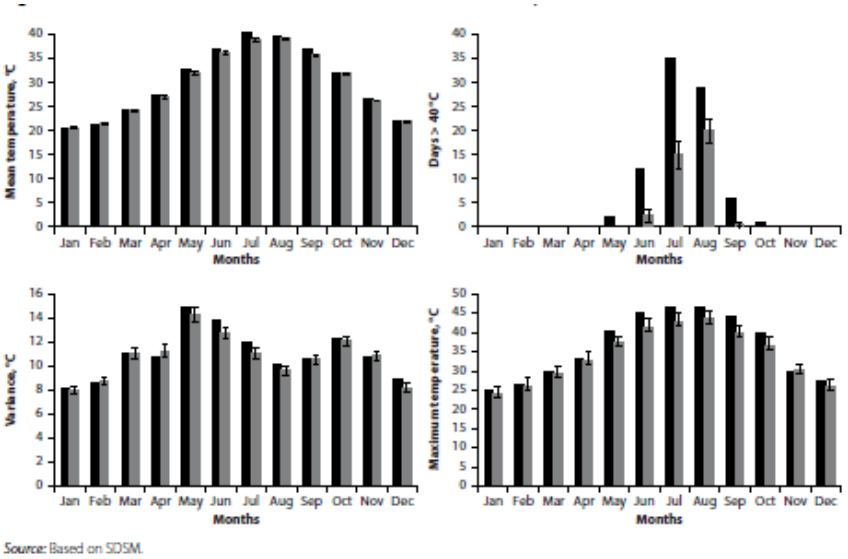


Figure 23 Régime des températures maximales à Tunis observées (noir) et en réduction d'échelle (rouge), 1981-2000.

En dehors des valeurs les plus extrêmes, le SDSM produit des simulations du régime quotidien et annuel des températures crédibles (Figure 24, à gauche). Ceci corrobore l'idée que le modèle pourrait être utilisé pour combler des manques de données (Figure 24, à droite), pour réaliser des projections rétroactives de périodes antérieures pour lesquelles il n'existe pas d'observations des températures, ou pour signaler des valeurs aberrantes dans les processus d'assurance qualité.

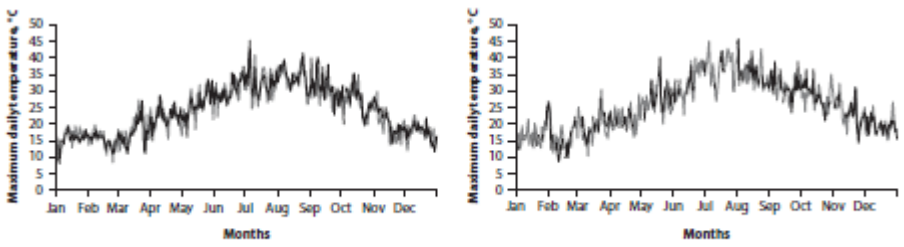


Figure 24 Températures quotidiennes maximales à Tunis observées (noir) et en réduction d'échelle (lignes grises), en 1993 (en haut) et 1965 (en bas). Les données en réduction d'échelle sont pour un ensemble de 20 simulations.

Il est également nécessaire d'évaluer la qualité de la réduction d'échelle sur des périodes annuelles à décennales pour les applications relatives au changement climatique. La Figure 25 compare les TMAX estivales moyennes observées et en réduction d'échelle. Il est évident que le SDSM simule la variabilité interannuelle et la tendance à la hausse sous-jacente des températures maximales. Ceci confirme que les variables de réduction d'échelle choisies ont des qualités prédictives pour les périodes quotidiennes à décennales (voir aussi : Corte-Real et coll., 1995).

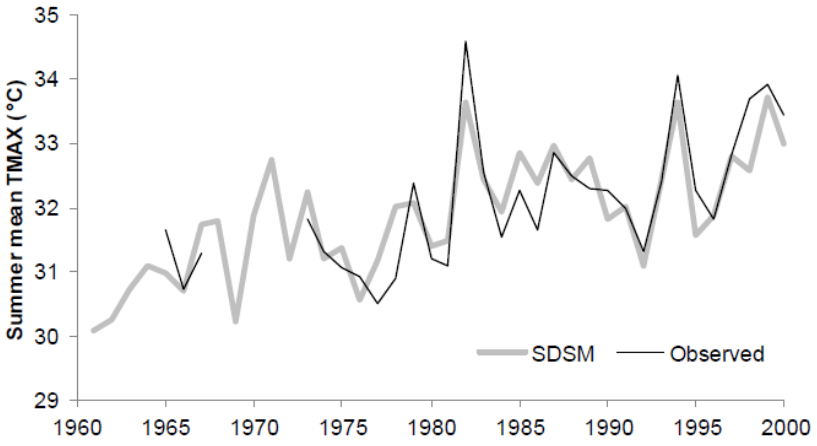


Figure 25 Températures maximales estivales moyennes à Tunis observées (ligne noire) et en réduction d'échelle (ligne grise), 1961-2000

Les scénarios illustratifs TMAX ont été ensuite réduits à l'échelle de Tunis à partir du modèle climatique HadCM3 selon les scénarios d'émissions SRES A2 et B2 pour les années 2020, 2050, et 2080. Il a été constaté que les changements des températures étaient plus importants à l'automne (de septembre à novembre) et pourraient se situer dans une fourchette de +2.5 à + 3,3 °C dans les années 2080 en fonction des émissions (Figure 26). Ces valeurs se situent à la frange inférieure des changements de température maximale dans l'ensemble UCT (Figure 27).

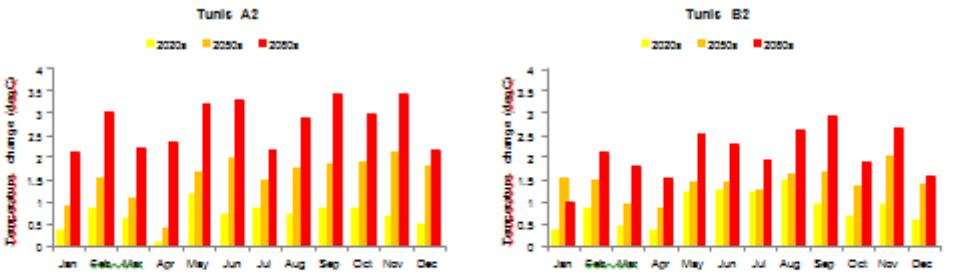


Figure 26 Changements des températures maximales (°C) en réduction d'échelle à partir de HadCM3 pour Tunis selon les scénarios d'émissions SRES A2 (à gauche) et SRES B2 (à droite) pour les années 2020, 2050 et 2080

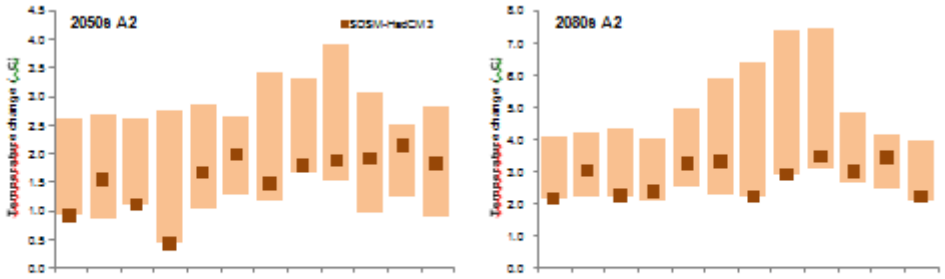
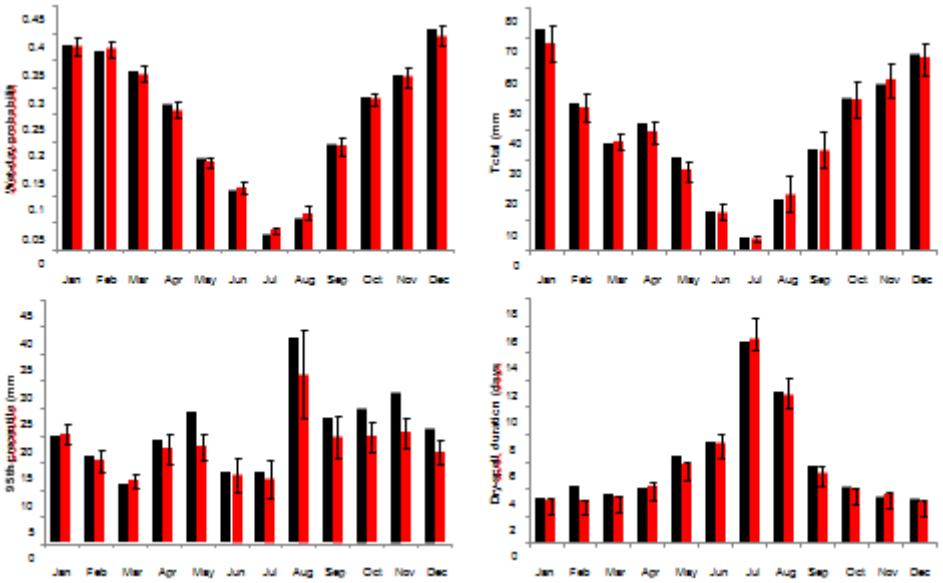


Figure 27 Fourchette de changements des températures maximales mensuelles moyennes (°C) à Tunis en réduction d'échelle à partir de l'ensemble UCT (barres roses) et du SDSM (carré brun) selon le scénario d'émissions SRES A2 pour les années 2050 (à gauche) et 2080 (à droite)

.2



Précipitations

Comme indiqué auparavant, la réduction d'échelle de l'occurrence et la quantité des précipitations journalières est plus difficile à réaliser que celle des températures, ce qui résulte en partie de la qualité et l'exhaustivité des observations, et en partie de la faible prévisibilité des précipitations locales (notamment dans les milieux arides et semi-arides). Néanmoins, le SDSM reproduit la saison humide et l'occurrence des minimums de précipitations estivales à Tunis (Figure 28, en haut à gauche). Les précipitations totales observées se situent aussi dans les fourchettes de l'ensemble pour chaque mois (Figure 28, en haut à droite). Les fortes précipitations journalières (ici définies comme supérieures ou égales au 95e percentile) sont généralement sous-estimées (Figure 29), mais leur occurrence saisonnière et le pic du mois d'août sont capturés (Figure 28, en bas à gauche). Enfin, la durée de la période sèche observée au cours de chaque mois est reflétée par le SDSM (Figure 28, en bas à droite).

Figure 28 Probabilité quotidienne de jours de forte pluie, total des précipitations mensuelles moyennes, quantité de jours de forte pluie du 95e percentile, et durée moyenne de la période sèche à Tunis 1981-2000 – observé (barres noires) et en réduction d'échelle (barres grises) Les colonnes montrent les écarts-types de l'ensemble en réduction d'échelle.

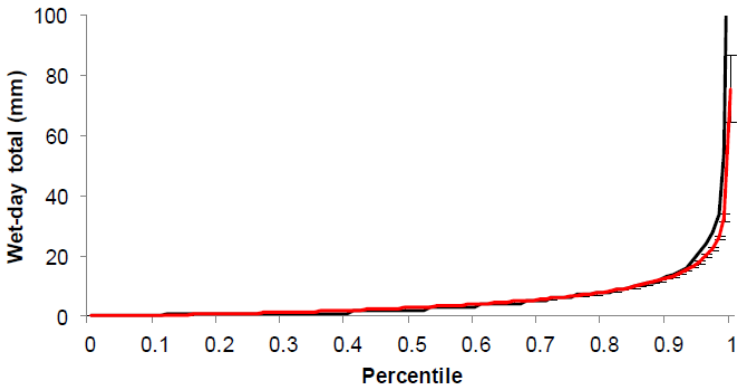


Figure 29 Distributions des quantités de précipitations quotidiennes à Tunis observées (ligne noire) et en réduction d'échelle (ligne rouge) pour la période 1981-2000. Les colonnes montrent les erreurs types de l'ensemble

Les statistiques des précipitations observées et en réduction d'échelle ne peuvent pas être parfaitement similaires en raison de la grande quantité de données manquantes (environ 12 % de l'étalonnage prévu pour Tunis). Il est également reconnu que les statistiques en moyenne ne représentent pas adéquatement les climats semi-arides et arides en raison de l'influence des phénomènes extrêmes de précipitations très localisés (Berndtsson et Niemczynowicz, 1986). Cependant, les diagnostics présentés dans les Figures 28 et 29 suggèrent que le SDSM rend compte des principales caractéristiques du régime des précipitations compte tenu de l'information sur les conditions atmosphériques à grande échelle pour l'ensemble de la région. Sur cette base, des scénarios de précipitations ont été construits pour Tunis en utilisant les prédicteurs fournis par HadCM3 selon les scénarios d'émissions SRES A2 et B2.

Les précipitations totales ont affiché une baisse dans les deux scénarios pour tous les mois et toutes les périodes (les petites augmentations observées dans quelques mois pour les années 2020 sont dans la fourchette de variabilité naturelle). Globalement, les précipitations totales annuelles varient de -29 à -32% dans les années 2050, et de -38 à -52 % dans les années 2080 (Figure 30). La quasi-disparition des précipitations en été et la

réduction du total annuel sont conformes à d'autres études montrant une migration vers le nord de la zone aride dans le sud de la Méditerranée (Giorgi et Lionello, 2008).

Les scénarios de précipitations du SDSM se situent généralement dans la plage basse de la fourchette UCT (Figure 31). Cet ensemble comprend également des membres qui affichent une augmentation des précipitations dans certains mois d'hiver jusqu'aux années 2050, et au printemps d'ici les années 2080 - soulignant le fait qu'il n'y a pas un consensus complet sur la sécheresse future (voir ceci également la Figure 21). Il convient également de noter que les scénarios SDSM et UCT ne sont pas directement comparables en raison des différences dans les techniques statistiques employées, le choix du modèle climatique mondial, et les variables prédiction utilisées pour la réduction d'échelle. Tous ces facteurs sont connus pour avoir une incidence sur les réductions d'échelle des précipitations dans la région, il est donc prudent d'employer un éventail de techniques de réduction d'échelle (par ex., Hertig et Jacobeit, 2008 ; Wilby et coll., 2009).

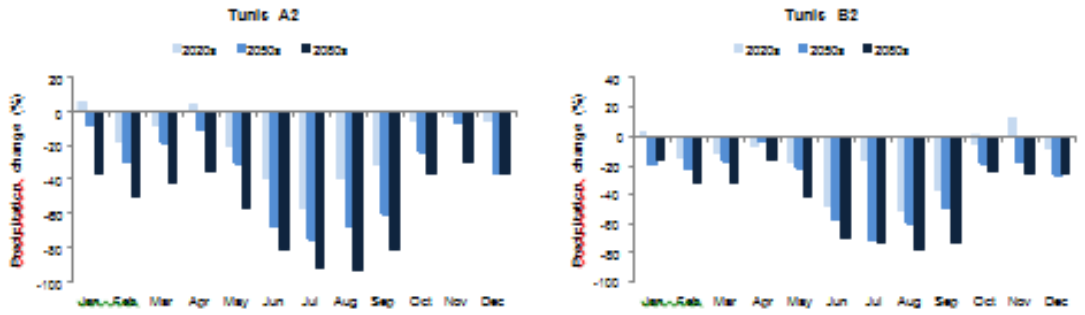


Figure 30 Changements (%) des précipitations mensuelles totales en réduction d'échelle à partir de HadCM3 pour Tunis selon les scénarios d'émissions SRES A2 (à gauche) et B2 (à droite).

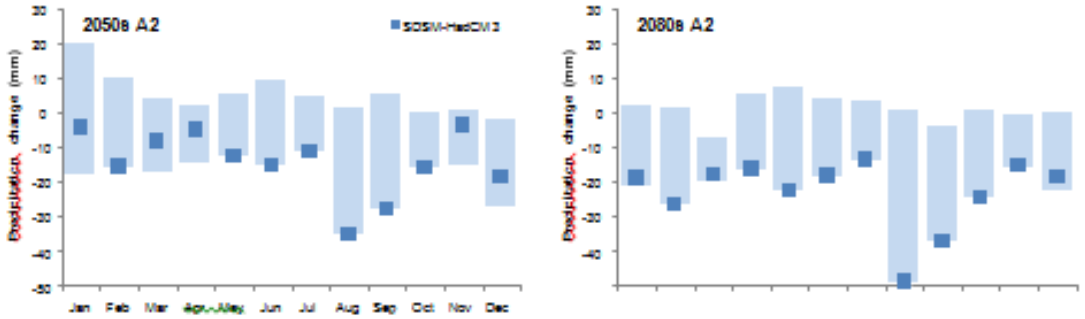


Figure 31 Changements absolus (mm) des précipitations mensuelles totales à Tunis en réduction d'échelle à partir de l'ensemble UCT (colonnes bleu clair) et du SDSM (carrés bleu foncé) selon le scénario d'émissions SRES A2.

6.3 Exemple d'application : Dates de floraison des oliviers

Comme noté ci-dessus, les techniques de réduction d'échelle peuvent être utilisées pour faire des projections rétroactives, combler les manques de données et appuyer l'assurance de la qualité des données météorologiques observées. Néanmoins, les scénarios sont plus communément employés pour les évaluations d'impact du changement climatique. Toutefois, compte tenu des incertitudes et des mises en garde inhérentes (soulevées dans la section 5.4), les impacts des réductions d'échelle ne doivent pas être considérés comme des prédictions. Il s'agit, au mieux, d'une description "narrative" de l'avenir, particulièrement appropriée pour être utilisée dans des tests de sensibilité et des évaluations des options

d'adaptation (Pielke et Wilby, 2012). Ces points sont illustrés dans une brève évaluation des impacts potentiels du changement climatique sur les dates de floraison des oliviers dans le nord de la Tunisie.

Les liens entre le développement de l'olivier (phénologie) et les conditions météorologiques locales sont bien documentés pour la Tunisie (p. ex., Gargouri et coll., 2008). Il est généralement admis qu'il n'y a pas de croissance en-dessous du seuil de température de 7°C et qu'il faut de 700 à 1000 de degrés-jours de croissance (GDD) au-dessus de cette valeur pour une pleine floraison de l'olivier dans le nord de la Tunisie. En fonction des conditions météorologiques, d'une année à l'autre, la pleine floraison se produit généralement dans les 120 à 135 jours, à partir du 1er janvier (Orlandi et coll., 2010). Les changements des dates de floraison de l'olivier ont été simulés pour la période 1961 à 2100 (Figure 32) en utilisant ces valeurs critiques et les températures quotidiennes maximales tirées d'une réduction d'échelle statistique pour Tunis. Une autre stratégie de modélisation consiste à prendre la série des températures actuelles, à la perturber dans la fourchette suggérée par l'ensemble UCT, puis à calculer les dates de floraison pour chaque exécution du modèle (Figure 33).

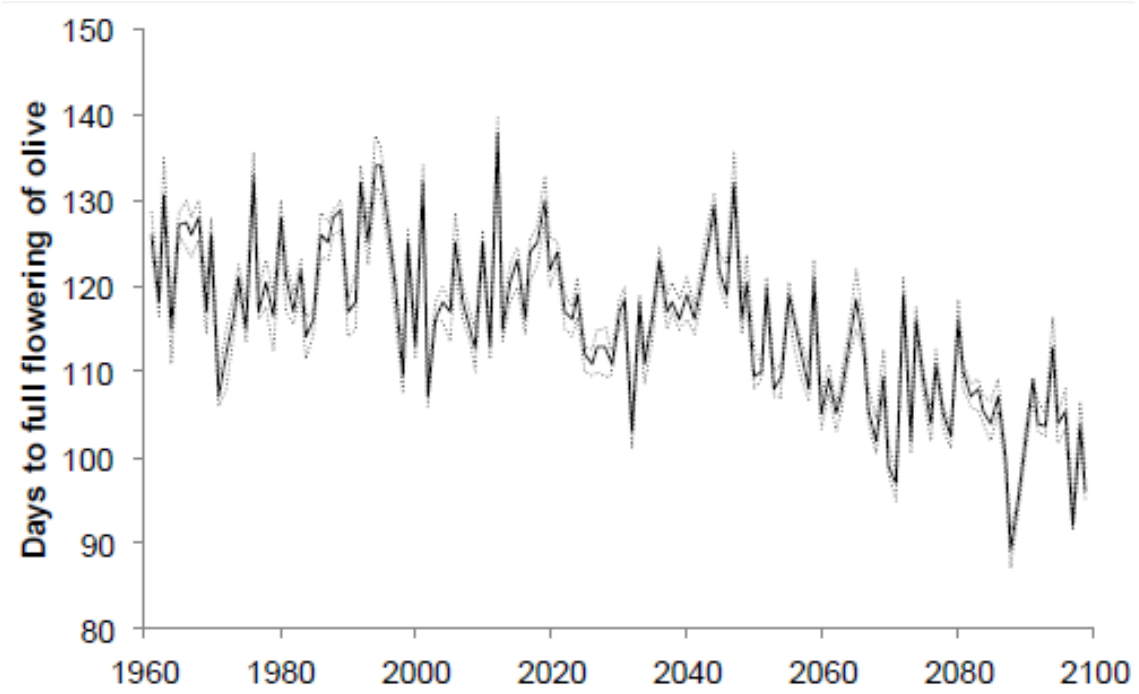


Figure 32 Séries annuelles de dates simulées de pleine floraison (jours à compter du 1er janvier) basées sur les températures maximales en réduction d'échelle (TMAX) selon le scénario d'émissions SRES A2 pour un site dans le nord de la Tunisie

Tous les scénarios climatiques affichent une avancée de la date de floraison de l'olivier en raison des prévisions d'augmentations des températuresmaximales quotidiennes. Les dates de floraison du SDSM avancent en moyenne de 3 jours d'ici aux années 2020, 7 jours d'ici aux années 2050, et 16 jours d'ici aux années 2080 (Figure 32). Toutefois, le nombre de jours jusqu'à la floraison présente une variabilité considérable au sein de ces blocs de 30 années. Par exemple, dans les années 2050, la simulation de la date de floraison s'affiche entre le 8 avril et le 16 mai.

La fourchette de résultats de l'expérience portant sur l'ensemble s'étend aussi sur près de 25 jours mais les dates moyennes et les plus précoces de floraison dépendent du modèle climatique (Figure 33). Le modèle de réduction d'échelle présentant la hausse la plus forte des températures maximales de janvier à mai (CCCMA) indique une floraison dès la première semaine d'avril (par rapport à la dernière semaine d'avril à l'heure actuelle).

Néanmoins, une proportion importante des dates de floraison pour les années 2050 s'inscrit encore dans la fourchette actuelle. En outre, ces expériences de sensibilité n'incluent pas d'autres facteurs qui pourraient affecter la croissance future des oliviers, comme la survenue de gelées, sécheresses ou maladies ; les résultats ne tiennent pas non plus compte des changements pouvant intervenir dans la technologie ou le cultivar.

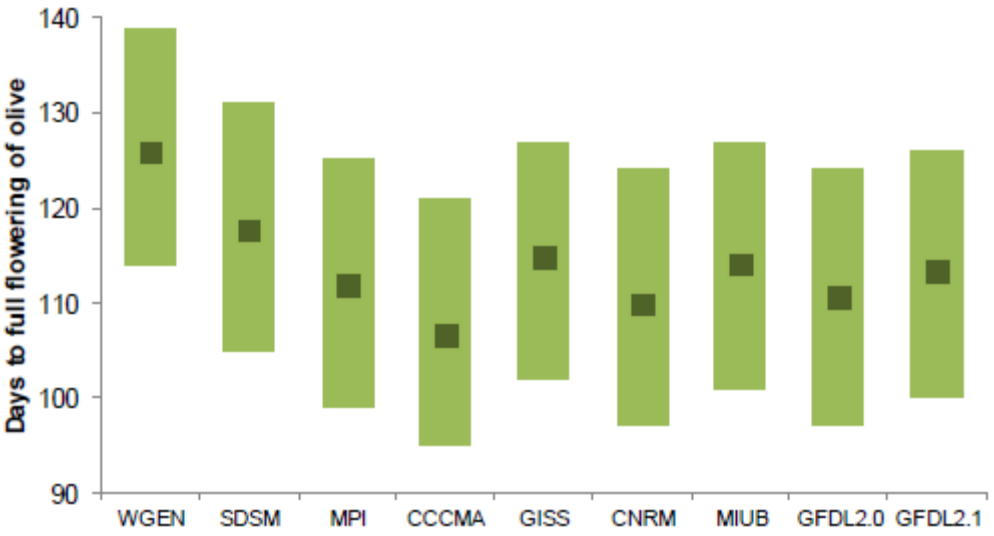


Figure 33 Simulation du nombre de jours du 1er janvier à la pleine floraison de l'olivier, selon les conditions de températures maximales actuelles (1961-2000) et futures (années 2050) dans un site du nord de la Tunisie.
WGEN est la simulation du présent ; les autres colonnes montrent la fourchette et la moyenne des dates de floraison selon différents modèles climatiques.

7. Impacts potentiels du changement climatique

Selon Gaaloul (2008 ; 240), la Tunisie *est confrontée à des défis climatiques en raison de précipitations irrégulières et insuffisantes, d'un écosystème fragile, de ressources naturelles limitées et du risque de surexploitation de ces ressources rares.* Les ressources en eau de surface et souterraines, l'agriculture et la gestion des terres ont été, évidemment, des sujets privilégiés d'étude sur les impacts climatiques. Avec presque 2000 km de littoral et 126 km^2 de terres marécageuses[9]internationalement significatives, l'élévation du niveau de la mer a aussi des conséquences graves pour Tunisie.

7.1 Eaux de surface et souterraines

Même en l'absence d'un changement climatique, la Tunisie fait partie des pays pauvres en eau. En Tunisie, la disponibilité des ressources en eau durable par habitant est de ~400 m 3 /an – bien inférieure à la moyenne de la région Moyen-Orient et Afrique du nord (1250 m 3 /an), et au seuil fixé par l'Organisation des Nations Unies déterminant les régions pauvres en eau (1000 m 3 /an). Quand la Tunisie est soumise à une évaluation sur la base du taux de prélèvement par rapport à la disponibilité de l'eau, du taux de consommation par rapport aux volumes des flux en période sèche, ou de la disponibilité d'eau par habitant, le pays apparaît comme soumis à un stress hydrique sévère d'ici aux années 2050 (Alcamo et coll., 2007 ; Arnell, 2004). Les scénarios des modèles climatiques pour l'Afrique du Nord présentent systématiquement une réduction des précipitations et du ruissellement (par exemple, Milly et

coll., 2005 ; Vörösmarty et coll., 2010 ; Banque mondiale, 2011). Toutefois, les zones climatiques semi-arides avec des précipitations annuelles de 400 à 600 mm sont particulièrement vulnérables à la réduction du ruissellement de surface, même si elle résulte de modestes changements dans les précipitations. Par exemple, une zone avec des précipitations de 500 mm/an (comme les environs de Kélibia) pourrait perdre 50% de densité de drainage permanent en cas de réduction de seulement 10% des précipitations (de Wit et Stankiewicz, 2006).

Plusieurs études ont examiné les impacts du changement climatique en Tunisie à l'échelle du bassin hydrographique. Par exemple, Abouabdillah et coll. (2010) ont réalisé une réduction d'échelle statistique des précipitations et des températures à partir du modèle*Canadian Global Coupled Model* (CGCM3.1) sur le bassin de Merguellil (Tunisie centrale) et ont utilisé les scénarios de l'outil SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) pour évaluer les impacts sur les composantes du bilan hydrique. Ils ont trouvé que les sécheresses estivales semblaient s'intensifier, mais que les variations des apports totaux d'eau semblaient aussi dépendre de l'altitude. Leduc et coll. (2007) ont étudié d'autres impacts anthropiques dans le même bassin (p. ex., collecte des eaux pluviales, pompage des eaux souterraines et création de retenues d'eau) sur les niveaux de recharge et d'eau dans l'aquifère de Kairouan. D'autres ont étudié les effets des systèmes traditionnels de collecte de l'eau (tels que *tabia*) sur le ruissellement collinaire (Figure 34). Des questions demeurent à propos de la limite supérieure des précipitations pouvant être collectées par les systèmes existants en Tunisie centrale (Nasri et coll. 2004).

Les eaux souterraines ont soutenu le développement économique, amélioré la qualité et la fiabilité des approvisionnements – notamment en période de sécheresse - pour les populations rurales dans de nombreuses régions de la Tunisie (Besbes et coll., 2010 ; Gaaloul, 2008). Cependant, les aquifères côtiers sont très vulnérables à la surexploitation et aux risques d'intrusion d'eau salée. L'élévation du niveau de la mer en Méditerranée suscite donc des préoccupations quant à leur gestion. Par exemple, à la suite d'une modélisation détaillée, Zghibi et coll. (2011) ont recommandé de réaliser un programme de recharge artificielle pour retarder l'épuisement de la nappe phréatique et, ainsi, contrôler l'intrusion d'eau salée dans l'aquifère Korba (péninsule du Cap-Bon).[9]

http://earthtrends.wri.org/pdf_library/country_profiles/coa_cou_788.pdf

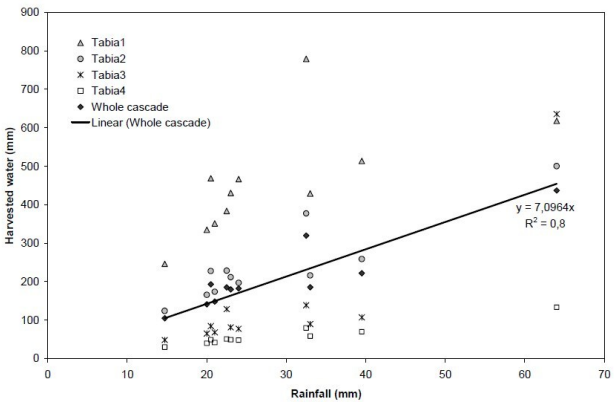


Figure 34 Relation entre l'eau collectée et les précipitations dans un système du bassin versant Bou Hedma, à l'est de Gafsa. Source : Nasri et coll. (2004)

En comparaison avec d'autres pays arabes, la Tunisie a un ratio de dépendance relativement faible des ressources renouvelables totales d'eau provenant de l'extérieur du pays de 9% (Medany, 2008). Néanmoins, la nécessité d'une plus grande coopération et

coordination dans la gestion des ressources en eau transnationales est reconnue comme faisant partie d'un portefeuille plus large de mesures d'adaptation (Smith, 1996 ; Scheuman et Alker, 2009). Cela inclut l'établissement de mesures de conservation locale de l'eau et de recharge artificielle, et de cadres institutionnels permettant à la Libye, l'Algérie et la Tunisie de gérer conjointement le Système aquifère du Sahara septentrional (SASS) dans un contexte climatique modifié (Diallo et Doursouma, 2009 ; Al-Gama, 2011).

7.2 Agriculture et terres

Avec 93 % des terres cultivées utilisées pour l'agriculture en sec, la population rurale de la Tunisie est très vulnérable à la variabilité des précipitations et à l'impact des épisodes prolongés de sécheresse (Mogou et coll., 2008 ; 2011). La variabilité et le changement du climat sont également liés à l'évolution de la répartition de la végétation qui pourrait avoir des répercussions sur les pâturages et la conservation des sols (p. ex., Belluci et coll.,
2011). Par conséquent, de même que les ressources en eau, l'agriculture et la gestion des terres suscitent un nombre croissant d'études d'impact climatique.

Par exemple, Giannakopoulos et coll. (2009) ont analysé une sortie du modèle HadCM3 basée sur des unités de mesure pertinentes en termes d'impact sur les rendements des cultures et le risque d'incendie en utilisant des cellules de la grille couvrant la Méditerranée, y compris une cellule pour la Tunisie. [En fait, cette étude a utilisé la même information tirée du modèle climatique que les études de cas réalisées à partir du SDSM ci-dessus]. Cinq cultivars ont été modélisés (maïs en C4-récolte d'été, tournesol, haricot, pomme de terre et blé) sur la période 2031-2060 où un réchauffement *global* de 2°C est supposé se produire. Le changement du rendement des cultures a donné des résultats contrastés pour la Tunisie : les rendements du maïs et des haricots ont diminué de 5 à 15 % ; le tournesol et le blé ont augmenté de 5 à 15 % ; et les rendements des pommes de terre ont changé de ± 10 %. Les cultures en sec semées au printemps ont été affectées par le climat plus chaud et plus sec, mais des augmentations des concentrations de CO_2 ont aidé à compenser en partie les pertes de rendement. Les auteurs préconisent d'avancer les dates de semis (pour contrer le raccourcissement de la saison de croissance dû aux températures plus élevées et au stress hydrique) et d'utiliser des cultivars de pousse plus longue. Toutefois, ces deux mesures d'adaptation seront subordonnées à un accès supplémentaire à de l'eau d'irrigation.

Les pays d'Afrique du Nord importent déjà d'importantes quantités de céréales et les impacts potentiels du changement climatique sur les récoltes de blé de la Tunisie suscitent donc beaucoup d'intérêt. Lhomme et coll. (2009) ont utilisé des scénarios tirés du modèle climatique ARPEGE pour simuler des changements du rendement de blé dur à Jendouba (nord) et à Kairouan (Tunisie centrale). Le modèle climatique montre une réduction des précipitations annuelles à Jendouba et une augmentation à Kairouan. Il résulte de ces scénarios de précipitations et de la hausse des températures que l'humidité du sol nécessaire au semis se produit plus tôt et que les durées du cycle de croissance sont réduites aux deux emplacements. Gasmi et coll. (2011) ont aussi évalué les impacts sur le blé dur, mais dans deux districts du nord-ouest de la Tunisie (Béja et El-kef). Au lieu d'utiliser une sortie de modèle climatique, les auteurs ont soumis leur modèle économétrique à un historique de précipitations (?) et à des températures en hausse entre + 0,5 et + 3,5 °C, avec des paliers de + 0,5 °C/15 ans. Toutefois, l'examen des coefficients du modèle empirique

suggère qu'aucuns facteurs météorologiques ne constituaient des prédicteurs statistiquement significatifs du rendement ; les résultats sont donc difficiles à interpréter.

Des augmentations potentielles de l'ampleur des précipitations extrêmes pourraient avoir des conséquences sur l'érosion des sols et la sédimentation dans les réservoirs, en particulier sur les pentes sujettes un ruissellement intense (Ayadi et coll., 2010). La perte annuelle moyenne en sols varie entre 14,5 et 36,4 tonnes/hectare dans la dorsale tunisienne (bordure orientale des montagnes de l'Atlas) en fonction du niveau de dégradation des sols. La durée de vie des réservoirs dans la région est déjà inférieure à 15 ans (Jebari et coll.,
2010). Les conditions climatiques affectent également la salinité des sols cultivés des terres irriguées par des changements dans l'infiltration, la percolation dans les nappes souterraines peu profondes, l'évaporation des sols, la transpiration de la végétation, les écoulements souterrains, l'ascension capillaire et les écoulements des drains (Askri et coll., 2010). Une irrigation moins fréquente (en raison des restrictions dues à la pénurie croissante de l'eau) et des pertes par évaporation plus élevées pourraient augmenter la salinité des sols au printemps et en été. Une culture sélective de variétés locales (luzerne, par exemple) pourrait être un moyen de faire face au stress salin dans des environnements ou zones de cultures en sec ou irriguées recevant moins de 350 mm au printemps et en été (Annicchiarico et coll., 2011).

7.3 Zones côtières

Dasgupta et coll. (2007 ; 2009) ont évalué la sensibilité des pays en développement à une élévation progressive du niveau de la mer et aux marées de tempête avec une élévation de 1 à 5 mètres au-dessus du niveau actuel. Il s'agissait de développer une méthode objective permettant d'*allouer l'aide selon le degré de menace* (Dasgupta 2007 : 44). En se basant sur six types d'impacts (impact sur : superficie, population, agriculture, urbanisation, zones humides et PIB)) le Viêt-Nam, l'Égypte et les Bahamas ont été identifiés comme les pays les plus vulnérables. Les villes les plus exposées au risque d'intensification des ondes de tempête (par groupe régional de la Banque Mondiale) ont été Hai Phong (Viêt-Nam), Barisal (Bangladesh), Bugama (Nigéria), Ciudad del Carmen (Mexique) et Port Saïd (Égypte).

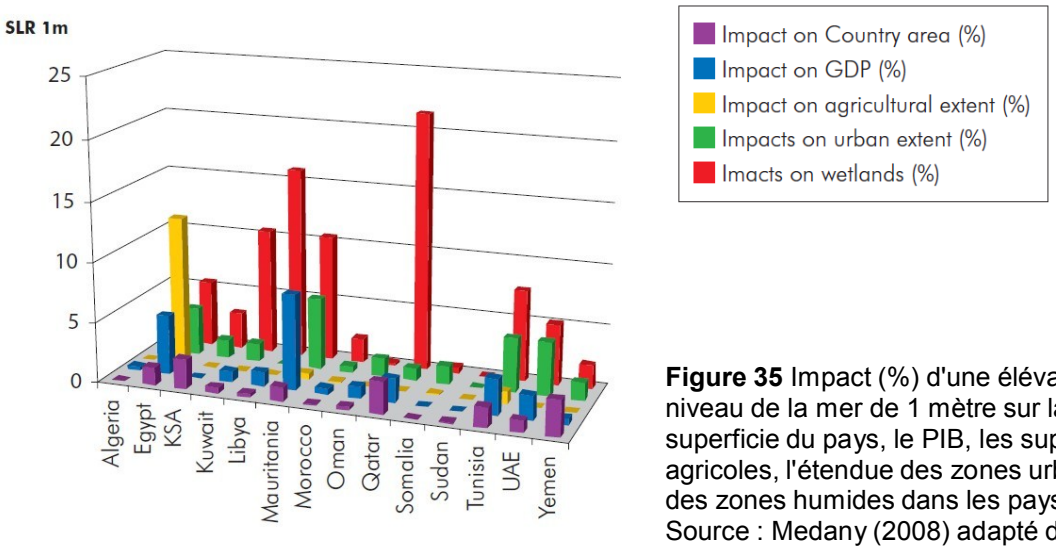


Figure 35 Impact (%) d'une élévation du niveau de la mer de 1 mètre sur la superficie du pays, le PIB, les superficies agricoles, l'étendue des zones urbaines et des zones humides dans les pays arabes. Source : Medany (2008) adapté de Dasgupta et coll. (2007)

La Figure 3.5 montre qu'en Tunisie 5 % environ de la population et de l'étendue des zones urbaines seraient affectés par une élévation du niveau de mer de 1 mètre (Dasgupta, 2007). Une onde de tempête « du siècle » surajoutée à cette élévation supplémentaire du niveau de la mer soumettrait 64 % des zones humides côtières de la Tunisie à un risque d'inondation. Aucune autre étude d'impact n'a pu être trouvée pour les zones côtières de la Tunisie.

8. Remarques finales

Ce rapport fournit une synthèse des observations recueillies sur la variabilité et le changement climatiques en Tunisie en vue d'appuyer la planification stratégique en matière d'agriculture, d'irrigation et de développement rural.

L'examen a été réalisé à partir d'une gamme de données primaires et secondaires provenant de sources publiques, notamment des relevés météorologiques, des indices climatiques dérivés, et des produits satellitaires. Ces données vont dans le sens des observations de hausse des températures de la Tunisie depuis les années 70 et d'une diminution de 5 % par décennie des précipitations totales annuelles dans le nord depuis les années 1950. Toutefois, ces variations régionales doivent être examinées dans le contexte de grande variabilité interannuelle et décennale liée à l'Oscillation nord-atlantique et à l'ENSO. Les tendances relatives aux phénomènes extrêmes sont plus problématiques à évaluer, mais la fréquence des nuits chaudes semble avoir augmenté, et les fortes précipitations semblent être devenues plus fréquentes. Les niveaux de la mer, les températures et la salinité de la mer sont en hausse dans toute la Méditerranée, mais les relevés à long terme affichent une variabilité spatiale et temporelle considérable des taux de variation.

Les scénarios régionaux de changement climatique suggèrent que les tendances historiques ci-dessus devraient se poursuivre au cours des prochaines décennies, ce qui pourrait aggraver la pénurie d'eau et le stress sur l'agriculture en sec existants. Il existe un consensus parmi les modèles climatiques qui indiquent tous que la région continuera de se réchauffer et que les précipitations annuelles totales diminueront. D'ici les années 2050, les températures moyennes pourraient augmenter de + 1,4 à + 2,5 °C et les précipitations

diminuer de - 5 à - 15 %. Les variations saisonnières et locales de la température et des précipitations pourraient être encore plus importantes. Les futurs changements de la pluviométrie sont liés à un éventuel déplacement vers le nord de la trajectoire des tempêtes en Méditerranée. Le niveau de la mer pourrait augmenter de 3 cm à 61 cm en fonction des interactions entre l'expansion thermique et la salinité de la Méditerranée.

Deux techniques de réduction d'échelle statistique ont été utilisées pour illustrer des scénarios pour Tunis. Les températures maximales et les quantités de précipitations quotidiennes ont fait l'objet d'une réduction d'échelle à partir du modèle climatique HadCM3 du *UK Met Office* selon deux scénarios d'émissions (SRES A2 et B2) pour la période 1961-2099. Par comparaison avec le modèle de réduction d'échelle de l'Université de Cape Town (UCT), les scénarios HadCM3 se sont situés à l'extrémité inférieure en matière de réchauffement régional, mais en position plus extrême en ce qui concerne l'assèchement régional. En fonction du choix de méthode de réduction d'échelle et de modèle climatique, la variation de la température maximale en moyenne annuelle pourrait être de + 1,5 à + 2,6 °C, et les précipitations annuelles totales pourraient changer de + 5 à - 20% d'après le scénario d'émissions SRES A2 d'ici aux années 2050. Ces résultats ne reflètent pas toute la gamme des incertitudes en raison d'autres facteurs importants influant sur le climat régional (tels que les surfaces terrestres et les rétroactions des aérosols) qui ne sont pas inclus. Par conséquent, même en cas de consensus entre les scénarios du climat régional, ils ne doivent pas être interprétés comme une *prévision* exacte.

Avec ces mises en garde à l'esprit, il a été démontré comment les scénarios à réduction d'échelle peuvent être utilisés pour les évaluations d'impact du changement climatique et l'évaluation des options d'adaptation. En s'appuyant sur l'exemple des dates de floraison de l'olivier, il a été démontré que la hausse des températures maximales dans le nord de la Tunisie pourrait faire avancer de près de trois semaines les cycles de croissance et de floraison d'ici les années 2050. Néanmoins, la variabilité interannuelle de la croissance de l'olivier restera considérable et une bonne part du changement climatique continue de se situer dans la fourchette des dates de floraison précoce/tardive actuelle. Ce cas, à lui seul, rappelle également que la croissance future dépendra aussi de nombreux facteurs non climatiques.

Cette étude s'est concentrée sur les changements des températures et des précipitations en Tunisie. Cependant, il a été observé que l'élévation du niveau de la mer augmente le risque d'intrusion saline dans les aquifères côtiers limitant les ressources disponibles pour l'irrigation et les zones urbaines côtières. Les études disponibles montrent que les rendements des cultures seront sensibles aux modifications de la période de croissance et de la disponibilité d'humidité. En outre, une hausse de la demande d'évaporation associée à une réduction des précipitations risque d'aggraver la salinité des sols, et des précipitations plus extrêmes risquent d'accroître l'érosion sur les pentes et la sédimentation dans les réservoirs.

Les scénarios régionaux des changements climatiques et les incertitudes ci-dessus devraient renforcer la pénurie d'eau et la surexploitation des stocks d'eau douce. La compétition pour l'accès aux eaux souterraines locales pourrait également augmenter - comme entre l'agriculture et le tourisme dans la région du Cap Bon (Ragab et Prudhomme, 2002). À court et moyen terme, la croissance démographique et la croissance économique pourraient représenter des facteurs de stress hydrique plus importants que le changement

climatique. Les situations d'exception possibles incluent celles où un seuil de tolérance est atteint, par exemple la limite de l'agriculture en sec (~200 mm/an) ou des ruissellements de surface pérennes (~400 mm/an). Même en cas de taux de changement climatique modestes, ces seuils pourraient être atteints en ne laissant guère de temps pour une adaptation anticipative. C'est pourquoi des programmes internationaux, tels que CORDEX, cherchent à mieux caractériser l'incertitude dans les projections climatiques régionales en établissant des priorités et en comparant les techniques de réduction d'échelle pour les régions vulnérables, y compris l'Afrique du Nord.

Compte tenu du caractère généralement défavorable des scénarios climatiques, et de la vulnérabilité des populations rurales, il est logique d'identifier des stratégies de développement qui fonctionnent selon un éventail assez large de conditions, telles qu'elles se présentent aujourd'hui et pouvant se produire à l'avenir. Dans l'idéal, les stratégies dites « sans regret » offrent des avantages indépendamment du changement climatique (Wilby et Dessai, 2010). Dans la pratique, il y a toujours des coûts d'opportunité, des compromis, ou des externalités, associés aux mesures d'adaptation, aussi est-il préférable de qualifier ces interventions comme « à faible regret ». Ces mesures doivent répondre aux priorités de développement actuelles, *tout en* gardant ouvertes ou en maximisant les options d'adaptation futures. Par exemple, promouvoir une utilisation efficace de l'eau et protéger les sources d'eau de la salinisation sont des mesures rationnelles quel que soit le scénario de changement climatique. De même, il est nécessaire d'établir une surveillance à long terme et d'obtenir des rapports de qualité sur l'environnement pour suivre les pressions climatiques et non climatiques, ainsi que pour juger du succès de toute intervention. L'amélioration de la coopération et la gestion des ressources en eau transnationales telles que le Système aquifère du Sahara septentrional, sont également considérées comme prioritaires.

Bibliographie

Abouabdillah, A., Oueslati, O., De Girolamo, A.M. and Lo Porto, A. 2010. Modelling the impact of climate change in a Mediterranean catchment (Merguelli, Tunisia). *Fresenius Environmental Bulletin*, **19**, 2334-2347.

Alcamo, J., Flörke, M. et Märker, M. 2007. Future long-term changes in global water resources driven by socio-economic and climatic changes. *Hydrological Sciences Journal*, **52**, 247-275.

Alexander, L.V., Zhang, X., Peterson, T.C. et coll. 2006. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research*, **111**, D05109.

Al-Gama, S.A. 2011. An assessment of the recharge possibility to North-Wesyern Sahara Aquifer System (NWSAS) using environmental isotopes. *Journal of Hydrology*, **398**, 184-190.

Annicchiarico, P., Pecetti, L., Abdelguerfi, A. et coll. 2011. Adaptation of landrace and variety germplasm and selection strategies for lucerne in the Mediterranean basin. *Field Crops Research*, **120**, 283-291.

Arnell, N.W. 2004. Climate change and global water resources : SRES emissions and socio-economic scenarios. *Global Environmental Change*, **14**, 31-52.

Askri, B., Bouhlila, R. et Job, J.O. 2010. Development and application of a conceptual hydrologic model to predict soil salinity within modern Tunisian oases. *Journal of Hydrology*, **380**, 45-61.

Ayache, F., Thompson, J.R., Flower, R.J., Boujarra, A., Rouatbi, F. et Makina, H. 2009. Environmental characteristics, landscape history and pressures on three coastal lagoons in the Southern Mediterranean Region : Merja Zerga (Morocco), Ghar El Melh (Tunisia) et Lake Manzala (Egypt). *Hydrobiologia*, **622**, 15-43.

Ayadi, I., Abida, H., Djebbar, Y. et Raouf Mahjoub, M. 2010. Sediment yield variability in central Tunisia : a quantitative analysis of its controlling factors. *Hydrological Sciences Journal*, **55**, 446-458.

Bargaoui, Z. et Tramblay, Y. 2011. Tunisia Northern Coastal basins: Precipitation variability and future projections for water resources management. *Raising awareness and enhancing adaptive capacity of water resources planning and management to climate change* impacts. UNESCO, Paris.

Belluci, E., Nanni, L., Bitocchi, E. et Rossi, M. 2011. Genetic diversity and geographic differentiation in the alternative legume Tripodion tetraphyllum (L.) Fourr. In North African populations. *Plant Biology*, **13**, 381-390.

Bengtsson, L., Hodges, K.I. et Roeckner, E. 2006. Storm tracks and climate change. *Journal of Climate*, **19**, 3518-3543.

Berndtsson, R. 1989. Topographical and coastal influence on spatial precipitation patterns in Tunisia. *International Journal of Climatology*, **9**, 357-369.

Berndtsson, R. et Niemczynowicz, J. 1986. Spatial and temporal characteristics of high-intensive rainfall in northern Tunisia. *Journal of Hydrology*, **87**, 285-298.

Besbes, M., Chahed, J., Hamdane, A. et De Marsily, G. 2010. Changing water resources and food supply in arid zones : Tunisia. Dans : SchneierMadanes, G. et Courel, M.F. (eds.) *Water and Sustainability in Arid Regions*, Proceedings of the First WATARD International Conference on Water, Ecosystems and Sustainable Development in Arid and Semi-Arid Areas, Université de Xinjiang, Chine.

Calafat, F.M. et Gomis, D. 2009. Reconstruction of Mediterranean sea levels fields for the period 1945-2000. *Global and Planetary Change*, **66**, 225-234.

Calafat, F.M., Marcos, M. et Gomis, D. 2010. Mass contribution to Mediterranean sea level variability for the period 1948-2000. *Global and Planetary Change*, **73**, 193-201.

Cheddadi, R., Fady, B., Francois, L. et coll. 2009. Putative glacial refugia of Cedrus atlantic deduced from Quaternary pollen records and modern genetic diversity. *Journal of Biogeography*, **36**, 1361-1371.

Christensen, J.H., Hewitson, B., Busuioc, A., et coll. 2007. Regional Climate Projections. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Solomon, S., Quin, D., Manning, M., et coll. (eds.), Cambridge University Press, Cambridge.

Corte-Real, J., Zhang, X. et Wang, X. 1995. Large-scale circulation regimes and surface climatic anomalies over the Mediterranean. *International Journal of Climatology*, **15**, 1135-1150.

Dai, A. et Wigley, T.M.L. 2000. Global patterns of ENSO-induced precipitation. *Geophysical Research Letters*, **27**, 1283-1286.

Dasgupta, S., Laplante, B., Meisner, C., Wheeler, D. et Yan, J. 2007. *The impact of sea level rise on developing countries : A comparative analysis*. Document de travail consacré à la recherche sur les politiques de la Banque mondiale 4136, Washington, 51 p.

Dasgupta, S., Laplante, B., Murray, S. et Wheeler, D. 2009. *Sea level rise and storm surges : A comparative analysis of impacts in developing countries*. Document de travail consacré à la recherche sur les politiques de la Banque mondiale 4901, Washington, 43 p.

de Wit, M. et Stankiewicz, J. 2006. Changes in surface water supply across Africa with predicted climate change. *Science*, **311**, 1917-1921.

Diallo, M.O.S. et Dorsouma, A.H. 2009. *Joint management of the North West Sahara Aquifer System (NWSAS)*. http://gc21.inwent.org/ibt/en/modules/gc21/ws-nrm-net/ibt/downloads/cca/CCA-Publication_Chapter13.pdf [accessed 21 January 2012].

Flower, R.J. et Thompson, J.R. 2009. An overview of integrated hydro-ecological studies in the MELMARINA Project : Monitoring and modelling coastal lagoons – making management tools for aquatic resources in North Africa. *Hydrobiologia*, **622**, 3-14.

Gaaloul, N. 2008. The role of groundwater during drought in Tunisia. Dans : Zereini, F. et Hötzl, H. (Eds.) *Climatic Changes and Water Resources in the Middle East and North Africa*. Chapitre 3.3 Springer, Berlin, 552 p.

Gao, X. et Girogi, F. 2008. Increased aridity in the Mediterranean region under greenhouse gas forcing estimated from high resolution simulations with a regional climate model. *Global Planetary Change*, **62**, 195-209.

Gargouri, K., Rhouma, A., Sahnoun, A., Ghribi, M., Bentaher, H., Ben Rouina, B. et Ghrab, M. 2008. Assessment of the impact of climate change on olive growing in Tunisia using GIS tools. *Options Méditerranéennes Series A*, **80**, 349-352.

Gasmi, F., Belloumi, M. et Matoussi, M.S. 2011. Climate change impacts on wheat yields in the north-west of Tunisia. *Economic Research Forum Working Paper 652*. Giza, Egypt, 17 p.

Giannakopoulos, C., Le Sager, P., Bindi, M., Moriondo, M., Kostopoulou, E. et Goodess, C.M. 2009. Climate changes and associated impacts in the Mediterranean resulting from a 2°C global warming. *Global and Planetary Change*, **68**, 209-224.

Giorgi, F. et Bi, X. 2005. Updated regional precipitation and temperature changes for the 21st century from ensembles of recent AOGCM simulations. *Geophysical Research Letters*, **32**, L21715.

Giorgi, F. et Lionello, P. 2008. Climate change projections for the Mediterranean region. *Global and Planetary Change*, **63**, 90-104.

Haylock, M.R., N. Hofstra, A.M.G. Klein Tank, E.J. Klok, P.D. Jones, et New, M. 2008. A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950-2006. *Journal of Geophysical Research*, **113**, D20119.

Hertig, E. et Jacobeit, J. 2008. Assessments of Mediterranean precipitation changes for the 21st century using statistical downscaling techniques. *International Journal of Climatology,* **28**, 1025-1045.

Hewitson, B.C. et Crane, R.G. 2006. Consensus between GCM climate change projections with empirical downscaling : precipitation downscaling over South Africa. *International Journal of Climatology*, **26**, 1315-1337.

Hewitson, B.C. et Wilby, R.L. 2008. *A climate scenarios portal for the MENA region*. Phase I Report on behalf of the World Bank, Washington, 53 p.

Huffman, G.J., Adler, R.F. Bolvin, D.T. Gu, G. Nelkin, E.J. Bowman, K.P. Hong, Y. Stocker, E.F. et Wolff, D.B. 2007. The TRMM multi-satellite precipitation analysis : Quasi-global, multi-year, combined-sensor precipitation estimates at fine scale. *Journal of Hydrometeorology*, **8**, 38-55.

Jebari, S., Berndtsson, R., Bahri, A. et Boufaroua, M. 2010. Spatial soil loss risk and reservoir siltation in semi-arid Tunisia. *Hydrological Sciences Journal*, **55**, 121-137.

Kingumbi, A., Bargaouti, Z. et Hubert, P. 2005. Investigation of the rainfall variability in central Tunisia. *Hydrological Sciences Journal*, **50**, 493-508.

Klein, M. et Lichter, M. 2009. Statistical analysis of recent Mediterranean sea-level data. *Geomorphology*, **107**, 3-9.

Kouroutzoglou, J., Flocas, H.A., Simmonds, I., Keay, K. et Hatzaki, M. 2011. Assessing characteristics of Mediterranean explosive cyclones for different data resolution. *Theoretical and Applied Climatology*, **105**¸263-275.

Leduc, C., Ben Ammar, S., Favreau, G., Beji, R., Virrion, R., Lacombe, G., Tarhouni, J., Aouadi, C., Zenati Chelli, B., Jebnoun, N., Oi, M., Michelot, J.L. et Zouari, K. 2007. Impacts of hydrological changes in the Mediterranean zone : environmental modifications and rural development in the Merguellil catchment, central Tunisia. *Hydrological Sciences Journal*, **52**, 1162-1178.

Lhomme, J.P., Mougou, R. et Mansour, M. 2009. Potential impact of climate change on durum wheat cropping in Tunisia. *Climatic Change*, **96**, 549-564.

Lionello, P. et Giorgi, F. 2007. Winter precipitation and cyclones in the Mediterranean region : future climate scenarios in a regional simulation. *Advances in Geosciences*, **12**, 153-158.

Ludwig, R., Soddu, A., Duttman, R. et coll. 2010. Climate-induced changes in the hydrology of Mediterranean basins – a research concept to reduce uncertainty and quantify risk. *Fresenius Environmental Bulletin*, **19**, 2379-2384.

Mangiarotti, S. 2007. Coastal sea level trends from TOPEX Poseidon satellite altimetry and tide gauge data in the Mediterranean Sea during the 1990s. *Geophysical Journal International*, **170**, 132-144.

Marcos, M. et Tsimplis, M.N. 2007. Forcing of coastal sea level rise patterns in the North Atlantic and the Mediterranean Sea. *Geophysical Research Letters*, **18**, L18604.

Marcos, M. et Tsimplis, M.N. 2008. Comparison of results of AOGCMs in the Mediterranean Sea during the 21st century. *Journal of Geophysical Research-Oceans*, **113**, C12028.

Mariotti, A. 2010. Recent changes in the Mediterranean water cycle : A pathway toward long-term regional hydroclimatic change? *Journal of Climate*, **23**, 1513-1525.

Medany, M. 2008. Impact of climate change on Arab countries. *Arab environment : Future challenges*, http://www.afedonline.org/afedreport/english/book9.pdf

MedCLIVAR, 2004. *White Paper on Mediterranean Climate Variability and Predictability*. http://web.lmd.jussieu.fr/~li/gicc_medwater/bibliographie/MedCLIVAR_WP.pdf

Milly, P.C.D., Dunne, K.A. et Vecchia, A.V. 2005. Global pattern of trends in streamflow and water availability in a changing climate. *Nature*, **438**, 347-350.

Mitchell, T.D., Hulme, M. et New, M. 2002. Climate data for political areas. *Area*, **34**, 109-112.

Mougou, R., Abou-Hadid, A., Iglesias, A., Medany, M., Nafti, A., Chetali, R., Mansour, M. et Eid, H. 2008. Adapting dryland and irrigated cereal farming to climate change in Tunisia and Egypt. Dans : Leary, N., Adejuwon, J., Barros, V., Burton. I., Kulkarni, J. et Lasco, R. (eds.) *Climate change and adaptation*, Chapter 10. International Institute for Environment and Development, Londres.

Mougou, R., Mansour, M., Iglesias, A., Chebbi, R.Z. et Battaglini, A. 2011. Climate change and agricultural vulnerability : a case study of rain-fed wheat in Kairouan, Central Tunisia. *Regional Environmental Change*, **11**, S137-S142.

Nasr, Z., Amohammed, H., Gafrej Lahache, R., Maag, C. et King, L. 2008. Drought modelling under climate change in Tunisia during the 2020 and 2050 periods. *Options Méditerranéennes Series A*, **80**, 365-369.

Nasri, S., Albergel, J., Cudennec, C. et Berndtsson, R. 2004. Hydrological processes in macrocatchment water harvesting the arid region of Tunisia : the traditional system of tabias. *Hydrological Sciences Journal*, **49**, 261-272.

Omrani, N. et Burger, D. 2012. Water management issues in Southern Tunisia under a climate change context. *Climate change and sustainable use of water resources. Part 2.* Springer, ?????, p. 225-235.

Orlandi, F., Msallem, M., Bonofiglio, T., et coll. 2010. Relationship between olive flowering and latitude in two Mediterranean countries (Italy and Tunisia). *Theoretical and Applied Climatology*, **102**, 265-273.

Ouachani, R., Bargaoui, Z. et Ouarda, T. 2012. Power of teleconnection patterns on precipitation and streamflow variability of upper Medjerda Basin. *International Journal of Climatology*, doi :10.1002/joc.3407.

Oueslatia, A. 1992. Salt marshes in Gulf-of-Gabes (southeastern Tunisia) – their morphology and recent dynamics. *Journal of Coastal Research*, **8**, 727-733.

Oueslatia, A. 1995. The evolution of low Tunisian coasts in historical times – from progradation to erosion and salinization. *Quaternary International*, **30**, 41-47.

Pal, J.S., Giorgi, F., Bi, X. et coll. 2007. RegCM3 and RegCNET : Regional climate modeling for the developing world. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 88, 1395-1409.

Pielke, R.A. Sr. et Wilby, R.L. 2012. Regional climate downscaling – what's the point? *Eos*, in press.

Ragab, R. et Prudhomme, C. 2002. Climate change and water resources management in arid and semi-arid regions : Prospective and challenges for the 21st century. *Biosystems Engineering*, **81**, 3-34.

Raible, C.C., Ziv, B., Saaroni, H. et Wild, M. 2010. Winter synoptic-scale variability over the Mediterranean Basin under future climate conditions as simulated by the ECHAM5. *Climate Dynamics*, **35**, 473-488.

République tunisienne, 2001. *First National Communication under the United Nations Framework Convention on Climate Change*. Ministry of Environment and Land Planning, Republic of Tunisia, 25 p.

Sâadaoui, M et Sakka, M. 2007. Pluviométrie en Méditerranée occidentale et Oscillation nord-atlantique. *Publication de l'Association Internationale de Climatologie*, **20**, 17-22.

Scheumann, W. et Alker, M. 2009. Cooperation on Africa's transboundary aquifers – conceptual ideas. *Hydrological Sciences Journal*, **54**, 793-802.

Shahin, M. 2007. *Water resources and hydrometeorology of the Arab region*. Water Science and Technology Library, Volume 59. Springer, The Netherlands, 586 p.

Slimani, M., Cudennec, C. et Feki, H. 2007. Structure du gradient pluviométrique de la transition Méditerranée-Sahara en Tunisie : determinants géographiques et saisonnalité. *Hydrological Sciences Journal*, **52**, 1088-1102.

Smith, J.B. 1996. Development of adaptation measures for water resources. *International Journal of Water Resources Development*, **12**, 151-163.

Tebaldi, C., Hayhoe, K., Arblaster, J.M. et Meehl, G.A. 2006. Going to extremes : An intercomparison of model-simulated historical and future change in extreme events. *Climatic Change*, **79**, 185-211.

Thompson, J.R et Flower, R.J. 2009. Environmental science and management of coastal lagoons in the Southern Mediterranean region : key issues revealed by the MELMARINA Project. *Hydrobiologia*, **622**, 221-232.

Tsimplis, M.N., Marcos, M. et Somot, S. 2008. 21st century Mediterranean sea level rise : Steric and atmospheric pressure contributions from a regional model. *Global and Planetary Change*, **63**, 105-111.

van der Linden P. et Mitchell, J.F.B. (eds.) 2009. *ENSEMBLES : Climate change and its impacts : Summary of research and results from the ENSEMBLES project*. Met Office Hadley Centre, Exeter, UK, 160 p.

Vargas-Yanez, M., Garcia, M.J., Salat, J., Garcia-Martinez, M.C., Pascual, J. et Moya, F. 2008. Warming trends and decadal variability in the western Mediterranean shelf. *Global and Planetary Change*, **63**, 177-184.

Vargas-Yanez, M., Moya, F., García-Martínez, M.C. Tel, E., Zunino, P., Plaza, F., Salat, J., Pascual, J., López-Jurado, J.L. et Serra, M. 2010a. Climate change in the western Mediterranean sea 1900-2008. *Journal of Marine Systems*, **82**, 171-176.

Vargas-Yanez, M., Zunino, P., Benali, A. Delpy, M., Pastre, F., Moya, F., García-Martínez, M.C. et Tel., E. 2010b. How much is the western Mediterranean really warming and salting? *Journal of Geophysical Research-Oceans*, **115**, C04001.

Vörösmarty, C.J., McIntryre, P.B., Gessner, M.O. 2010. Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, **467**, 555-561.

Wilby, R.L. et Dessai, S. 2010. Robust adaptation to climate change. *Weather*, **65**, 180-185.

Wilby, R.L., Dawson, C.W. et Barrow, E.M. 2002. SDSM - a decision support tool for the assessment of regional climate change impacts. *Environmental and Modelling Software*, **17**, 145-157.

Wilby, R.L., Troni, J., Biot, Y., et coll. 2009. A review of climate risk information for adaptation and development planning. *International Journal of Climatology*, **29**, 1193-1215.

Banque mondiale, 2011. *Climate Variability and Change : A Basin Scale Indicator Approach to Understanding the Risk to Water Resources Development and Management*. Water Papers, Banque mondiale, Washington, 139 p.

Zereini, F. et Hötzl, H. (Eds.) 2008. *Climatic Changes and Water Resources in the Middle East and North Africa*. Springer, Berlin, 552 p.

Zghibi, A., Zouhri, L. et Tarhouni, J. 2011. Groundwater modelling and marine intrusion in the semi-arid systems (Cap-Bon, Tunisia). *Hydrological Processes*, **25**, 1822-1836.

Annexe 1 Liste des stations météorologiques établissant des relevés quotidiens, dans les archives NCDC, en 2011

Référence OMM	Nom de la station	Latitude (°N)	Longitude (°E)	Élévation (m)	Années
607230	Béja	36°44’	9°11’	158	1988-
607140	Bizerte	37°15’	9°48’	5	1943-
607690	Djerba Mellita	33°52’	10°46’	4	1966-
607800	El Borma	31°41’	9°11’	258	1983-
607650	Gabès	33°53’	10°06’	5	1957-
607450	Gafsa	34°25’	8°49’	314	1957-
607403	Habib Bourguiba Int	35°46’	10°45’	2	1989-
607250	Jendouba	36°29’	8°48’	143	1943-
607350	Kairouan	35°40’	10°06’	68	1957-
607390	Kasserine	35°10’	8°50’	707	2001-
607640	Kébili	33°42’	8°58’	46	1988-
607200	Kélibia	36°51’	11°05’	29	1943-
607320	Le Kef	36°08’	8°42’	518	1989-
607420	Mahdia	35°30’	11°04’	12	2003-
607700	Médenine	33°21’	10°29’	116	1977-
607400	Monastir-Skanès	35°40’	10°45’	2	1943-
607750	Remada	32°19’	10°24’	300	1957-
607500	Sfax El-Maou	34°43’	10°41’	21	1960-
607480	Sidi Bouzid	35°00’	9°29’	354	1978-
607340	Siliana	36°04’	9°22’	443	1980-
607100	Tabarka	36°57’	8°54’	20	1974-
607380	Thala	35°33’	8°41’	1091	1977-
607600	Tozeur	33°55’	8°10’	86	1973-
607150	Tunis-Carthage	35°50’	10°14’	3	1943-
607255	Zine El Abidine Ben	36°05’	10°26’	21	2010-

Annexe 2 Inondations notables en Tunisie (*Dartmouth Flood Observatory*)

Lieu	Date	Durée (jours)	Morts	Personnes déplacées	Dommages (USD)	Notes
Région de Sabalet Ben Ammar. Bizerte Région de Tunis. Ariana, Manouba	13/10/2007	4	13	0	0	Les fortes pluies causent des crues éclair dans les oueds (lits de rivière asséchés). 8 morts et 8 disparus à Sabalet Ben Ammar.
Jandouba, Benzert	12/12/2003	2	7	0		Pluies les plus importantes depuis 30 ans le 12 décembre, plus de 7 pouces le long de la côte de la Tunisie. Inondations dans les vallées.
Région de Tunis.	16/09/2003	3	4	0		Pluies torrentielles pendant des jours. De nombreux secteurs de Tunis submergés. Pluies les plus importantes depuis 50 ans. Le 24 septembre, des pluies torrentielles sur Tunis, causant de nouvelles crues éclair.
Nord de la Tunisie - région de Siliana	25/01/2003	2	2	0		Les fortes précipitations ont continué en Tunisie depuis le DFO-015 de mi-janvier.
Tunisie du nord et de centre - province de Sbeitla, Iprovince de Le Kef. Jendouba, Béja, Manouba et Bizerte. Kasserine, Kairouan, Sidi Bouzid, Le Kef et Monastir.	14/01/2003	3	8	27000		Fortes pluies pendant une semaine en Tunisie après 4 années de sécheresse. Sorties des lits des rivières dans le nord-ouest. Pires inondations sur 10 ans.
Provinces : Kairouan, Sfax, Kasserine, Gafsa, Sidi Bou Zid, Tozeur, Nefta, Gabès	20/01/1990	13	25	152000	233 000 000	
Région du Cap Bon au nord de la Tunisie : Tunis, Gouvernorats de Tunis, Ben Arous, Ariana, Zaghouan, Nabeul, Kairouan, Kasserine, Bizerte, Béja, Jeouba	30/09/1986	4	20	500		

Source des données : http://floodobservatory.colorado.edu/index.html

CHAPITRE 3 : IMPACTS ECONOMIQUES DU CHANGEMENT CLIMATIQUE EN TUNISIE

Photograph by Dorte Verner

1. Introduction

L'impact du changement climatique sur les économies des pays se manifeste par le biais de différents canaux de transmission. La hausse des températures et les changements du régime des précipitations modifient les rendements tant des cultures irriguées que des cultures pluviales. La hausse incontrôlée
du niveau des mers entraîne la perte de terres et d'infrastructures et altère les paysages. Une fréquence accrue des sécheresses peut nuire à la production hydroélectrique et l'intensification des inondations peut augmenter de manière significative les besoins en investissements publics dans les infrastructures physiques (Stern 2006 ; Banque mondiale, 2007 ; Garnaut 2008 ; Yu, Thurlow, et coll. 2010 ; Yu, Zhu, et coll. 2010). Ces impacts au niveau d'un secteur auront des répercussions sur d'autres secteurs et, donc, sur la croissance économique, la sécurité alimentaire et les revenus des ménages.

Les effets économiques du changement climatique à l'échelle mondiale touchent également les pays à titre individuel par des changements dans l'approvisionnement alimentaire, les flux commerciaux, et le prix des produits de base (Nelson et coll. 2010 ; Breisinger et coll. 2011). Nelson et coll. (2009, 2010), par exemple, prévoient que les prix mondiaux des denrées alimentaires seront appelés à augmenter sensiblement en raison de la forte et continue croissance démographique mondiale, de l'évolution des habitudes de consommation alimentaire et du changement climatique Il est donc important de prendre en compte la hausse des prix alimentaires dans une évaluation de l'impact du changement climatique au niveau d'un pays. Le secteur agricole, les revenus des ménages et la sécurité alimentaire sont susceptibles d'être affectés différemment en fonction de la position nette d'importation ou
d'exportation du pays et de la position nette des ménages de consommation et de production des
produits de base spécifiques touchés.

Le développement futur de la Tunisie sera sans doute doublement affecté par le changement climatique, tant au niveau mondial que local, compte tenu du niveau relativement élevé de la dépendance du pays à l'égard des importations alimentaires. La Tunisie importe de 50 à 88 % des céréales et est un importateur net de nombreuses autres denrées alimentaires, ce qui résulte en un risque d'insécurité alimentaire modéré (Breisinger et coll. 2012). Ainsi, les impacts du changement climatique viennent s'ajouter aux défis de développement déjà considérables que doit gérer la Tunisie dans le cadre de l'éveil arabe. Dans ce contexte, le présent document évalue dans quelle mesure le changement climatique est susceptible d'affecter la Tunisie et doit donc être pris en compte dans les futures stratégies de développement. Il se concentre sur les impacts du changement climatique sur l'agriculture et le bien-être des ménages (en prenant en compte les effets sur l'ensemble de l'économie) et sur les effets de la hausse mondiale des prix des denrées alimentaires sur une période de trente ans, comme l'indique le modèle IMPACT de

l'IFPRI. Le reste de ce document est structuré comme suit. La section 2 présente le cadre analytique et empirique de l'étude et décrit chacune de ses composantes. La section 3 présente les résultats de l'évaluation des impacts du changement climatique au niveau local, mondial, et en les combinant, et la section 4 présente les conclusions.

2. Cadre analytique et empirique

Impacts à l'échelle mondiale : Modèle IMPACT de l'IFPRI

Les problèmes que pose la modélisation des impacts du changement climatique doivent être abordés en ayant à l'esprit les innombrables processus qui sous-tendent le fonctionnement des marchés, des écosystèmes et le comportement humain[1]. Le cadre analytique utilisé dans le présent document intègre diverses composantes de modélisation – de macro à micro, et des processus résultant de l'économie jusqu'à ceux qui sont essentiellement de nature biophysique. Cette section donne un aperçu du modèle, des données et des hypothèses ; des détails techniques supplémentaires peuvent être trouvées dans Rosegrant et coll. (2008) et Nelson et coll. (2009, 2010).

Le Modèle international pour l'analyse de politiques de la production et du commerce agricoles (IMPACT) est un modèle d'équilibre partiel agricole englobant 32 produits de base de culture et d'élevage, incluant céréales, soja, racines et tubercules, viandes, lait, œufs, graines oléagineuses, tourteaux et farines d'oléagineux, sucre, et fruits et légumes. IMPACT distingue 115 pays (ou dans quelques cas des agrégats de pays), et au sein de chacun d'eux détermine l'offre, la demande et les prix des produits de base agricoles. Les grands pays sont en outre divisés en grands bassins fluviaux. Les résultats sont exprimés en unités de production alimentaire (FPU). Le modèle analyse les flux de commerce international entre les différents pays et régions en utilisant une série d'équations linéaires et non linéaires pour évaluer les relations sous-jacentes de production et de demande. Les prix mondiaux des produits de base agricoles sont déterminés chaque année par le jeu des cotations sur les marchés internationaux. La croissance de la production agricole dans chaque pays est déterminée par les prix des cultures et des intrants, et par des paramètres exogènes comme le taux d'amélioration de la productivité, l'expansion des surfaces cultivées, l'investissement en irrigation et la disponibilité d'eau. La demande dépend des prix, du revenu et de l'accroissement de la population et est subdivisée en quatre catégories de demande de produits de base : alimentation humaine, alimentation animale, biocombustibles et autres usages.

Le système de modélisation du changement climatique IMPACT combine un modèle biophysique (le modèle de simulation des cultures *Système d'aide à la décision en matière de transfert de technologie agricole] DSSAT Jones et coll. 2003) de réponses des cultures sélectionnées au climat, au sol, et aux nutriments, avec le modèle de répartition spatiale de la

production de l'IFRI et ses séries de données sur les localisations et les techniques de gestion des cultures (You et Wood 2006). Ces résultats sont ensuite agrégés et introduits dans IMPACT. Pour le climat futur, nous utilisons le quatrième rapport d'évaluation du Groupement intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) des Nations Unies sur les changements climatiques qui se base sur les modèles Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) A1B et Model for Interdisciplinary Research on Climate (MIROC) A1B Pour plus d'informations sur la méthodologie de réduction d'échelle, veuillez-vous référer à Breisinger et coll. (2011). Cette section s'inspire de Nelson et coll. (2009). Nous supposons que la valeur des rendements des cultures ainsi modélisés change régulièrement entre 2000 et 2050. Cette hypothèse élimine les phénomènes aléatoires extrêmes tels que les sécheresses ou les périodes de fortes précipitations. Plus précisément, ces phénomènes ne représentent qu'une partie de la population des réalisations climatiques conduisant aux rendements modélisés à partir desquels le rendement moyen est calculé. Ceci suppose également que les effets de forçage des émissions de gaz à effet de serre évoluent régulièrement ; c'est à dire qu'on ne constate pas une accélération progressive du changement climatique. L'effet de cette hypothèse conduit à sous-estimer les effets négatifs de la variabilité du climat.

Impacts locaux : Impacts sur les rendements

Les changements des rendements sont déterminés pour les 7 principales zones agroécologiques (ZAE) de la Tunisie. Les rendements projetés proviennent de simulations utilisant les modèles de cultures du cadre de modélisation des cultures DSSAT. Le modèle de simulation des cultures DSSAT est un modèle, axé sur les processus, extrêmement détaillé analysant l'évolution quotidienne d'une culture, de la plantation jusqu'au moment où elle est prête à être récoltée (Jones et coll. 2003). Nous avons étudié trois cultures importantes de la Tunisie : blé, orge et pommes de terre (Le modèle d'équilibre général calculable dynamique (EGCD) décrit dans la section suivante utilise plusieurs données de sorties du modèle d'équilibre partiel mondial IMPACT comme facteurs des aspects agricoles et des effets du changement climatique connexes. En tant que modèle à l'échelle mondiale, les facteurs du changement climatique dans IMPACT sont basés sur une résolution qui est relativement grossière quand on la compare à un pays de taille moyenne comme le Yémen. Ainsi, même si les projections mondiales sont utiles en tant que conditions limites pour le modèle EGC au niveau du pays, les facteurs de réaffectation de la production dans les régions d'un pays peuvent être améliorés, s'il existe suffisamment de données locales disponibles). Les modèles de simulation des cultures DSSAT sont basés sur les processus. Ils exigent une grande quantité de données d'entrée, mais ils peuvent ensuite parcourir la saison prospective sur une base quotidienne et modéliser la façon dont la plante pousse, utilise de l'eau et des nutriments, réagit aux conditions climatiques, et finit par accumuler une masse dans la partie récoltée de la plante. Cette spécificité fait des modèles de culture un outil puissant pour évaluer les effets potentiels du changement climatique sur les rendements des cultures à un niveau géographique très localisé, pouvant ensuite être agrégés en vue d'une utilisation dans les modèles économiques.

Les données d'entrée les plus importantes pour cette application ont été le choix des dates de plantation et les conditions climatiques. Les dates de semis ont été choisies comme suit. Le blé est planté dans la saison de plantation la plus utilisée, c'est à dire novembre. Il a été plus difficile de déterminer le mois de plantation de l'orge et des pommes de terre. Ces cultures ont été plantées tous les mois et le mois présentant le rendement le plus élevé a été choisi comme le plus probable. Les conditions initiales du sol pour toutes les cultures ont été définies comme contenant une petite quantité d'humidité et d'azote ainsi que des résidus provenant des activités de production antérieures.

Les conditions climatiques ont été choisies pour être compatibles avec celles des projections des prix sur le marché mondial d'IMPACT : référence 2000 et projection climatique 2050 telle que projetée par les réductions d'échelle CSIRO A1B et MIROC A1B du produit FutureClim (Jones et coll., 2010). En général, les tendances saisonnières de la température et des précipitations ne changent pas beaucoup entre le niveau de référence et les projections 2050, de sorte que la même stratégie de plantation a été utilisée dans les deux cas. Bien sûr, les températures et la pluviométrie changent, aboutissant à des rendements parfois radicalement différents. Comme les modèles de simulation des cultures requièrent des données météorologiques quotidiennes alors que les données climatiques sont disponibles en moyennes mensuelles, un générateur aléatoire climatique a été utilisé dans le cadre DSSAT (SIMMETEO) pour créer les réalisations quotidiennes compatibles avec les moyennes mensuelles. Pour chaque localisation, des simulations sur 80 années ont été appliquées en utilisant différentes conditions météorologiques pour chacun d'elles. Le rendement final pour chaque localisation est la moyenne de ces 80 répétitions.

Une fois que les rendements ont été déterminés pour chaque pixel de 5 minutes d'arc en Tunisie, ils ont été agrégés au niveau de la ZAE. Les rendements ZAE ont été calculés comme le rendement moyen pondéré par zone. Les rendements prévus pour chaque pixel ont été multipliés par la superficie de production présumée dans ce pixel. On obtient le total de la production en les additionnant. En additionnant uniquement les superficies de production on obtient la superficie totale. Le rendement moyen s'obtient donc en divisant le total de la production par la superficie totale. Les superficies de production par culture dans chaque pixel ont été définies en utilisant les cartes du Modèle d'allocation des surfaces de production SPAM (You et coll. 2006 ; You et coll. 2000).

Le Modèle d'équilibre général calculable dynamique de la Tunisie

Le changement climatique affecte les prix mondiaux et les productivités agricoles locales avec des conséquences directes pour l'agriculture et des conséquences indirectes pour les aliments transformés et l'économie toute entière. Nous avons donc développé un modèle dynamique récursif d'équilibre général calculable (EGCD) pour la Tunisie qui distingue plusieurs secteurs agricoles et de transformation tandis que les secteurs restants de l'industrie et des services sont

fortement agrégés. Une description détaillée de la structure du modèle et des équations peut être trouvée dans Thurlow (2004).

Dans le modèle, les producteurs sont des preneurs de prix sur les marchés des produits et des intrants et maximalisent les bénéfices par l'utilisation de technologies à rendement d'échelle constant. Les demandes de facteurs primaires sont dérivées des fonctions à élasticité de substitution constante (CES) de valeur ajoutée, tandis que la demande d'intrants intermédiaires par groupe de produits de base est déterminée par une technologie à coefficient fixe de Leontief. L'arbitrage des producteurs entre la production pour les marchés nationaux et étrangers est régi par les fonctions à élasticité de transformation constante (CET) qui font la distinction entre les produits exportés et nationaux dans chaque groupe de produits de base échangés en vue de capter toutes les différences liées à la qualité entre les deux produits. En vertu de l'hypothèse de petit pays, la Tunisie est soumise à des courbes de demande mondiale parfaitement élastiques pour ses exportations à des prix mondiaux fixes. Du côté de la demande, les produits importés et nationaux sont traités comme des substituts imparfaits dans la demande finale et la demande intermédiaire en vertu d'une spécification CES d'Armington. Les ménages utilisent leurs revenus pour consommer des produits de base selon une spécification de système de dépenses linéaire (LES).

Le modèle comporte trois catégories de travail, dont tous les types sont supposés en plein emploi et mobiles entre tous les secteurs. L'hypothèse du plein emploi est compatible avec la constatation que dans l'ensemble, bien que relativement peu de personnes soient employées dans le secteur formel, la grande majorité des personnes en âge de travailler pratiquent des activités qui contribuent au PIB. Le capital est également supposé être totalement employé et mobile entre tous les secteurs pour tenir compte de la perspective à long terme de cette étude. Dans l'agriculture, les terres cultivées, qui se différencient en terres pluviales, irriguées et pérennes, sont spécifiques à un secteur, à savoir qu'elles ne peuvent pas être réaffectées entre les cultures en réponse à des chocs. En outre, les décisions culturales sont faites au début de la période, avant que la réalisation des chocs climatiques ne soit imposée.

Le modèle EGCD est fondé sur une matrice de comptabilité sociale 2001 établie par Chemingui. Elle a été spécifiquement conçue pour capter les effets économiques et de répartition des changements climatiques au Yémen. Compte tenu de l'importance de l'agriculture pour la génération de revenus et la satisfaction des besoins de consommation, le modèle tient compte du secteur de la production agricole et de ses liens avec d'autres secteurs tels que la transformation des aliments, l'industrie manufacturière et les services. Le modèle comprend 21 activités de production et produits de base, 7 facteurs de production, et 10 types de ménages, distingués par leur niveau de revenu. Les 11 activités de production agricole se répartissent entre élevage (1), pêche (1), foresterie (1) et activités de production agricole (8). Les autres secteurs de production et produits de base inclus dans le modèle sont la

transformation des aliments (8), les (autres) industries (1), et les services (1). Les groupes de ménages sont classés par déciles de revenu, mais peuvent être regroupés en 3 catégories de ménages, en fonction de leur principale source de revenu fonctionnel : le revenu du travail des ménages agricoles (ruraux) (déciles 1-3) provient à plus de 50 % du travail familial et du travail agricole ; dans les ménages non agricoles des zones rurales (déciles 4-6) le revenu du travail non-agricole domine ; les 4 déciles de revenus supérieurs (déciles 7-10) ne perçoivent aucun revenu du travail agricole (mais des revenus du capital et des terres) et sont classés comme ménages urbains. Cette différenciation des groupes de ménages nous permet de saisir les caractéristiques distinctives de la génération de revenus et de la consommation ainsi que les effets distributifs du changement climatique.

Le modèle est récursif et dynamique et s'applique de 2001 à 2030. Les investissements sont liés à l'épargne, et l'épargne augmente proportionnellement au revenu des ménages. Le capital est parfaitement mobile et totalement employé pour tenir compte de la perspective à long terme de l'analyse. La croissance moyenne de la main-d'œuvre tunisienne à long terme est supposée être de 2 %. Le facteur terre est fixe, ce qui signifie que la superficie de terre cultivée actuelle n'augmentera pas dans l'avenir. Cette hypothèse semble raisonnable compte tenu du potentiel de croissance limité du secteur agricole en raison de graves contraintes hydriques. Enfin, la productivité totale des facteurs (PTF) est supposée croître de 1,7 % par an pour les secteurs non agricoles et de 0,75 % par an pour les secteurs agricoles au cours de la période 2001-2030. Cette croissance de la PTF à deux vitesses représente le changement de structure prévu en vertu d'un scénario de statu quo que l'on observe dans de nombreux pays en mutation (Breisinger et Diao 2008).

Le modèle permet une certaine adaptation autonome aux changements climatiques. Les changements de rendement dans le modèle DSSAT sont entrés dans la fonction de production du modèle EGCD. Ces changements dans la productivité de cultures spécifiques et zones agro écologiques spécifiques changent la rémunération des facteurs et ont un impact sur les prix à la production. Par exemple, les ménages agricoles peuvent décider d'employer leurs facteurs de production, comme le travail, à des activités non agricoles au lieu de cultiver la terre et d'élever du bétail. Ou des denrées alimentaires importées peuvent remplacer les produits alimentaires cultivés localement, lorsque les prix relatifs des produits cultivés localement augmentent (et vice versa). Une série d'élasticités importantes conditionne ces ajustements, y compris l'élasticité de substitution entre les intrants primaires dans la fonction de production de valeur ajoutée, l'élasticité entre les biens produits et consommés localement et les biens exportés ou importés ; et l'élasticité du revenu dans les fonctions de la demande. Les élasticités-revenu de la Tunisie varient entre 0,3 pour les céréales et 2,2 pour les services. Pour l'élasticité de substitution des facteurs, nous avons choisi 3,0, l'élasticité de transformation est de 4,0 et l'élasticité d'Armington est de 6,0 pour tous les biens et services.

Sur la base du modèle EGCD, nous avons établi trois ensembles de scénarios. La première série de scénarios appréhende les impacts mondiaux du changement climatique, tandis que la deuxième série de scénarios évalue les impacts locaux du changement climatique. La troisième série combine les deux pour évaluer les effets conjoints (Tableau 2.1). Dans la première série de scénarios, nous envisageons trois variantes : le scénario 1 fait varier les prix mondiaux des denrées alimentaires en cohérence avec les résultats du modèle IMPACT dans un scénario d'atténuation parfaite du changement climatique. Le scénario 1A explore les effets de prix liés au changement climatique selon MIROC A1B, avec l'hypothèse qu'aucun impact du changement climatique n'est ressenti localement en Tunisie. Le scénario 1B est un scénario de test de la sensibilité des résultats à des projections de prix différentes selon CSIRO A1B. Le scénario 2 impose les changements de rendement du modèle DSSAT au niveau de chacune des cultures. Ils comprennent des changements dans les rendements du blé, des autres céréales (orge) et des légumes (pomme de terre) tirés directement du modèle DSSAT. En l'absence d'informations plus précises et cohérentes avec la littérature, nous supposons que les rendements d'autres cultures agricoles, comme les fruits et les olives, sont également affectés négativement. Les résultats pour les scénarios 1A-3B sont déclarés comme un changement par rapport au scénario d'atténuation mondiale parfaite pour isoler les effets du changement climatique.

Tableau 2.1— Scénarios de changement climatique

Scénario	Changement dans le modèle	Données d'entrée
Référence	Voir le texte	Voir le texte
Impacts globaux du changement Climatique		
Scénario 1	Atténuation parfaite, par rapport à la base	IMPACT, atténuation parfaite
Scénario 1A	Changement climatique	IMPACT, MIROC A1B
Scénario 1 B	Changement climatique	IMPACT, CSIRO A1B
Impacts locaux du changement climatique		
Scénario 2 A	Changement du rendement des cultures	DSSAT MIROC A1B
Scénario 2 B	Changement du rendement des cultures	DSSAT CSIRO A1B
Impacts conjoints du changement Climatique		
Scénario 3 A	1A et 2A	IMPACT et DSSAT, MIROC A1B
Scénario 3 B	1 B et 2 B	IMPACT et DSSAT, CSIRO A1B

Source : Compilation des auteurs.

3. Impacts économiques du changement climatique en Tunisie

Avant de passer aux simulations, nous décrivons brièvement quelques caractéristiques structurelles de l'économie de la Tunisie en vue de préparer la voie à l'évaluation des impacts du changement climatique.

Structure de l'économie tunisienne

L'agriculture tient une place importante dans l'économie tunisienne, représentant de 12 à 16 % du PIB, en fonction du volume de la récolte. Le secteur employait 22 % de la population active du pays en 1998. Les deux cultures d'exportation les plus importantes sont les céréales et l'huile d'olive, avec près de la moitié des terres cultivées affectées à la production de céréales et un autre tiers planté d'oliviers. La Tunisie est l'un des plus grands producteurs et exportateurs mondiaux d'huile d'olive, elle exporte aussi des dattes et des agrumes. La Tunisie demeure l'un des rares pays arabes qui produit la plupart des produits laitiers, légumes, fruits et viande rouge consommés dans le pays. Depuis les années 80, la production agricole a augmenté d'environ 40 %, et les exportations de denrées alimentaires ont considérablement augmenté.

Le secteur agricole tunisien est à forte intensité de main-d'œuvre et n'utilise que très faiblement les engrais et les pesticides. Les terres agricoles sont en majorité divisées en petites exploitations, ce qui réduit considérablement l'efficacité de la production. Près de 80 % des exploitations agricoles font moins de 20 hectares, et seulement 3 % s'étendent sur plus de 50 hectares. Les sécheresses graves, comme celle de 2000, se sont avérées extrêmement coûteuses. La Tunisie fait partie des pays pauvres sur le plan hydraulique. Sa pluviométrie est principalement déterminée par la pénurie et la variabilité spatiale et temporelle (Mougou et coll., 2002). La variabilité et la pénurie des ressources en eau et des températures élevées affectent négativement la production de l'agriculture en sec, en particulier les céréales dont la culture est essentiellement non irriguée (la grande majorité de la superficie céréalière est cultivée en sec).

La Tunisie est aussi un importateur net de produits alimentaires essentiels, notamment les céréales, cultures fourragères et aliments transformés. L'orientation vers le commerce du secteur agricole est dans l'ensemble très faible et irrégulière, avec des importations supérieures à 15 % de la consommation nationale totale et des exportations ne représentant que moins de 5 % de la production intérieure. L'agriculture et les activités de transformation connexes contribuent au PIB à hauteur d'environ 17 %. Les denrées alimentaires et les activités de transformation des produits agricoles connexes représentent environ 30 % des dépenses de consommation des ménages. Dans cette catégorie, les aliments transformés représentent la plus grande part de la consommation, suivis par les fruits et légumes (Tableau 3.1).

Tableau 1 - Structure de l'économie tunisienne par secteur, 2001

	Part du PIB	Part de la consommation privée	Part des exportations	Intensité des exportations	Part des importations	Intensité des importations
Blé	1,2	0,1	0,1	3,7	1,9	47,5
Autres céréales	0,2	0,1			2,1	87,8
Légumineuses	0,4	0,3			0,1	8,3
Cultures fourragères	0,2	0,0	0,0	3,6	0,6	67,7
Olives	0,8	0,0				
Autres fruits	2,7	3,8	1,1	13,3	0,1	1,5
Légumes	2,4	3,5			0,2	2,5
Agriculture autre	0,1	0,1	0,1	16,9	0,1	32,8
Élevage	4,2	1,6			0,1	1,5
Foresterie	0,3	0,3			0,0	7,4
Pêche	1,1	1,6	0,2	4,9	0,2	5,6
Viande	0,3	4,9				
Lait et produits laitiers	0,6	2,1			0,2	9,5
Meunerie et produits connexes	0,8	4,1	0,4	3,9	0,2	2,7
Huiles	0,4	1,1	1,7	36,2	1,1	35,7
Produits alimentaires en conserve	0,2	0,8	1,1	33,6	0,1	10,7
Sucre et produits connexes	0,3	1,4	0,1	2,8	0,7	32,1
Autres produits alimentaires	0,5	4,9	0,7	5,8	0,8	12,1
Boissons	0,6	1,2	0,3	4,8	0,3	9,2
Autres industries	29,7	33,2	79,8	35,3	85,6	46,2
Services	53,3	35,0	14,5	9,9	5,8	5,5
Total, dont			100,0	21,2	100,0	28,4
Agriculture	13,4	11,3	1,5	3,5	5,4	16,4
Produits non agricoles	86,6	88,7	98,5	23,0	94,6	29,7

Source : Modèle EGCD Tunisie

La répartition des ménages en fonction des caractéristiques socio-économiques, telles que leur localisation et leur occupation, permet d'analyser les effets de revenu et distributifs du changement climatique. Les ménages agricoles, qui représentent 30 % de la population totale (selon notre classification), gagnent environ 9 % du total des revenus des ménages, tandis que les ménages ruraux non agricoles représentent 30 % de la population et 19 % des revenus, et les ménages urbains, 40 % et 70 % (voir le Tableau 3.2).

Ménages	Travail agricole	Travail familial	Travail non agricole	Capital	Terres de culture en sec	Terres irriguées	Terres pérennes	Entreprises	ROW	Total	Population	Re h
Décile1	97,0	250,0	111,7	8,1	0,1	0,2	0,2	0,1	7,1	474,5	945 600	
Décile 2	121,2	194,9	220,9	91,7	1,3	1,9	2,7	1,1	95,6	731,3	945 600	
Décile 3	143,4	151,4	321,5	168,6	2,4	3,5	5,0	2,1	165,5	963,4	945 600	
Décile 4	119,1	157,8	438,0	257,8	3,6	5,4	7,6	3,2	238,2	1 230,7	945 600	
Décile 5		120,3	554,6	347,0	4,9	7,3	10,2	4,3	450,8	1 499,4	945 600	
Décile 6		79,3	904,3	769,2	10,8	16,1	22,6	9,6	26,0	1 837,9	945 600	
Décile 7			1 083,3	906,2	12,8	19,0	26,6	11,3	226,3	2 285,5	945 600	
Décile 8			1 315,2	1 083,6	15,3	22,7	31,8	13,5	335,7	2 817,8	945 600	
Décile 9			1 789,4	1 446,4	20,4	30,3	42,5	18,0	579,7	3 926,7	945 600	
Décile 10			3 369,8	2 655,8	27,4	65,4	77,9	33,1	1 388,2	7 617,6	945 600	
Agricole	361,6	596,3	654,1	268,4	3,8	5,6	7,9	3,3	268,2	2 169,2	2 836 800	
Non agricole	119,1	357,4	1 896,9	1 374,0	19,3	28,8	40,4	17,1	715,0	4 568,0	2 836 800	
Urbain			7 557,7	6 092,0	75,9	137,4	178,8	75,9	2 529,9	16 647,6	3 782 400	
Total rural	480,7	953,7	2 551,0	1 642,4	23,1	34,4	48,3	20,4	983,2	6 737,2	5 673 600	
Total	480,7	953,7	10 108,7	7 734,4	99,0	171,8	227,1	96,3	3 513,1	23 384,8	9 456 000	

Tableau 3.2 – Tunisie : Sources de revenus des ménages (par type de revenu et catégorie de ménage), 2001

Source : Modèle EGCD Tunisie

Par définition, les niveaux de revenu des ménages sont étroitement liés aux dotations en facteurs et capital humain. Les revenus des ménages agricoles proviennent en majeure partie du travail de la main- d'œuvre familiale et du travail agricole (chacun, environ 30 %), tandis que les ménages urbains et ruraux non agricoles dépendent du travail et du capital non agricoles (voir le Tableau 3.3).

Tableau 3.3 – Tunisie : Structure des sources de revenus des ménages (par type de revenu et catégorie de ménage), 2001

Ménages	Travail agricole	Travail familial	Travail non agricole	Capital	Terres de cultures en sec	Terres irriguées	Terres pérennes	Entreprises	ROW	Total

Décile1	20,4	52,7	23,5	1,7	0,02	0,04	0,04	0,02	1,5
Décile 2	16,6	26,7	30,2	12,5	0,18	0,26	0,37	0,15	13,1
Décile 3	14,9	15,7	33,4	17,5	0,25	0,36	0,52	0,22	17,2
Décile 4	9,7	12,8	35,6	20,9	0,29	0,44	0,62	0,26	19,4
Décile 5		8,0	37,0	23,1	0,33	0,49	0,68	0,29	30,1
Décile 6		4,3	49,2	41,9	0,59	0,88	1,23	0,52	1,4
Décile 7			47,4	39,6	0,56	0,83	1,16	0,49	9,9
Décile 8			46,7	38,5	0,54	0,81	1,13	0,48	11,9
Décile 9			45,6	36,8	0,52	0,77	1,08	0,46	14,8
Décile 10			44,2	34,9	0,36	0,86	1,02	0,43	18,2
Agricole	16,7	27,5	30,2	12,4	0,18	0,26	0,36	0,15	12,4
Non agricole	2,6	7,8	41,5	30,1	0,42	0,63	0,88	0,37	15,7
Urbain			45,4	36,6	0,46	0,83	1,07	0,46	15,2
Total rural	7,1	14,2	37,9	24,4	0,34	0,51	0,72	0,30	14,6
Total	2,1	4,1	43,2	33,1	0,42	0,73	0,97	0,41	15,0

Source : Modèle EGCD Tunisie

C'est en nous basant sur ces caractéristiques structurelles de l'économie tunisienne et de ses ménages que nous analysons dans les prochaines sections les impacts potentiels du changement climatique.

Impacts du changement climatique sur les prix mondiaux des denrées alimentaires et les rendements locaux

Impacts du changement climatique à l'échelle mondiale

Les prix alimentaires mondiaux devraient augmenter en raison des effets démographiques et de revenus, renforcés par le changement climatique. La Figure 3.1 illustre les effets des scénarios de changement climatique de deux modèles climatiques mondiaux sur les prix alimentaires mondiaux (CSIRO A1B et MIROC A1B). Elle illustre également les effets de prix dans un scénario d'atténuation parfaite. En atténuation parfaite, les prix mondiaux des cultures importantes, telles que le blé et le maïs, vont augmenter entre 2000 et 2030 dans les deux scénarios, tirés par la croissance de la population et des revenus et la demande de biocarburants. Les projections d'augmentation des prix du blé et du maïs s'établissent respectivement à 63 % et 39 %. Le changement climatique amène des hausses de prix supplémentaires — au total de 52 à 55 % pour le maïs et de 94 à 111 % pour le blé (Nelson et coll. 2009)[3]. Les prix des fruits et légumes et du coton ne changent quasiment pas sur la période dans le scénario d'atténuation parfaite, mais ils devraient considérablement augmenter en raison du changement climatique. L'élevage n'est pas directement affecté par le changement climatique dans IMPACT. Toutefois, les effets de la hausse des prix de l'alimentation animale causée par le changement climatique se répercutent sur l'élevage, ce qui entraîne des prix de la viande un peu plus élevés.

[3] Outre les divers modèles climatiques mondiaux (MCM), Nelson et coll. (2010) incluent également des hypothèses - faible, moyen, élevé - sur la croissance de la population et du PIB par habitant. Nous avons utilisé l'hypothèse moyenne pour cette étude.

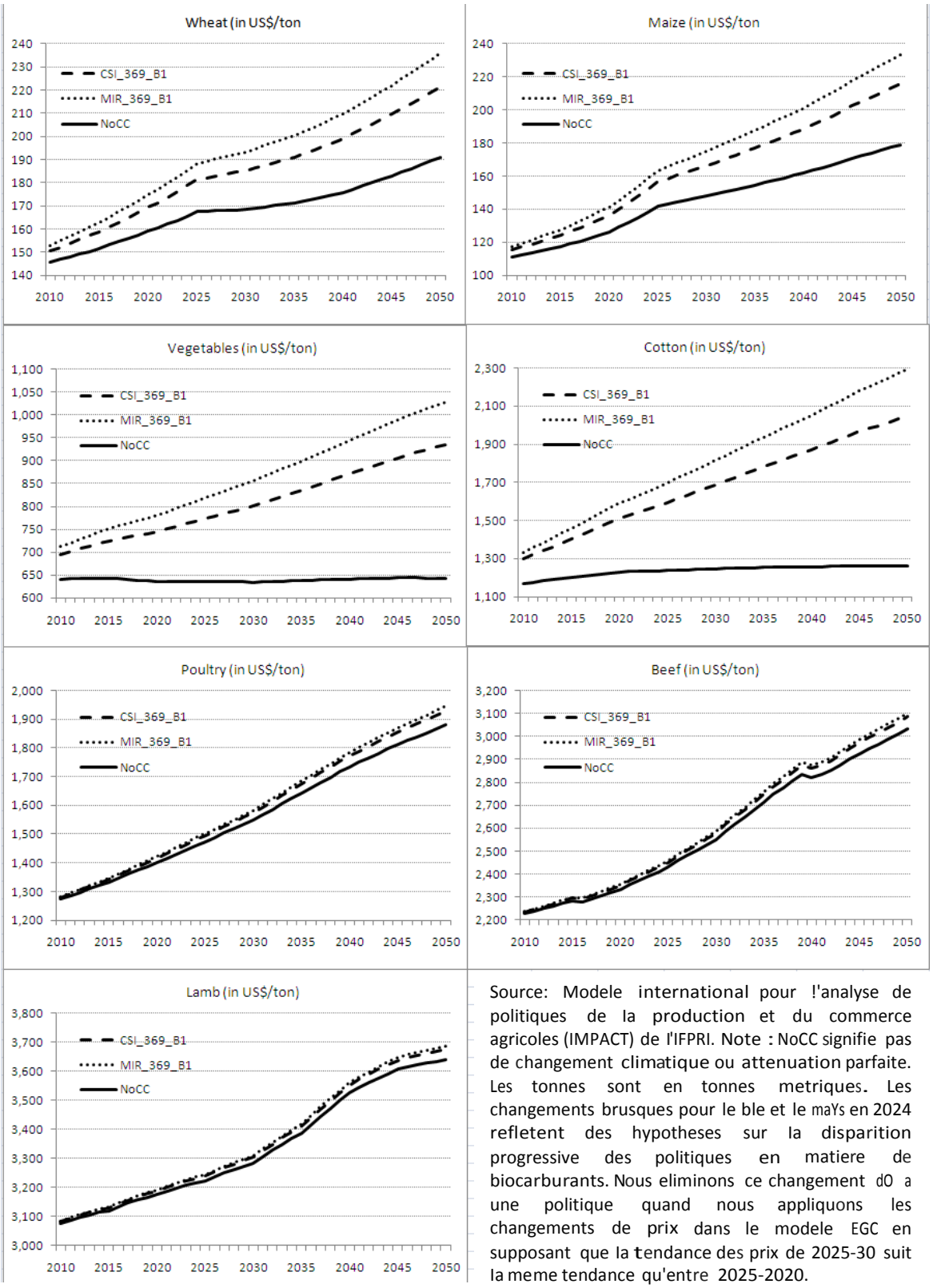


Figure 3.1 — Scenarios de prix alimentaires mondiaux

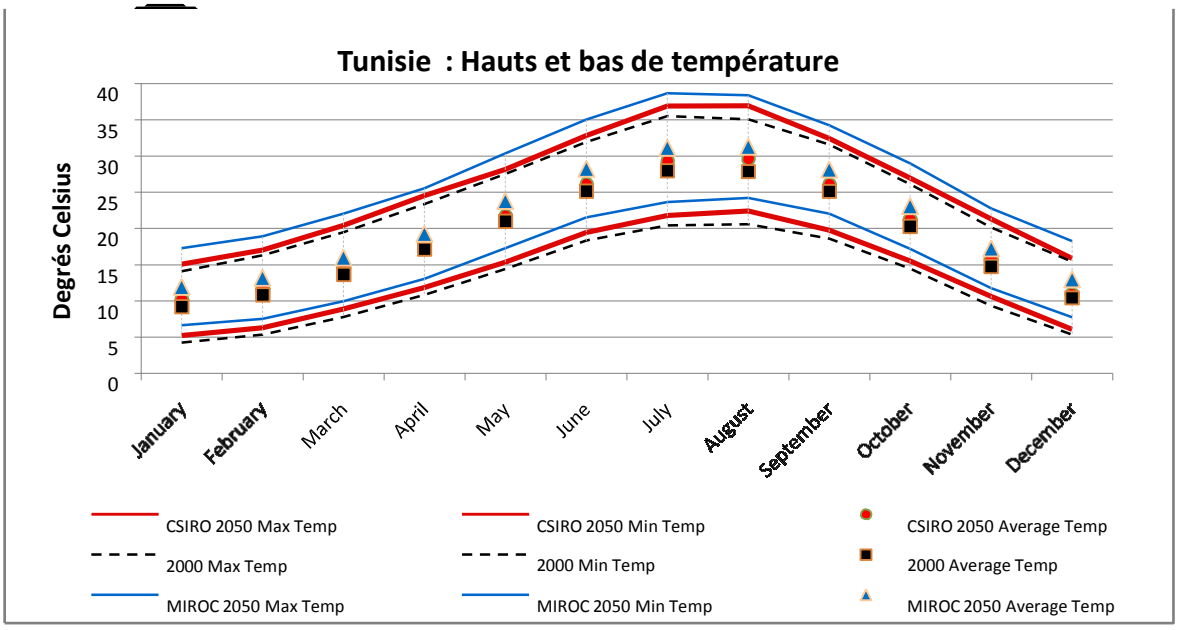
Source: Modele international pour l'analyse de politiques de la production et du commerce agricoles (IMPACT) de l'IFPRI. Note : NoCC signifie pas de changement climatique ou attenuation parfaite. Les tonnes sont en tonnes metriques. Les changements brusques pour le ble et le maYs en 2024 refletent des hypotheses sur la disparition progressive des politiques en matiere de biocarburants. Nous eliminons ce changement dO a une politique quand nous appliquons les changements de prix dans le modele EGC en supposant que la tendance des prix de 2025-30 suit la meme tendance qu'entre 2025-2020.

Impacts locaux du changement climatique

Variations des températures et des précipitations en Tunisie

Les résultats des projections climatiques en réduction d'échelle montrent que les températures sont en hausse par rapport à leur contrepartie de référence dans les deux scénarios des modèles climatiques mondiaux (MCM) CSIRO et MIROC. Cependant, la variation des températures par rapport à leurs équivalents de référence — tant minimum que maximum — diffère dans les scénarios CSIRO et MIROC (Figure 3.4). Les variations de la température dans le scénario MIROC sont les plus élevées, suivies par les variations de la température prévues dans le scénario CSIRO. En août, la température maximale mensuelle du modèle MIROC dépasse de 3,4 degrés Celsius les températures de référence maximales de ce mois, et de 3,1 degrés Celsius celles de la base de référence des températures mensuelles moyennes des mois de juillet. Dans le scénario MIROC, les variations sont beaucoup plus importantes tant pour les températures minimales que maximales. Sur une année entière, le scénario MIROC annonce pour 2050 une hausse de plus de 2,2°C des températures minimales par rapport aux températures de référence, et entre juin et septembre, le scénario MIROC indique que les températures minimales dépasseront leurs valeurs de référence de plus de 3,2 degrés Celsius. Le scénario MIROC indique aussi que les températures maximales vont également augmenter par rapport à leurs valeurs de base . Sur l'ensemble de l'année dans le scénario MIROC, les températures maximales augmentent de plus de 2 degrés Celsius, et sur quatre mois de l'année, les pics de température devraient dépasser de plus de 3 degrés Celsius leurs équivalents de référence.

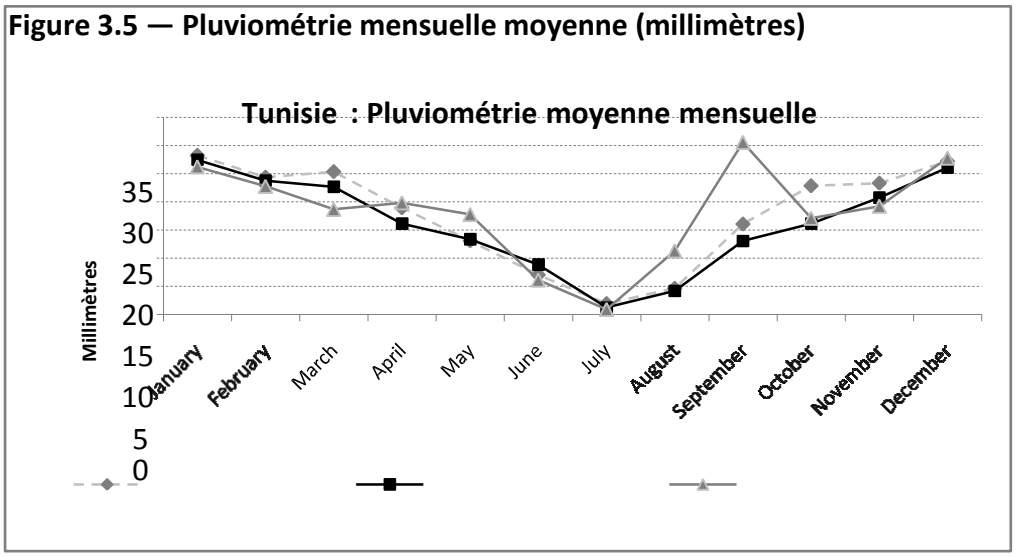
Figure 3.4 — Température mensuelle moyenne en Tunisie (degrés Celsius)



Source : Calculs des auteurs basés sur Jones et coll. (2010).

La variation de la moyenne mensuelle des précipitations à travers la Tunisie, telle que prédite par les scénarios MCM CSIRO et MIROC, n'est relativement plus élevée que dans le scénario MIROC. Comme le montre la Figure 3.5, la moyenne mensuelle des précipitations (en millimètres) du scénario CSIRO suit à peu près le niveau de référence, sauf de septembre à novembre où il est légèrement inférieur. En revanche, le scénario MIROC annonce une *augmentation* des précipitations de juin à octobre à travers la Tunisie. Entre octobre et décembre, les précipitations du scénario MIROC sont légèrement inférieures à celles prédites par le modèle de référence.

Figure 3.5 — Pluviométrie mensuelle moyenne (millimètres)



Tunisia: Rain BASELINE Tunisia: Rain 2050 (CSIRO) Tunisia: Rain 2050 (MIROC)

Source : Calculs des auteurs basés sur Jones et coll. (2010).

Les variations des précipitations et de la température sont les principaux facteurs des modifications des rendement : les autres facteurs n'ont pas été modifiés pour les simulations. Les modifications des rendements au fil du temps dus aux changements climatiques devraient varier fortement pour les trois cultures. Le Tableau 3.4 montre les résultats du modèle de cultures DSSAT pour la Tunisie. Les projections des variations des rendements pour le blé et les pommes de terre diffèrent considérablement entre les scénarios MIROC et CSIRO, ce qui résulte principalement des régimes divergents des précipitations. Le blé et l'orge sont affectés négativement tout au long des deux scénarios MCM avec des rendements annuels moyens du blé plus bas dans le scénario MIROC que dans le scénario CSIRO, tant pour les cultures en sec que les cultures irriguées. Les pommes de terre en culture en sec réussissent mieux sous le scénario MIROC – qui projette plus de pluie – toutefois, le rendement annuel moyen pour les pommes de terre en culture irriguée est inférieur dans le scénario MIROC. En l'absence d'informations plus précises et cohérentes avec la littérature, nous supposons que les rendements d'autres cultures agricoles, comme les fruits et les olives, sont également affectés négativement. culture en sec réussissent mieux sous le scénario MIROC – qui projette plus de

pluie – toutefois, le rendement annuel moyen pour les pommes de terre en culture irriguée est inférieur dans le scénario MIROC. En l'absence d'informations plus précises et cohérentes avec la littérature, nous supposons que les rendements d'autres cultures agricoles, comme les fruits et les olives, sont également affectés négativement.

Tableau 3.4 — Variations du rendement annuel moyen pour une sélection de cultures, 2000-2050

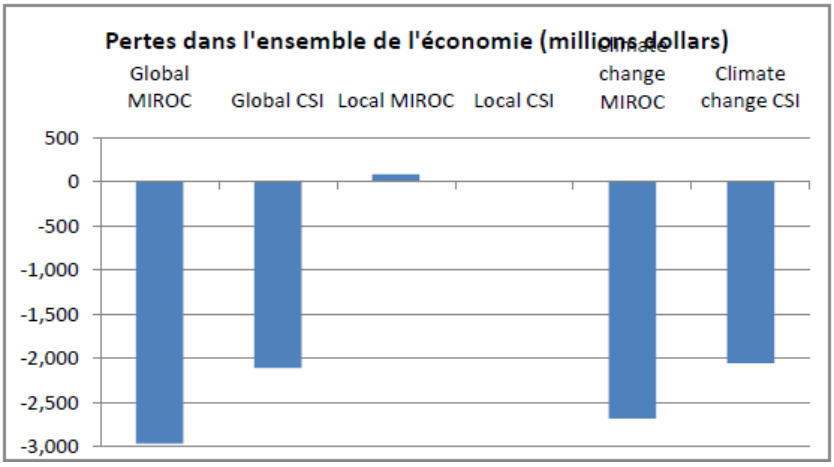
	MIROC (Variation des rendements en %)		CSIRO (Variation des rendements en %)	
Culture	Irriguée	En sec	Irriguée	En sec
Blé	-0,17	-0,18	-0,03	-0,11
Orge	*s.o.*	-0,10	*s.o.*	-0,12
Pomme de terre	-0,04	0,20	-0,02	0,05

Source : Calculs des auteurs basés sur DSSAT

Impacts sur le PIB

En imposant au modèle EGC les changements des prix alimentaires mondiaux et les changements de rendements, il devient possible d'évaluer les effets économiques généraux du changement climatique sur l'économie et les ménages de la Tunisie. Les résultats montrent que les impacts économiques généraux du changement climatique sur l'économie tunisienne sont négatifs ; toutefois, les résultats varient considérablement selon les scénarios MCM utilisés et selon qu'il s'agit des effets locaux ou mondiaux. Il est également important de noter que les sorties du modèle doivent être interprétées comme le produit d'un scénario optimiste, dans lequel l'environnement politique et économique permet et appuie l'adaptation au changement climatique. Plus précisément, les producteurs sont supposés pouvoir librement substituer le travail, le capital, la terre et les intrants pour réagir à l'évolution des coûts relatifs des intrants, ou, des denrées alimentaires importées peuvent remplacer les produits alimentaires cultivés localement, lorsque les prix relatifs des produits cultivés localement augmentent (et vice versa). Dans ces hypothèses, les impacts des changements climatiques mondiaux se traduisent par des réductions totales du PIB modestes, de 2 à 3 milliards de dollars au cours de la période de projection de 30 ans, en comparant avec une situation d'atténuation parfaite (Tableau 3.5). Étant donné que la hausse des prix alimentaires mondiaux peut bénéficier aux exportateurs de produits agricoles (et donc faire progresser le PIB agricole), les effets combinés du changement climatique coûtent à l'économie tunisienne entre 2 et 2,6 milliards de dollars. Comme la Tunisie est aussi tributaire des importations alimentaires, la hausse des prix alimentaires mondiaux efface les petits avantages tirés de la hausse des prix à l'exportation, et produit ainsi les pertes les plus importantes pour l'économie.

Tableau 3.5. Pertes de PIB dans l'ensemble de l'économie



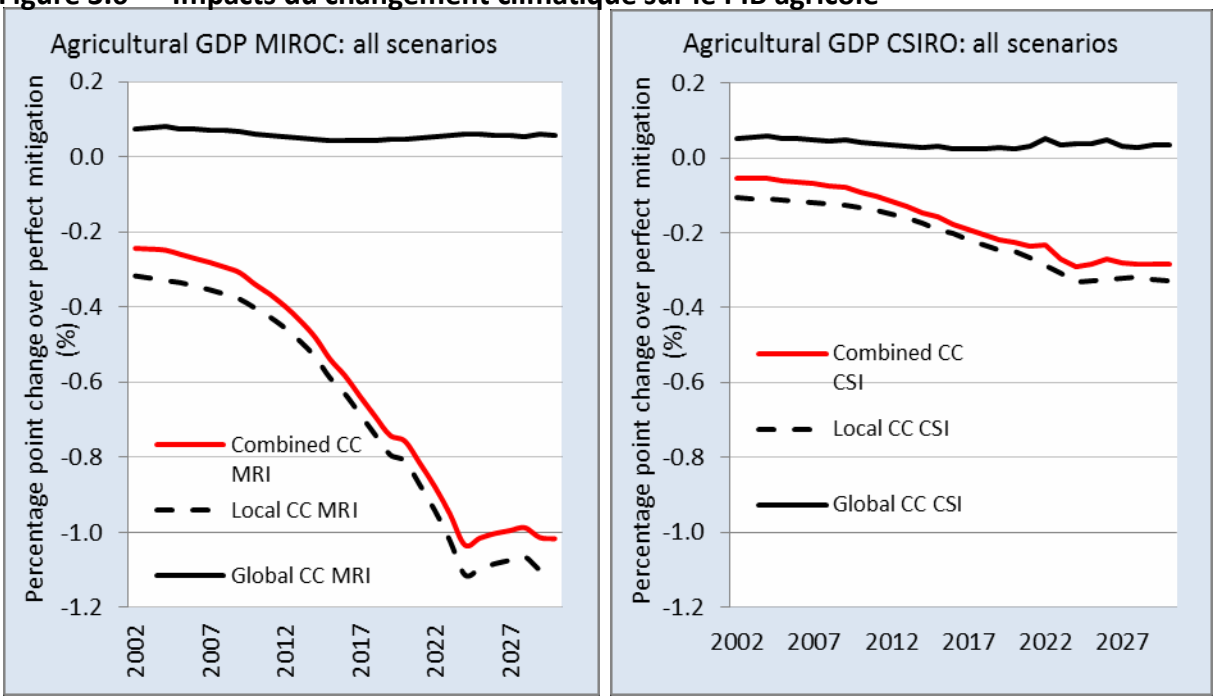
Pertes dans l'ensemble de l'économie (millions dollars)

Impact sur l'agriculture

Les pertes dans l'ensemble de l'économie sont principalement imputables aux impacts du changement climatique sur l'agriculture. Les résultats du modèle EGCD montrent que les *augmentations des prix alimentaires mondiaux* liées au changement climatique peuvent avoir un effet légèrement positif sur le secteur agricole grâce à une augmentation des rendements des facteurs de production. Les activités agricoles bénéficient de l'augmentation des prix, elles attirent du capital et du travail supplémentaires, et la production est ainsi en légère progression. En comparant avec l'atténuation parfaite, le taux de croissance agricole annuel moyen est supérieur de 0,1 point de pourcentage par rapport à l'atténuation parfaite dans les deux scénarios MCM (Figure 3.6). Toutefois, lorsque le changement climatique local est ajouté, ces effets positifs relativement faibles et liés aux prix sont effacés par les effets fortement négatifs des rendements réduits là où les scénarios MIROC et CSIRO projettent que la croissance agricole va être affectée par des réductions des rendements. Plus précisément, les résultats du modèle EGCD montrent que la croissance agricole peut baisser de 0,3 à 1,1 point de pourcentage annuellement à la fin de la période d'étude. Durant les premières années, les pertes sont plus sévères et la croissance agricole reprend au fil du temps, ce qui montre que le modèle contient des mécanismes endogènes d'adaptation aux changements climatiques. Par

exemple, les gens peuvent librement s'adapter à un climat en évolution en changeant de types de cultures, en quittant le secteur de l'agriculture et en entrant dans d'autres secteurs de l'économie qui ont un potentiel de développement.

Figure 3.6 — Impacts du changement climatique sur le PIB agricole



Source : Modèle EGCD Tunisie

La combinaison des effets locaux et mondiaux montre que les effets légèrement positifs de la hausse des prix du marché mondial sur l'agriculture n'arrive pas à amortir suffisamment les effets négatifs importants des rendements en diminution. L'effet global du changement climatique sur l'agriculture est négatif, ainsi, le PIB agricole recule encore respectivement de 0,1 à 1 point de pourcentage annuellement en 2030 dans les scénarios CSIRO et MIROC, bien que les pertes soient légèrement inférieures aux pertes du secteur dans le cas où ne s'appliquent que les seuls impacts du changement du climat local. L'impact global sur le PIB agricole dû aux impacts du changement climatique mondial ne diffère pas entre les deux scénarios MCM (Figure 3.6). La différence se manifeste quand on examine l'impact local du changement climatique sur le secteur agricole. Les effets négatifs sont amplifiés dans ce scénario, ceci résulte principalement de la réduction du rendement des cultures.

Impacts du changement climatique sur les ménages

Dans l'analyse des effets sur les ménages, il est important de faire la distinction entre les zones rurales et urbaines, et, dans les zones rurales, entre les agriculteurs et les autres habitants des régions rurales. En outre, lors de l'interprétation des résultats des scénarios mondial et local (Figure A.1), il est important de garder à l'esprit que le changement climatique influe sur les prix

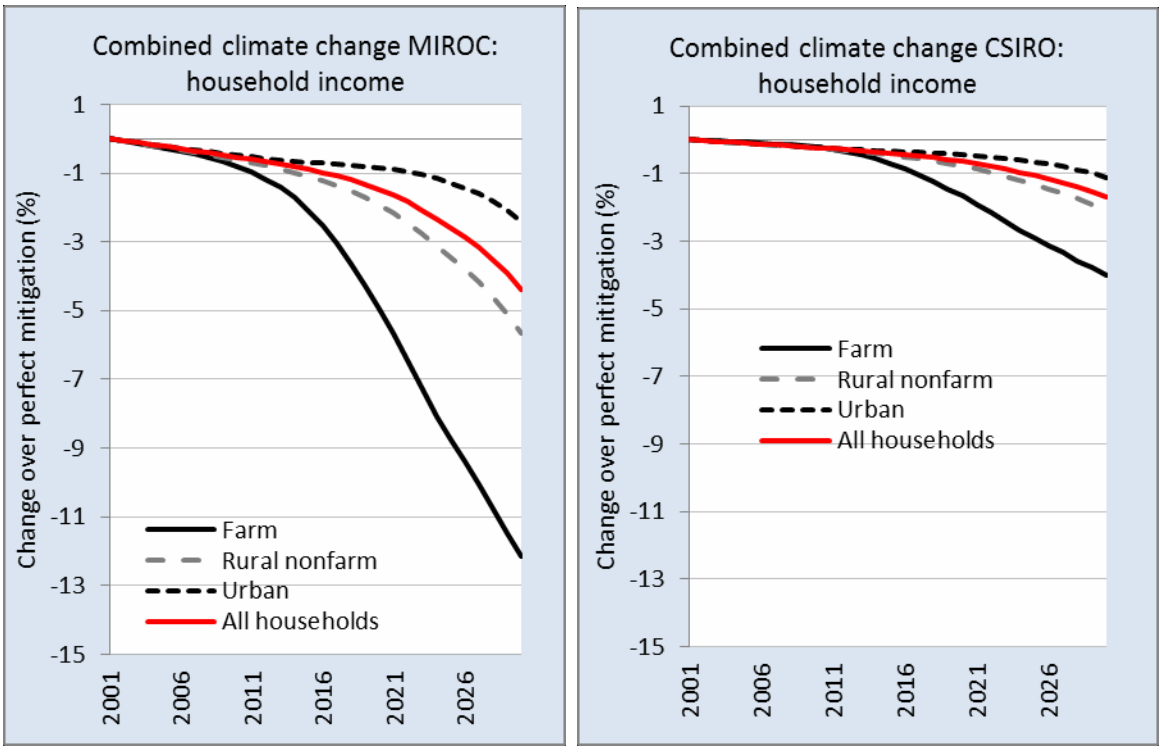
mondiaux des denrées alimentaires par le biais des changements dans la production et la consommation mondiales (effet mondial), et sur les rendements agricoles par des changements de la pluviométrie et de la température (effets locaux).

Selon les scénarios de changement climatique à l'échelle mondiale, nous constatons que les agriculteurs peuvent bénéficier d'une hausse des prix alimentaires. Toutefois, les deux scénarios donnent des résultats différents pour les ménages agricoles. Dans le scénario MIROC, qui projette une hausse des prix internationaux des denrées alimentaires plus forte que son équivalent CSIRO, l'augmentation des prix des produits agricoles est un facteur d'amélioration du bien-être pour ceux dont les moyens de subsistance dépendent du secteur agricole, à savoir les ménages agricoles. Selon le scénario CSIRO, tous les ménages sont perdants, après plusieurs années de gains initiaux, quand l'augmentation des prix des produits agricoles est insuffisante pour compenser la hausse générale des prix mondiaux des denrées alimentaires. Les autres ménages, à savoir les ménages ruraux non agricoles et les ménages urbains, sont perdants en raison de la hausse des prix mondiaux des denrées alimentaires car leurs revenus réels diminuent en raison de la hausse des dépenses alimentaires dans les deux scénarios.

L'impact de la baisse des rendements (changement climatique local), cependant, est différent (Figure A.2). Le changement climatique local réduit le bien-être de tous les groupes de ménages dans les deux scénarios MCM, toutefois, l'impact est plus important dans le scénario MIROC et également pour les ménages agricoles. Les ménages sont touchés par deux canaux de transmission principaux : les ménages agricoles voient leurs revenus diminuer en raison de la baisse de l'activité agricole. En outre, la baisse des rendements fait monter les prix des denrées alimentaires sur le marché national ce qui a une incidence négative sur les revenus réels des ménages.

Les conséquences à long-terme (locales et globales, combinées) du changement climatique en Tunisie provoquent une réduction du total des revenus des ménages en raison de la plus forte incidence sur le bien-être des ménages par le biais des impacts locaux du changement climatique (Figure 3.7). Ces réductions de bien-être s'accumulent au fil du temps. En 2030, tous les revenus des ménages sont projetés en baisse de 1 à 2 % par comparaison au scénario d'atténuation parfaite. Les agriculteurs sont les plus durement touchés. Les effets négatifs dans le scénario MIROC provoquent une réduction des revenus des agriculteurs de près de 13% par rapport au scénario d'atténuation parfaite en fin de période ; en revanche, dans le scénario CSIRO, les pertes de bien-être des agriculteurs sont moindres, affichant une réduction plus modeste, mais néanmoins importante, de 4% par rapport au scénario d'atténuation parfaite. Ainsi, ce sont les agriculteurs qui souffrent le plus du changement climatique en Tunisie, suivis de leurs équivalents ruraux non agricoles et urbains (respectivement).

Figure 3.7 — Impacts des changements climatiques combinés sur les revenus des ménages



Source : Modèle EGCD Tunisie

4. Résumé et mesures d'adaptation proposées

Le présent document a évalué l'impact du changement climatique sur l'économie, l'agriculture et les ménages de la Tunisie sous un angle à la fois mondial et local. Le principal canal de transmission de l'impact du changement climatique mondial réside dans l'évolution des prix mondiaux des denrées alimentaires, en particulier pour la Tunisie qui est un importateur net de nombreux produits de base alimentaires. Le changement climatique local se manifeste par des variations à long terme des rendements. Même dans un scénario d'atténuation parfaite des changements climatiques, les projections des prix des produits alimentaires mondiaux sont en hausse, posant des problèmes de sécurité alimentaire notamment pour les ménages pauvres dans un pays importateur net de denrées alimentaires. Le changement climatique provoque des augmentations supplémentaires des prix mondiaux. Les rendements du blé, de l'orge et des pommes de terre en cultures irriguées sont en baisse dans les projections des deux scénarios climatiques. Toutefois, la baisse est plus importante dans le scénario MCM MIROC que dans le scénario MCM CSIRO, car MIROC annonce des précipitations moins fortes et des moyennes mensuelles de températures plus élevées.

Les effets combinés du changement climatique provoquent des effets négatifs sur l'ensemble de l'économie, sur le secteur agricole, et aboutissent à une réduction du total des revenus des ménages. Le changement climatique mondial aboutit à de (légers) gains du PIB agricole subséquents aux augmentations des prix des denrées alimentaires. Si les ménages sont en général affectés négativement par l'augmentation des prix internationaux des denrées alimentaires, les ménages agricoles, dans le scénario MIROC bénéficient de ces augmentations de prix. Les chocs du changement climatique locaux affectent le secteur et les ménages au travers de la réduction des rendements agricoles. Les résultats du modèle EGCD montrent que la croissance agricole risque de baisser de 0,3 à 1,1 point de pourcentage d'ici à la fin de la période de l'étude et le bien-être des ménages est encore plus durement frappé. Le changement climatique local est un facteur de réduction du bien-être pour tous les groupes de ménages dans les deux scénarios MCM, toutefois, les ménages agricoles sont les plus touchés par ces réductions des rendements. Ces ménages subissent des pertes de revenus provoquées par les réductions des rendements agricoles ce qui réduit leurs moyens de subsistance.

Appendice A : Tableaux et figures additionnels

Tableau A. 1 — Présentation mathématique du modèle d'équilibre général calculable dynamique — Équations du modèle de base

Fonction de production	$Q_{ct} = \alpha_{ct} \cdot \prod_f F_{fct}^{\delta fc}$		(1)
Paiement des facteurs	$W_{ft} \cdot \sum_c F_{fct} = \sum_c \delta_{fc} \cdot P_{ct} \cdot Q_{ct}$		(2)
Offre d'importations	$P_{ct} \le E_t \cdot W_c^m \perp M_{ct} \ge 0$		(3)
Demande d'exportations	$P_{ct} \ge E_t \cdot W_c^e \perp X_{ct} \ge 0$		(4)
Revenu des ménages	$Y_{ht} = \sum_{fc} \theta_{hf} \cdot W_{ft} \cdot F_{fct} + r_h \cdot E_t$		(5)
Demande de consommation	$P_{ct} \cdot D_{hct} = \beta_{hc} \cdot (1 - v_h) \cdot Y_{ht}$		(6)
Demande de capital	$P_{ct} \cdot I_{ct} = \rho_c \cdot \left(\sum_h \nu_h \cdot Y_{ht} + E_t b \right)$		(7)
Solde du compte courant	$w_c^m \cdot M_{ct} = w_c^e \cdot X_{ct} + \sum_h r_h + b$		(8)
Équilibre sur le marché des produits	$Q_{ct} + M_{ct} = \sum_h D_{hct} + I_{ct} + X_{ct}$		(9)
Équilibre sur le marché des facteurs	$\sum_c F_{fct} = s_{ft}$		(10)
Expansion des terres et du travail	$s_{ft} = s_{t-1} \cdot (1 + \varphi_f)$	f désigne terres et travail	(11)
Accumulation du capital	$s_{ft} = s_{t-1} \cdot (1 - \eta) + \sum_c \frac{P_{ct-1} \cdot I_{ct-1}}{k}$	f désigne le capital	(12)
Changement technique	$\alpha_{ct} = \alpha_{ct-1} \cdot (1 + y_c)$		(13)

Notes :

Indices

- Produits de base ou secteurs économiques
- Groupes de facteurs (terres, travail et capital)
- Groupes de ménages
- Périodicité

Variables exogènes

- Solde de l'épargne étrangère (unités en devises)
- Envois de fonds de l'étranger
- Total offre de facteurs
- Prix mondiaux importations et

exportations

Variables endogènes	*Paramètres exogènes*
Quantité de la demande de consommation des ménages	Paramètre de réaffectation de la production (productivité des facteurs)
Change (monnaie nationale/devises)	Part moyenne du budget des ménages
Quantité de la demande de facteurs	Taux neutre de progrès technique au sens de Hicks
Quantité de la demande de capital	Paramètre de part d'input des facteurs
Quantité d'offre d'importations	Taux de dépréciation du capital
Prix des produits de base	Part de revenu des facteurs des ménages
Quantité d'output	Prix de base par unité de stock de capital
Rentabilité moyenne des facteurs	Part des dépenses de matières premières
Quantité de la demande d'exportations	Propension marginale des ménages à épargner
Total revenu des ménages	Taux de croissance de l'offre de terres et de travail

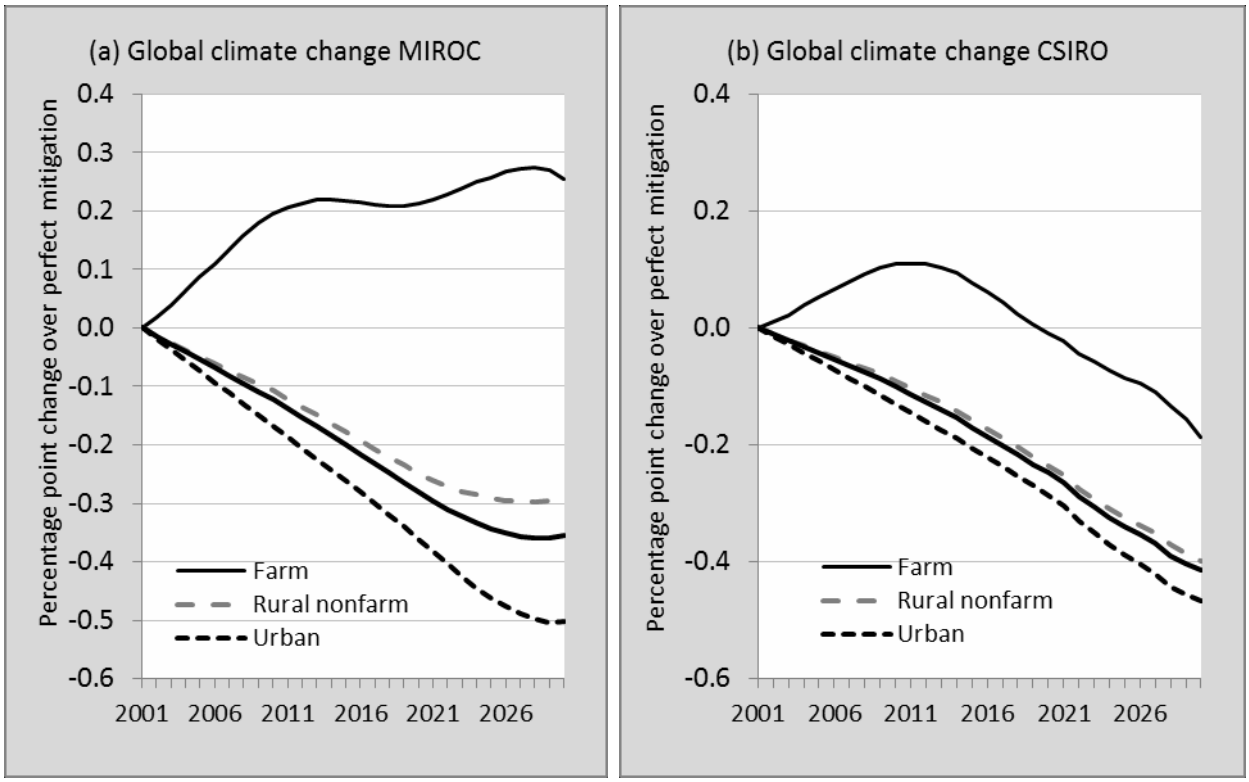
Source : Compilation des auteurs

Tableau A.2 — Désagrégation de la matrice de comptabilité sociale (MCS)

Activités & produits	Facteurs	Agents
Blé	Travailleurs familiaux	Entreprises
Autres céréales	Travailleurs agricoles	Ménages d'agriculteurs ruraux
Légumineuses	Travailleurs non agricoles	Ménages ruraux non agricoles
Cultures fourragères	Capital	Ménages urbains
Olives	Terres de cultures en sec	
Autres fruits	Terres irriguées	**Autre**
Légumes	Terres pérennes	Gouvernement
Agriculture autre		Taxes directes
Élevage		Droits de douane
Foresterie		Épargne-investissement
Pêche		Reste du monde
Viande		
Lait et produits laitiers		
Meunerie et produits connexes		
Huiles		
Produits alimentaires en conserve		
Sucre et produits connexes		
Autres produits alimentaires		
Boissons		
Autres industries manufacturières et non manufacturières		
Services		

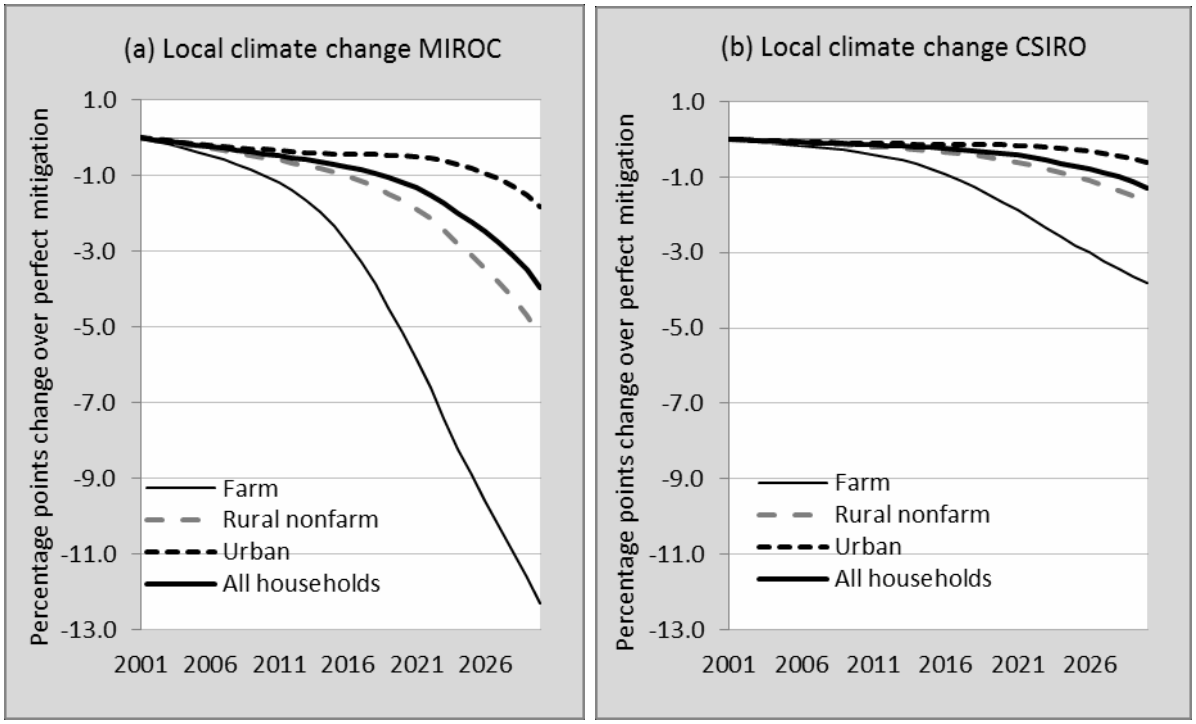
Source : Compilation des auteurs

Figure A.1 : Effets du changement climatique mondial sur les ménages



Source : Modèle EGCD Tunisie

Figure A.2 : Effets du changement climatique local sur les ménages



Source : Modèle EGCD Tunisie

Bibliographie

Breisinger, C., et X. Diao. 2008. *Economic Transformation in Theory and Practice : What Are the Messages for Africa?* IFPRI Discussion Paper 797. Washington, DC : Institut international de recherche sur les politiques alimentaires.

Breisinger, C., T. Zhu, P. Al Riffai, G. Nelson, R. Robertson, J. Funes, et D. Verner. 2011. *Global and Local Economic Impacts of Climate Change in Syria and Options for Adaptation.* IFPRI Discussion Paper 1091. Washington, DC : Institut international de recherche sur les politiques alimentaires.

Chemingui M. 2001. A social accounting matrix for Tunisia. Mimeo.

Garnaut, R. 2008. The Garnaut Climate Change Review. http://www.garnautreview.org.au/.

2010. Digital Tunisia Food Security Atlas. http://www.ifpri.org/publication/digital-food-security-atlas-Tunisia

Fonds monétaire international 2009. *République tunisienne. Rapport du FMI pour la Consultation au titre de l'Article IV 2008.* Washington, DC : Fonds monétaire international

Jones, J. W., G. Hoogenboom, C. H. Porter, K. J. Boote, W. D. Batchelor, L. A. Hunt, P. W. Wilkens, et al. 2003. “The DSSAT Cropping System Model.” *European Journal of Agronomy* 18 (3–4) : 235–265.

Jones, P. G., P. K. Thornton, et J. Heinke. 2010. “Characteristically generated monthly climate data using downscaled climate model data from the fourth assessment report of the IPCC.” http://futureclim.info/. Unpublished, CIAT.

Mougou R., Rejeb S. et Lebdi F. (2002). The Role of Tunisian Gender Issues in Water Resources Management and Irrigated Agriculture, The first Regional Conference on "Perspectives on Water Cooperation : Challenges, Constraints and Opportunities". Atelier sur Genre et gestion de l'eau dans la région méditerranéenne. Le Caire - Égypte Octobre 2002

Nelson, G. C., M. W. Rosegrant, J. Koo, R. Robertson, T. Sulser, T. Zhu, C. Ringler, et al. 2009. *Changement climatique Impact sur l'agriculture et coûts de l'adaptation* Rapport de politique alimentaire Washington, DC : Institut international de recherche sur les politiques alimentaires.

Nelson, G. C., M. W. Rosegrant, A. Palazzo, I. Gray, C. Ingersoll, R. Robertson, S. Tokgoz, et al. 2010. *Food Security, Farming, and Climate Change to 2050 : Scenarios, Results, Policy Options.* Washington, DC : Institut international de recherche sur les politiques alimentaires. www.ifpri.org/sites/default/files/publications/climatemonograph_advance.pdf.

Rosegrant, M. W., S. Msangi, C. Ringler, T. B. Sulser, T. Zhu, et S. A. Cline. 2008. *Modèle international d'analyse des politiques relatives aux produits agricoles et au commerce extérieur (IMPACT). Description du modèle.* Washington, DC : Institut international de recherche sur les politiques alimentaires. www.ifpri.org/themes/impact/impactwater.pdf.

Stern, N. 2006. *Review on the Economics of Climate Change.* UK : HM Treasury. http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+/http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm

Tabor, K., et J. W. Williams. 2010. “Globally Downscaled Climate Projections for Assessing the Conservation Impacts of Climate Change.” *Ecological Applications* 20 (2) : 554-565.

Thurlow, J. 2004. *A Dynamic Computable General Equilibrium (CGE) Model for South Africa : Extending the Static IFPRI Model.* Trade and Industrial Policies (TIPS). Working Paper 1. Pretoria, South Africa.

World Bank. 2007. *The Impact of Sea Level Rise on Developing Countries : A Comparative Analysis.* Document de travail consacré à la recherche sur les politiques de la Banque mondiale WPS4136. Washington, DC :

You, L., et S. Wood. 2006. “An Entropy Approach to Spatial Disaggregation of Agricultural Production.” *Agricultural Systems* 90 (1–3) : 329-347.

You, L., S. Wood, U. Wood-Sichra. 2006. Generating global crop maps : from census to grid. Selected paper, IAAE (International Association of Agricultural Economists) Annual Conference, Gold Coast, Australia

You, L., Z. Guo, J. Koo, W. Ojo, K. Sebastian, M.T. Tenorio, S. Wood, U. Wood-Sichra. Spatial Produciton Allocation Model (SPAM) 2000 Version 3 Release 1. http://MapSPAM.info.

Yu, B., T. Zhu, C. Breisinger, et N. M. Hai. 2010. *Impacts of Climate Change on Agriculture and Policy Options for Adaptation : The Case of Vietnam.* IFPRI Discussion Paper 1015. Washington, DC : Institut international de recherche sur les politiques alimentaires.

Yu, W., J. Thurlow, M. Alam, A. Hassan, A. S. Khan, A. Ruane, C. Rosenzweig, et al. 2010. *Climate Change Risks and Food Security in Bangladesh.* London : EarthScan.

[43] Ibid.

CHAPITRE 4 : LES EFFETS SOCIO-ÉCONOMIQUES DU CHANGEMENT CLMATIQUE DANS LE CENTRE ET LE SUD DE LA TUNISIE

Photograph by Dorte Verner

[43] Ibid.

1. Ce chapitre examine les incidences sociales du changement climatique et de la variabilité du climat pour la population d'une sélection de communautés dans sept gouvernorats de la Tunisie centrale et méridionale, et présente des options pour l'amélioration de leur résilience et de leur adaptabilité à ces phénomènes.

4.1 Contexte de vulnérabilité

Principaux impacts projetés du changement climatique dans les régions de l'intérieur du Centre et du Sud

2. La Tunisie se répartit grossièrement en trois régions principales définies par les taux de précipitations annuels : (i) le nord reçoit entre 400 et 1 000 mm de pluie par an ; (ii) le centre, entre 300 et 400 mm par an ; et (iii) le sud, moins de 200 mm par an. Chaque région présente un profil particulier de vulnérabilité aux impacts du changement climatique en termes de moyens de subsistance et d'écosystèmes. Des études d'impact du changement climatique tenant compte des caractéristiques régionales peuvent donc permettre de formuler des recommandations localement pertinentes, notamment en matière de stratégies d'adaptation, pour les populations dont les moyens de subsistance sont vulnérables et pour les écosystèmes associés.

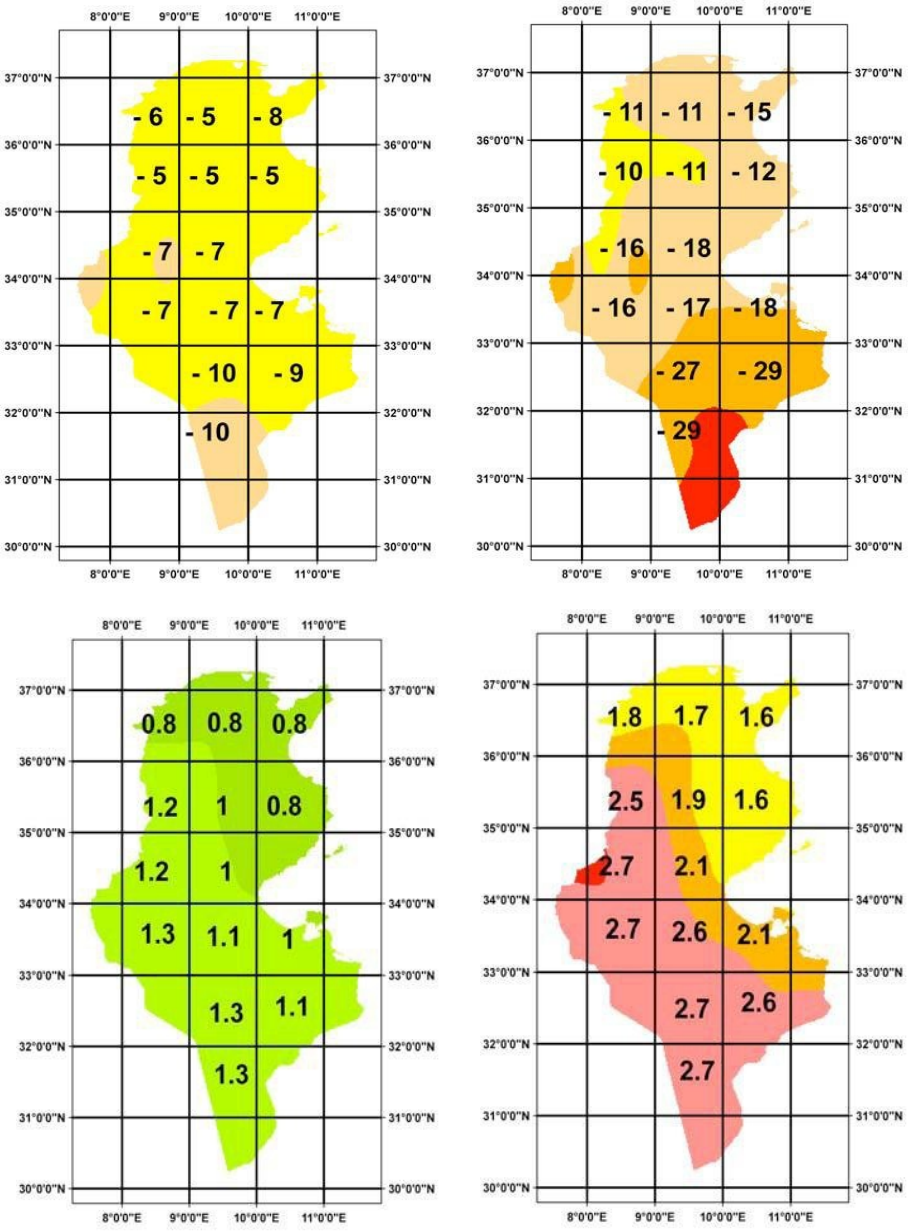
3. Dans cette optique, le présent chapitre se concentre sur les régions du Centre et du Sud, qui sont destinées à figurer parmi les plus fortement touchées par les changements climatiques. Un certain nombre de « hot spots » du changement climatique présentant des impacts particulièrement graves ont été identifiés en Tunisie. Il s'agit des zones intérieures semi-arides et arides des régions du Centre et du Sud. Les projections nationales montrent des augmentations d'ensemble des températures moyennes annuelles de 1,1°C d'ici à 2020 et de 2.1° C d'ici à 2050, avec les hausses les plus fortes se produisant dans les zones de l'intérieur du Centre et du Sud où les augmentations devraient atteindre 1,3 °C d'ici à 2020 et 2,7 ° C d'ici à 2050 (Figure 1). En outre, les projections prévoient une fréquence et une intensité accrues des années de sécheresse d'ici à 2030, avec une succession de deux ou trois années de sécheresse consécutives. Par ailleurs, des périodes variables, extrêmement sèches et humides, devraient se produire dans l'intersaison. Les projections de la pluviométrie prévoient également une baisse de 10 % d'ici à 2020 et 30 % d'ici à 2050, et 7 % d'ici à 2020 et 18 % d'ici à 2050, respectivement, dans les zones intérieures du Sud et Centre (Figure 2).

4. Les impacts directs du changement climatique sur la production agricole dans le Centre et le Sud, notamment la fréquence accrue des années successives de sécheresse, pourraient conduire à : (i) une diminution moyenne de la production nationale d'huile d'olive de 40 % d'ici à 2016 et une diminution de 50 % d'ici à 2030-2050, (ii) une diminution moyenne de 50 % de la superficie en arboriculture pluviale (800 000 ha) dans le Centre et le Sud, (iii) une diminution moyenne de 80 % du bétail (bovins, moutons, chèvres) dans le Centre et le Sud d'ici à 2030 ; et (iv) une diminution moyenne de 16 % d'ici à 2016 et 20 % d'ici à 2030 de la superficie emblavée en céréales dans le Centre et le Sud. Inversement, la variabilité du climat en périodes extrêmement humides pourrait susciter un certain nombre d'années avec des précipitations favorables. Toutefois, les tendances orientées principalement à la baisse de la production agricole dans les régions centrales et méridionales auront potentiellement un impact négatif sur les projections de croissance nationale anticipées pour ces régions et les variations climatiques détermineront en dernier ressort quelles sont les activités agricoles qui ne seront plus viables en termes économiques compte tenu des nouvelles conditions climatiques.

[3] Ibid.

Figure 4.1. Augmentation annuelle moyenne de la température en °C par rapport au niveau de référence d'ici à 2020 (à gauche) et à 2050 (à droite)

Source : MEDD, 2009.



Source : MEDD, 2009.

Principales vulnérabilités des ressources naturelles dans les régions de l'intérieur du Centre et du Sud

5. Les impacts du changement climatique ne peuvent qu'aggraver les défis déjà soutenus que doivent relever les régions du Centre et du Sud en termes de gestion des ressources foncières et hydriques. La pénurie et la surexploitation de l'eau restent le principal défi en termes de durabilité et d'adaptabilité des moyens de subsistance et des écosystèmes, en particulier pour les régions semi- arides et arides du Centre et du Sud. L'utilisation de l'eau en Tunisie se répartit entre l'agriculture (81 %), de loin le plus gros consommateur d'eau, l'usage domestique (14 %), l'industrie (4 %) et le tourisme (1 %). Même à l'heure actuelle, lorsque l'on examine un scénario d'évolution

[43] Ibid.

moyenne de la demande d'eau sans prendre en compte le changement climatique, les ressources en eau conventionnelles ne pourront satisfaire que 91 % de la demande d'ici à 2030, et la demande d'eau d'ici à 2030 et 2050 ne pourra être satisfaite sans le recours à des ressources en eau non conventionnelles ou à des stratégies additionnelles de conservation de l'eau. Le potentiel tunisien d'eau exploitable est de 4 800 Mm^3/an, soit un quota d'environ 500 m^3 par habitant et par an, qui devra passer à 360 m^3 d'ici à 2030 lorsque la prévision de 13 millions d'habitants aura été atteinte. L'augmentation de la demande, conjuguée aux impacts du changement climatique, fait prévoir une réduction des réserves d'eau de 28 % d'ici à 2030, avec une salinité élevée et des impacts particulièrement graves sur les nappes phréatiques côtières et les aquifères non renouvelables. Les estimations nationales actuelles montrent que 24 % des aquifères peu profonds sont déjà surexploités et que 83 % des besoins du secteur agricole sont actuellement prélevés dans des nappes souterraines surexploitées.

6. Dans les régions du Centre et du Sud, de nombreuses sources d'eau naturelle existaient dans le passé, alimentant les oasis, les parcours et d'autres terres agricoles. Elles se sont malheureusement taries au cours des deux dernières décennies en raison de la diminution de la recharge des aquifères renouvelables résultant d'une baisse de la pluviométrie et de la surexploitation. La surexploitation de la ressource en eau résulte en partie de l'allongement des périodes d'irrigation, en particulier pendant les mois d'été, pour compenser les irrégularités des précipitations et des températures. Le problème de l'épuisement des eaux souterraines est aussi particulièrement saillant dans les zones situées au sud de la région du Centre et dans les régions arides du Sud, où les aquifères fossiles non renouvelables sont plus sollicités comme principale source d'eau, soulevant la question de la durabilité de la ressource pour l'ensemble de l'économie de la région. Dans le gouvernorat de Kébili, les deux principaux systèmes aquifères fossiles sont actuellement exploités à 205 % et 228 % de leur capacité. Dans le gouvernorat de Tozeur, l'irrigation est largement fondée sur le pompage d'aquifères fossiles non renouvelables, avec une diminution de la quantité et la qualité de la ressource en eau et des sorties actuellement à 40 l/s, à comparer à 70 l/s précédemment. Les puits doivent être forés toujours plus profondément (passant d'une moyenne de 0,7 à 1,5 m actuellement), avec des hausses des coûts correspondantes. L'augmentation du nombre des puits au cours des dernières années a créé une concurrence entre les secteurs en termes de quantité de la ressource en eau, aboutissant à une interdiction de création de tout nouveau puits dans l'ensemble du gouvernorat. Des questions de qualité de l'eau sont apparues, liées à la baisse de la disponibilité des ressources en eau, en particulier dans les régions de l'intérieur du Centre et le Sud, où le degré de salinité est déjà significatif. Globalement, 88 % des aquifères présentent déjà une salinité supérieure à 3 g/l et dans les gouvernorats tels que celui de Médenine, la salinité dépasse 5 g/l en moyenne dans la majorité des ressources en eau (68 %), provoquant une salinisation des sols et des problèmes de qualité de l'eau potable.

7. En termes d'utilisation des terres, des pratiques non adaptées ont conduit à une forte dégradation de la ressource. Les principales pressions s'exerçant sur les sols sont le surpâturage ainsi que l'érosion des sols et la salinisation. Dans le Centre et le Sud, les taux de surpâturage sont estimés à 78 % et 80 %, respectivement. Ces taux ont doublé au cours des 25 dernières années dans le Centre et des 40 dernières années dans le Sud. 20 % des parcours ont déjà disparu et les prévisions annoncent que les fonctions pastorales des écosystèmes steppiques vont se réduire de façon significative dans le Centre et disparaître complètement dans le Sud d'ici à 2030-2050. Ceci conduira à une dépendance extérieure complète pour l'alimentation animale et/ou à une migration vers des pâturages plus au nord, et par conséquent à un surpâturage supplémentaire, en dépit des programmes actuels de réhabilitation et de conservation. Le surpâturage dans les écosystèmes semi-arides et arides accroît également la vulnérabilité des sols à l'érosion éolienne pendant les

[43] Ibid.

sécheresses, et hydrique, même en cas d'orage mineur. Les estimations actuelles indiquent que près de 50 % des terres arables du pays sont déjà érodées. L'ensablement résultant du changement climatique et des divers facteurs de dégradation des terres est également considéré comme un problème majeur. Dans le gouvernorat de Médenine, Ben Gardane et Médenine subissent ce phénomène depuis les années 80, avec 50 % des terres du gouvernorat considérées comme menacées. D'après les prévisions, la multiplication des phénomènes extrêmes causés par le changement climatique va accélérer le cycle de dégradation des sols, entraînant une diminution à la fois des revenus et des rendements, et incitant au développement des terres cultivées et à la saturation des sols. En outre, la poursuite des cultures céréalières marginales et épisodiques risque de renforcer l'exposition des écosystèmes steppiques du centre et du sud à l'érosion.

Populations et communautés

8. La collecte de données primaires pour ce chapitre résulte de visites des communautés et des services techniques des autorités des gouvernorats des régions de l'intérieur du Centre et du Sud de la Tunisie. L'Encadré 4.2 indique le nom et le gouvernorat des communautés, et précise leurs principales caractéristiques sociales, économiques et agroécologiques. La Figure 4.3 présente une carte des communautés visées par l'enquête.

Encadré 4.2 Critères de sélection des personnes interrogées et liste des communautés visées par l'enquête : Variation maximale des dimensions clés sociales, économiques et agroécologiques.

N°	Région/gouvernorat	Communauté/ Nom du site	Région *	Zone Agroécologique**	Principales Productions/sources de revenu***
1	Kasserine	Fej Bouhsine	RC	SA	AP, PL
2	Kasserine	Younes El Kahari	RC	SA	AP, PL
3	Kasserine	Feriana	RC	SA	AP, PL
4	Gafsa	El Gettar	RS	A, O	AP, PL, AI, V
5	Gafsa	Lalla	RS	A, O	AP, PL, AI, V
6	Gafsa	Oasis	RS	A, O	AP, PL, AI, V
7	Tozeur	Maksem Echik	RS	A, O	AP, PL, AI, V
8	Tozeur	Hazoua	RS	A, O	AP, PL, AI, V
9	Tozeur	Vieil oasis	RS	A, O	AP, PL, AI, V
10	Kébili	Oasis GDA Douz	RS	A, O	AP, PL, AI, V
11	Kébili	Douz Centre	RS	A, O	AP, PL, AI, V
12	Kébili	Zaafrane Douz	RS	A, O	AP, PL, AI, V
13	Médenine	Dergoulia	RS	A	AP, PL, AI
14	Tataouine	Tlelett	RS	A	AP, PL
15	Tataouine	Ksar Ouled Dabab	RS	A	AP, PL
16	Tataouine	Kasbet Ajlat	RS	A	AP, PL
17	Médenine	Jerba -Houmet	CC	SA	AP, PL, AI, V, P
18	Médenine	Robbana-Thelit Jerba-Midoun	CC	SA	AP, PL, AI, V, P
19	Médenine	Port Houmet Souk	CC	SA	AP, PL, AI, V, P
20	Gabès	DGA	CC	SA	AP, PL, AI, V, P

Notes :
*** :** *Région Centre (RC), région Sud (RS), Côte centrale (CC)*
*** : Aride (A), Semi-aride (SA), Accès à oasis (O)*
**** Ibid.Agriculture agro-pastorale (AP), pluviale (PL) et irriguée (AI),vergers (dates, figues, olives etc.) (V), pêche (P).*
Source : Visite sur le terrain, novembre 2011

4.2 Principaux moyens de subsistance agricoles et agro-écosystèmes associés dans les régions du Centre et du Sud.

[43] Ibid.

9. Ce chapitre examinera plus particulièrement les impacts socio-économiques du changement climatique sur les trois principaux types de moyens de subsistance en milieu rural et les agro- écosystèmes associés dans les régions de l'intérieur du Centre et du Sud de la Tunisie : (i) activités pastorales de subsistance, (ii) activités de subsistance dans les oasis, et (iii) activités agricoles de subsistance et culture d'oliviers. Le contexte de vulnérabilité qui caractérise les moyens de subsistance tirés de la pêche est également présenté dans ce chapitre, en vue de fournir des analyses spécifiques plus approfondies sur ce contexte dans l'avenir.

10. Le changement climatique va avoir des impacts néfastes sur les activités de subsistance déjà vulnérables et sur les écosystèmes associés des régions de l'intérieur du Centre et du Sud. Par comparaison avec le reste du pays, ces zones affichent déjà des taux de pauvreté supérieurs au reste du pays.

Activités agro-pastorales de subsistance et zones de parcours

11. Le Centre et le Sud accueillent une partie importante du cheptel du pays, à savoir 24 % du cheptel bovin national, 62 % du cheptel ovin national et 76 % du cheptel caprin national. Dans le Centre, les gouvernorats de Sid Bouzid, Kairouan, Kasserine et Sfax, ensemble, accueillent 34,1 % du cheptel ovin national, tandis que dans le Sud, les gouvernorats de Gafsa, Médenine, Gabès et Tataouine en rassemblent 17,6 %. En outre, le Sud recèle 55,5 % du cheptel caprin national, dont 42,8 % élevés dans les seuls gouvernorats de Médenine, Tataouine et Gabès. Les activités pastorales ont un rôle crucial à jouer comme fournisseur de viande pour la population nationale et comme pourvoyeur de moyens de subsistance pour les populations rurales dépendant totalement de cette activité, ce qui permet d'atténuer l'exode rural.

12. Toutefois, les sociétés pastorales et les activités de subsistance sont gravement exposées à la dégradation des écosystèmes, due à la fois aux impacts du changement climatique et aux pressions anthropiques, ce qui peut accroître leur vulnérabilité, affecter leurs stocks de capital, entraver les stratégies d'adaptation, diminuer les performances productives des animaux d'élevage et générer des tensions avec les autres communautés d'éleveurs et d'agriculteurs[25]. La dégradation des parcours naturels dans les régions de l'intérieur du Centre et du Sud résulte principalement de la réduction des précipitations et de leur variabilité accrue, couplées à l'élimination de la végétation naturelle et à l'érosion qui en découle, en raison de l'expansion des cultures et de l'arboriculture, du surpâturage, et d'une utilisation inadaptée des machines, qui appauvrissent un peu plus des sols qui sont déjà considérés comme des sols pauvres[26]. Dans le gouvernorat de Kasserine de la région du Centre, par exemple, 159 000 hectares de parcours d'alpha couvrent le sud du gouvernorat dans les régions de Kasserine sud, Sbeitla, Feriana, et du parc national Chaambi . La qualité et la quantité de la couverture végétale des parcours naturels sont jugées très inférieures à celles d'il y a vingt à trente ans qui bénéficiaient d'une combinaison de précipitations plus abondantes et régulières pendant les années humides et de pressions anthropiques moins fortes [27]. Dans le gouvernorat de Gabès, les besoins du bétail dépassent la capacité de production des parcours depuis environ trente ans[28]. Dans le gouvernorat de Gafsa, 400 000 ha sur 780 000 ha de parcours sont considérés comme dégradés – avec 100 000 ha à un stade avancé de dégradation [29] . La dégradation des parcours naturels est également aggravée par la présence croissante des espèces invasives (voir l'Encadré 4.4).

13. Dans le passé, les agro-pasteurs pouvaient compter sur les parcours naturels pour nourrir leurs animaux et les réserves pouvaient être accumulées pendant les années humides en prévision des récoltes moins abondantes des années sèches. Dans les conditions actuelles, avec une combinaison de pluviosité et de zones de parcours en recul, et une variabilité climatique accrue, les niveaux actuels de l'élevage d'animaux dans les gouvernorats du Centre et le Sud ne peuvent plus être maintenus sans l'apport de compléments alimentaires et de concentrés subventionnés par l'État. Cela signifie une augmentation du coût de production des animaux, en particulier pour les petits agriculteurs, qui sont incapables de constituer des réserves alimentaires suffisantes pour leurs animaux et qui se retrouvent pris dans une sorte de cercle vicieux où la production fourragère (surtout d'orge) durant les années humides est immédiatement vendue, avec comme seule option d'en racheter comme complément alimentaire à un prix supérieur pendant les années sèches . Pendant les années sèches consécutives (4-5 ans), les animaux doivent également être vendus à des prix réduits en raison d'un manque de ressources pour acheter des. Les agro-pasteurs pratiquant la transhumance doivent également aller toujours plus loin à la recherche de pâturages, certains se déplacent depuis les gouvernorats du Centre et du Sud jusqu'au nord-ouest du pays. Dans le gouvernorat de Kébili, par exemple, l'agro-pastoralisme s'appuyait sur les zones de parcours naturels du bord du Sahara occidental. Les animaux restaient près des oasis en se nourrissant de résidus végétaux pendant les mois d'été et, durant le reste de l'année, s'alimentaient sur les pâturages des parcours naturels dès l'arrivée des pluies de printemps. À présent, la situation est tout à fait différente, avec des animaux restant près des oasis et dépendant de compléments alimentaires sur la majorité de l'année, en raison des variations des précipitations et de la qualité des parcours qui sont désormais complètement dégradés entre mars-octobre, avec des pics en août et septembre. Dans l'ensemble, les petits agro-pasteurs, face aux augmentations des coûts de production, ont plus de mal à poursuivre leurs activités d'élevage et risquent d'être contraints à une réduction progressive de leur production. Ces coûts de production supplémentaires impliquent également des augmentations du prix de la viande, qui affectent également les ménages ruraux les plus pauvres. Dans certains gouvernorats, comme Tataouine, les éleveurs traditionnels ont dû faire la transition vers l'agro-pastoralisme, et ont davantage tendance actuellement à se consacrer uniquement à l'agriculture irriguée, en raison de la vulnérabilité des revenus du secteur de l'élevage.

14. Dans le passé, les agro-pasteurs pouvaient compter sur les parcours naturels pour nourrir leurs animaux et les réserves pouvaient être accumulées pendant les années humides en prévision des récoltes moins abondantes des années sèches. Dans les conditions actuelles, avec une combinaison de pluviosité et de zones de parcours en recul, et une variabilité climatique accrue, les niveaux actuels de l'élevage d'animaux dans les gouvernorats du Centre et du Sud ne peuvent plus être maintenus sans l'apport de compléments alimentaires et de concentrés subventionnés par 'État. Cela signifie une augmentation du coût de production des animaux, en particulier pour les petits agriculteurs, qui sont incapables de constituer des réserves alimentaires suffisantes pour leurs animaux et qui se retrouvent pris dans une sorte de cercle vicieux où la production fourragère (surtout d'orge) durant les années humides est immédiatement vendue, avec comme seule option d'en racheter comme complément alimentaire à un prix supérieur pendant les années sèches. Pendant les années sèches consécutives (4-5 ans), les animaux doivent également être vendus à des prix réduits en raison d'un manque de

ressources pour acheter des intrants. Les agro-pasteurs pratiquant la transhumance doivent également aller toujours plus loin à la recherche de pâturages, certains se déplacent depuis les gouvernorats du Centre et du Sud jusqu'au nord-ouest du pays.
Dans le gouvernorat de Kébili, par exemple, l'agro-pastoralisme s'appuyait sur les zones de parcours naturels du bord du Sahara occidental. Les animaux restaient près des oasis en se nourrissant de résidus végétaux pendant les mois d'été et, durant le reste de l'année, s'alimentaient sur les pâturages des parcours naturels dès l'arrivée des pluies de printemps. À présent, la situation est tout à fait différente, avec des animaux restant près des oasis et dépendant de compléments alimentaires sur la majorité de l'année, en raison des variations des précipitations et de la qualité des parcours qui sont désormais complètement dégradés entre mars-octobre, avec des pics en août et septembre. Dans l'ensemble, les petits agro-pasteurs, face aux augmentations des coûts de production, ont plus de mal à poursuivre leurs activités d'élevage et risquent d'être contraints à une réduction progressive de leur production. Ces coûts de production supplémentaires impliquent également des augmentations du prix de la viande, qui affectent également les ménages ruraux les plus pauvres. Dans certains gouvernorats, comme Tataouine, les éleveurs traditionnels ont dû faire la transition vers l'agro-pastoralisme, et ont davantage tendance actuellement à se consacrer uniquement à l'agriculture irriguée, en raison de la vulnérabilité des revenus du secteur de l'élevage[44].

Moyens de subsistance dans les oasis

15. Les oasis représentent des agro-écosystèmes uniques, symboles de l'adaptation des hommes et des moyens de subsistance dans les zones arides grâce à une optimisation des rares ressources naturelles. Le système de culture traditionnel à trois étages des oasis du centre et du sud, incluant les oasis de Gabès, Gafsa, Jérid et Nefzaoua, ont permis de produire des cultures variées, avec des dattes, des fruits et légumes et des cultures fourragères, grâce à de petits systèmes hydrauliques efficaces et à la création d'un microclimat favorable dans les oasis (voir l'Encadré 4.5). Dans le gouvernorat de Kébili, par exemple, les oasis couvrent 57 % de la superficie totale du gouvernorat, englobant 56 % des palmiers-dattiers de la Tunisie. Le gouvernorat est à l'origine de 70 % de la production nationale de dattes Deglet Nour et de 56 % de la production nationale globale
Les options possibles d'adaptation centrées sur la gestion intégrée des ressources en eau pourraient inclure : (i) une amélioration de la collecte des eaux de surface, atteignant actuellement 85 %, avec des projets de transfert d'eau depuis le nord, où elle abonde, vers les régions du sud, (ii) un projet avec l'Institut des régions arides de recharge des nappes souterraines avec les eaux de ruissellement, (iii) une utilisation de l'eau plus efficace par les secteurs industriel et touristique, (iv) la réutilisation des eaux usées traitées en collaboration avec l'Office national de l'assainissement, et (v) la désalinisation. En outre, le manque de données gêne l'évaluation précise de la diversité biologique et des services associés dans les écosystèmes des oasis. Un Plan de gestion de l'oasis de Gabès est en cours de préparation par le biais du Projet du golfe de Gabès cofinancé par la Banque et le FEM, et vise à établir, avec une approche intégrée et participative, des conditions durables et assurant un équilibre entre l'utilisation rationnelle des zones et des ressources naturelles (y compris leur protection) et les impératifs de développement économiques et sociaux liés à l'agriculture, la pêche et l'écotourisme. Les

options pour répondre à ces questions sont diverses et la capacité est disponible. Mais ce qui est le plus indispensable, c'est un appui supplémentaire pour continuer à explorer et à mettre en œuvre les solutions possibles.

16. Les oasis dans le Centre et le Sud sont particulièrement vulnérables aux pressions résultant de la dégradation, à savoir la pénurie d'eau et les empiétements de l'urbanisme et des dunes de sable : des impacts qui vont s'aggraver sous l'effet du changement climatique. C'est en particulier le cas des oasis de Gafsa et de Gabès. Dans le gouvernorat de Tozeur, les oasis traditionnelles, à trois étages de cultures, ont prospéré dans les années 70 et 80, avec la production de dattes, l'arboriculture et les cultures de légumes et plantes fourragères. Avec la tendance de plus en plus irrégulière, mais généralement baissière, de la pluviométrie, conjuguée à l'expansion des superficies cultivées, le « tour d'eau » de chaque parcelle dans les oasis continue de s'allonger, et le système à trois étages de cultures est en train de disparaître, car les producteurs se concentrent sur la production du palmier-dattier. Les pénuries d'eau dans les oasis peuvent à leur tour conduire à une dégradation des sols par la salinisation, car les sols ne sont pas rincés, ce qui a des répercussions sur les rendements. Toutefois, la salinisation des sols peut également se produire en cas d'évaporation de l'eau d'irrigation excédentaire, un phénomène souvent associé à un mauvais drainage des sols qui laisse des sels dissous dans le sol, signalant des problèmes d'utilisation efficace de l'eau. Dans la région de Tozeur, il est estimé que l'eau d'irrigation satisfait 68 % des besoins des cultures, tandis que 18 % sont perdus. De plus, la progression des dunes de sable dans les oasis, un phénomène récurrent et normal, peut être aggravée par la dégradation du couvert végétal dans les parcours environnants (résultant d'une sécheresse prolongée ou de surpâturage), qui expose les sols sablonneux à la déflation. Les mesures d'atténuation de ces empiétements adoptées au cours des 50 dernières années incluent les dunes artificielles protectrices, la fixation des dunes et les coupe-vent.

L'arboriculture de l'olive et les moyens de subsistance agricoles

17. La superficie nationale des plantations d'oliviers atteint environ 1,6 million ha, représentant un tiers de toutes les terres arables du pays. Au niveau national, 32 % des oliviers ont moins de 20 ans et 26 % ont de plus de 50 ans. Le Centre et le Sud comprennent respectivement 70 % et 18 % des zones d'arboriculture de l'olive du pays. La culture des oliviers est une activité de subsistance ancienne et traditionnelle en Tunisie, au premier plan de la vie économique et sociale. En effet, les revenus de 57 % des producteurs tunisiens dépendent en partie ou en totalité de cette activité. L'huile d'olive représente 50 % des exportations alimentaires et 70 % de la production nationale sont exportés. Le marché intérieur de l'huile d'olive varie entre 50 000 et 70 000 tonnes par an. L'arboriculture de l'olive joue un rôle crucial dans la stabilisation régionale, car elle représente souvent la seule activité agricole viable dans certaines régions soumises à des pénuries d'eau et dotées de sols pauvres, pouvant ainsi atténuer l'exode rural. Vue sous l'angle environnemental, l'arboriculture de l'olive renforce la couverture végétale et prévient l'érosion. Elle est cependant très dépendante des précipitations interannuelles et intra-annuelles et est donc très sensible à la sécheresse. Par exemple, la production nationale a chuté à 255 867 000 tonnes et 205 867 000 tonnes en 1995 et 2002, respectivement, en raison de la sécheresse (à partir d'une moyenne de 555 867 000 de tonnes par an).

18. La production des oliviers dans les régions du Centre et du Sud va être touchée par la sécheresse et les pénuries d'eau induites par le changement climatique, avec une vulnérabilité variable selon le type et l'âge de l'arbre et la méthode d'irrigation (voir l'Encadré 4.6). Dans la région de Matmata du gouvernorat de Gabès, les baisses de précipitations ont incité les CRDA à convaincre les agriculteurs de tailler leurs oliviers (200 000 arbres) et donc de réduire la production pour assurer la survie des arbres, et ce, malgré les jessours (petits barrages dans les ravins) existants pour la collecte des sols et de l'eau. Dans le gouvernorat de Gafsa, et dans d'autres gouvernorats, des interventions ponctuelles d'irrigation ont été nécessaires pour sauver les plantations d'oliviers face à la sécheresse. Dans le gouvernorat de Tataouine, les six dernières années de récolte n'ont pas été bonnes et les stocks d'huile d'olive sont donc pratiquement épuisés La situation est similaire dans le gouvernorat de Gabès, où la baisse de la production n'a jamais été aussi forte qu'au cours des dernières années, et où il a fallu aussi recourir à une irrigation complémentaire, en particulier dans les zones plus marginales. Dans le gouvernorat de Médenine, les plantations d'oliviers étaient dans un état critique au cours de l'été de 2011, et même avec les pluies qui ont suivi, les oliviers n'ont toujours pas récupéré[61]. Pour les quatre millions d'arbres du gouvernorat[62], la question principale reste le développement de mesures d'adaptation pour faire face aux nouveaux cycles irréguliers de précipitations.

19. D'autres types d'arboriculture vont également être affectés par le changement climatique, en particulier les espèces pluviales non locales moins résistantes à la sécheresse, notamment les amandiers et les figuiers. Dans le gouvernorat de Kasserine, les projections pour 2030 indiquent une diminution de 50 % de la production de l'arboriculture, y compris les variétés locales. En ce qui concerne l'agriculture, les producteurs des régions de l'intérieur du Centre et du Sud estiment en général que l'agriculture pluviale devient de moins en moins rentable. À Djerba dans les années pluvieuses, les agriculteurs cultivaient du blé et du sorgho, mais maintenant ils n'obtiennent des rendements comparables pour ces cultures qu'une fois tous les cinq ans. Dans le gouvernorat de Kasserine, la sécheresse de 1999-2001 a vidé les réserves de semis. Les projections des impacts du changement climatique dans le gouvernorat jusqu'en 2030 montrent une diminution de 20 % de la production de céréales. C'est également le cas pour le gouvernorat de Tataouine, où les stocks de semences ont été perdus et aucune culture de céréales n'a pu être engagée au cours de la dernière période de 4-5 années de sécheresse persistante. Les gouvernorats du Centre et du Sud cherchent à étendre les périmètres irrigués pour l'agriculture et l'arboriculture, bien que cela soulève des questions de durabilité en termes d'utilisation efficace de l'eau et de recul des ressources en eaux souterraines.

Une introduction aux moyens de subsistance de la pêche et aux zones côtières humides

20. La production tunisienne de la pêche a été évaluée à 357 487 millions de dinars tunisiens (USD 255 000 millions) en 2005, contre 199 496 millions de dinars tunisiens en 1996, avec une augmentation du prix de la tonne, passant de 2 368 dinars tunisiens en 1996 à 3 289 dinars tunisiens en 2005. La flotte de pêche nationale comprend 10 750 unités dont 416 chalutiers, avec 50 % du total des unités en activité dans le golfe de Gabès, l'une des zones de pêche les plus importantes à l'échelle nationale. La plupart des pêcheurs le long du golfe de Gabès sont de petits pêcheurs côtiers (76 %), créant un problème de concurrence avec les gros chalutiers et sardiniers basés en dehors des

principales grandes villes portuaires du Golfe, d'autant que les stocks continuent de diminuer en raison de la surpêche, du non-respect des zones de pêche réglementée et de l'utilisation de méthodes de pêche illégales. Dans le Golfe, les stocks de poissons sont déjà surexploités de 30 % et la biodiversité recule parallèlement à la réduction de la couverture végétale aquatique submergée, en raison de méthodes invasives de pêche. Dans le port de Djerba Houmet Souk, la période de pêche de septembre à novembre en 2011 a produit 120 tonnes, à comparer à la moyenne habituelle de 150 tonnes. Les espèces invasives exercent également une pression supplémentaire sur la pêche, résultant principalement d'une migration de la mer Rouge, transitant par le Canal de Suez.
L'exemple de la crevette blanche du Golfe de Gabès qui a migré vers le nord et se trouve maintenant partout en Méditerranée, illustre cette situation. L'espèce entre en concurrence avec l'espèce locale, la crevette royale, qui a plus de valeur commerciale pour les pêcheurs. Une autre espèce invasive est le Tilapia du Nil, disparu dans les années 60, mais qui a resurgi depuis les années 80 et se trouve maintenant dans les eaux de drainage des oasis ou dans les oueds qui communiquent avec la mer.

21. Les impacts directs du changement climatique sur l'industrie de la pêche ne sont pas encore bien analysés, mais il a été constaté que les changements des écosystèmes dus à des augmentations de la température ou à la submersion d'écosystèmes des zones humides importants qui servent d'alevinières naturelles, peuvent aboutir à la restructuration de la biodiversité marine et à un recul subséquent des espèces traditionnelles pêchées le long des zones côtières (voir l'Encadré 4.7). La prolifération des algues est un phénomène important associé à la hausse des températures de l'eau se produisant de façon répétée dans les zones où l'eau est moins profonde et la circulation des eaux est plus lente, par exemple dans le lagon de Boughrara, proche de Djerba. Dans le golfe de Gabès, 2 000 tonnes de sardines ont été perdues suite à une prolifération d'algues dans l'été de 2008. Les autres phénomènes comprennent : (i) un début toujours plus tardif de la saison de pêche de la sardine, car l'espèce pond ses œufs près de la côte et est probablement influencée par les fluctuations des températures, et (ii) une corrélation entre les précipitations et le contenu organique/minéral des eaux côtières avec des impacts sur la santé de la biodiversité.

Le Golfe comprend également deux écosystèmes lagunaires clés, les lagunes de Bougrara et de Bibans. La lagune de Bougrara est la plus importante de la Tunisie. Elle couvre 50 000 ha et abrite une faune comprenant 72 espèces dont environ 30 espèces de poissons. C'est une lagune très importante pour le secteur de la pêche, exploitée par 78 % des pêcheurs de lagune tunisiens. Elle subit des pressions de pollution, notamment de deux importantes exploitations aquacoles, d'une usine de désalinisation et d'un abattoir. La lagune de Bibans couvre 30 000 ha ; elle est soumise à de fortes pressions résultant des niveaux de pêche non durables et de la pollution liée aux déchets ménagers et à un abattoir. Ces écosystèmes sont essentiels en termes de diversité biologique car ils servent d'alevinières pour un certain nombre d'espèces de poissons. Dans la lagune de Bibans, les pêcheurs locaux ont utilisé ces caractéristiques pour concevoir une zone de pêche durable grâce à la mise au point d'un système de capture des poissons par des clôtures et des cages retenant les poissons cherchant à sortir vers le Golfe. La profession a aussi prévu des périodes d'interdiction de pêche pour assurer la reconstitution des stocks. Ce système est cependant soumis à la pression des méthodes et des niveaux de pêche non durables pratiqués plus loin dans le Golfe qui

empêchent le retour des stocks de poissons dans la lagune. Sur le plan social, on constate un vieillissement de la population de pêcheurs car les jeunes émigrent vers la Libye.

Les principaux impacts du changement climatique sur les pêcheries du golfe de Gabès comprennent la submersion et la restructuration subséquente des zones d'écosystèmes humides, incluant les lagunes de Bougrara et Bibans et les basses terres des îles de Kerkna et Djerba, ainsi que l'érosion côtière qui met en péril des infrastructures clés. Les espèces invasives se manifestent également déjà, avec, par exemple, le remplacement progressif de la crevette royale (une espèce de crevette) par la crevette blanche (une autre espèce qui prolifère dans des eaux plus chaudes), ce qui représente une différence importante en termes de qualité et de prix.

Source : (a) Informations de première main recueillies lors de visites sur le terrain dans la région en février 2010. (b) MEDD : « Étude de la vulnérabilité environnementale et socio-économique du littoral tunisien face à une élévation accélérée du niveau de la mer due aux changements climatiques », (2008).

4.3 Les perceptions du changement climatique

22. Dans la plupart des communautés le changement climatique est mentionné, et perçu, quoique différemment. La perception générale est que le comportement du climat n'est plus le même : moins de pluie, augmentation de la température, variabilité plus élevée, démarrage de la saison des pluies de plus en plus imprévisible, probabilité et fréquence accrues de vent de sable (généralement associé à la sécheresse) et un sentiment général d'une récurrence plus forte de la sécheresse aujourd'hui que par le passé. Les réunions et les entretiens menés avec la population locale et les autorités locales ont fait clairement apparaître que depuis deux décennies la sécheresse n'est plus considérée comme un phénomène climatique temporaire, mais plutôt comme un facteur structurel qui doit être intégré dans les stratégies de développement de la région. La sécheresse est ainsi devenue une caractéristique structurelle de la région ; les changements des conditions météorologiques et de la pluviosité sont évoqués en citant la variabilité et l'instabilité croissantes de la production agricole, la réduction des débits d'eau dans les oueds, et l'assèchement de certaines espèces d'arbres (p. ex. figuiers et oliviers). Dans une certaine mesure, les indications scientifiques devraient correspondre à ce sentiment général des populations locales, car le climat a évolué avec des périodes sèches plus longues (séquences d'années), mais ceci s'inscrit dans une tendance historique globale d'oscillation.

4.4 L'année « comme elle devrait être », d'après les principaux systèmes de subsistance et les agro-écosystèmes associés

Les zones semi-arides des gouvernorats du Centre et du Sud

23. Dans les régions semi-arides des gouvernorats du Centre et du Sud, la pluviométrie atteint en moyenne 150 mm par an. Il pleut généralement au printemps et à l'automne, janvier-mars et octobre-décembre étant les mois les plus pluvieux. Au cours de

la saison des pluies, les orages peuvent déverser des quantités importantes de pluie en quelques heures seulement (400 mm en 24 heures). Les mois les plus secs sont avril-septembre, avec des pics de sécheresse pendant le mois de juillet. Dans les régions semi-arides des gouvernorats du Centre et du Sud, la pluviométrie atteint en moyenne 150 mm par an.

24. Dans ces régions, la sécheresse est un phénomène récurrent, avec 1-2 années humides intercalées entre 3-4 années sèches. Les agro-pasteurs constituent donc des réserves de fourrage récolté dans les parcours naturels pendant les années humides afin de pouvoir nourrir leurs troupeaux pendant les années de sécheresse. Toutefois, des problèmes se posent lorsque plusieurs périodes de sécheresse consécutives s'enchaînent, sans pluies suffisantes entre elles. Le sentiment général est que les saisons se sont modifiées, avec des impacts sur les cycles naturels des agro- écosystèmes. Au cours de ces années sèches, les zones de pâturage disponibles se font rares, et les ressources dépensées pour l'achat de compléments alimentaires et de concentrés augmentent. Les éleveurs doivent souvent vendre du bétail à prix réduit pour recueillir des fonds nécessaires pour faire face à l'augmentation des coûts de production. Avec la dégradation des parcours, les éleveurs doivent déplacer leurs animaux toujours plus au nord à la recherche de pâturages.

25. En termes de moyens de subsistance agricoles, les variations de la température et de la pluviosité affectent également les agro-écosystèmes associés. En général, les périodes de sécheresse sont prolongées et les précipitations au cours des « années humides » sont insuffisantes, tandis que les « années sèches » consécutives sont plus nombreuses. Dans plusieurs gouvernorats, des interventions ponctuelles d'irrigation des oliviers ont été nécessaires pour sauver les plantations[72]. En outre, les pics de température sont plus fréquents, non seulement en été, mais aussi en hiver, provoquant des pressions sur les périodes normales de dormance des plantes. Ceci a provoqué une réduction de moitié de la production de grenades dans le gouvernorat de Gabès en 2009, et certains arbres fruitiers, en particulier pommiers, poiriers et pêchers, n'ont aussi pas eu de période de floraison, ce qui a impacté également les rendements. L'impact de la variabilité de la température se voit aussi dans l'exemple particulier du pommier dans le gouvernorat de Kasserine. En raison d'une élévation des températures supérieure à la moyenne en avril de cette année, les fleurs sont tombées des arbres, provoquant une baisse de la production. Cela a été le cas également pour la récolte de tomates, où un tiers de la production a été perdu car les fleurs ont chuté en raison des températures plus élevées que la moyenne au printemps. À Djerba, les raisins et les pêches de la région sont généralement les premiers à arriver sur le marché national, et profitent de l'avantage d'être les premiers en vente. Avec la variabilité du climat, cependant, la floraison qui se produit normalement au printemps se déclenche à l'automne, provoquant une baisse de production. Cette variabilité a été aggravée par des épisodes sporadiques et anormaux de gelées et de sirocco à Djerba. Un autre problème fréquemment cité est l'apparition de nouvelles maladies et de nouveaux insectes, qui ont provoqué un accroissement de l'utilisation des pesticides.

Les zones arides des gouvernorats du sud

26. Dans les gouvernorats du sud arides, les précipitations moyennes atteignent moins de 100 mm par an. Les températures varient d'environ 5°C en hiver à plus de 40°C en été.

Les pluies se produisent habituellement au début du printemps et au début de l'automne. Il y a également environ 70 à 120 jours de vents de sable ou vents chauds en moyenne, dont 40 jours de sirocco, en particulier à la fin du printemps et en été. Au cours de la saison des pluies, des orages peuvent déverser des quantités importantes de pluie en quelques heures seulement, ce qui peut parfois entraîner des crues éclair (120 mm en deux jours en 2007 dans le gouvernorat de Tozeur, un événement qui n'arrive qu'une fois par siècle ; et les inondations de 2009 à Tamerza).

27. Dans les oasis, des compléments d'irrigation sont nécessaires pour la production des dattes au cours des mois d'été les plus chauds, juillet et août. Puis, après l'arrivée des pluies d'automne en septembre ou octobre, les dattes mûrissent généralement en novembre, époque de la récolte. Le sol est travaillé en hiver et la pollinisation artificielle se pratique au printemps.

28. Comme dans les gouvernorats semi-arides, le sentiment général est que les saisons ont changé et que le cycle interannuel d'années humides et sèches est maintenant modifié, avec plus de périodes de sécheresse consécutives intercalées de périodes humides plus brèves et insuffisantes. Avec la diminution générale et la variabilité de la pluviométrie, le cycle de production des dattes est très perturbé. Le calendrier des pluies dans le cycle est crucial. Au cours des quinze dernières années, les pluies ne sont pas tombées régulièrement en automne et les dattes sont plus petites et sèches. En outre, les pluies sont également irrégulières car elles se produisent de plus en plus à la fin de l'été et la fin du printemps. Ce qui, conjugué aux hautes températures estivales, fait « brûler » les dattes, en accentuant la réduction des rendements. Quand les pluies arrivent trop tard au printemps, les dates sont plus petites. Quand les pluies deviennent torrentielles à la fin de l'été, c'est également catastrophique pour la récolte de dattes. En ce qui concerne les températures, les pics de chaleur ont exigé d'allonger la période d'irrigation par pompage de mai à septembre (au lieu de juillet-août), avec des pics en juillet et en août. Les régimes des vents ont également changé avec des vents chauds et du sirocco soufflant sur une période prolongée pendant 8 mois par an, provoquant des problèmes d'ensablement et des dommages directs aux dattes. En outre, des pics de températures inhabituels ont été observés entre septembre et octobre (plus de 45°C) combinés à du sirocco. Cela fait sécher les dattes prématurément tout en endommageant les fruits. En 2010, le nombre des jours de vent a augmenté dans le gouvernorat de Gabès, ce qui a eu un impact majeur sur les serres, avec des pertes pour les petits agriculteurs qu'ils n'ont pas encore pu compenser.

29. Le manque de pluie et les températures accrues produisent une baisse générale du taux d'humidité dans les oasis qui menace leur système à trois étages. Les agriculteurs ne peuvent plus planter des légumes et des plantes fourragères au cours de l'automne en sachant que des pluies vont arriver, et le besoin accru d'eau d'irrigation, avec les coûts qui y sont associés, signifie que dans le système à trois étages, ces cultures sont les premières condamnées à disparaître, suivies par les arbres fruitiers.

30. Les effets des sécheresses consécutives et de la dégradation des parcours se font également ressentir sur les activités de subsistance agro-pastorales où le cycle de transhumance normal a été radicalement modifié. Habituellement, les animaux restaient près des oasis en se nourrissant de résidus végétaux pendant les mois d'été et, durant le reste de l'année, s'alimentaient sur les pâturages des parcours naturels en bordure du Sahara dès l'arrivée des pluies de printemps. À présent, la situation est tout à fait

différente, avec des animaux restant près des oasis et dépendant de compléments alimentaires sur la majorité de l'année, en raison des variations des précipitations et de la qualité des parcours qui sont désormais complètement dégradés entre mars-octobre, avec des pics en août et septembre.

31. Des exemples précis ont été également fournis sur les impacts de la variabilité des températures et des saisons sur la production animale dans le gouvernorat de Gabès. Avec l'allongement de la période estivale, la fécondité – et donc le taux de fécondité – des vaches a diminué, avec une mortalité embryonnaire accrue, en particulier depuis les 3-5 dernières années. On observe des taux de mortalité à la naissance de 20 % en juin et juillet, même au sein des microclimats des oasis. En outre, la période d'allaitement qui durait généralement 5 à 6 mois, est maintenant réduite à 3 à 4 mois, avec des incidences directes sur les revenus. Des tendances similaires sont observées pour les chèvres, les moutons et dans une certaine mesure, les chameaux. L'élevage des petits animaux, notamment lapins et poulets, est également affecté, avec un taux de décès accru des animaux jeunes pendant les mois chauds et un nombre croissant d'agriculteurs qui abandonnent cette activité entre juin et août. Il a également été observé que la production de l'apiculture est en baisse, en particulier dans la région de Matmata.

4.5 Aperçu des stratégies de subsistance socialement différenciées

32. Trois catégories principales de vulnérabilité des ménages se dessinent à partir de l'analyse de nos données de terrain.

33. **Les moins vulnérables :** En termes généraux, les familles rangées dans cette catégorie présentaient la combinaison de caractéristiques suivante : (i) des sources diversifiées de revenu fixe, outre des revenus agricoles (un membre de la famille émigré ou ayant un emploi permanent) ; (ii) une production agricole diversifiée ; (iii) l'accès à l'eau à la fois par collecte et par irrigation ; (iv) propriété des terres ; et (v) appartenance à une génération plus âgée.

34. **Les plus vulnérables :** En termes généraux, les familles rangées dans cette catégorie présentaient une caractéristique ou la combinaison de caractéristiques suivante : (i) pas de source de revenu fixe ; (ii) une dépendance à l'égard d'un seul produit agricole ; (iii) la collecte d'eau comme seule source d'eau ; (v) pas de propriété des terres ; et (vi) de jeunes chômeurs. Il s'agissait généralement de petits agriculteurs.

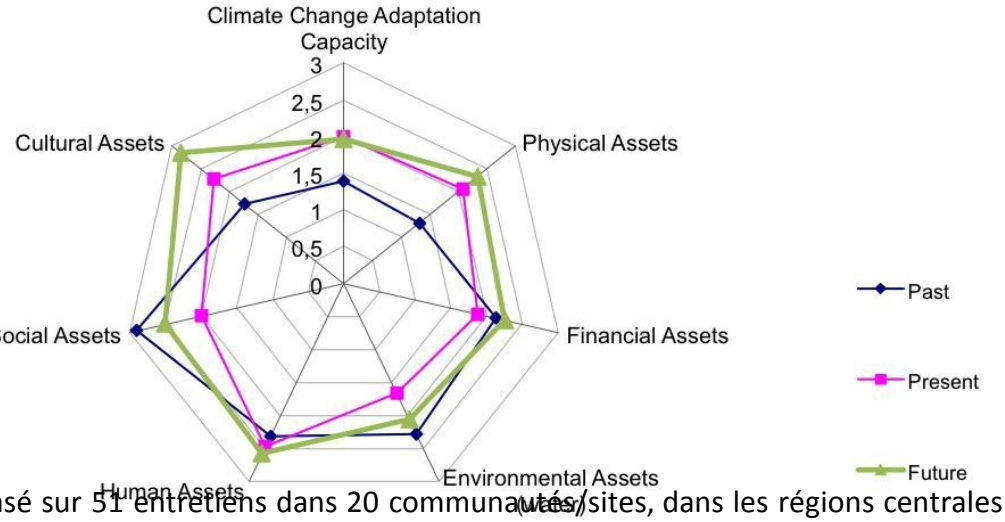
35. **Vulnérabilité moyenne :** Cette catégorie peut être définie comme celle des familles présentant une seule des caractéristiques des « moins vulnérables », car celles-ci sont déterminantes pour évaluer la durée ou le nombre des sécheresses que cette famille est capable de supporter.

36. Dans l'ensemble, l'analyse a montré que la vulnérabilité est intrinsèquement liée au niveau de diversité des sources de revenus dont dispose la famille, tant non agricoles qu'agricoles en fonction de la diversification des produits. La vulnérabilité est également liée à l'accès aux périmètres irrigués et à la propriété des terres, qui permettent une diversification de la ressource en eau et des systèmes de production. Les types et les niveaux de vulnérabilité sont, conformément à la définition de l'IPCC, liés à la capacité d'adaptation. Dans les six sections suivantes (4.6 - 4.11) nous allons décrire les stratégies de subsistance socialement différenciées, les besoins et la disponibilité des actifs sur

lesquels s'appuie la population rurale pour répondre à l'évolution des conditions. Ces conditions comprennent les ressources naturelles touchées par les phénomènes climatiques, tels que la variabilité, les phénomènes extrêmes, la sécheresse à long terme et les scénarios de précipitations.

37. Nous présentons et analysons une combinaison des données qualitatives et quantitatives tirées de nos entretiens. Bien que l'information ait été recueillie en se basant sur une approche systématique rigoureuse, l'objectif n'a jamais été de produire des résultats statistiquement significatifs, car cela aurait nécessité une enquête de terrain plus vaste que ce que permettait une mission intensive de dix jours. Nous avons toutefois constaté que les informations qualitatives recueillies sont en pleine cohérence avec les données quantitatives, et nous sommes donc à même de les présenter comme suit.

Figure4 .1 Régions du Centre, du Sud et Côte sud de la Tunisie : Perception par les personnes interrogées des capacités d'adaptation au changement climatique et des actifs de subsistance dans le passé, au présent et dans le futur dans les régions du Centre, du Sud et de la Côte sud de la Tunisie



Source : Auteurs.

Note : Basé sur 51 entretiens dans 20 communautés/sites, dans les régions centrales et méridionales de la Tunisie en novembre 2011. Les chiffres sont basés sur une série de questions fermées concrètes et classées.
Une valeur de « 3 » correspond à l'option la plus favorable pour la personne interrogée, « 1 » étant la moins favorable. Par exemple : « 3 » = capacité d'adaptation forte ; « 2 » = capacité d'adaptation moyenne ; et « 1 » = capacité d'adaptation faible.

4.6 Répartition et détérioration des ressources environnementales

38. Les problèmes d'eau, et en particulier d'accès à l'eau, constituent souvent l'indicateur environnemental le plus pertinent de la capacité des populations rurales à faire

face et s'adapter aux pressions liées au changement climatique. Il en va de même dans le contexte des zones arides et semi-arides tunisiennes. Au cours des entretiens collectifs et individuels, les questions qui ont été particulièrement évoquées étaient les suivantes : (i) la pénurie, et (ii) l'augmentation des niveaux de salinité des ressources en eau (forages). De nombreuses personnes interrogées des zones arides et semi-arides ont souligné que les problèmes de migration étaient liés aux questions de disponibilité et de qualité de l'eau. On nous a dit que la distribution de l'eau (forages, irrigation, etc.) avait été dans le passé liée à l'accès à des personnalités politiques influentes, et de nombreuses personnes ont fait part de leur espoir que la nouvelle administration soit plus performante en matière de distribution et d'accès à l'eau dans l'avenir. Nos recherches sur le terrain montrent que l'accès à l'eau était considéré en moyenne comme élevé dans le passé, alors qu'il est aujourd'hui jugé comme inférieur à la moyenne (fig. 4.1). La situation apparaît cependant plus nuancée après avoir désagrégé les valeurs moyennes. La population rurale ayant accès à la gestion des oasis (fig. 4.8) affiche une importante tendance négative en ce qui concerne l'accès à l'eau (bon dans le passé, mauvais actuellement et accès moyen prévu dans l'avenir). Ce segment des personnes interrogées explique qu'il constate un manque d'humidité dans les oasis, dû en partie à la pression sur les ressources en eau des agrandissements des oasis, en partie aux techniques d'utilisation efficace de l'eau, car les canaux à l'air libre ont été remplacés par des conduites d'eau, ce qui ne libère pas d'humidité dans l'oasis. Ils soulignent que les mesures d'adaptation possibles, telles que les barrages, ou transferts d'eau, n'ont pas été prises à temps pour le changement climatique. Les avis divergent quant aux éventuelles solutions, certains suggèrent de creuser des puits plus profonds, d'autres sont plus enclins à favoriser les transferts d'eau. Les agriculteurs des oasis sont très préoccupés par le manque d'eau dans les oasis qui risque de provoquer une diminution de la production. Il y a aussi une tendance à la baisse de la diversité des cultures avec un abandon progressif de l'utilisation des techniques de gestion des oasis à trois étages.

39. Un grand nombre de ceux qui n'ont pas accès aux oasis ont expliqué que le manque d'eau était une condition avec laquelle ils avaient toujours dû vivre et qu'ils avaient dû s'y adapter. Mais les habitants des régions arides du sud mentionnent eux aussi que l'accès à l'eau est encore plus difficile maintenant que dans le passé (Fig. 4.4). Ils se rendent compte qu'il a moins plu au cours de cette dernière décennie, à l'exception de l'année dernière, et que ce fait, combiné à des pressions plus fortes sur les ressources en eau dues à la consommation accrue pour l'agriculture et la consommation privée et publique, signifie que les puits doivent être creusés plus profond avec une eau qui devient souvent saumâtre.

4.7 Actifs physiques des pauvres

40. Dans toutes les régions et zones agro-écologiques visitées, les personnes conviennent que l'accès aux actifs physiques s'est amélioré au cours des dernières décennies, passant d'une note mauvaise à une note moyenne. Nous avons surtout abordé la question des actifs physiques, en posant des questions sur les infrastructures et le transport des personnes, des biens, des animaux, du fourrage et de l'eau. Les personnes ont jugé les routes rurales comme moyennes à mauvaises, soumises à des inondations, avec des répercussions sur les prix des denrées alimentaires, du fourrage, de l'eau et du transport des personnes ; ces routes, toutefois, n'étaient pas

revêtues dans le passé et les gens dépendaient en grande partie de la traction animale. Souvent, l'autobus scolaire est le seul moyen de transport public. Il y a de l'espoir pour l'avenir et le problème de la médiocrité des infrastructures est considéré comme manifestement lié au chômage. L'amélioration des routes augmenterait la disponibilité d'emplois au niveau local, renforcerait la mobilité et leur éviterait les migrations définitives vers les grandes villes.

4.8 Actifs financiers dans les communautés visitées

41. Nous avons étudié les actifs financiers en posant des questions sur l'accès de la population à des prêts et à diverses sources de revenu. Plusieurs personnes interrogées ont souligné que les jeunes n'ont pas d'accès ou un accès très limité à des financements, voire même à un peu de liquidités. Ceux qui avaient des activités dans les trois étages de production des oasis (palmiers- dattiers, arbres fruitiers et cultures de fourrage/cultures de légumes), ne récoltent à présent que des dattes ; les rendements agricoles ont diminué et les cultures sont moins diversifiées, et les autres sources de revenu sont maintenant rares. Ceux qui possèdent des oliviers produisent moins en raison des années de sécheresse et ont renoncé à la plupart des productions de légumes et de bétail. Ceci se voit clairement dans la Figure 4.8, dans laquelle la baisse de l'accès aux actifs financiers (fort à moyen) coïncide avec la baisse considérable des actifs sociaux (confiance) et des actifs environnementaux (eau). En réalité, toutes les personnes interrogées ont répondu « fort » dans le passé et « faible » à l'heure actuelle. En raison des années de sécheresse, la dépendance à l'égard de l'eau transportée et des compléments alimentaires a rehaussé les coûts de la production et réduit la rentabilité. Si dans l'ensemble, les gens associent l'avenir de la production à la disponibilité de l'eau et à la mise en place d'un gouvernement post-révolutionnaire efficace, les habitants du sud et de la région côtière/Djerba se préoccupent aussi de la question du tourisme, et dans une certaine mesure, de la pêche.

42. Dans les régions centrales et méridionales de la Tunisie de nombreuses personnes ont mentionné que l'accès aux prêts était difficile pour les petits agriculteurs et que ceux qui disposaient de champs irrigués avaient eu un meilleur accès, car ils pouvaient les utiliser comme garantie. Les taux d'intérêt sont considérés comme très élevés et les exigences bureaucratiques pour obtenir un prêt formel sont jugées très difficiles. Ceux qui seraient capables d'emprunter essayent de ne pas y avoir recours, ils ont peur de ne pas pouvoir rembourser, car leur revenu dépend entre autre de l'accès à l'eau.

4.9 Problèmes dans les réseaux et les liens sociaux

43. Les dimensions sociales et culturelles des stratégies de subsistance servent de "colle" dans les communautés rurales, par le biais des institutions formelles et informelles, réseaux, relations de confiance, parenté, amitié, etc. Au cours de l'enquête sur le terrain l'accent a été mis sur les relations de confiance qui permettent d'accéder à de petits prêts informels accordés par le réseau social des parents et des amis. Alors que la plupart des personnes interrogées indiquent que le niveau de confiance est actuellement à un niveau moyen, elles indiquent aussi que c'est pire maintenant que dans le passé et que dans leur avenir prévu. Comme nous l'avons évoqué ci-dessus, la différence la plus prononcée se trouve au sein des personnes interrogées qui ont accès à la gestion de l'oasis (Fig.

4.8). Au présent, les actifs sociaux sont au niveau le plus bas possible, le passé est présenté comme ayant offert un niveau élevé de confiance et il y a un certain espoir quant à l'avenir. Ils font valoir qu'ils ne demanderont jamais de prêt à leurs amis, soit en raison d'un sentiment de honte, soit parce qu'ils ne seront pas capables de rembourser ; et parce que peu disposent d'excédents qui leur permettraient de prêter, tandis que d'autres disposent encore d'un accès grâce à leurs réseaux. Toutefois, la période actuelle est considérée comme pleine d'incertitude, et les actifs sociaux, financiers et environnementaux sont étroitement liés, et pertinents pour déterminer comment les personnes répondent à l'évolution des conditions.

44. Sur la question des changements dans le niveau de confiance, un agriculteur ayant accès à la gestion de l'oasis dans le vieil oasis d'Hazoua du gouvernorat de Tozeur nous a dit :

> « *Oui, la sécheresse a affecté la confiance dans la communauté. Les gens recherchent la stabilité et cette variabilité est inquiétante. En ce qui concerne la famille, les membres émigrent et cela affecte l'ensemble de la communauté. Il y aura toujours une demande croissante d'eau. Avant, avec le mode de vie nomade, la situation était complètement différente. Des objectifs clairs peuvent rapprocher une communauté, mais nous avons besoin d'options attrayantes.* »

Deux personnes interrogées du gouvernorat de Tataouine, dans le sud de la Tunisie, ont fait les réflexions suivantes :

> *« Quand il pleut, 'c'est la fête'. Lorsque la sécheresse arrive, il y a des impacts néfastes et des problèmes surgissent entre les communautés. Les gens sont stressés, inquiets, les modes de vie changent. »*

et

> *« La sécheresse excessive affecte les jeunes qui émigrent vers d'autres régions, surtout dans le Nord. La qualité des relations interpersonnelles diminue. »*

De même, un homme de Djerba nous a dit que

> *« Le changement climatique affecte effectivement les relations, ceux qui ont des moyens peuvent continuer à travailler. Ceux qui n'ont pas ne peuvent pas. Cela crée des inégalités dans la capacité de faire des économies pendant la sécheresse. La confiance était bien plus élevée autrefois. Avant, vous pouviez faire des transactions basées seulement sur un accord verbal. La parole donnée était plus précieuse que l'argent. »*

4.10 Intégrité culturelle

45. La dimension culturelle des stratégies de subsistance se rapporte à des connaissances et des expériences spéciales acquises par les personnes vivant dans certaines conditions et par les relations qu'elles établissent entre elles au fil du temps. Les aspects d'identité et de différenciation des autres se manifestent souvent fortement lorsque l'on pose des questions sur ces dimensions. Toutefois, au cours de nos entretiens dans les régions arides et semi-arides de la Tunisie centrale et du sud, la dimension signalée la plus significative a été celle de l'âge, ou de la génération. Sans surprise, quelques mois seulement après la révolution, la situation et les conditions des jeunes prédominent. La plupart des jeunes et les personnes interrogées plus âgées ont été d'accord pour dire que les jeunes ne peuvent pas, et ne veulent pas vivre comme leurs parents. Ils fuient l'agriculture à la recherche d'une meilleure qualité de vie, en cherchant des emplois temporaires dans les zones urbaines. Tous ne sont pas comme cela, naturellement, et quand ils sont capables de tirer parti des pratiques culturelles, des réseaux et des connaissances, leur capacité d'adaptation peut se renforcer. Comme le disait un homme plutôt jeune du gouvernorat de Gafsa :

> *« J'ai les connaissances nécessaires pour sauver mes plantations et mon bétail. Je compte sur mes économies acquises au cours des années pluvieuses pour survivre pendant la sécheresse. J'ai des connaissances que même des experts ne possèdent pas, sur les circulations de l'eau, les types d'espèces, les connaissances traditionnelles et je peux transmettre tout cela, de même que cela m'a été transmis. Les habitants des villes n'ont pas tout ceci, mais ils n'ont aussi pas les mêmes inquiétudes que j'ai quant à mes possessions, mes cultures et mon bétail. »*

46. Son père (que nous avons rencontré) veut que rien ne change, dit-il. Lui, en revanche, il veut que les choses changent, et veut rechercher de nouvelles techniques. Selon lui, les jeunes sont plus actifs, curieux d'essayer des choses nouvelles. D'autres se réfèrent aux relations entre les sexes et à l'élévation des niveaux de formation scolaire pour expliquer les changements dans les systèmes de production alimentaire basés sur la culture de leur communauté. Un homme du gouvernorat de Kébili a fait valoir que :

> « *Autrefois, les femmes assumaient 80 % du travail agricole. Maintenant, elles refusent les tâches agricoles et le travail manuel. Elles ont fait des études maintenant. Les connaissances et les savoir-faire se sont développés. Mais les gens ne vont pas continuer l'agriculture si les conditions ne sont pas bonnes."*

4.11 Capital humain

47. Le capital humain englobe la santé, l'éducation et la nutrition. Le niveau général d'éducation est relativement élevé, même dans les ménages ruraux, la plupart ayant achevé leurs études primaires et secondaires et la plupart des familles comportant des membres, souvent des femmes, ayant atteint un niveau d'éducation plus élevé. Cela augmente la capacité d'adaptation à la fois en termes d'accès à l'information sur les questions de climat, d'accès aux informations publiques pertinentes, et d'accès à d'autres

sources de revenus dans les secteurs urbains et semi-urbains par exemple. Ceci alimente un espoir généralisé, mais toutefois critique, à l'égard du nouveau gouvernement.

48. L'accès aux services de santé publique et privée et à un régime alimentaire varié dépend dans une large mesure des moyens financiers, et est généralement considéré comme moyen à élevé.

4.12 Contraintes institutionnelles, opportunités et réponses

49. Dans les communautés interrogées, le sentiment général est que le nouvel environnement sociopolitique dans le pays va produire une amélioration générale du mode de vie, résultant d'un meilleur dialogue, plus équitable, entre elles-mêmes et les autorités nationales et locales. Le lien très étroit entre le développement régional et l'aménagement du territoire, en particulier entre l'accès aux infrastructures de base et la capacité d'adaptation, a été fortement souligné tant par les communautés que par les collectivités locales pendant les entretiens. Une bonne relation de travail entre les communautés et les principaux acteurs des collectivités locales, et tout particulièrement avec les agents des services de vulgarisation agricole, est primordiale pour mettre en place des réponses d'adaptation qui correspondent précisément aux vulnérabilités aux impacts du changement climatique spécifiques de la communauté.

50. En termes de réponses d'adaptation possibles, les principaux messages reçus au cours des entretiens ont été : (i) l'importance d'une approche intégrée de la gestion des agro-écosystèmes et des ressources naturelles associées, notamment l'eau et les sols (voir les Encadrés 4.8 et 4.9) ; et (ii) la nécessité d'une diversification des systèmes de production, procurant aux communautés d'autres sources de revenus.

51. L'idée de maintenir les gens sur les terres avec des opportunités génératrices de revenus viables est particulièrement importante en termes de préservation des structures sociales, en réduisant les problèmes de migration et d'absence. Cela est également lié à l'idée que l'expérience et la connaissance de la terre représentent en elles-mêmes un outil d'adaptation. Le tableau A ci- dessous énumère les réponses d'adaptation possibles mentionnées au cours des entretiens avec les CRDA des gouvernorats des régions du Sud et du Centre rencontrés pour cette analyse. Les options sont généralement valables pour les deux régions, Centre et Sud, sauf indication contraire dans les notes.

52. En général, la pénurie d'eau et les phénomènes météorologiques extrêmes causés et aggravés par le changement climatique exigent une stratégie d'adaptation applicable et spécifique à l'agriculture pratiquée dans la région concernée. Les prévisions climatiques et météorologiques, liées à des systèmes d'alerte précoce, doivent inclure des précisions sur le calendrier des phénomènes utiles aux agriculteurs pour faire leurs prévisions de récolte. Le développement et la poursuite des cultures traditionnelles (p. ex. dattes et olives) ou d'autres cultures (p. ex. cactus, espèces fourragères locales) devront être évalués en regard de la disponibilité en eau et de la capacité de résistance à la sécheresse de ces espèces.

4.13 Remarques finales

53. Nous avons examiné dans les analyses ci-dessus les principales implications socio-économiques du changement climatique et de la variabilité du climat pour la population d'une sélection de communautés dans sept gouvernorats du Centre et du Sud de la Tunisie et présenté des options d'amélioration de leur résilience et de leur adaptabilité à ces phénomènes telles que perçues par les départements techniques des gouvernorats (les CRDA). Nous avons été frappés de voir au travers de ces entretiens à quel point les systèmes de production alimentaire soumis à des pressions sévères et les conditions agro-écologiques qui en sont la cause, et les stratégies de subsistance locales, se combinent à une vision pleine d'optimisme selon laquelle l'administration post-révolution devrait trouver le moyen de résoudre leurs problèmes actuels. La combinaison de la surexploitation historique des ressources naturelles, principalement l'eau et les sols, et le stress sur les conditions de vie et de production dû au climat ont des effets négatifs sur la création de revenus et sur l'emploi, sur la sécurité alimentaire, tant au niveau des ménages qu'au niveau national, et sur les ressources naturelles, en particulier l'eau.

54. Le besoin affiché et l'espoir d'une action concertée, efficace et éprouvée face au changement climatique que nous avons constatés, tant au niveau des communautés qu'à celui des collectivités locales, suscitent des attentes fortes sur la manière dont le gouvernement va réagir. Le nouveau gouvernement, toutefois, doit faire face à ce qu'un haut fonctionnaire a qualifié de « triple incertitude ». L'administration navigue actuellement dans un environnement politique et institutionnel post révolution, où on peut s'attendre à de nombreux changements ; l'administration doit également faire face au changement et à la variabilité climatique et à l'épuisement de ressources naturelles cruciales ; et troisièmement, elle doit répondre à la crise financière dans l'ensemble de la région, qui est intimement liée à l'exportation et au tourisme, et qui en dépend — l'euro-crise.

55. Des incertitudes multiples et souvent reliées représentent donc une préoccupation clé en matière de planification et de mise en œuvre de systèmes de production alimentaire durables, tout en conservant et en rétablissant les ressources agroécologiques amoindries afin de s'adapter à la fois aux tendances à long terme de sécheresse et de précipitations liées au changement climatique, et aux effets des chocs, des phénomènes extrêmes et de la variabilité et l'imprévisibilité des régimes des précipitations annuelles. Le message général que nous adresse la région est de favoriser la diversification au niveau des ménages, des régions et du pays. Ceci correspond avec le travail sur le terrain entrepris pour cette etude, en soulignant : (i) !'importance d'une approche integree de la gestion des agro-ecosystemes et des ressources naturelles associees, notamment l'eau et les sols (voir les Encadres 4.8 et 4.9) ; et (ii) la necessite d'une diversification des systemes de production, procurant aux communautes d'autres sources de revenus.

CHAPITRE 5 : REPONSES ET ACTIONS STRATEGIQUES CLIMATIQUES RECOMMANDEES EN TUNISIE

Photographie par Dorte Verner

Ce chapitre présente un cadre pour la prise de décision en matière de changement climatique et fournit des recommandations concrètes en matière de politiques, plans et programme pour répondre au changement climatique en Tunisie. Les actions proposées s'alignent avec la Note de Stratégie Intérimaire (NSI) 2012 de la Banque Mondiale pour la Tunisie, qui orientera les investissements de la Banque Mondiale en Tunisie au cours des deux prochaines années. La NSI est axée sur trois principaux domaines d'intervention : (1) une croissance et une création d'emplois durables renouvelables, (2) la promotion de l'inclusion sociale et économique en améliorant l'accès aux services de base pour les communautés mal desservies et en améliorant l'efficacité des programmes de filet de protection sociale, et (3) le renforcement de la gouvernance en améliorant l'accès à l'information publique comme base pour plus de responsabilité sociale et de transparence . Les recommandations spécifiques de ce chapitre sont liées à cinq thématiques principales : (1) améliorer la qualité et l'accessibilité de l'information publique en matière de changements climatiques ; (2) améliorer les ressources et les services humains, techniques et autres pour soutenir l'action en matière de changement climatique ; (3) fournir une protection sociale et autres mesures visant à assurer que les pauvres et les plus vulnérables puissent résister au changement climatique ; (4) élaborer une politique de soutien et un cadre institutionnel pour le changement climatique ; et (5) renforcer la capacité à produire et à gérer des revenus et à analyser les besoins et les opportunités financiers liés à l'adaptation.

Ce chapitre s'appuie sur l'analyse effectuée dans les quatre premiers chapitres du rapport, ainsi que sur la situation socio-politique actuelle en Tunisie élaborée dans le chapitre 1. A travers les chapitres précédents, il est clair que le changement climatique entraînera une augmentation des températures, des baisses des précipitations et une augmentation des phénomènes extrêmes tels que les sécheresses, les tempêtes et les inondations en Tunisie (voir chapitre 2). Le pays qui souffre déjà de ressources limitées en eau sera de plus en plus pauvre en eau, ce qui menacera les capacités à irriguer les cultures, à soutenir l'industrie ou à fournir de l'eau potable pour tous. En outre, il est probable que d'importants impacts climatiques se produisent en raison de l'évolution des prix mondiaux des produits alimentaires, d'autant plus que la Tunisie est un importateur net de nombreuses denrées alimentaires. Tel que détaillé dans le chapitre 3, les prix des denrées alimentaires sur le marché mondial devraient augmenter avec le changement climatique et les impacts locaux du changement climatique se manifesteront par des changements de rendement à long terme. Les rendements relatifs au blé, à l'orge et aux pommes de terre en culture irriguée devraient baisser. Les effets globaux (hausse des prix mondiaux des denrées alimentaires) et locaux (baisse des rendements) combinés devraient coûter à l'économie tunisienne entre 2 et 2,7 millions de dollars sur 30 ans. Certains agriculteurs pourraient bénéficier de la hausse des prix mondiaux des denrées alimentaires mais les effets globaux de la baisse des rendements sur le secteur agricole et les ménages pauvres et vulnérables en Tunisie seront significativement négatifs. Le changement climatique devrait réduire les revenus agricoles de 2 à 7 pour cent par an vers 2030. Les ménages ruraux non agricoles et les ménages urbains en tant que consommateurs nets de produits alimentaires seront les plus touchés par la hausse des prix mondiaux des denrées alimentaires en raison du changement climatique (chapitre 3). Les conséquences économiques et sociales du changement climatique comprennent les pertes de récolte, l'abandon de certaines cultures, une insécurité alimentaire accrue, la baisse des revenus touristiques et la raréfaction de l'eau. Tous les Tunisiens seront touchés mais seront particulièrement touchés les habitants des régions déjà vulnérables et fortement dépendantes de l'agriculture et qui souffrent déjà d'un taux de chômage élevé dans le sud et le centre du pays (voir chapitre 4).
Le but de ce chapitre est d'examiner les options stratégiques visant à répondre à ces changements climatiques prévus et à leurs impacts associés.

Réponses Stratégiques aux Impacts du Changements Climatiques en Tunisie

L'accroissement de la résilience climatique en Tunisie nécessitera un ensemble diversifié d'actions stratégiques ciblant des horizons temporels différents et des acteurs différents, incluant tous les niveaux du gouvernement, le secteur privé, la société civile et les ménages. Les réponses stratégiques devront prendre en compte les implications de la Révolution du 14 Janvier 2011 sur les systèmes de gouvernance et les priorités politiques.

La Révolution Tunisienne qui a catalysé le Printemps Arabe a été enclenchée, au moins en partie, par la perception des déséquilibres régionaux et de la marginalisation des régions intérieures véhiculés par les politiques nationales de développement. Le chômage et l'absence de protection sociale, notamment pour les jeunes ont également contribué aux soulèvements. Avant la révolution, la croissance économique a ralenti d'environ 5 pour cent en 2006 à moins de 4 pour cent en 2010 et à moins de 2 pour cent en 2011, en partie en raison de la Crise Financière de 2008 et de la tourmente qui l'a suivie en Europe, continent qui absorbe environ 70 pour cent des exportations tunisiennes et qui contribue de manière

significative aux revenus touristiques. Tout cela s'est traduit par une hausse du taux de chômage qui était juste au-delà de 12 pour cent en 2006 pour atteindre 18,9 pour cent en 2011. Le secteur financier en Tunisie a encore été touché par le dégradation par S&P de la note souveraine de la Tunisie en mai 2012.

Les réponses au changement climatique devront contribuer à la croissance économique et à la création d'emplois. Un développement bas carbone, résilient au climat doit être articulé comme une priorité politique et présenté comme une opportunité pour une croissance verte. En outre, les réponses au changement climatique devront tenir compte de l'autonomie accrue des régions en matière de gestion de leurs territoires, ce qui implique une plus grande décentralisation de la prise de décision et des ressources au profit des communautés locales. Lorsque possible, ces stratégies devront également avoir une forte dimension territoriale et prendre en considération les déséquilibres existants en matière de protection sociale, d'emploi et de ressources, en particulier chez les pauvres et les plus vulnérables qui sont les plus susceptibles d'être gravement touchés par le changement climatique. Le développement d'une stratégie de changement climatique peut également représenter un moyen de renforcer les capacités en matière de gestion des finances publiques, de coordination inter-agences et de systèmes de planification au niveau des gouvernements nationaux et régionaux.

La Tunisie est déjà en avance sur beaucoup de pays arabes en matière de développement de réponses stratégiques au changement climatique. La Tunisie a été le premier pays d'Afrique du Nord à exprimer son soutien aux processus internationaux sur le changement climatique. Elle a ratifié la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) en 1992 et a rejoint le Protocole de Kyoto le 22 Janvier 2003. La Tunisie a soumis deux communications nationales à la CCNUCC, la première en 2001 et la deuxième en 2011 et a également mis en place une Autorité Nationale Désignée (AND) en 2005. Le pays a déjà mis au point un certain nombre de stratégies nationales d'adaptation ainsi que des stratégies sectorielles, telles que la Stratégie sur l'Adaptation de l'Agriculture et des Ecosystèmes au Changement Climatique (janvier 2007), la Stratégie sur l'Adaptation des Zones Côtières au Changement Climatique (février 2008) et la Stratégie sur l'Adaptation du Secteur de la Santé Publique au Changement Climatique (2010). En outre, en mai 2010, la Tunisie a fourni à la CCNUCC une liste de mesures d'atténuation appropriées au niveau national. Cette liste a été suivie, en octobre 2012, par un document identifiant les principaux domaines (transport, industrie de la construction, déchets, etc.) où des mesures d'atténuation pourraient être entreprises. La Tunisie est actuellement en train de terminer une Stratégie Nationale sur les Changements Climatiques, en s'appuyant sur les travaux antérieurs et en les mettant à jour.

Pour être efficaces, les politiques tunisiennes sur le changement climatique doivent être basées sur une bonne connaissance et un examen approfondi de la conjoncture actuelle, ainsi que sur son avenir et les incertitudes y afférentes (voir chapitre 2) ; intégrer des stratégies sectorielles spécifiques visant les secteurs les plus vulnérables, tels que l'agriculture (voir chapitre 3) ; être établies après consultation de la population et sur la base des besoins exprimés par cette dernière, en particulier les plus vulnérables (voir chapitre 4) ; et être soutenues par un leadership fort et accompagnées par des politiques, une législation et des plans d'action nationaux solides. Il est également essentiel d'intégrer le changement climatique dans les systèmes existants de gestion des finances publiques et des politiques, plans et programmes nationaux. La plupart des actions visant à accroître la résilience climatique entraîneront également des bénéfices plus larges de développement local. Elles

contribueront par exemple à la création d'emplois, à l'amélioration de la gouvernance environnementale et faciliteront l'inclusion sociale et la croissance durable.

Ce chapitre fournit des orientations concrètes destinées aux décideurs politiques tunisiens sur les moyens d'avancer sur la question du changement climatique au niveau national. Le chapitre le fait de deux façons. Tout d'abord, il réintroduit le cadre d'une Action sur l'Adaptation aux Changements Climatiques (Pyramide d'Adaptation) du chapitre 1 de ce rapport. Ensuite, il élabore cinq domaines clés pour l'élaboration d''une politique par ordre de priorités, incluant (1) la fourniture de données fiables et accessibles ; (2) la fourniture de ressources et de services humains et techniques ; (3) la fourniture d'une protection sociale pour les pauvres et les plus vulnérables ; (4) l'élaboration d'un cadre politique et institutionnel ; et (5) le renforcement des capacités à produire et à gérer les revenus ainsi qu'à analyser les besoins financiers et les opportunités liés à l'adaptation au changement climatique. Les recommandations stratégiques au sein de ce chapitre ont été élaborées conjointement avec le Gouvernement Tunisien (GT), incluant une large consultation avec les ministères, les institutions de recherche et les communautés locales. Les recommandations sont basées sur les efforts déjà existants en Tunisie et sur l'analyse des chapitres 1-4. Enfin, le chapitre présente une matrice des politiques résumant les recommandations stratégiques clés proposées dans chacun des chapitres.

L'Adaptation au Changement Climatique Devrait Faire Partie Intégrante de la Gestion du Secteur Public du Développement Durable

Le changement climatique est un facteur essentiel à considérer dans la planification nationale et régionale et lors de la prise de décision publique. Il existe plusieurs approches pour l'intégration effective du changement climatique dans les politiques, plans et programmes en Tunisie. Compte tenu de l'incertitude liée au changement climatique, l'intégration devrait être itérative, flexible et basée sur une gestion adaptative. Cette section traite de façon large les étapes simples qui peuvent être suivies par le gouvernement tunisien pour établir des politiques, plans et programmes complets en matière de changement climatique. En suivant les étapes simples élaborées dans le Cadre de l'Action ci-dessous, le gouvernement tunisien, en partenariat avec la société civile et le secteur privé, peut faire en sorte que les politiques, stratégies et plans d'action puissent renforcer la résilience au changement climatique et, lorsque possible, promouvoir une croissance bas carbone.

Cadre pour une Action sur l'Adaptation aux Changements Climatiques

L'adaptation est un processus à long terme, dynamique et itératif, qui se produit sur des décennies. Des décisions devront être prises malgré l'incertitude liée à la façon dont la société et le climat changeront et les stratégies et mesures d'adaptation devront être révisées chaque fois que de nouvelles informations seront disponibles. Plusieurs méthodologies standards de prise de décision sont inappropriées, et des méthodes alternatives plus solides de sélection des priorités dans un cadre de gestion adaptative seront plus efficaces.

Les éléments d'un modèle de gestion adaptative comprennent (1) des objectifs de gestion qui sont régulièrement mis à jour, et révisés en conséquence ; (2) un modèle ou des modèles du système à gérer, (3) une gamme de choix de gestion, (4) le suivi et l'évaluation

des résultats, (5) un mécanisme pour intégrer l'apprentissage dans les décisions futures, et (6) une structure collaborative pour la participation des parties prenantes et l'apprentissage. En outre, et en complément d'une approche de gestion adaptative, le gouvernement tunisien pourrait considérer cinq conditions favorables au soutien d'une intégration réussie de l'adaptation au changement climatique dans les processus de développement et ce tel qu'articulé par l'OCDE (2009) :

1. Un engagement et une participation larges et durables des parties prenantes, telles que les organismes et les institutions gouvernementaux, les communautés, la société civile et le secteur privé
2. Une approche participative avec les agents légitimes chargés de la prise de décision
3. Un programme de sensibilisation au changement climatique pour les ménages, les organisations de la société civile, les leaders d'opinion et les éducateurs
4. La collecte d'informations pour informer des décisions d'adaptation à la fois au niveau national et local
5. Des processus de réponse aux chocs climatiques à court et à long terme.

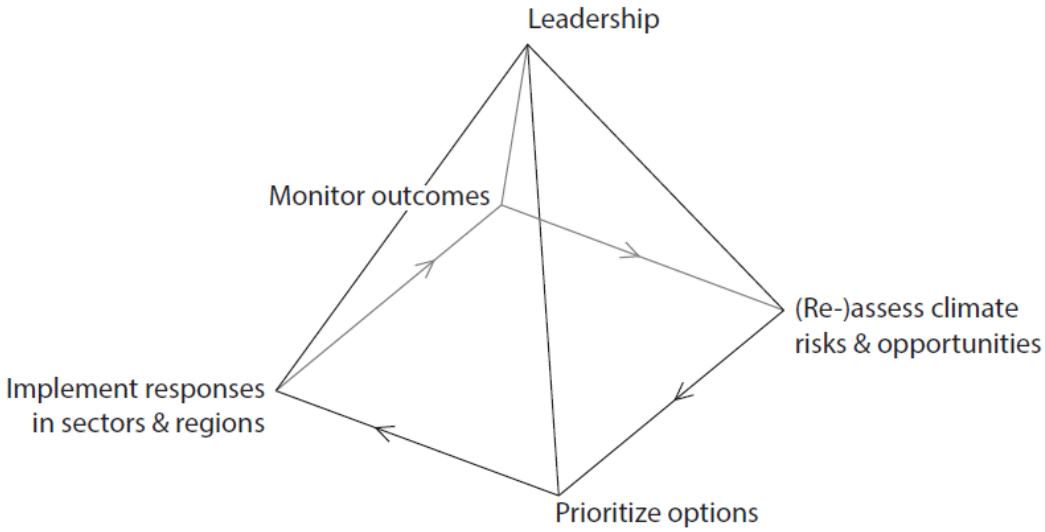
Ces conditions permettent de s'assurer que de multiples perspectives sont introduites dans le processus de prise de décision politique et aident ainsi à s'assurer que les solutions politiques qui sont essayées sont solides et en adéquation avec une approche de gestion inclusive.

La Pyramide d'Adaptation introduite au chapitre 1, et à laquelle font référence les chapitres 2-4, fournit un cadre pour poursuivre cette approche de gestion adaptative et est conçue pour aider les parties prenantes tunisiennes à intégrer les risques et les opportunités climatiques dans les activités de développement (voir figure 5.1). Elle souligne aussi, et en particulier, l'importance du leadership, sans lequel les efforts d'adaptation sont peu susceptibles d'atteindre le niveau nécessaire pour minimiser les impacts du changement climatique.

La base de la Pyramide représente les quatre étapes itératives qui constituent le fondement d'une prise de décision judicieuse en matière d'adaptation au changement climatique :

1. Évaluer les risques, les impacts et les opportunités d'une action climatique
2. Prioriser les options de politiques et de projets
3. Mettre en œuvre des réponses dans les secteurs et les régions.
4. Suivre et évaluer et ensuite réévaluer les risques, les impacts et opportunités climatiques.

Figure 5.1 Cadre pour une Action d'Adaptation au Changement Climatique : Pyramide d'Adaptation



Source: Verner 2012.

Les flèches sur les quatre côtés de la pyramide soulignent le caractère itératif de la prise de décision en matière d'adaptation. L'adaptation est un processus continu qui se déroule au fil du temps et les activités d'adaptation seront soumises à des révisions dès que de nouvelles informations seront disponibles. Les flèches sur les quatre côtés de la pyramide soulignent le caractère itératif de la prise de décision en matière d'adaptation. A cela s'ajoute un cinquième sommet : celui du leadership, sans lequel les efforts d'adaptation sont peu susceptibles d'atteindre le niveau nécessaire pour minimiser les impacts du changement climatique. La base de la pyramide est détaillée dans les sections suivantes.

Évaluer les risques, les impacts et les opportunités : Dans cette première étape, un large éventail d'analyses pourrait être utilisé.1 Toutes s'appuient sur l'accès aux données climatiques et socio-économiques afin de fournir des informations sur les impacts du changement climatique, incluant les groupes, les régions et les secteurs vulnérables. Pour aider à comprendre les risques et les impacts, des données portant sur la variabilité et le changement climatiques actuels mais aussi sur les projections et l'incertitude liées au climat futur sont nécessaires. De même, des informations portant sur les mesures et les stratégies d'adaptation passées doivent être recueillies et évaluées à la lumière de l'évolution du climat.

Hiérarchiser les options : La deuxième étape est d'identifier et de hiérarchiser les options d'adaptation dans le contexte des priorités et des buts nationaux, régionaux et locaux et en particulier les contraintes financières et de capacité. Les attentes en matière de changement climatique rend plus important à considérer les conséquences à long terme des décisions, car les réponses à court terme peuvent manquer d'options d'adaptation plus efficaces ou même conduire à des résultats inadaptés, citons par exemple le développement d'endroits très vulnérables. L'ordre de priorité des mesures d'adaptation nécessite une compréhension des liens entre les impacts projetés du climat, les impacts socio-économiques associés et les mesures d'adaptation. Une technique de hiérarchisation pourrait inclure la cartographie du paysage. Par exemple, il peut être possible de cartographier les zones où l'augmentation des précipitations ou de l'aridité auront un impact sur les systèmes actuels de culture et d'utilisation des terres, et de cartographier de façon

similaire les zones où il est possible de passer à des systèmes fourragers et de culture plus résistants à la sécheresse, lorsqu'une aridité croissante fait que les options traditionnelles ne soient plus viables. Une autre approche possible pour classer les options par ordre de priorité consiste en une Prise de Décision Robuste qui vise à identifier les choix qui mènent à des résultats acceptables selon de nombreux scénarios futurs possibles.

Mettre en œuvre des réponses dans les secteurs et les régions Les réponses d'adaptation peuvent être quelque peu en contradiction avec les priorités locales immédiates, par conséquent la troisième étape de la mise en œuvre des réponses convenues nécessite une coopération et une compréhension aux niveaux national, sectoriel et régional/local (souvent conjointement). Au niveau national, l'adaptation doit être intégrée dans les politiques, plans et programmes nationaux et les systèmes de gestion financière. Les gouvernements nationaux devront également mettre en place des systèmes pour soutenir les acteurs, les décideurs et les secteurs locaux.

Surveiller les résultats : La quatrième étape consiste à surveiller les résultats afin de s'assurer que les stratégies et les activités relatives à l'adaptation aient les résultats et les gains prévus de l'adaptation. Des indicateurs qualitatifs et quantitatifs globaux peuvent aider les promoteurs de projets à reconnaître les forces et les faiblesses de diverses initiatives et à ajuster les activités pour mieux répondre aux besoins actuels et futurs. Le cadre de la surveillance devrait considérer explicitement les effets à venir du changement climatique, en particulier pour les projets sur le long terme.

Il s'agit d'un processus itératif : La prochaine étape sera donc de réévaluer les activités tout en tenant compte des informations nouvelles et disponibles, par exemple, portant sur l'évolution future du climat ou l'efficacité des solutions déjà appliquées.

La majorité de ce rapport est focalisée sur le côté bas droit de la pyramide : l'évaluation des risques et des opportunités liés au changement climatique et la hiérarchisation des mesures d'adaptation. Des recommandations supplémentaires seront probablement nécessaires pour permettre le passage d'options classées par ordre de priorité à une mise en œuvre et un suivi efficaces.

Le Leadership est Essentiel pour une Adaptation Réussie

Une adaptation efficace au changement climatique en Tunisie ne peut se faire sans un leadership solide. L'expérience internationale montre que le leadership doit opérer au niveau national par un ministère de premier plan ou un champion parmi les dirigeants du gouvernement. En Tunisie, le soutien du Premier ministre, ainsi que d'autres ministres clés tels que le Ministre de la Planification ou de l'Economie, ou le Ministre de l'Environnement, sera essentiel pour l'établissement d'une hiérarchisation et d'une mise en œuvre efficaces des mesures d'adaptation. Ce champion aura également besoin de l'appui d'une équipe solide composée de représentants des ministères concernés, des gouvernorats, des institutions locales, des organisations de la société civile, du secteur privé, du milieu universitaire, et, idéalement, des représentants des partis de l'opposition afin d'assurer la continuité étant donné que les gouvernements peuvent changer. De toute évidence, cela doit être adapté au contexte de la Tunisie et de ses circonstances. Des leaders sont également nécessaires à d'autres niveaux du gouvernement et au sein des organisations de la société civile et du secteur privé. Des leaders appartenant à tous les secteurs ont besoin de soutien à travers l'accès à l'information, des opportunités de formation et doivent être traités comme des agents légitimes dans les processus de prise de décision. Bien que ce rapport reconnaisse et souligne l'importance du leadership pour réussir l'action sur le

changement climatique, il n'évalue pas en détail les champions possibles pour une adaptation au changement climatique en Tunisie, qui seraient mieux identifiés par le pays.

Des Options Stratégiques sont Disponibles pour Soutenir une Adaptation au Changement Climatique

Ce rapport est principalement concentré sur l'évaluation des risques, des impacts et des opportunités liées au climat et établit un cadre pour la prise de décision en matière d'adaptation. Les autres sections de ce chapitre portent sur l'éventail d'interventions stratégiques nécessaires afin d'accroître la résilience climatique. Une bonne compréhension de l'éventail des options stratégiques disponibles permettra aux décideurs de passer à l'étape suivante de la pyramide - à savoir la hiérarchisation de politiques. Les options stratégiques abordées dans le présent chapitre ne sont pas mutuellement exclusives. Elles visent uniquement à mettre en exergue une série d'actions complémentaires qui contribuent à cinq principaux objectifs thématiques :

1. Faciliter le développement d'informations et d'analyses fiables et publiquement accessibles en matière d'adaptation.
2. Soutenir le développement de ressources et de services humains, techniques et autres pour soutenir l'adaptation.
3. Fournir une protection sociale et d'autres mesures de manière à ce que les pauvres et les plus vulnérables puissent résister au changement climatique.
4. Développer un cadre institutionnel et politique de soutien pour l'adaptation.
5. Renforcer la capacité à générer et gérer les revenus et à analyser les besoins et les opportunités financiers associés à l'adaptation.

Les sections suivantes s'appuient sur les chapitres 1-4 pour fournir des orientations sur des options particulières stratégiques, de plans et de programmes disponibles pour la Tunisie dans chacun des cinq domaines thématiques mis en évidence ci-dessus. Le tableau 5.1 fournit des détails supplémentaires sur la mise en œuvre de ces options stratégiques dans les secteurs et les domaines économiques clés abordés dans ce rapport. D'autres procédés seront requis en Tunisie aux niveaux national et régional pour classer par ordre de priorité les actions d'adaptation possibles et passer à leur mise en œuvre.

Tableau 5.2 Technologie Résiliente au Climat et à Bas Carbone dans les Secteurs de l'Agriculture et de l'Eau en Tunisie

Objectifs des politiques intégrées	*Principaux bénéfices*	*Technologie Disponible et R&D*	*Obstacles identifiés*
Accroître la productivité agricole et l'utilisation efficace de l'eau grâce à des approches technologiques d'adaptation dans le secteur agricole	- Réduire le stress de l'eau (et les besoins de dessalement) et la surexploitation des eaux souterraines, accroître la productivité et l'eau disponible . - Réduire la vulnérabilité à la variabilité des précipitations. - Accroître la sécurité alimentaire et réduire la pauvreté (acheteurs de produits alimentaires et exportations) en réduisant	- Réduire les pertes d'eau et améliorer la productivité à travers le goutte à goutte, l'aspersion et les systèmes d'irrigation par barbotage. - Systèmes abordables de micro-irrigation (AMITs). - Récolter l'eau du brouillard tel qu'au Yémen (26 petits capteurs standards de brouillard [SFC]). - Renforcement de l'information météorologique, agriculture couverte, graines alternatives et recherche de l'eau saline.	- Faible apport technologique et faible expansion du réseau dans les zones reculées. - Besoin en investissement pour les petits projets. - Tarif subventionné en faveur de l'eau d'irrigation. - Nécessité de programmes de gestion de la demande (pour conduire le changement technologique et promouvoir les transferts intersectoriels de l'eau). - Besoins de stockage de l'eau.

	les coûts alimentaires. - Améliorer la gestion de l'élevage et des externalités positives de la santé.		- Aucune considération de l'hydro-empreinte dans le commerce et de l'eau à valeur ajoutée.
Promouvoir l'investissement et encourager les réseaux de recherche pour augmenter le traitement des eaux usées des zones urbaines pour une utilisation agricole de l'eau et les systèmes de traitement des eaux usées naturelles pour les établissements humains éloignés et isolés	- Augmenter l'eau disponible dans les zones reculées et réduire le stress lié à l'eau. - Réduire la pollution des terres et de l'eau. - Décentraliser les systèmes pour permettre multiples avantages secondaires (zones humides artificielles, lagunes et récupération des terres).	- Une longue expérience en matière d'utilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation : les vergers d'agrumes et les oliviers du système d'irrigation de la Soukra, 600 hectares. - Plus de 61 usines collectent 0,24 billions de km3 d'eaux usées (moins de 30 pour cent est réutilisée pour irriguer les vignobles, les agrumes, les arbres, les cultures fourragères, cultures industrielles, les céréales et les terrains de golf à Tunis, Hammamet, Sousse et Monastir. - Les niveaux et les agriculteurs secondaires paient des prix subventionnés pour l'irrigation avec de l'eau réutilisée.	- Politique axée sur l'approvisionnement en eau, mais aussi sur la participation civile et la sauvegarde. - Des réseaux d'égouts faibles dans les régions éloignées (et certaines zones urbaines). - Des problèmes de salinité. - Faible capacité de stockage.
Promouvoir le dessalement avec des systèmes de dessalement à énergie renouvelable pour améliorer la pénurie d'eau dans les communautés rurales et isolées Diffuser des projets pilotes de systèmes de dessalement autonomes comme celui de Ksar Ghilène	- Augmentation de l'eau potable à partir de l'eau saumâtre et les sources polluées. - Réduire les investissements dans le réseau. - Construction et entretien simples. - Sources solaires et éoliennes abondantes. - Augmenter l'approvisionnement en énergie dans les zones reculées et agricoles (en particulier dans les communautés du sud non desservies par le réseau).	**Dessalement avec l'Energie Solaire :** Dessalement d'eau de mer avec des capteurs solaires dans la **Région de Hzag** , (de 0,1 à 0,35 m3/h) ; Distillation de l'eau de mer avec Distillation Multi-effet, Capteurs Solaires (120 m2), **Beni Khiar**, (1 m3/jour) ; Dessalement de l'eau de la mer avec Distillation Membrane, système compact ou entièrement axé sur le solaire combinant des capteurs thermo-solaires (6 m2) et Photovoltaïque (80Wp), **Tunis ,** (150 litres/jour) ; Usine de dessalement d'eau saumâtre, Capteurs Solaires (80 m2), Hazeg, Sfax, (400-500 litres/jour). **Dessalement avec l'Energie Photovoltaïque :** Usine autonome de dessalement (RO) saumâtre, axée sur l'énergie solaire photovoltaïque (10,5 kW PV) à **Ksar Ghilène**, (2,1 m3/h , 15 m3/jour) ; Usine de dessalement d'eau Saumâtre (osmose inverse), axée sur l'énergie solaire photovoltaïque (590 Wp) à **Hammam Lif** (50 litres/jour).	- Faible production et composants coûteux (0,1-20 m3/jour et 5-10 $/m3). - Pas d'industries locales et nécessité de fournir une formation. - Coopération insuffisante dans la R&D , composantes locales et transfert de brevet également insuffisants. - Projets de coopération internationale avec continuité insuffisante et externalités positives. - Huile subventionnée et subventions directes dans les secteurs à forte intensité énergétique. - Faible participation du secteur privé dans les projets de RREE. - Faible participation dans les projets CDM. - Pas d'intégration des marchés régionaux.

Faciliter le Développement d'Informations et d'Analyses Fiables et Publiquement Accessibles en matière d'Adaptation.

Améliorer l'Accès aux Données Climatologiques

L'accès à des données climatiques et météo de qualité est essentiel pour les décideurs. Sans des données fiables sur les niveaux de température et de précipitations, il est difficile d'évaluer le climat actuel et de faire des prévisions météorologiques fiables et des prévisions climatiques qui permettront la conception de politiques efficaces, la mise en œuvre de systèmes d'alerte précoce, et une adaptation dans les secteurs clés sur lesquels repose l'économie.

La Tunisie dispose d'un système régulier de collecte de données climatiques avec une forte concentration de stations météorologiques dans le nord-est du pays ainsi qu'à de Djerba et autres régions très développées. Il existe cependant de faibles concentrations de

stations météorologiques dans le sud-ouest et l'intérieur du pays. Les données climatiques sont actuellement documentées en utilisant SDCLIM version 1.0. Ce dernier est basé sur des éléments météorologiques individuels, ce qui facilite les entrées automatiques, mais il existe certaines difficultés dans le système en termes d'introduction de nouveaux éléments ou paramètres. Le système a également été développé uniquement en français, ce qui limite certaines formes de partage de données à l'échelle nationale et internationale (Ben Mansour 2011 ; OMM 2002). À court et à moyen terme, la collecte et le suivi des données climatiques pourraient être améliorés en augmentant le nombre de stations météorologiques et en collaborant avec d'autres pays de la région pour améliorer la couverture et la comparabilité des données. Cet effort doit être combiné à une initiative visant à relier les données climatiques à l'analyse d'impact en rendant disponibles les données climatiques pour les décideurs politiques et les chercheurs.

Des efforts dans ce sens ont déjà commencé. La Tunisie fait partie du projet European Climate Assessment and Dataset (ECA&D). Ce projet, qui vise à combiner le classement de séries quotidiennes d'observations dans les stations météorologiques, à mener un contrôle de qualité, à analyser les extrêmes et à diffuser les résultats des données et analyses quotidiennes, est entrain de s'étendre progressivement à travers le Moyen-Orient et l'Afrique du Nord.

Comme souligné dans le chapitre 2, les ressources en eau sont rares en Tunisie et sont susceptibles de se raréfier en raison du changement climatique. Des informations portant sur la disponibilité actuelle et future de l'eau et sa qualité sont donc essentielles pour la conception de mesures d'adaptation. Cela nécessite des informations sur le ruissellement des rivières, les niveaux d'eau souterraine et la qualité de l'eau, y compris sa salinité. Bien que les informations sur l'hydrologie sont incluses dans le système Climdata utilisé par la Tunisie, la couverture des données est faible et nécessite une amélioration dans de nombreuses régions du pays. Il est également nécessaire d'avoir une capacité à surveiller et analyser les tendances à long terme des données hydrométéorologiques, le lier aux données climatiques, et développer des modèles de changement climatique à échelle réduite.

Lier les Données Climatiques aux Ensembles de Données Socioéconomiques et Typologiques

Les données sur la variabilité et le changement du climat, ainsi que sur la disponibilité et le changement des ressources en eau, devront être complétées par des données socioéconomiques, telles que la démographie, la croissance, l'emploi, la santé, la sécurité sociale et ainsi de suite. En Tunisie à l'heure actuelle, des études ad-hoc ont été menées (par exemple les études sur la santé publique reliant les informations climatiques et sanitaires). Il n'existe cependant pas une collecte et une analyse systématiques liant les données socioéconomiques et climatiques. Les types de données nécessaires à l'élaboration de politiques efficaces comprennent des données sur les ménages, des données de recensement ainsi que d'autres données économiques telles que celles relatives au marché du travail et à la production. En matière de collecte de données nationales, sectorielles et locales, il est important que l'information économique et sociale puisse être ventilée afin de refléter l'emplacement, le sexe, l'âge et le statut socioéconomique étant donné que ces facteurs affectent considérablement l'exposition à, et la capacité à faire face aux, risques climatiques. Idéalement, les séries de micro-données doivent être continues afin de pouvoir suivre de près l'évolution dans le temps.

L'emplacement - zones urbaines ou rurales - constitue également un facteur important de l'évolution du climat. Les impacts et les catastrophes liés au climat peuvent être extrêmement dommageables dans les zones urbaines. Il est prévu que plus de 70 pour cent de la population totale de la Tunisie vivra dans les zones urbaines d'ici 2015. La plupart de ces zones urbaines sont situées sur la côte. Pour une planification d'adaptation efficace, des données devraient être liées, comme par exemple la localisation géographique (SIG) et l'exposition (par exemple, la proximité aux rivières ou aux côtes), ainsi que des informations sur la taille actuelle et la taille prévue de la population, et la distribution et l'expansion physique de la zone urbaine. Certains endroits des zones urbaines tels que les pentes instables, les zones basses ou les zones à forte densité seront particulièrement vulnérables et devront être soigneusement cartographiés. Il sera également important de recueillir des informations sur la capacité potentielle d'une zone urbaine à réagir et à faire face aux événements climatiques extrêmes, ce qui dépendra des structures de gouvernance, des codes de construction et de leur application, de la richesse, des activités économiques et de l'environnement bâti.

Dans les zones rurales, il est important de recueillir des données sur les changements des niveaux de production/rendements agricoles pour les cultures de référence, qui constituent des exemples pour les catégories de fourrage, des légumes, des céréales et du bétail.

Il est important de s'assurer que les données et les politiques socioéconomiques soient ensuite reliées avec les données et les politiques sur le changement climatique. Par exemple, avec le soutien du Ministère des Affaires Sociales, de l'Organisation Internationale du Travail et du Gouvernement Belge, l'Union Générale Tunisienne du Travail (UGTT) et l'Union Tunisienne de l'Industrie, du Commerce et de l'Artisanat (UTICA) visent à établir un diagnostic de la situation socioéconomique en Tunisie et esquisser les axes d'un contrat social pour la période 2012-20. Il sera important de considérer la vulnérabilité climatique ainsi que les opportunités liées au climat dans le développement de ces scénarios socioéconomiques.

D'autres besoins en termes de données identifiés dans le présent rapport sont présentés dans le tableau 5.1.

Promouvoir la Sensibilisation

La collecte et l'analyse des données constituent une étape importante, mais les mécanismes de diffusion et mise à disposition de ces données sont aussi importants. Ces mécanismes augmenteront la sensibilisation et les populations pourraient commencer à modifier leurs comportements et à agir ou s'adapter compte tenu des informations reçues. Dans plusieurs gouvernorats visités lors de l'élaboration de ce rapport, les personnes ont rapporté une prise de conscience croissante à la question du changement climatique. Il y avait cependant une compréhension limitée des liens entre cette connaissance et une adaptation efficace aux changements climatiques, de la manière dont ceci est lié au dialogue politique national ou international, et de la façon dont le soutien, par exemple en matière de développement de moyens de subsistance alternatifs ou d'amélioration de l'agriculture dans des conditions de sécheresse, pourrait être fourni.

L'éducation a été une priorité du Gouvernement Tunisien et le système éducatif du pays a été classé comme l'un des meilleurs de la région Moyen-Orient et Afrique du Nord selon l'Indice de Développement Humain ainsi que dans des études de l'Organisation de Coopération et de Développement Economiques (OCDE) et du Programme des Nations Unies

pour le Développement (PNUD). La Tunisie a même été l'un des rares pays non membres de l'OCDE à participer au Programme de l'OCDE pour l'Evaluation Internationale des Etudiants. Les questions environnementales ont été intégrées dans les programmes scolaires à travers le Programme des Ecoles Durables.2 Il s'agit d'un programme administré par le Ministère de l'Environnement visant à une éducation environnementale ainsi qu'à la création de clubs environnementaux, à l'installation de la technologie de l'énergie renouvelable dans les écoles, et autres acitivités sensibles à l'environnement telles que la création de jardins écologiques. Le changement climatique pourrait utilement être intégré dans ce programme ainsi que dans les programmes scolaires de base.

Internet et les nouveaux médias sont de plus en plus populaires et accessibles même dans des régions très reculées et dans les régions les plus pauvres de la Tunisie avec de nombreuses écoles rurales ayant des ordinateurs à usage général. Le Gouvernement Tunisien pourrait utiliser les nouveaux médias pour lancer des campagnes de sensibilisation liées au climat relativement peu coûteuses. Par exemple, les campagnes de sensibilisation sur la rareté des ressources en eau induite par le climat peuvent réduire la consommation d'eau des ménages, ce qui constitue un résultat d'adaptation. Les enfants relativement plus à l'aise avec les nouveaux médias et ayant tendance à être plus instruits peuvent jouer un rôle important pour relier les connaissances traditionnelles des systèmes météorologiques et climatiques de leurs parents à des recommandations stratégiques relatives à l'adaptation telles que la conservation de l'eau.

Le langage et les méthodes utilisés pour faciliter la compréhension devront être adaptés à chaque localité. En outre, les visualisations peuvent améliorer la compréhension. Par exemple, les villes, les collectivités locales et les universités peuvent utiliser la technologie SIG pour développer des visualisations (souvent sous forme de carte) des vulnérabilités et des risques.

Les entreprises et le secteur privé en Tunisie auront également accès à des réseaux important à la promotion de la sensibilisation. Par conséquent, le Gouvernement Tunisien souhaitera peut-être tirer profit de l'intérêt et du financement du secteur privé dans des campagnes de sensibilisation au changement climatique.

Ces campagnes de sensibilisation doivent également tenir compte des facteurs restreignant l'accès des femmes à l'information et cibler les campagnes en conséquence. À cet égard, les leaders communautaires de sexe féminin ont un rôle crucial à jouer.

Fournir des Ressources et des Services Humains et Techniques pour Soutenir l'Adaptation

Des ressources humaines et techniques spécialisées sont nécessaires pour analyser, identifier et mettre en œuvre des réponses d'adaptation. Les ressources humaines et techniques peuvent être développées grâce à l'éducation et à la formation, la recherche et le développement mais aussi par le biais d'améliorations techniques.

Il est nécessaire de développer de nouvelles compétences, connaissances et expertise liées à l'adaptation au changement climatique. Ceci peut être réalisé à travers le renforcement et/ou l'expansion de la formation, incluant des programmes d'études supérieures liés au changement climatique et aux secteurs clés tels que l'agriculture, la santé ou l'eau. En outre, une formation spécifique à la climatologie est importante étant donné

qu'une mine d'informations par satellite est disponible, mais n'est ni accessible ni utilisée efficacement par les institutions locales.

La formation peut également cibler des zones particulières exposées à un risque climatique élevé. Dans les zones urbaines ou rurales à risque particulièrement élevé, il peut être utile d'avoir d'abord une formation spécifique pour les collectivités locales et les équipes de gestion des urgences et de planification en matière de gestion des catastrophes hydro-météorologiques, tels que la façon de répondre aux inondations, aux glissements de terrain, à la sécheresse, ou aux vagues de chaleur et ensuite une formation ultérieure de la population locale par la collectivité locale et les équipes de gestion des urgences et de la planification pour renforcer les réponses à ces situations à haut risque.

Un certain nombre d'établissements d'enseignement et de nouveaux programmes éducatifs environnementaux dans les écoles primaires et secondaires incluent déjà une formation en matière de climat. Au niveau de l'enseignement supérieur, l'Université de Tunis offre des cours en climatologie et changement climatique. L'Institut National d'Agronomie de Tunisie offre une formation en liaisons agroclimatiques et un éventail d'échanges de personnel liés au climat ont été organisés entre la Tunisie et, à titre d'exemple, le Centre de Recherche des Terres Arides, l'Université de Tottori, l'Université de Lille, l'Université d'Oxford, et d'autres institutions. En outre, une série de conférences internationales sur le changement climatique se sont tenues en Tunisie, allant de la Conférence Internationale sur le Changement Climatique et le Tourisme à Djerba, Tunisie (2003), de nombreux ateliers liés au climat organisés par la Banque Africaine de Développement et la GIZ, ainsi qu'un atelier de la Banque Mondiale sur "L'Adaptation au Changement Climatique dans les Pays Arabes" (2012). La Tunisie a également envoyé plusieurs représentants gouvernementaux et négociateurs en matière de changements climatiques pour une formation sur le changement climatique organisée par l'Agence Allemande de Coopération Internationale (GIZ), l'OCDE et la CCNUCC. Davantage d'efforts peuvent être faits pour intégrer les politiques de changement climatique dans les cursus universitaires et de créer des liens entre les cours techniques sur la climatologie et l'élaboration de politique générale. En outre, de nouvelles opportunités en matière d'échanges de personnel et d'étudiants pourraient être explorées.

Les mesures d'adaptation peuvent également inclure des programmes de formation spécialisés pour les professionnels engagés dans des secteurs particuliers. Par exemple, une formation des employés des services publics en eau pour améliorer la gestion de la demande en eau grâce à des instruments fondés sur le marché, incluant la tarification de l'eau et la mesure de l'utilisation de l'eau, constituerait une réponse d'adaptation intéressante et entraînerait également des avantages de développement connexes plus larges étant donné que le pays souffre déjà de pénurie d'eau. Dans de nombreuses régions de la Tunisie, les zones rurales connaissent actuellement un exode des hommes en raison d'une incapacité à faire face aux impacts du changement climatique. Les femmes à leur tour doivent faire face aux conséquences de l'exode et participer à la prise de décision au sein de leur ménage, y compris les décisions relatives à l'adaptation au changement climatique. Une formation spéciale est requise pour elles en matière de compétences de participation communautaire et politique, de développement d'affaires ainsi qu'une alphabétisation générale et des services d'éducation et de vulgarisation. Alors que la Tunisie a tendance à être bien classée dans le Rapport Mondial de la Compétitivité de Davos,3 elle est régulièrement classée parmi les pays les plus faibles en termes de participation des femmes au travail, classée 124e sur 133 pays en 2009/10.

L'éducation et la formation pour permettre la diversification des moyens de subsistance sont également importantes. Un Ministère dédié à la Formation Professionnelle et à l'Emploi a été mis en place en 1990 mais a été supprimé en 2002. Depuis, la formation professionnelle a été placé sous la tutelle du Ministère de l'Éducation. À partir de 1993, le Gouvernement Tunisien a institué des stages de préparation professionnelle permettant aux apprentis d'obtenir une formation professionnelle en contrepartie de salaires plus bas. En 1997, dans un contexte plus large de mise à niveau de l'économie tunisienne, le Gouvernement Tunisien a lancé un programme visant à élever les standards de la formation et de l'emploi (MANFORME), une stratégie d'appréciation des ressources humaines axée sur trois objectifs : une approche induite par la demande pour répondre au secteur de la production ; une capacité de formation flexible pour répondre à la spécificité et à l'évolution des besoins en qualification ; et un encouragement de l'autonomie dans le financement et la gestion des centres de formation. En d'autres termes, toutes les actions prévues devaient être basées sur la réponse à la demande en compétences. Depuis les années 1990, des efforts ont été faits pour impliquer le secteur privé dans la formation. Toutefois, en raison des retards de la mise en œuvre et du manque de financement, de nombreuses réformes sont encore dans leur phase initiale. À la fin de janvier 2008, la Chambre des Députés a adopté un projet de loi sur la formation professionnelle. Les mesures visent à accroître la capacité d'accueil des centres de formation, à renforcer la formation à base d'options en vertu de partenariats avec des entreprises et à favoriser l'efficacité des programmes de "formation en alternance". En outre, des ponts ont été mis en place entre l'enseignement général et la formation technique afin de permettre aux étudiants le transfert de l'un à l'autre. Ces efforts doivent encore être renforcés et ciblés vers les besoins d'une économie bas carbone résiliente au climat.

Encourager et Soutenir les Stratégies de Gestion des Risques

Il est essentiel d'établir un réseau riche et fonctionnel pour atténuer les risques qui comprennent les services sociaux et de vulgarisation en reliant les agriculteurs à la recherche agricole ainsi qu'en reliant les populations vulnérables aux marchés et aux décideurs politiques. Un réseau de communication et de services de vulgarisation est essentiel pour sensibiliser les agriculteurs ou la communauté agricole dans son ensemble. Un tel système complet assure la diffusion d'une information pertinente ainsi que de techniques et de cultivars, et garantit que les politiques nationales soient mises en œuvre en adéquation avec l'unité individuelle ; l'agriculteur. En outre, un tel réseau fournit également un lien fort entre l'agriculteur, les scientifiques et les décideurs politiques pour la collecte d'informations essentielles à l'avancement technologique et à l'élaboration des politiques. Des stratégies de gestion des risques de catastrophes, telles que les polices d'assurance basées sur un indice climatique - peuvent constituer un outil puissant pour atténuer les risques auxquels font face les moyens de subsistance des petits agriculteurs en raison de la variabilité météorologique et des pertes de récolte conséquentes. Les régimes de sécurité météo simples ont plusieurs avantages. L'assurance serait fournie à travers des groupes afin de réduire les coûts de transaction pour les compagnies d'assurance (Martins-Filho et al. 2010). Des groupes augmenteraient la couverture sur la variabilité du climat aux petits agriculteurs qui se traduirait par moins de perturbations et de risques liés aux moyens de subsistance. Pour en assurer la réussite, un indice météorologique pertinent doit être en place. De plus, compte tenu de la dépendance à l'égard des structures d'assurance groupe liée à ces polices,

des canaux puissants de vulgarisation des agriculteurs doivent également être mis en place pour la diffusion des produits et des informations.

Encourager la Recherche et le Développement

La recherche et le développement sont essentiels à l'amélioration de la compréhension des impacts actuels et futurs des changements climatiques et au développement de réponses technologiques nouvelles et appropriées. La recherche exclut souvent les facteurs liés au climat. Il est nécessaire de travailler avec les institutions académiques ou les instituts de recherche existants pour renforcer la recherche dans les domaines liés aux changements climatiques et aux questions clés comme l'agriculture, le genre, la santé et les moyens de subsistance en milieu urbain et rural et de développer de nouveaux instituts ou centres d'excellence spécialisés (voir encadré 5.1).

Encadré 5.1

Recherche et Développement dans le Secteur Agricole Tunisien

L'investissement dans la recherche et le développement agricoles est important en Tunisie, en particulier dans la sélection des cultures résistantes aux changements climatiques, alors que les rendements des cultures pluviales sont particulièrement touchés par les effets du changement climatique. L'avancement scientifique en matière de reproduction de variétés résistantes aux changements climatiques sera donc essentiel pour l'avenir de l'agriculture en Tunisie. Les agriculteurs ont également différentes techniques de gestion disponibles à la ferme pour compenser les effets du changement climatique, qui peuvent inclure : le déplacement de la date de semis, la commutation des variétés de cultures, la commutation des cultures, l'expansion des zones de production, et/ou l'augmentation de la couverture de l'irrigation (Burke et Lobell 2010) et l'amélioration de son efficacité.

En outre, la recherche et le développement dans l'agriculture incluraient également des changements dans les pratiques de culture (telles que les dates optimales de semis, le choix des cultivars et la densité prévue des plantes (Hainoun 2008)), une réévaluation et une refonte de l'irrigation et des pratiques de collecte de l'eau pour soutenir un secteur agricole en bonne santé. Lorsque l'on tente de lutter contre le changement climatique, il est essentiel de faire la distinction entre les mesures à court terme et les mesures à long terme.

Source : Selon Burke et Lobell 2010 ; Hainoun 2008.

Améliorer les Ressources Technologiques

Le passage à de nouvelles technologies ou l'utilisation plus efficace de technologies existantes pourraient aussi constituer un mécanisme de renforcement de la résilience aux impacts du changement climatique. Voir le tableau 5.2 pour une liste des technologies bas carbone résiliente au climat qui pourraient être appliquées dans le secteur agricole en Tunisie. Le Gouvernement Tunisien a également un rôle important à jouer pour faciliter la promotion et l'accès à des technologies permettant d'aider les citoyens à s'adapter aux risques climatiques. Des accords récents avec l'Inde visant à promouvoir la coopération en matière de recherche biotechnologique offrent des perspectives de croissance future, et d'autres accords relatifs à la technologie de l'eau et de l'énergie au sein de et au-delà de la région seraient utiles. De plus, comme illustré par l'encadré 5.2, des efforts sont en cours pour remédier à la pénurie en eau grâce à la technologie de dessalement.

Le Gouvernement Tunisien a également un rôle essentiel à jouer dans la promotion de la technologie dédiée à une amélioration de l'approvisionnement en eau et à la diminution de la demande en eau. Ceci est mieux accompli grâce à une combinaison de réformes politiques qui orientent les incitations à l'investissement privé vers les nouvelles technologies pour une plus grande résilience au climat et remédient aux défaillances du marché clé, combinées à des interventions financières ou des investissements publics. En termes d'approvisionnement en eau, une technologie nouvelle ou améliorée pourrait être utilisée pour réduire les fuites des réseaux de distribution de l'eau à partir des systèmes de tuyauterie ou pour améliorer la capacité de stockage et de distribution.

De même, la demande en eau pourrait être réduite grâce à - à titre d'exemple - l'irrigation goutte à goutte ou à de meilleures mesures. Le dessalement, une technologie courante importante pour améliorer l'approvisionnement en eau, peut avoir des impacts environnementaux locaux significatifs, incluant la pollution à la fois de l'air et de l'eau, affectant ainsi la santé humaine, l'environnement marin et l'activité économique, telle que la pêche locale. Le développement et le passage à de nouvelles technologies de dessalement (telles que celles décrites dans l'encadré 5.2), qui réduisent à la fois la pollution de l'air et l'évacuation de la saumure, pourraient aider à minimiser les impacts et faciliter les mesures d'adaptation.

Ces technologies peuvent être obtenues localement à travers des processus ou à travers la recherche et le développement ou rendues accessibles par le biais de transfert de technologie. Cependant, il existe souvent des obstacles à un développement approprié de la technologie, à son transfert et à son utilisation à surmonter. Ces obstacles sont liés aux outils inadéquats d'information et d'aide à la décision utilisés pour quantifier et qualifier les mérites de diverses technologies à bas carbone ou résiliantes au climat et les investissements y afférents, ainsi qu'aux compétences humaines et techniques locales limitées et la nécessité d'une formation appropriée. Ces obstacles peuvent être surmontés grâce à des approches volontaires et de réglementation pour améliorer la coordination et le partage d'informations entre les gouvernements, les populations locales et le secteur privé, ainsi que par la révision et la clarification des lois liées à la technologie environnementale et à la formation locale et par des programmes d'encouragement.

Encadré 5.2 :

Usine Autonome de Dessalement d'Eau Saumâtre avec Osmose Inverse (RO) et Photovoltaïque (PV) de Ksar Ghilène (Tunisie)

Objectifs du projet	*Caractéristiques techniques*	*Réalisations*	*Défis et nouveaux projets pilotes*
Dessalement de l'eau saumâtre à partir des oasis traditionnelles avec l'énergie solaire photovoltaïque et osmose inverse dans une communauté traditionnelle isolée. Fournir de l'eau potable à un village de 300 habitants, à 150 km du réseau de distribution le plus proche et à 60 km la source suivante (réservoir mobile) . Soutenir les principales activités de subsistance : l'agriculture, l'élevage et le tourisme durable. Soutenir l'infrastructure sociale : école, mosquée, bureau de garde nationale et une clinique qui fournit des services médicaux une fois par semaine. **Opération de démarrage :** Les fontaines du village ont été ouvertes pour approvisionner la population en eau. **Développeurs de projets et financement :** Le Gouvernement des Îles Canaries, Institut Technologique des Canaries (ITC) et l'Agence Espagnole de Coopération Internationale (AECI) ; l'Agence Nationale de Maîtrise de l'Energie (ANME) et le Commissariat régional au Développement Agricole de Kébili (CRDA de Kébili - Tunisie). **Références :** www.prodes-project.org and www.itc.org Statut actuel : en exploitation	**Source** L'eau saumâtre provient d'une source artésienne intérieure de l'oasis, à 2 km du lieu de construction du projet. Un volume d'environ 3 m^3/h est pompé à la pression naturelle (6 bars) avec une température variable (37°C en été et 13°C en hiver). Salinité de l'eau saumâtre : 5.700 TDS ou 3.500 mg/l **Usine de dessalement à osmose inverse** L'eau saumâtre est stockée dans un réservoir de 30 m^3 avec un dosage de chlore**.** Le système de pré-traitement est composé d'un filtre à sable, de filtres à charbon et d'un pré-traitement avec un filtre de type cartouche. Le module a une capacité de 2.1 m^3/h, 50 m^3/jour (<300 µS/cm de conductivité). Le système est complété par une cuve de 25 m^3 d'eau traitée pour le stockage et une décharge pour la saumure (0,9 m^3/h). **Réseau Électrique Solaire Photovoltaïque Autonome** 7 générateurs photovoltaïques en parallèle jusqu'à 10,5 kW de puissance du champ de panneaux. Les panneaux photovoltaïques fournissent de l'énergie au réseau électrique isolé : une rangée de batterie (660 Ah C10 de capacité à 120VDC, donnant 10 kW de puissance nominale) qui contrôle la charge de la batterie et fonctionne comme un inverseur pour garder constant le signal AC à 230V.	La production moyenne annuelle de l'eau : 7,5 m3/jour. Consommation moyenne annuelle d'énergie de 15 kWh (la récupération totale de l'énergie est d'environ 70 pour cent). L'éclairage de rue fonctionne avec des lampadaires photovoltaïques. Les maisons électrifiées par Systèmes Solaires Domestiques. Eau potable pour les usages sanitaires et les opérations de la clinique. Pas d'utilisation de combustibles fossiles dans le village. Nette amélioration des conditions de vie (stabilité sociale, services sanitaires et médicaux, ainsi qu'une importante adhésion de la population). Formation théorique et pratique pour les techniciens locaux en charge de la supervision du système, son fonctionnement et sa maintenance. Le secteur du bâtiment tient compte des conditions climatologiques et des tempêtes de sable (semi-enterrés).	Diffuser les résultats, les informations et sensibiliser le public. Promouvoir l'intérêt des institutions de R&D régionales, la promotion des transferts de brevets et de technologie (partenariats publics et privés). Promouvoir l'intérêt des institutions internationales de développement et diffuser les résultats au sein de la communauté internationale pour l'adaptation au changement climatique dans la région MENA. Des projets de dessalement fonctionnant à l'énergie renouvelable, promu par l'Union Européenne (UE), sont projetées en Turquie, au Maroc, en Jordanie et en Egypte (Plan Directeur pour la large mise en œuvre de systèmes autonomes de dessalement, 2007) (www.adu - res.org). Projet pilote ADIRA en Jordanie (Société de Bienfaisance Hartha dans le nord) : RO-PV installé et utilisé dans un village rural ; la consommation spécifique d'énergie de l'unité est de 1,9 kWh/m^3. (Qiblawey, Banat et Al-Nasser 2011)

Source : Noemi Padrón sur la base de l'Organisation en Charge/Entreprise de Production : Institut National de Recherche Scientifique et Technique (INRST), Tunisie. http://www.prodes-project.org.

Construire la Résilience au Climat des Populations Pauvres et Vulnérables par le biais de la Protection Sociale et d'Autres Mesures

Comme souligné dans le chapitre 4, la vulnérabilité aux impacts du changement climatique dépend de deux facteurs : l'échelle des impacts du changement climatique et la résilience humaine telle que déterminée par des facteurs tels que l'âge d'un individu, son sexe ou son état de santé ; la base d'actifs d'un ménage et le degré d'intégration à l'économie de marché. Le sous-investissement dans les filets de protection sociale, les services publics tels que l'approvisionnement en eau et le traitement des eaux usées, le logement et l'infrastructure dans les zones vulnérables rend les gens plus vulnérables aux changements climatiques. Par conséquent, la protection sociale ainsi que d'autres mesures visant à assurer que les besoins de base sont satisfaits, constituent des instruments essentiels pour renforcer la résilience au changement climatique chez les pauvres. Étant donné que ces mêmes instruments facilitent l'intégration économique et sociale, il existe aussi des avantages de développement connexes clairs à investir dans ces mesures.

En réponse à la révolution du 14 janvier 2011, le Gouvernement Tunisien cherche à réformer son système de protection sociale, une étude de la vulnérabilité sociale étant en cours. Cependant, à l'heure actuelle, le changement climatique n'est pas considéré comme un facteur clé de vulnérabilité sociale dans cette étude. Dans un contexte où les impacts du changement climatique sont de plus en plus accrus et touchent particulièrement les pauvres et les plus vulnérables dans de nombreuses régions de l'intérieur du pays, il sera essentiel d'intégrer le changement climatique dans cette étude.

Une bonne politique de développement est une bonne stratégie d'adaptation au changement climatique pour les pauvres en milieux ruraux et urbains. Même si la gravité et la fréquence des impacts du changement climatique demeurent constantes, les impacts sont susceptibles d'avoir des conséquences socio-économiques de plus en plus négatives en raison d'une population plus importante et par conséquent l'augmentation de la demande de nourriture et de l'épuisement accru des eaux souterraines. Les ménages agricoles ruraux et les pauvres en milieux ruraux non agricoles et en milieu urbain sont particulièrement touchés, principalement en raison de la part importante de leur revenu qu'ils consacrent à la nourriture et la dépendance des ménages agricoles ruraux de leur revenu agricole pour leurs moyens de subsistance. Les filets de protection sociale sont essentiels à fournir les canaux nécessaires de sensibilisation et de soutien aux populations pauvres et vulnérables, à la fois en temps de crise et en conditions plus normales. En général, les filets de protection sociale et les objectifs de développement à long terme devraient être intégrés aux buts et objectifs de la planification nationale.

Les mesures visant à assurer la protection sociale peuvent inclure des polices d'assurance, des pensions, un accès au crédit, des programmes de transfert en espèces et des programmes de transfert géographique. En outre, il est important de veiller à ce que les pauvres puissent satisfaire leurs besoins de base et qu'il y ait des mesures mises en place pour garantir l'accès à des soins de santé abordables et à l'éducation. Au niveau local, les moyens de subsistance et les actifs peuvent être protégés par diverses formes d'assurance comme l'assurance-vie, l'assurance de l'infrastructure ou l'assurance basée sur des indices météorologiques (encadré 5.3).

Dans les zones rurales de la Tunisie qui souffrent actuellement d'une baisse des rendements agricoles et de l'exode des hommes, la protection sociale est particulièrement critique pour les femmes, les personnes âgées, les jeunes et les enfants qui sont laissés

derrière. Celle-ci peut prendre la forme de régimes de pensions en milieu rural ou de programmes de transfert conditionnel en espèces. D'autres aides visant à améliorer la productivité peut inclure l'accès au crédit et un accès facilité aux marchés pour les produits agricoles et autres produits ruraux afin d'accroître les revenus malgré la baisse de la productivité agricole due aux impacts du changement climatique.

Encadré 5.3

Assurance Basée sur les Indices Météorologiques

L'assurance basée sur les indices représente une alternative intéressante pour la gestion des risques météorologiques et climatiques car elle utilise un indice météorologique, tel que la pluie par exemple, pour déterminer les versements. Avec des contrats d'assurance basé sur les indices, une compagnie d'assurance n'a pas besoin de visiter le souscripteur de l'assurance pour déterminer les primes ou évaluer les dommages. Au lieu de cela, si la pluviométrie enregistrée par le biais de jauges est inférieure à seuil fixé à l'avance, l'assurance paie. Un tel système réduit considérablement les coûts de transaction. Avoir une assurance permet aux souscripteurs de déposer des demandes de prêts bancaires et d'autres types de crédit qui leur étaient auparavant inaccessibles. Toutefois, si l'assurance basée sur les indices contribue au développement à des échelles significatives, un certain nombre de défis doivent être surmontés, incluant une capacité améliorée, la mise en place de cadres institutionnels, juridiques et/ou réglementaires adéquats et la disponibilité des données. Les sécheresses, les inondations et d'autres événements extrêmes dépouillent souvent des communautés entières de leurs ressources et leurs biens. Cependant, l'assurance basée sur les indices pourrait permettre aux pauvres d'accéder à des outils financiers pour le développement et de bien se préparer aux catastrophes climatiques et s'en remettre.

Source : Barrett et al. 2007.

Dans les zones urbaines telles que Tunis, les services sociaux peuvent inclure la fourniture de logements abordables en dehors des zones présentant des risques particulièrement élevés en matière d'impacts climatiques telles que les zones inondables ou les zones de sécheresse. En outre, les pauvres et les plus vulnérables auront besoin de mesures supplémentaires pour accroître la résilience, telles que les programmes de transfert conditionnel en espèces semblables à ceux de *Bolsa Família* au Brésil, et de services de base à prix abordables tels que l'énergie essentielle pour le chauffage et la climatisation, l'eau et les transports publics.

Les pauvres et les plus vulnérables ont particulièrement besoin d'aide lorsqu'un événement météorologique extrême ou autre crise liée au changement climatique se produit. Réduire la vulnérabilité aux impacts du changement climatique pour les plus pauvres doit donc être intégré dans la planification d'urgence. Cela pourrait inclure la satisfaction des besoins de base, y compris la fourniture d'un logement convenable, l'accès à la nourriture, à l'eau et aux vêtements.

Développer une Politique et un Cadre Institutionnel de Soutien pour l'Adaptation

Une politique et un cadre institutionnel de soutien en Tunisie aux niveaux national, sectoriel et local sont essentiels à une prise de décision efficace en matière d'adaptation au

changement climatique. Des conditions de base pour un développement efficace, telles que la primauté du droit, la transparence et la responsabilité, des structures de prise de décision participative et la fourniture de services publics fiables qui répondent aux normes internationales de qualité, sont propices à un développement efficace des mesures d'adaptation. En outre, l'adaptation au changement climatique exige de nouvelles politiques et structures et des changements des politiques existantes. Il s'agit notamment de la finalisation des stratégies d'adaptation au changement climatique déjà en cours, de la mise en place de politiques de soutien à tous les niveaux, de l'intégration des considérations liées aux changements climatiques dans les politiques existantes ainsi que la création de systèmes de prise de décision coopérative et coordonnée entre les ministères, les différents niveaux du gouvernement, et de coopération avec la société civile, le secteur privé, et avec d'autres États. Cela nécessite une structure de gouvernance claire et coordonnée et probablement des programmes de formation et de soutien renforcés pour le personnel chargé de la collaboration et de la coordination.

Politiques Nationales Liées au Changement Climatique

Le changement climatique devrait constituer un élément central de l'élaboration de la politique nationale en Tunisie. Avec le nouveau gouvernement, le Programme Présidentiel 2009-14 "Ensemble pour Relever les Défis" est en cours de révision et une nouvelle constitution est en cours d'introduction. Le changement climatique devrait être un élément central de cette nouvelle constitution et de Programme Présidentiel révisé.

De plus, la Tunisie montre de plus en plus de progrès en matière d'intégration de l'environnement et du changement climatique dans les stratégies de croissance. Le 23 mai 2012, la Tunisie a adhéré à la Déclaration de l'OCDE sur la Croissance Verte, ce qui présente d'importantes opportunités de coopération stratégique pour parvenir à une croissance bas carbone et résiliente au climat. La Tunisie s'est également engagée dans l'élaboration d'une stratégie de Croissance Verte pour Rio +20 qui comprend des éléments d'une croissance à la fois bas carbone et résiliente au climat.

Elaborer une Stratégie Nationale d'Adaptation

La Tunisie a déjà mis au point un certain nombre de stratégies nationales d'adaptation ainsi que des stratégies sectorielles, telles que la stratégie d'adaptation de l'agriculture et des écosystèmes au changement climatique (janvier 2007), la stratégie d'adaptation des zones côtières au changement climatique (février 2008) et la stratégie d'adaptation du secteur de la santé publique au changement climatique (2010).

Il a été reconnu que la création d'une cohérence entre ces différentes stratégies sectorielles ainsi qu'entre les stratégies d'adaptation et d'atténuation nécessite une stratégie d'adaptation au changement climatique globale au niveau national. Tout au long des années 2011 et 2012, un processus a été mis en place en collaboration avec la GIZ, la Banque Mondiale et d'autres bailleurs de fonds pour développer cette Stratégie Nationale sur le Changement Climatique. L'approbation de ce projet de stratégie a cependant été retardé à cause de la transition politique. Il sera important que cette stratégie soit approuvée avant la Conférence des Parties de la CCNUCC au Qatar, afin que la Tunisie puisse tirer le meilleur parti des nouvelles opportunités de leadership international et de financement lié au changement climatique à la suite des accords de Durban. A titre d'exemple, pour utiliser le cadre de l'adaptation convenu à Cancun et formalisé à Durban, la Tunisie doit être en mesure de mettre clairement en avant une stratégie de changement climatique et d'articuler

ses besoins financiers, technologiques et autres besoins pour l'adaptation. La Tunisie dispose également d'une position géopolitique et démographique unique avec des liens étroits à la fois du côté Nord et du côté Sud de la Méditerranée. Elle pourrait donc jouer un rôle important dans l'établissement d'une politique climatique commune à travers la Méditerranée. Toutefois, une telle capacité est limitée sans la mise en place d'une stratégie globale nationale sur le changement climatique.

Souligner l'Importance des Considérations Agricoles et Hydriques

Des sections distinctes des stratégies nationales ou des politiques autonomes liées à l'agriculture et à l'eau sont utiles compte tenu de leur importance pour le bien-être et la génération de revenus, comme exposé dans les précédents chapitres de ce rapport. D'un point de vue processus, un mécanisme important visant à encourager le dialogue et à coordonner la réponse du gouvernement pour réduire les risques liés au climat en matière de sécurité alimentaire par exemple pourrait consister en une politique nationale interministérielle coordonnée ou en groupe de travail appuyant la sécurité alimentaire et le développement des moyens de subsistance en milieu rural.

Élaborer une Stratégie de Sécurité Alimentaire Complète pour Préparer la Tunisie à la Hausse et à la Volatilité Accrue des Prix Mondiaux des Denrées Alimentaires.

Étant donné que le changement climatique se traduit par des prix alimentaires mondiaux futures plus élevés et plus volatiles, et que la Tunisie est susceptible de devenir à l'avenir plus dépendante des importations alimentaires, la mise en place d'une stratégie nationale prospective de sécurité alimentaire devient urgente. Les éléments importants d'une telle stratégie devraient comprendre (1) l'évaluation du rôle potentiel et futur de l'agriculture pour l'économie et pour la sécurité alimentaire ; (2) la répartition future de l'eau entre l'agriculture, le commerce et l'usage domestique ; (3) la révision des accords commerciaux internationaux et des chaînes nationales d'approvisionnement alimentaire ; (4) la santé et les politiques liées à la croissance de la population, la réduction de la pauvreté et la nutrition ; et (5) la gestion

Intégrer les Considérations d'Adaptation dans les Politiques, Plans et Programmes Existants

L'intégration du changement climatique dans tous les plans, programmes et politiques majeurs est essentielle. Le climat et le développement économique et social sont interdépendants. La manière dont les pays gèrent l'économie et les institutions politiques et sociales a des impacts critiques sur les risques climatiques. Par conséquent, l'intégration du changement climatique est essentielle dans la planification du développement et la formulation des politiques.

L'intégration du climat consiste en le(s) processus par lequel/lesquels les considérations climatiques sont portées à l'attention des organisations et individus impliqués dans la prise de décision en matière de développement économique, social et physique d'un pays (aux niveaux national, sous-national et/ou local), et en le(s) processus par lequel/lesquels le climat est considéré dans la prise de ces décisions. Le processus est basé sur une analyse de la façon dont le changement climatique se répercute sur une politique, un plan ou programme. Cela comprend une analyse de la mesure dans laquelle l'activité à l'étude pourrait être vulnérable à des risques découlant de la variabilité et des changements climatiques ; la mesure dans laquelle les risques de changement climatique ont été considérés dans le cadre de l'élaboration du plan, programme ou politique existant ; la

mesure dans laquelle l'activité pourrait conduire à une vulnérabilité accrue, entraîner une "inadaptation" ou, inversement, à rater des opportunités importantes découlant du changement climatique ; et quelles modifications pourraient être effectuées afin de répondre aux risques et opportunités climatiques.

Il est particulièrement important d'intégrer les considérations d'adaptation au changement climatique dans les secteurs vulnérables en Tunisie, tels que l'agriculture, la santé, le commerce, le tourisme et l'eau, et ce à tous les niveaux. Bien qu'il existe des morceaux de stratégies/réflexion liés au changement climatique et l'agriculture et au changement climatique et la santé au niveau national, et bien que des efforts sont en cours pour élaborer une stratégie nationale sur le changement climatique qui couvrira l'ensemble de ces secteurs, le changement climatique n'est pas encore pris en compte dans d'autres politiques nationales en Tunisie (par exemple : les politiques liées au développement de l'infrastructure). Les considérations relatives au changement climatique devront être intégrées dans le développement des infrastructures à la fois en milieu rural et en milieu urbain, en particulier dans les zones exposées à des phénomènes météorologiques extrêmes.

En milieu rural, les considérations liées au changement climatique doivent être intégrées dans les droits et les pratiques existants de propriété foncière. Les zones rurales connaissent un exode lié au climat, en particulier celui des hommes qui jouissent des droits traditionnels fonciers et de succession. Des droits plus équitables pour les femmes permettront de réduire à la fois la vulnérabilité des femmes qui restent dans les zones rurales et l'ensemble de leur ménage.

La Réforme de la Stratégie Energétique de la Tunisie Pourrait Offrir des Opportunités Importantes pour la Croissance Economique, l'Augmentation de la Résilience Au Climat et l'Atténuation des Changements Climatiques

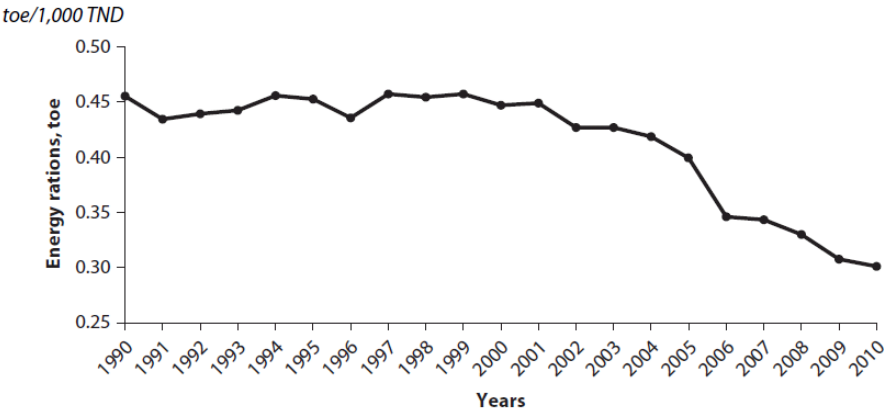
La Tunisie dispose déjà d'un secteur énergétique fort. Les ressources pétrolières et gazières de la Tunisie sont modestes selon le standard international (et comparées à celles de l'Algérie et de la Libye voisines), mais elles permettent au pays de limiter sa dépendance aux importations. La Tunisie est un exportateur net de pétrole et de produits pétroliers (même si elle doit importer environ la moitié de ses besoins en produits à cause du manque de capacité de raffinage). Le gaz compte juste pour moins de 50 pour cent des besoins en énergie primaire et près de 60 pour cent de celui-ci est domestique. La part des énergies renouvelables est encore très limitée mais son potentiel est considérable étant donné le potentiel solaire et éolien du pays.

La Tunisie est presque totalement électrifiée (avec un taux d'électrification de plus de 99 pour cent) et l'accès à d'autres formes d'énergie est également très élevé. Certains problèmes de qualité demeurent mais sont limités (tension/fréquence de l'électricité, qualité de l'essence etc.). La *Société Tunisienne de l'Electricité et du Gaz* (STEG) est considérée comme un utilitaire bien géré comparée à des entreprises similaires dans la région. Les comparaisons avec telles sociétés indiquent une consommation de carburant unitaire au-dessous de celle au sein des autres pays COMELEC ; les pertes de transmission et les pannes sont également plus faibles que dans les autres pays du Maghreb. Cependant, la STEG est fortement subventionnée (directement et indirectement par l'intermédiaire des prix du gaz), ce qui constitue un lourd fardeau sur le budget national. Le secteur de l'énergie en Tunisie bénéficie également d'une forte participation du secteur privé. Les entreprises publiques (EP) dominent le secteur de l'énergie.

Cependant, la participation du secteur privé constitue déjà la norme en amont (qui est habituellement effectuée en collaboration avec l'entreprise publique concernée) et dans la distribution de produits pétroliers (qui sont soit importés ou raffinés par des entreprises publiques). Le premier producteur indépendant d'électricité (PIE), Carthage Power, a été introduit en 2002 et génère désormais plus de 20 pour cent de l'électricité du pays. D'autres PIE sont prévus, y compris un à une capacité de 1200 MW dans le cadre du projet ELMED, qui serait en partie dédié à l'export. En outre, la Tunisie a déjà une forte tradition de conservation de l'énergie.

La Tunisie a été un pionnier parmi les pays en développement en matière de gestion de l'énergie, ayant formulé et mis en œuvre une politique d'utilisation rationnelle de l'énergie et la promotion des énergies renouvelables dès 1985. Le 11ème Plan de Développement a couvert la période 2007-11 et le Plan Solaire Tunisien le plus récent couvre la période 2010-16. Tous les deux visent à promouvoir l'efficacité énergétique et à augmenter la part des énergies renouvelables dans le mix national. L'intensité énergétique en Tunisie est restée stable sur les années 90 et a commencé à diminuer de manière significative au cours des années 2000 comme le montre la figure 5.2.

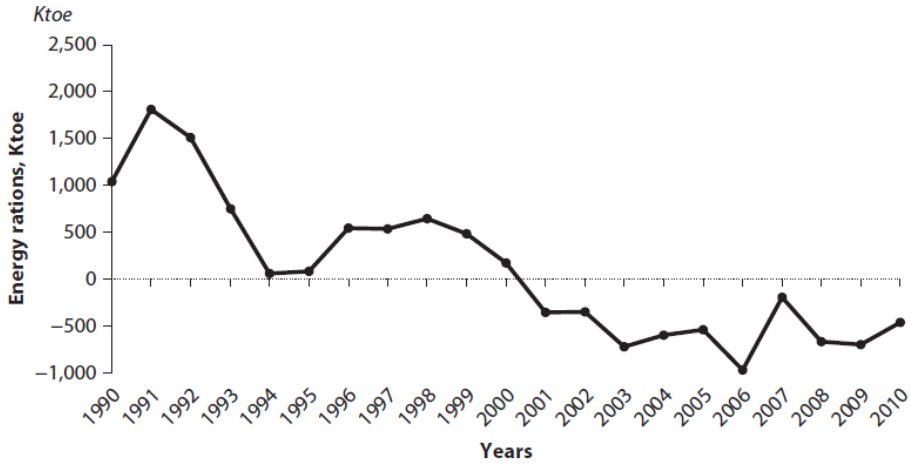
Figure 5.2 Tunisia: Energy Intensity 1990–2010



Source: Ministry of Industry and Technology.
Note: toe = tons of oil equivalent.

En dépit d'une politique d'efficacité énergétique forte, la Tunisie a connu des importations énergétiques de plus en plus importantes, une augmentation des émissions et une exposition croissante aux marchés internationaux, avec des conséquences négatives en termes de coût, de volatilité et de changements climatiques. Jusqu'à la fin des années 80, la Tunisie a été caractérisée par un surplus d'énergie ; cet excédent s'est transformé en déficit et la Tunisie est devenue un importateur net d'énergie en 2001 (voir la figure 5.3). La demande en énergie primaire du pays est presque entièrement basée sur le pétrole et le gaz naturel, et sa production d'électricité repose uniquement sur le gaz naturel. Près de 40 pour cent de la consommation de gaz de la Tunisie est actuellement importé d'Algérie et, afin de ne pas devenir trop dépendant de son voisin et des importations de gaz pour la production d'électricité, le pays envisage diverses options pour les futures centrales, y compris le charbon, le nucléaire et les énergies renouvelables.

Figure 5.3 Tunisia: Energy Trade Balance 1990–2010



Source: Ministry of Industry and Technology.
Note: Ktoe = thousands of tons of oil equivalent.

Cette importation de l'énergie crée un fardeau de plus en plus lourd sur le budget. L'énergie est subventionnée en Tunisie, que ce soit l'électricité ou les produits pétroliers, ce qui revient de plus en plus cher pour le pays dans un contexte où les prix internationaux de l'énergie sont élevés et les ressources budgétaires limitées (les subventions sur les carburants ont atteint une moyenne de 1 pour cent du produit intérieur brut (PIB) au cours de la période 2005-10, Fattouh et El-Katiri 2012). Ces subventions constituent également un sujet de préoccupation en termes de changement climatique car elle favorise une consommation d'énergie non optimale.

Vers une Nouvelle Stratégie Energétique

Les objectifs stratégiques de la Tunisie pour son secteur de l'énergie sont les suivants : (1) fournir de l'énergie à prix abordable dans les meilleures conditions pour tous les citoyens tunisiens à travers le pays ; et (2) exploiter le secteur de l'énergie pour créer des emplois et développer les régions à travers le pays. La création d'emplois et le développement régional peuvent contribuer à la création de moyens de subsistance alternatifs dans les zones rurales vulnérables au changement climatique, contribuant ainsi à l'adaptation.

Pour mettre en œuvre ces objectifs, la Tunisie entend consolider ses ressources existantes. Cela implique de mettre moins de pression sur les réserves en combustibles fossiles par le biais de l'extraction durable des hydrocarbures, ainsi que la consolidation de la politique d'efficacité énergétique existante et le développement de nouvelles ressources domestiques propres. L'objectif est de construire un nouveau modèle énergétique qui permettra le développement de sources d'énergie renouvelables dans tout le pays, incluant la fourniture de composantes et de services. La coopération internationale en matière d'énergie avec les pays nord africains et européens sera également développée, les énergies renouvelables étant la pierre angulaire de cette coopération (gestion régionale afin de mieux surmonter l'intermittence de production d'énergie renouvelable et partager la réserve de capacité, exportation d'électricité verte vers l'Europe, etc.).

Quatre piliers ont été définis par le Ministère de l'Industrie et de la Technologie. La Banque mondiale se propose d'offrir une assistance complète, financière et basée sur les connaissances, pour chacun de ces piliers.

Pilier 1 : Ressources & Infrastructure

La Tunisie a besoin d'optimiser son mix énergétique. Le secteur de l'énergie est principalement basé sur le gaz naturel. Il s'agit d'un carburant relativement propre, mais il est de plus en plus importés, et d'un seul pays, l'Algérie, ce qui constitue une source de préoccupation politique et économique. La Tunisie entend donc optimiser son mix énergétique. Cela implique :

• Développer l'exploration et la production d'hydrocarbures domestiques (conventionnels et non conventionnels).

• Poursuivre la promotion de l'efficacité énergétique sur la base de la politique et des instruments existants.

• Développer les énergies renouvelables et développer le potentiel considérable du pays en matière d'énergie solaire, d'énergie éolienne et de biomasse.

• Développer le stockage par pompage hydraulique pour soutenir d'autres sources d'énergie renouvelables, bien que le potentiel hydroélectrique de la Tunisie soit limitée, la STEG a l'intention de développer une unité de stockage par pompage électrique de 400-500 MW, ce qui serait la clé pour optimiser l'utilisation des autres ressources renouvelables (le stockage par pompage permet de surmonter l'intermittence intrinsèque de l'éolien et du solaire).

• Explorer d'autres options, y compris le charbon et le nucléaire. Comme il est prévu que les combustibles fossiles dominent le mix énergétique de la Tunisie pour un long moment, même si l'option du charbon intensif en carbone ne soit pas retenue, les options de capture et de stockage du carbone (CSC) seront également étudiées pour les centrales électriques et les principaux émetteurs de dioxyde de carbone industriel (CO2).

Le Plan Solaire Tunisien constitue un élément clé de ce pilier. Le plan a été lancé en décembre 2009 pour la période 2010-16 et vise à accroître la part des énergies renouvelables et l'efficacité énergétique : 40 projets, qui feront également partie du Plan Solaire Méditerranéen, ont été identifiés dans les secteurs de l'énergie solaire, éolienne, biomasse, et autres secteurs, pour un montant d'investissement total de 2 milliards□□□, dont 70 pour cent devront être financés par le secteur privé.

La Tunisie a proposé quatre projets dans le cadre du Plan d'Investissement pour l'Energie Solaire Concentrée de la Région Moyen-Orient et Afrique du Nord (MENA) sponsorisé par la Banque Mondiale/Banque Africaine de Développement, pour lequel 180 millions de dollars de financements concessionnels sont affectés par le Fonds pour les Technologies Propres (CTF). Ces projets comprennent une centrale de 50 MW en cours de développement par la STEG, un projet privé de 50-100 MW et deux composants du projet ELMED, un projet commun entre la Tunisie et l'Italie. Le CTF contribuerait au financement de 100 MW de capacité CSP (dans le cadre de la capacité de génération de 1200 MW prévue pour ELMED) et d'une partie de l'interconnexion Tunisie-Italie prévue. Cette interconnexion avec l'Europe est un élément clé pour l'intégration énergétique MENA-Europe et pour la viabilité et la durabilité du programme d'énergie renouvelable de la Tunisie (grâce à des exportations potentielles très rentables).

Au-delà de l'interconnexion avec les marchés voisins, l'optimisation du mix énergétique se traduira par des besoins d'investissement considérables pour les décennies à venir tout au long de la chaîne de valeur : production, traitement/raffinage, transport, distribution, stockage et industrialisation et services associés.

Pilier 2 : Emploi et Développement Régional

Un autre élément central de la nouvelle stratégie énergétique de la Tunisie est le moyen de développer à long terme une industrie d'équipement locale pour contribuer à la croissance économique et la création d'emplois à travers le pays. L' étude de 2011 initiée par la Banque Mondiale sur le potentiel de production locale pour les composants CSP dans la région MENA4 a confirmé que ce potentiel existe dans la plupart des pays de la région, dont la Tunisie, qui accueille déjà un nombre important de fournisseurs et de sous-traitants de l'industrie automobile européenne. Plusieurs de ces entreprises seront en mesure de se diversifier dans les composants et les systèmes liés à la technologie verte étant donné que plusieurs de leurs compétences sont transférables (métallurgie, ingénierie mécanique, équipement électrique, etc.).

Le gouvernement a l'intention de renforcer les capacités nationales à travers l'éducation et la formation professionnelle et par un meilleur ciblage de la recherche et du développement.

Un capital humain renforcé permettra d'augmenter l'intégration locale dans l'ensemble du secteur de l'énergie propre. En renforçant l'éducation, la formation et la R&D, et en s'appuyant sur la base existante solide d'ingénierie et de fabrication, la Tunisie devrait être en mesure de construire une industrie de l'énergie concurrentielle, le meilleur potentiel résidant dans les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique.

Pilier 3 : Réorganisation Sectorielle

Le cadre juridique en Tunisie doit être adapté afin de respecter et soutenir les nouvelles exigences du secteur de l'énergie :

• Mise à jour du cadre de l'efficacité énergétique et du système d'incitations, y compris les normes et les standards, les subventions et les instruments financiers (prêts bonifiés aux entreprises et aux particuliers, garanties, etc.)

• Mise à jour de la réglementation de l'énergie renouvelable, y compris les accords "offtake" avec la STEG (prix et volumes), l'accès des tiers au réseau et le marché de l'approvisionnement, les accords d'exportation directe, etc.)

• L'évaluation des instruments novateurs et de leur pertinence pour le marché tunisien, y compris les tarifs de rachat, les certificats verts/blancs, les taxes carbones, etc. Le système de tarification de l'énergie doit être basé sur le coût réel de l'énergie : La Tunisie prévoit de travailler sur l'élimination progressive des subventions sur les combustibles fossiles et l'électricité. Cela devrait constituer un élément déclencheur clé de la poursuite de la promotion de l'efficacité énergétique, la croissance basse carbone et l'atténuation du changement climatique.

Afin de favoriser la participation du secteur privé, le cadre juridique pour la génération indépendante d'énergie doit également être mis à jour, y compris l'approvisionnement du réseau à grande échelle, les projets d'énergie renouvelable à petite échelle, l'auto-génération et les futurs projets orientés vers l'exportation.

Pilier 4 : Intégration Internationale

L'intégration internationale de l'énergie concerne à la fois l'infrastructure et les marchés :

• *Infrastructure* : développement de l'interconnexion électrique avec l'Italie (ELMED), l'interconnexion régionale des réseaux de gaz et d'électricité dans les pays du Maghreb (y compris la Libye)

• *Marchés* : intégration dans un marché d'électricité régional maghrébin et avec les marchés de l'Union Européenne, ce qui nécessitera l'harmonisation des règles et des lois concernant le fonctionnement du marché, et qui offrira en même temps l'occasion d'améliorer la sécurité d'approvisionnement de la région.

Une Collaboration Horizontale et Verticale Est Critique pour Une Prise de Décision Efficace en matière de Changement Climatique

Une coordination interministérielle au sein des gouvernements nationaux est essentielle car les mesures d'adaptation nécessitent souvent des activités impliquant plusieurs ministères et secteurs. La coordination interministérielle peut être réalisée à travers des comités interministériels, considérant par exemple le changement climatique comme point focal dans tous les ministères concernés.

Le secteur privé et les instituts universitaires et de recherche peuvent également être intégrés dans ces comités en tant que conseillers techniques. La coordination entre les différents niveaux du gouvernement est également essentielle car les politiques d'adaptation au changement climatique seront, au final, mises en œuvre par les autorités sectorielles, les autorités locales et les citoyens eux-mêmes. Par exemple, pour créer des liens entre le Ministère de l'Agriculture et les agriculteurs locaux sur la question des risques climatiques et des options d'adaptation, il serait possible d'utiliser des associations d'agriculteurs existantes qui relient directement aux services de recherche/vulgarisation agricoles. Cela permettrait d'assurer des flux de connaissances clairs descendants et ascendants en s'appuyant sur les mécanismes institutionnels existants qui sont déjà en place.

Une Collaboration Régionale et Internationale Est Egalement Essentielle en Matière de Résilience Climatique

L'hétérogénéité des pays arabes offre de multiples possibilités de collaboration régionale bénéfique en matière de climat entre la Tunisie et ses voisins arabes. La Tunisie sera mieux équipée pour lutter contre le changement climatique si elle entretient une forte collaboration avec d'autres pays arabes, ainsi qu'avec l'Union Européenne (UE) sur des questions telles que le partage des données liées au climat, les réponses à la crise, et la gestion, par exemple, des épidémies, de l'exode, des ressources partagées en eau, ainsi que de solides relations commerciales pour assurer la sécurité alimentaire et de développer la compétitivité économique et l'emploi. Le rapport Doing Business 2010 de la Banque Mondiale a classé la Tunisie parmi les 10 pays les mieux classés dans le monde arabe en raison de la réforme du système fiscal, du système de protection sociale et du commerce, y compris le guichet unique pour le commerce (Tunisie Trade Net) qui vise à simplifier les procédures pour le commerce transfrontalier (Banque mondiale 2009). La Tunisie a besoin de s'appuyer sur ce dossier solide et reconstruire les relations commerciales qui ont été endommagées par l'instabilité politique post-révolutionnaire.

Lorsque les connaissances, les compétences ou la technologie font défaut en Tunisie, ils existent souvent dans d'autres pays. Par conséquent, une collaboration avec d'autres pays et régions, par exemple en matière de santé ou de gestion des ressources partagées en eau, pourrait être particulièrement utile. La Tunisie pourrait également envisager la création de fondations ou de centres d'excellence, par exemple en climatologie ou dans des disciplines liées au "changement climatique et santé publique". Le partage des connaissances peut être promu à l'échelle régionale, par exemple à travers des échanges de personnel, et en

renforçant la coopération régionale et internationale par la création, par exemple, d'un réseau arabe de connaissances sur l'adaptation au changement climatique.

Des opportunités de participation à des initiatives nouvelles ou existantes au sein d'instances internationales sont essentielles pour l'amélioration des politiques en Tunisie. Par exemple, l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM) développe actuellement une nouvelle initiative à grande échelle sur les services climatiques qui pourraient bénéficier d'une participation accrue des États Arabes.

Renforcer la Capacité à Générer et Gérer les Revenus et à Analyser les Besoins et les Opportunités Financiers

Les ressources financières sont essentielles au développement et à une adaptation efficace au changement climatique. La Tunisie aura besoin d'investir dans la capacité à générer et à gérer les ressources liées au changement climatique à partir des sources nationales et internationales et à analyser ses besoins financiers liés au changement climatique.

Les ministères devront inclure le changement climatique dans les estimations et les allocations sectorielles budgétaires liées à l'agriculture, l'énergie, la santé, le tourisme, les transports et l'eau. En outre, les impacts actuels et futurs du changement climatique doivent être pris en compte dans la planification et l'analyse des coûts des investissements, en particulier sur le long terme.

Les ressources financières destinées au changement climatique devront provenir de sources nationales et internationales. Les révisions des dépenses publiques nationales pourraient constituer un outil pour mettre en évidence les dépenses courantes et mieux comprendre leur relation avec les prévisions budgétaires pour une infrastructure résistante au changement climatique. Ces informations, à leur tour, pourraient aider le Gouvernement Tunisien à comprendre quels niveaux de revenus supplémentaires sont nécessaires pour combler le déficit et à identifier de nouvelles opportunités de revenus, telles que les paiements pour les services écosystémiques, la suppression des subventions, ou des mécanismes fiscaux innovants. Au niveau local, l'accès aux services financiers peut jouer un rôle crucial en aidant les pauvres à élargir leurs opportunités économiques, accroître leur base d'actifs et réduire leur vulnérabilité aux chocs externes, incluant le changement climatique. Dans les zones rurales, les services financiers simples tels que le crédit et l'épargne, peuvent affecter directement la productivité des petits producteurs, leur formation d'actifs, leurs revenus et leur sécurité alimentaire.

Les PSE ont un potentiel important en matière d'amélioration des moyens de subsistance ruraux et des rendements agricoles, de maintien et d'amélioration des services environnementaux tels que les bassins versants et la biodiversité et de développement des partenariats à long terme avec le secteur privé. Les PSE peuvent contribuer à la réduction des risques de catastrophes, les revenus générés servant de réserves financières pour les collectivités lors de chocs induits par le climat.

Munis d'incitations et d'opportunités de financement, les petits exploitants et les communautés rurales peuvent investir dans la prévention des catastrophes naturelles en maintenant les dunes de sable, en conservant les zones humides en tant que mesures rentables, tout en protégeant en même temps leurs propres actifs et leurs moyens de subsistance. Des sources de revenus fiables leur permettraient d'investir dans leurs cultures et leurs terres, renforçant ainsi leurs affaires.

Les fonds sont accessibles à partir de sources internationales. Les canaux de financement se multiplient. Les fonds particulièrement importants en matière d'adaptation sont le Fonds pour l'Adaptation de la CCNUCC, le Fonds pour les Pays les Moins Avancés (LDCF) et le Fonds Spécial pour le Changement Climatique (FSCC) gérés par la CCNUCC et le FEM, le Programme Pilote pour la Résilience Climatique (PPCR, sous le Fonds d'Investissement Climatique géré les Banques Multilatérales de Développement) et les nombreux accords de financement bilatéraux.

L'OCDE a estimé qu'en 2010, environ 3,5 milliards de dollars ont été versés par les membres de l'OCDE pour soutenir les activités d'adaptation et 6 milliards de dollars pour les activités "liées à l'adaptation". Pour un résumé des options disponibles, voir www.climatefinanceoptions.org. La Banque Mondiale fournit déjà des fonds aux pays à travers une assistance technique et des opérations de prêt en cours et le Fonds d'Investissement Climatique (en particulier à travers le Programme Pilote pour la Résilience Climatique du Fonds Stratégique pour le Climat).

Améliorer la Résilience et la Capacité d'Adaptation des Communautés Rurales

Au final, les impacts du changement climatique en Tunisie se feront sentir au niveau local, et particulièrement dans les régions du Centre et du Sud. Dans ces régions, les impacts du changement climatique sont multiples et complexes. Les systèmes de production alimentaire et les conditions agro-écologiques soutenant les moyens de subsistance locaux dans ces régions sont sévèrement perturbés. La combinaison d'une surexploitation historique des ressources naturelles, principalement l'eau et le sol, et du stress lié au climat sur les conditions de vie et de production a eu des impacts négatifs sur la génération de revenus et l'emploi en milieu rural ; sur la sécurité alimentaire, à la fois au niveau des ménages et au niveau national ; ainsi que sur les ressources naturelles, et particulièrement l'eau, et c'est à ce niveau que des mesures politiques efficaces seront essentielles. En outre, les politiques de décentralisation ayant succédé à la révolution du 14 Janvier 2011 augmentent le pouvoir d'élaboration des politiques de ces régions. Il existe par conséquent un fort besoin de traduire les recommandations en matière de politiques d'adaptation au niveau de la région ou du gouvernorat avec des recommandations spécifiques pour les acteurs des gouvernorats locaux.

Une bonne relation de travail entre les communautés et les acteurs gouvernementaux locaux clés, en particulier les agents de services agricoles de vulgarisation, est primordiale pour construire des mesures d'adaptation qui répondent aux vulnérabilités spécifiques au niveau de chaque communauté. Il existe également un lien étroit entre le développement régional et l'aménagement du territoire, en particulier en matière d'accès aux infrastructures de base. Il est également nécessaire de soutenir les acteurs locaux, les autorités locales et les secteurs locaux pour mettre en œuvre les activités d'adaptation. Cela nécessitera une capacité à faire face aux incertitudes multiples, et souvent interconnectées, liées à la planification, malgré la variabilité et les difficultés de prévoir les précipitations ou les événements extrêmes au niveau des gouvernorats individuels.

La Pyramide d'Adaptation détaillée ci-dessus fournit une approche itérative pour une prise de décision qui intègre l'incertitude. Il sera particulièrement important de diversifier les moyens de subsistance et les options de production à l'échelle locale. Maintenir des personnes sur le terrain avec des opportunités viables de génération de revenus est particulièrement important en termes de préservation des structures sociales en réduisant l'exode et l'absentéisme. L'expérience et la connaissance du terrain représentent en soi un

outil pour l'adaptation. L'expansion et la continuité de produits agricoles traditionnels (les dates et les olives par exemple) et autres (cactus, espèces fourragères indigènes, etc.) devront être équilibrées par rapport à la disponibilité de l'eau et la capacité de résistance à la sécheresse de ces espèces. En termes de réponses d'adaptation possibles, une approche de gestion intégrée des agro-écosystèmes et des ressources naturelles associées, notamment l'eau et les sols, sera nécessaire. Il sera également nécessaire de diversifier les systèmes de production en offrant aux collectivités des sources de revenus alternatives. Les encadrés 4.8 et 4.9 du chapitre 4 fournissent deux exemples de gestion d'agro-écosystème intégrée avec succès et de diversification des sources de revenus agricoles pour les pâturages et les oasis.

En conclusion, ce rapport se veut une ressource pour les décideurs tunisiens leur permettant de commencer à évaluer les risques, les opportunités et les actions climatiques aux niveaux national, sectoriel et local. Ce dernier chapitre a pour objectif de fournir des orientations aux décideurs politiques en Tunisie sur la meilleure façon d'aller de l'avant sur cet agenda. Le chapitre le fait de deux façons : (1) en fournissant un Cadre d'Action sur l'Adaptation au Changement Climatique et (2) en mettant en avant une typologie des approches politiques pertinentes pour la région afin d'aider les décideurs à formuler des mesures politiques efficaces. Enfin, une matrice des politiques (voir le tableau 5.3) présente les recommandations politiques clés couverte par chaque chapitre pour en faciliter la consultation. La plupart des actions visant à accroître la résilience climatique recommandées dans ce chapitre entraîneront également des bénéfices plus larges en matière de développement local. Elles contribueront par exemple à la création d'emplois, à l'amélioration de la gouvernance environnementale et faciliteront l'inclusion sociale et la croissance durable. Ainsi, même en l'absence d'événements extrêmes et d'une variabilité climatique importantes, elles sont susceptibles d'offrir des doubles victoires aux dirigeants tunisiens.

Notes

1. Pour une vue d'ensemble des outils disponibles pour assister l'analyse des risques climatiques voir http://climatechange.worldbank.org/climatechange/content/note-3-using-climate-risk-screeningtools-assess-climate-risks-development-projects.
2. *Programme des écoles durables*
3. En 2010, la Tunisie a été classée 32e sur un ensemble de 133 pays dans le Rapport Mondial sur la Compétitivité du Forum Economique Mondial. Ce fut le meilleur classement de tous les pays africains.
4. "MENA Assessment of the Local Manufacturing Potential for CSP Projects," Ernst & Young/Fraunhofer for World Bank/ESMAP, January 2011.

Références

Barrett, C. B., B. J. Barnett, M. R. Carter, S. Chantarat, J. W. Hansen, A. G. Mude, D. E. Osgood, J. R. Skees, C. G. Turvey, et M. N. Ward. 2007. "Poverty Traps and Climate Risk: Limitations and Opportunities of Index-Based Risk Financing." IRI Technical Report 07–03, Working Paper, International Research Institute for Climate and Society, Columbia University, New York.

Ben Mansour, M. 2011. "Climate Prediction and Monitoring for Tunisia." National Oceanic and Atmospheric Administration (United States), National Center of Environnement Prediction, College Park, Maryland. http://library.wmo.int/pmb_ged/thesis/Tunisia-Ben_Mansour.pdf.

Burke, M., et D. Lobell. 2010. "Food Security and Adaptation to Climate Change: What Do We Know?" In *Climate Change and Food Security*, edited by D. Lobell and M. Burke, 133–53. Dordrecht, The Netherlands: Springer Science + Business Media, B.V.

Fattouh, B., et L. El-Katiri. 2012. "Energy Subsidies in the Arab World." Arab Human Development Report Research Paper Series, UNDP, Regional Bureau for Arab States, Oxford.

Hainoun, A. 2008. "Vulnerability Assessment and Possible Adaptation Measures of Agricultural Sector." Programme des Nations Unies pour le Développement, Rapport Non Publié.

Martins-Filho, C., A. S. Taffesse, S. Dercon, and R. V. Hill. 2010. "Insuring Against the Weather: Integrating Generic Weather Index Products with Group-based Savings and Loans." Seed Project Selected, United States Agency for International Development, Washington, DC. http://i4.ucdavis.edu/projects/seed%20grants/MartinsFilho-Bangladesh/files/Martins-Filho%20proposal%20short.pdf.

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 2009. "Policy Guidance on Integrating Climate Change Adaptation into Development Cooperation." Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD), Paris. http://www.oecd.org/document/40/0,3343,en_2649_34421_42580264_1_1_1_1,00.html.

Qiblawey, H., F. Banat, et Q. Al-Nasser. 2011. "Performance of Reverse Osmosis Pilot Plant Powered by PV in Jordan." *Renewable Energy* 36 (12): 3452-60.

Verner, D., ed. 2012. “Adaptation to a Changing Climate in the Arab Countries: A Case for Adaptation Governance and Leadership in Building Climate Resilience.” MENA Development Report, World Bank, Washington, DC.

WMO (World Meteorological Organization). 2002. “Report of the Climate Database Management Systems Evaluation Workshop.” WCDMP Report 50, Annex 10, Geneva, Switzerland. http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcdmp/wcdmp_series/documents/Annex10.pdf.

World Bank. 2009. “Doing Business 2010. Reforming Through Difficult Times.” World Bank, Washington, DC. http://www.doingbusiness.org/reports/global-reports/doingbusiness-2010/#sub-menu-item-link.

Annexe A

Liste des Stations Météo Quotidienne de l'Archive NCDC Rapportées en 2011

Référence OMM	*Nom Station*	*Latitude (°N)*	*Longitude (°E)*	*Élévation (m)*	*Années*	
607230	Béja	36°44′	9°11′	158	1988	
607140	Bizerte	37°15′	9°48′	5	1943	
607690	Djerba Mellita	33°52′	10°46′	4	1966	
607800	El Borma	31°41′	9°11′	258	1983	
607650	Gabes	33°53′	10°06′	5	1957	
607450	Gafsa	34°25′	8°49′	314	1957	
607403	Habib Bourguiba Int	35°46′	10°45′	2	1989	
607250	Jendouba	36°29′	8°48′	143	1943	
607350	Kairouan	35°40′	10°06′	68	1957	
607390	Kasserine	35°10′	8°50′	707	2001	
607640	Kébili	33°42′	8°58′	46	1988	
607200	Kélibia	36°51′	11°05′	29	1943	
607320	Kébili	36°42′	8°58′	518	1989	
607420	Mahdia	35°30′	11°04′	12	2003	
607700	Medenine	33°21′	10°29′	116	1977	
607400	Monastir-Skanes	35°40′	10°45′	2	1943	
607750	Remada	32°19′	10°24′	300	1957	
607500	Sfax El-Maou	34°43′	10°41′	21	1960	
607480	Sidi Bouzid	35°00′	9°29′	354	1978	
607340	Siliana	36°04′	9°22′	443	1980	
607100	Tabarka	36°57′	8°54′	20	1974	
607380	Thala	35°33′	8°41′	1091	1977	
607600	Tozeur	33°55′	8°10′	86	1973	
607150	Tunis-Carthage	35°50′	10°14′	3	1943	
607255	Zine El Abidine Ben	36°05′	10°26′	21		

Source : Données de la Banque Mondiale.

Annexe B

Inondations Notables en Tunisie (Observatoire des Inondations de Dartmouth)

Lieu	*Date*	*Durée (jours)*	*Décès*	*Déplacés*	*Dommages (US $)*	*Notes*
Sabalet Ben Ammar région. Bizerte. Tunis région. Ariana, Manouba	13-Oct-07	4	13	0	0	De fortes pluies provoquent des inondations soudaines dans les oueds (lits de rivière asséchés). 8 morts et 8 disparus à Sabalet Ben Ammar.
Jandouba, Benzert	12-Dec-03	2	7	0		Les pluies les plus lourdes en 30 ans le 12 décembre, plus de 7 pouces le long de la côte de la Tunisie. Inondations dans les vallées.
Région de Tunis	16-Sep-03	3	4	0		Des pluies torrentielles pendant des jours. De nombreuses régions de Tunis submergées. Les plus lourdes pluies en 50 ans. Le 24 septembre des pluies torrentielles étaient de retour sur Tunis, causant des inondations soudaines.
Nord de la Tunisie—Région de Siliana	25-Jan-03	2	2	0		De lourdes pluies ont continué en Tunisie à la mi-janvier.
Nord et Centre de Tunisie—Sbeitl une province, Le Kef province. Jendouba, Béja, Manouba et Bizerte. Kasserine, Kairouan, Sidi Bouzid, le Kef et Monastir.	14-Jan-03	3	8	27 000		De lourdes pluies pendant une semaine en Tunisie après quatre années de sécheresse. Débordement des rivières accumulé au Nord-Ouest. Les pires inondations en 10 ans.
Provinces : Kairouan, Sfax, Kasserine, Gafsa, Sidi Bou Zid, Tozeur, Nefta, Gabes	20-Jan-90	13	25	152 000	233 millions	
Région du Cap Bon au Nord de la Tunisie : Tunis, Gouvernorats de Tunis, Ben Arous, Ariana, Zaghouan, Nabeul, Kairouan, Kasserine, Bizerte, Beja, Jeouba	30-Sep-86	4	20	500		

source: http://floodobservatory.colorado.edu/index.html.

Annexe D

Cadre d'Analyse et Stratégie de Terrain

Dimensions Sociales et Cadre d'Analyse

L'objectif du travail sur le terrain est de mieux comprendre les dimensions sociales du changement climatique au sein de la population rurale de la Tunisie. Les gens comprennent-ils le changement climatique de la même façon ici ? Comment perçoivent-ils les effets du changement climatique dans les zones rurales de la Tunisie ; comment et avec quoi ne répondent-ils à ces effets ? À l'échelle mondiale et régionale, les effets du changement climatique sont régionalement et socialement inégaux. Alors que la population appartenant à l'extrémité supérieure de la distribution des revenus par habitant continuent de bénéficier des avantages issues des économies à haute teneur en carbone, des millions de personnes dans les pays à revenu moyen et faible voient leur bien-être, leurs domiciles et leurs moyens de subsistance menacés par le changement climatique, malgré leur contribution négligeable aux causes du changement climatique. Dans la région du Maghreb, les impacts négatifs de la variabilité et des changements climatiques ont déjà un impact sur la vie et les moyens de subsistance des populations, et frappent surtout les pauvres et les régions défavorisées. Les pauvres sont souvent les plus vulnérables car ils sont fortement tributaires des ressources naturelles, ils ont tendance à vivre dans des zones marginalisées qui sont exposées à la sécheresse et aux inondations, ils constituent souvent des migrants, sont moins instruits, et certains constituent des minorités ethniques qui ont un accès limité aux filets de protection sociale.

Comme ils ont moins d'actifs à utiliser en tant que tampon, il est aussi beaucoup plus difficile pour les pauvres d'adapter leurs moyens de subsistance à la variabilité climatique et de faire face aux événements climatiques extrêmes. Les communautés rurales pauvres en actifs, dans les zones arides du Maghreb par exemple, ont généralement peu de ressources et une faible capacité d'adaptation au changement climatique.

Les populations et les gouvernements sont de plus en plus perdus quand il s'agit de prévoir le climat, et donc quant aux décisions à prendre, en ce qui concerne les activités agricoles par exemple, compte tenu notamment des changements du timing et de l'intensité des précipitations. Un atout majeur des agriculteurs pauvres consiste en leur connaissance traditionnelle de leur environnement, mais cette connaissance ne peut plus être fiable sans le soutien d'une technologie de prévision et d'informations climatiques supplémentaires.

Le changement climatique constitue une menace pour le développement à court et long terme, car il restreint le potentiel humain et la liberté tout en réduisant les capacités qui permettent aux gens de faire des choix quant à leur bien-être et à leurs moyens de subsistance (Mearns, Norton et Cameron 2010, Verner 2010). Comme le fait valoir le Rapport Stern (2007), il est primordial que les questions liées au changement climatique soient pleinement intégrées dans la politique de développement et que le soutien international soit renforcé.
Le développement économique, humain et social est la clé pour réduire les conflits potentiels, l'exode et la perte de moyens de subsistance et améliorer les infrastructures pour permettre aux personnes et aux communautés de faire face aux changements climatiques.

La variabilité et le changement climatique se superposent à des risques et des vulnérabilités préexistants auxquels les groupes pauvres et marginalisés sont généralement confrontés. Les impacts sociaux du changement climatique dépendent non seulement de facteurs biophysiques, mais aussi de la vulnérabilité des personnes et des institutions. La vulnérabilité à la variabilité et aux changements climatiques comprennent la susceptibilité à l'endommagement suite à l'exposition et un manque de capacité d'adaptation pour faire face aux changements environnementaux (Adger 2006). La variabilité et le changement climatiques érodent les moyens de subsistance en aggravant les vulnérabilités existantes. Ces vulnérabilités
sont déterminées par des facteurs socioéconomiques tels que l'âge, le sexe et l'origine ethnique d'un individu ; la base d'actifs d'un ménage et le degré d'intégration à l'économie de marché ; ainsi que la capacité d'une communauté à puiser dans le capital social entre les résidents locaux et à tirer parti des systèmes de soutien nationaux pour améliorer la résilience au changement climatique.
Les moyens de subsistance et le bien-être des personnes vivant dans les pays du Maghreb sont confrontés à un certain nombre de facteurs de stress interconnectés qui sont causés, ou peuvent être aggravés, par le changement climatique :
• Stress sur la génération de revenu et l'emploi
• Stress sur la sécurité alimentaire, à la fois au niveau des ménages et au niveau national.

• Stress sur les ressources naturelles et l'eau en particulier.
• Stress sur la santé des gens.
Des facteurs de stress excessifs peuvent conduire à la migration si les gens n'ont pas les moyens d'y faire face.

Pour mieux comprendre ces facteurs de stress et permettre une analyse systématique des effets du changement climatique sur les populations pauvres et vulnérables, nous combinons plusieurs techniques de terrain qualitatives et quantitatives selon un cadre d'analyse utilisé avec succès en Amérique latine (2008-10) (Kronik et Verner 2010) et en Syrie (2010-11) (Verner, à paraître). Ce cadre est une version légèrement adaptée du Cadre spécifique des Moyens d'Existence Durable du Département pour le Développement Durable (SLF) (Department for International Development (Royaume-Uni) 2001). Ce cadre nous permet de voir comment les différents aspects du changement climatique et de la variabilité climatiques affectent les actifs des populations, leurs stratégies de subsistance et les résultats des moyens d'existence, et donc leur bien-être. Il aide également à identifier les points d'entrée sur la façon d'augmenter les revenus, d'accroître le bien-être, de réduire la vulnérabilité, d'améliorer la sécurité alimentaire et de parvenir à une utilisation plus durable des ressources.

Pour comprendre la vulnérabilité des populations et évaluer leurs stratégies de subsistance, le SLF se concentre sur cinq facteurs :
• ***Le contexte de vulnérabilité*** fait référence à l'environnement dans lequel vivent les gens. Tous les types de tendances et chocs extérieurs, notamment la saisonnalité et la variabilité climatique, affectent les moyens de subsistance et la disponibilité des actifs. Le changement climatique progressif et le réchauffement climatique peuvent produire un large éventail de chocs, tels que les inondations, les ouragans les tornades et les sécheresses, qui à leur tour peuvent provoquer des effets négatifs tels que des changements dans la situation économique et sanitaire qui peuvent mener à des conflits, une migration ou à d'autres problèmes. Le changement climatique peut également affecter la vulnérabilité des populations en modifiant la saisonnalité (des précipitations par exemple) et en augmentant la variabilité climatique.
• ***Les moyens de subsistance*** des individus, des ménages ou des communautés comprennent le capital physique, financier, humain, social, naturel, culturel (tableau D.1). Plus les actifs sont disponibles à une personne, moins cette personne est vulnérable. L'accès aux moyens de subsistance détermine le niveau de résilience et la capacité d'adaptation en matière de changement climatique d'une personne. La relation inverse est tout aussi importante ; la variabilité et le changement climatiques peuvent affecter l'accès aux actifs. Pour cette étude, nous avons ajouté le capital culturel (Bourdieu 1973, 1986, 1996) aux cinq moyens de subsistance considérés dans le SLF original du DFID. Notre recherche sur le terrain a révélé que la dimension culturelle des stratégies de subsistance et des institutions sociales est importante pour comprendre les impacts du changement climatique et de la variabilité climatique, en particulier chez les populations autochtones.
• ***Les structures et processus de transformation*** en jeu au sein de la communauté sont les institutions, les organisations, les politiques et la législation qui façonnent les moyens de subsistance. Ils opèrent à tous les niveaux, allant du ménage, passant par la communauté et la municipalité jusqu'à l'échelle nationale et internationale, et dans toutes les sphères, des plus privées au plus publiques. Ils déterminent effectivement l'accès aux différents types d'actifs, aux stratégies de subsistance, aux organes de décision et aux sources d'influence ; les termes d'échange entre les différents types d'actifs ; et les rendements (économiques et autres) d'une stratégie de subsistance donnée. Ils ont également une incidence directe sur les sentiments d'inclusion et de bien-être au sein des populations. Ces structures et ces processus peuvent amplifier les vulnérabilités ou être mis à profit pour améliorer la capacité d'adaptation et la résilience.
• ***Les stratégies de subsistance*** sont influencées par la vulnérabilité, les actifs, les structures et les processus. La disponibilité des choix dans les stratégies de subsistance est importante, car ces choix offrent aux gens des possibilités d'autodétermination et la souplesse nécessaire pour s'adapter au fil du temps. L'adaptabilité est plus susceptible d'être atteinte en améliorant l'accès des pauvres aux actifs - les blocs de construction pour leurs stratégies de subsistance - et en rendant les structures et les processus qui transforment ces actifs en résultats de moyens d'existence plus adaptés à leurs besoins.
• ***Les résultats des moyens d'existence*** constituent le résultat des différentes stratégies de subsistance sur la base des vulnérabilités spécifiques, des actifs, des structures et des processus. Les résultats des moyens d'existence affectent en retour les actifs disponibles, créant soit un cercle vertueux ou un cercle vicieux.

Stratégie de Terrain

Étape 1 : Capitaux Nationaux et Provinciaux :
- Rencontrer les institutions et personnel clés incl. la DGEQV ; introduire les objectifs et mettre brièvement l'accent sur la méthodologie et le calendrier.
- Poser des questions sur l'existence et l'importance relative de structures et de processus de transformation en au sein de la communauté, par le biais de

- L'analyse institutionnelle de Venn : (1) au niveau national, puis (2) au niveau de la province/du gouvernorat, par exemple dans les gouvernorats du sud pour les moyens de subsistance agropastoraux, et au niveau des gouvernorats du centre-ouest pour les moyens de subsistance agricoles,
- Poser des questions concernant les politiques importantes et la législation et la probabilité de changements importants à travers l'Assemblée Constituante et des gouvernements à venir. Questionner sur l'état des principaux capitaux physiques, financiers et naturels.
- Le stock d'installations, équipements, infrastructures et autres ressources productives
- Les ressources financières disponibles pour les populations (épargne, crédits, etc.)
- Le stock des actifs issus de l'environnement tels que la terre, l'atmosphère, les forêts, les minéraux, l'eau et les zones humides.
Demander des informations de contact pertinentes, pour de plus amples informations et l'établissement d'arrangements logistiques.

Étape 2 : Env. 20 visites communautaires dans les gouvernorats du Sud et, si le temps le permet, dans les gouvernorats du Centre-Ouest (VOIR ANNEXE E : QUESTIONNAIRE FORMAT)
Sous-étape 2.1 : 1-2 entretiens avec le chef de la communauté - point d'entrée pour introduire les objectifs et mettre brièvement l'accent sur la méthodologie et le calendrier :
(A) Le contexte local, les relations, les réseaux et les niveaux socialement différenciés, et les types de vulnérabilité et de moyens de subsistance en 2010, 1990, 2030 à travers les chocs et les niveaux de vulnérabilité
(B) Poser des questions sur l'existence et l'importance relative des **structures et processus de transformation** en jeu au sein de la communauté, par le biais de
- L'analyse institutionnelle de Venn
- Poser des questions sur les politiques et les lois importantes.
C1-6 Posez des questions sur l'état des principaux capitaux physiques, financiers et naturels
- Le stock d'installations, équipements, infrastructures et autres ressources productives
- Les ressources financières disponibles pour les populations (épargne, crédits, etc.)
- Le stock des actifs issus de l'environnement tels que la terre, l'atmosphère, les forêts, les minéraux, l'eau et les zones humides.
(D1) Demander à l'autorité locale de bien vouloir organiser une **réunion de groupe de discussion** rassemblant des hommes et des femmes avec des expériences différentes.
(D2) Obtenir une liste des noms de ménage (chefs de ménage) - et copier les cartes de planification visuelle
(D3) Établir des points d'entrée pour davantage d'informations (téléphone, e -mail, etc.)
(D4) Demander à s'entretenir avec des personnes qui ont des points de vue différents (boule de neige), entretiens d'une durée d'une heure.

Sous-étape 2.2 : Entretiens individuels avec 3-4 membres de la communauté sélectionnés selon la technique de variation maximum : (VOIR QUESTIONNAIRE FORMAT - ANNEXE A)
- (a) Enrichir l'analyse au niveau de la communauté à travers des questions sur le contexte local, les relations, les réseaux et les niveaux socialement différenciés, et les types de vulnérabilité et de moyens de subsistance en 2010, 1990, 2030 à travers l'analyse de la vulnérabilité / du bien-être
- (b) Chocs (sécheresse) : types, intensité, fréquence : Entretiens ouverts et Q1 fermée : 2010, 1990, 2030 et Q2 : 2010, 1990, 2030
- (c) Capital humain : Investissements dans l'éducation, la santé et la nutrition des individus. Q1 ouverte : 2010, 1990, 2030 et Q2 fermée (élevé/moyen/faible) : 2010, 1990, 2030
- (d) Le capital social : règles, normes, obligations, réciprocité et confiance intégrées dans les relations sociales, les structures sociales et la structure institutionnelle de la société. Q1 ouverte : 2010, 1990, 2030 et Q2 fermée (élevé/moyen/faible) : 2010, 1990, 2030
- (e) Capital culturel : Les connaissances, l'expérience et les connexions que les gens ont eu tout au long de leur vie et qui leur permettent de mieux réussir comparé à une personne sans un tel contexte. Q1 ouverte : 2010, 1990, 2030 et Q2 fermée (élevé/moyen/faible) : 2010, 1990, 2030.

Sous-étape 2.3 : Entretiens en groupe de discussion - lorsque possible.
Analyse des scénarios avec les groupes de discussion :
1. La première étape de cet exercice est de développer un scénario réaliste d'impact de changement climatique pour chaque province, qui peut
(a) être lié à un événement climatique spécifique et / ou à une tendance de changement climatique
(b) être rappelé par et lié à la plupart des membres de la communauté.
Le scénario sera lié à un niveau élevé de spécificité en ce qui concerne les aspects / thématiques concerné(e)s, mais des entretiens seront organisés d'une manière ouverte, de manière à éviter les réponses biaisées ou visant à plaire à l'intervieweur.

2. La deuxième étape consiste à établir des groupes de discussion soigneusement sélectionnés avec des segments représentatifs de la communauté en fonction de facteurs tels que le sexe, le groupe social, et la stratégie de subsistance.
Le scénario sera structuré, et les discussions, animées et enregistrées, répondront à des questions telles que :
"Qu'ont fait les gens quand ils ont subi l'événement de changement climatique ?"
"Sur quelles ressources (actifs) se sont-ils appuyés ?"
"Quels actifs ont été temporairement / définitivement endommagés ?"
"Quelles ressources (actifs) pourraient les remplacer ?"
"Selon vous, qu'est-ce qui aurait amélioré votre capacité à faire face et à vous adapter au cours de cet événement climatique ?"
Le consultant se renseignera davantage sur les institutions / réseaux sur lesquels certaines personnes / familles ont pu s'appuyer pour augmenter l'effet de leurs stratégies d'adaptation et reliera ces réponses à la cartographie des parties prenantes / institutionnelle.

Étape 2.4 : Entretiens avec les Communautés Rurales
Entretiens ouverts couvrant le contexte, les chocs, les capitaux et les structures.

Lignes directrices pour les chercheurs sur le terrain : Quatre techniques différentes de collecte d'informations seront appliquées chez les communautés rurales afin d'établir la gamme et les types d'informations nécessaires pour appuyer les diverses parties du rapport : 1

Classement du bien-être pour atteindre une première cartographie sociale et les perceptions locales de l'importance des actifs et des structures d'opportunité : Les informateurs clés (3-4 par communauté) classeront individuellement les ménages selon le bien-être. On demandera à l'informateur clé de définir ce qui est commun aux ménages pour chaque rang choisi et quelles sont les différences entre les groupes entre les groupes classés. Les explications seront notées (et plus tard des indicateurs seront dressés) ainsi que les chiffres et le classement (généralement à partir de trois groupes de classement). Les indicateurs et les actifs renseigneront la modification nécessaire du guide d'entretien, afin de s'assurer qu'il est adapté au contexte local.

Cartographie institutionnelle / des parties prenantes - diagramme de Venn : Les informateurs clés listeront d'abord toutes les institutions pertinentes (informelles, locales, provinciales, nationales, publiques et privées). Une carte sera rédigée pour chacune des institutions. Les cartes seront placées à la distance appropriée par rapport au centre - le centre reflétant le niveau le plus valeureux/fiable quand capacité à mobiliser des actifs est importante. Les questions des niveaux et types différenciés de vulnérabilité seront explorées lors du troisième exercice.

Analyse des scénarios avec les groupes de discussion : La première étape de cet exercice est de développer un scénario réaliste d'impact de changement climatique pour chaque province, qui peut (a) être lié à un événement climatique spécifique et / ou à une tendance de changement climatique (b) être rappelé par et lié à la plupart des membres de la communauté.
Le scénario sera lié à un niveau élevé de spécificité en ce qui concerne les aspects / thématiques concerné(e)s, mais des entretiens seront organisés d'une manière ouverte, de manière à éviter les réponses biaisées ou visant à plaire à
l'intervieweur. La deuxième étape consiste à établir des groupes de discussion soigneusement sélectionnés avec des segments représentatifs de la communauté en fonction de facteurs tels que le sexe, le groupe social, et la stratégie de subsistance. Le scénario sera structuré, et les discussions, animées et enregistrées, répondront à des questions telles que "Qu'ont fait les gens quand ils ont subi l'événement de changement climatique ?" ; "Sur quelles ressources (actifs) se sont-ils appuyés ?" ; "Quels actifs ont été temporairement / définitivement endommagés ?" ; "Quelles ressources (actifs) pourraient les remplacer ?" ; et "Selon vous, qu'est-ce qui aurait amélioré votre capacité à faire face et à vous adapter au cours de cet événement climatique ?"
Le consultant se renseignera davantage sur les institutions / réseaux sur lesquels certaines personnes / familles ont pu s'appuyer pour augmenter l'effet de leurs stratégies d'adaptation et reliera ces réponses à la cartographie des parties prenantes / institutionnelle.

Entretiens avec des informateurs clés pour combler les lacunes de compréhension. Plusieurs techniques peuvent être utilisées pour établir un échantillon à variation maximale en fonction de ce qui est jugé pertinent et efficace en termes de temps.

Projet de Guide d'entretien : Questionnaire semi-structuré

Un questionnaire semi-structuré est à utiliser avec les informateurs clés dans l'étude du cas tunisien sur les changements climatiques et les communautés rurales et à modifier pour les études de cas au sein des communautés rurales en Tunisie et potentiellement dans un pays tiers.
Les questions seront adaptées en fonction du type de l'informateur clé (par exemple, quel niveau de l'administration représente-t-il/elle).

1. Où étiez-vous durant la récente sécheresse (ou autre événement climatique) ?
2. Comment vous et votre famille avez réagi ?
3. Quels moyens avez-vous utilisés pour répondre à/lutter contre la situation ?
4. Connaissez-vous des gens de votre communauté ou des communautés voisines qui ont réagi (se sont adaptés) de manière différente que vous et votre famille (ou votre communauté) ?
5. Pourquoi pensez-vous qu'ils ont agi (se sont adaptés) différemment ?
6. Pouvez-vous classer les gens de votre communauté (ou des communautés de votre région) au moins en trois groupes qui ont réagi/se sont adaptés différemment ? Quels éléments distinguent ces trois groupes ?
7. Combien de temps pensez-vous que chaque groupe (ou votre communauté ou les communautés de votre région) a mis (ou mettra) pour revenir à l'état dans lequel il était avant la sécheresse ? Pourquoi ?
8. Pensez-vous que les membres de votre communauté réagiraient (ou auraient réagi) différemment que les habitants des zones urbaines ? Pourquoi ?
9. Comment réagiriez-vous aujourd'hui à une événement de sécheresse ? Croyez-vous que la base de ressources naturelles, qui est la source de moyens de subsistance de la communauté, s'en serait remises plus vite ou moins vite que si l'événement avait eu lieu 20 ans plus tôt ? Pourquoi ?
10. Quels types de conflits sont entraînés ou renforcés pendant ou après les sécheresses ?
11. Quelqu'un a-t-il immigré de manière permanente à cause des sécheresses ? Pourquoi, pourquoi pas ?

Questions pour Exercice de Scénarios :

Le scénario sera exposé ("dans 20 ans, il n'y aura plus de jours secs continus, la pluie sera plus intense, les tempêtes pourraient être plus importantes..."), et les discussions animées et enregistrées, autour des questions suivantes :
1. Que font les gens lorsqu'ils vivent l'événement de CC ?
2. Sur quelles ressources (actifs) s'appuient-ils ?
3. Quels actifs ont été endommagés de manière temporaire/définitive ?
4. Quelles ressources (actifs) pourraient les remplacer ?
5. "Selon vous, qu'est-ce qui aurait amélioré votre capacité à faire face et à vous adapter au cours de cet événement climatique ?

Analyse Institutionnelle de Venn :

1. Tracer un cercle et décrire que le centre constitue le lieu où s'inscrivent les institutions les plus importantes et que plus on s'éloigne du centre, plus l'importance décroit.
2. Quelles institutions étaient présentes durant la sécheresse ? Veuillez les décrire brièvement.
3. Quelle était selon vous l'institution la plus importante en matière de fourniture d'informations, de secours et de réhabilitation ?
4. Veuillez classer le reste des institutions selon leur degré d'importance pour vous et pour la communauté.

Note

1. Le but n'est pas d'établir des données statistiques d'impact.

Références

Adger, W. N. 2006. “Vulnerability, Global Environmental Change 16.” Tyndall Centre for Climate Change Research, School of Environmental Sciences, University of East
Anglia, Norwich. 268-81. Bourdeau, P. 1973. “Cultural Reproduction and Social Reproduction.” In *Knowledge, Education and Cultural Change*, edited by R. Brown.. London: Willmer Brothers Limited. ———. 1983, 1986. “The Forms of Capital.” In *Handbook of Theory and Research for the Sociology of Education*, edited by J. G. Richardson, 241–58. New York: Greenwood Press.
Department for International Development (UK). 2001. “Sustainable Livelihoods Guidance Sheet.” http://www.nssd.net/pdf/sectiont.pdf.
Kronik, J., and D. Verner. 2010. *Indigenous Peoples and Climate Change in Latin America and the Caribbean.* Washington, DC: World Bank.
Mearns, R., A. Norton, and E. Cameron. 2010. *The Social Dimensions of Climate Change. Equity and Vulnerability in a Warming World.* Washington DC: World Bank, p. 232.
Stern, N. 2007. *Stern Review on the Economics of Climate Change.* Cambridge, UK: Cambridge University Press.
Verner, D., ed. 2010. *Reducing Poverty, Protecting Livelihoods, and Building Assets in a Changing Climate: Social Implications of Climate Change Latin America and the Caribbean.* Washington, DC: World Bank.

———. Forthcoming. *Syria Rural Development in a Changing Climate.* Washington, DC: World Bank.

ECO-AUDIT

Déclaration d'Avantages Environnementaux

La Banque mondiale s'est engagée à préserver les forêts et les ressources naturelles menacées. Le Bureau de l'Editeur a choisi d'imprimer les Études et les Documents de Travail de la Banque Mondiale sur papier recyclé avec 30% de fibres post-consommation en conformité avec les normes recommandées pour l'utilisation du papier définies par l'Initiative Green Press, un programme à but non lucratif qui aide les éditeurs à utiliser des fibres qui ne proviennent pas de forêts menacées. Pour plus d'informations, veuillez visiter www.greenpressinitiative.org.
En 2010, l'impression de ce livre sur papier recyclé a sauvé :
• 11 arbres *
• 3 millions de Btu d'énergie totale
• 1045 lb d'effet de serre net
• 5035 gal. d'eaux usées
• 306 lb. des déchets solides
* 40 pieds en hauteur et 6-8 cm de diamètre