



LA PETITE AGRICULTURE IRRIGUEE FACE AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES : CAS DE LA ZONE ARIDE DU SUD TUNISIEN

SMALL SCALE IRRIGATED AGRICULTURE FACE TO CLIMATE CHANGE: CASE OF TUNISIAN SOUTH ARID ZONE

THABET M.

Institut des Régions Arides-Médenine-Tunisie

Mohamed.Thabet@ira.rnrt.tn

RESUME

Tout au long de leur histoire, les zones arides ont été sujettes à des pénuries d'eau. Le comportement des populations locales s'est traduit par leur développement d'une multitude de pratiques relatives aux divers aspects allant de la vie quotidienne, conduite des cultures, traditions et valeurs sociales qui dans leur ensemble ont constitué une stratégie d'adaptation à cette situation de précarité. Elle leur a permis également de mener une petite agriculture familiale qui a été capable non seulement la subsistance et la fixation de ces populations rurales à leur terres mais aussi de contribuer considérablement à l'économie du pays. Cependant, avec les changements climatiques que connaît notre planète ces dernières décennies, il a été clairement perceptible la réduction des précipitations en terme de hauteurs annuelles enregistrées ainsi que le caractère fortement erratique de leur occurrence. En effet, les recherches en matière de changement climatique ont signalé deux points proéminents pour la Tunisie :

- La plupart des modèles testés pour les projections futures (Mitchell TD, et al, 2003) prévoient une augmentation quasi-certaine des températures au cours des prochaines décennies. L'une des conséquences les plus pernicieuses de ce réchauffement étant l'accroissement de l'évaporation et de l'évapotranspiration.

- Une baisse modérée des précipitations et une variabilité accrue du climat qui se manifesteront par une augmentation en fréquences et en intensité des phénomènes extrêmes. Ceci entraînera une succession plus prononcée des épisodes de sécheresse notamment dans les régions arides du sud tunisien (Chabchoub, 2011).

Avec l'émergence de ces changements qui viennent s'ajouter aux conditions actuelles déjà difficiles, quel sort pour la petite agriculture généralement familiale ?

Mots clés : Tunisie, aride, irrigation, changements climatiques.

ABSTRACT

Throughout their history, dry lands have been always subject to water shortages. In their behavior to these conditions, local populations have developed a multitude of practices relating to the various aspects ranging from daily life, crop management, traditions and social values which constituted an adaptation strategy to this precariousness's situation. It has also enabled them to conduct a small family farming that has been able not only to subside and fix them to their land but also to contribute significantly to the country's economy. However, with the climatic changes that our planet knows in recent decades, it has been clearly perceptible the reduction of rainfall in terms of recorded annual heights and the highly erratic nature of their occurrence. Indeed, research on climate change has highlighted two prominent issues for Tunisia:

- Most of the models tested for future projections (Mitchell TD. et al, 2003) predict a near-certain increase in temperatures over the next few decades. One of the most pernicious consequences of this warming is the increase in evaporation and evapotranspiration.
- A moderate decrease in rainfall and increased climate variability, which will be reflected in an increase in frequencies and intensity of extreme events. This will lead to a more pronounced succession of drought episodes, particularly in the arid regions of southern Tunisia (Chabchoub, 2011). With the emergence of these changes added to the already difficult current conditions, what will can be the fate of small scale family agriculture?

Keywords: Tunisia, arid, irrigation, climate change.

INTRODUCTION

L'eau est une ressource vitale indispensable pour le maintien de la vie sur terre. Avec le sol, ils sont les deux ressources de base pour toute activité agricole. Cependant, dans les zones arides du sud de la Tunisie et en raison des caprices de climat, l'usage agricole de l'espace a été historiquement plus tributaire des disponibilités en eau (Mamou, 1981) que des autres facteurs (tel que la qualité de ces eaux et/ou la nature des sols). Les exemples les plus marquants de ce principe sont les oasis qui constituent le berceau de l'agriculture irriguée grâce à leurs sources hydriques jaillissantes (artésianisme), les auréoles d'exploitation agro-pastorale autour des points d'eau et les petits îlots de céréaliculture dans les bas-fonds lors des années considérées favorables par la population locale de ces zones.

Cette activité agricole était jusqu'au début du siècle dernier basée sur l'agropastoralisme et l'aridoculture (agriculture pluviale). La transhumance des troupeaux en quête de bons parcours et des points d'eau ainsi que la culture des céréales et de certaines espèces arboricoles en régime pluvial étaient parmi les principales formes d'utilisation de ces deux ressources. Après cette époque, les autorités protectorales ont entrepris une politique de fixation des tribus en vue de réduire le nomadisme accompagnée d'un début de privatisation des terres. De telles mesures ont fait réduire aux nomades la liberté de mobilité par conséquent la pratique de la transhumance est devenue de plus en plus limitée.

Ces conditions ont été à l'origine de l'émergence de nouvelles pratiques agricoles. Parmi ces pratiques une nouvelle forme de transhumance qui consiste à reconstituer des troupeaux sous la conduite de bergers salariés pendant une période de l'année dans les zones de parcours collectifs ayant reçu plus de pluie. L'autre pratique est l'agriculture irriguée qui a bénéficié du développement des techniques de puisage. En effet, les populations rurales devenus sédentaires, ont développé ce nouveau créneau qui n'a cessé d'évoluer ces dernières décennies. Suite à cette évolution qui s'est manifestée à travers le grand nombre de puits de surface a fini par faire apparaître le problème de pression sur les ressources en eau et la salinisation des sols. En effet, le phénomène de la surexploitation de ces ressources a été la plupart du temps associé à la dégradation de leur qualité géochimique (salinité) notamment en absence de recharge des nappes phréatiques lors des épisodes de sécheresse.

LA PETITE AGRICULTURE IRRIGUEE: TYPOLOGIE ET PRATIQUES COURANTES

En dehors des oasis qui sont historiquement le berceau de l'agriculture irriguée dans les zones arides, l'agriculture irriguée dans le milieu steppique consiste en de petits îlots verts concentrés autour des puits de surface qui exploitent les nappes phréatiques fortement sensibles aux aléas climatiques. A l'exception de quelques petites zones, ces îlots ne confèrent au milieu aucun aspect de paysage agricole remarquable. Cependant, par leur nombre qui n'a cessé de se multiplier ces dernières décennies, ces puits constituent un moyen de production considérable pour une bonne partie de la population rurale. La main d'œuvre est la plus part du temps familiale et on fait recours saisonnièrement selon les besoins à une main d'œuvre locataire issue également du milieu rural riverain.

Ces petites exploitations sont soit dans les zones steppiques soit à l'intérieur des zones oléicoles où les cultures sont conduites en intercalaire entre les rangés des oliviers (la presque île de Djorf est l'exemple type). Le point d'eau consiste en un puits de surface qui exploite la nappe phréatique dont le niveau piézométrique est en étroite relation avec les précipitations. Malgré les encouragements accordés à la conversion vers l'irrigation localisée, l'irrigation de surface demeure encore assez répandue. La prédominance de cette technique associée à une texture généralement grossière des sols, génèrent très souvent une faible efficacité d'application de l'eau à la parcelle notamment avec l'absence de référentiels techniques relatifs aux zones géographiques et aux cultures qui indiquent les ordres de grandeurs de doses à apporter et le temps de ces apports. En effet, dans une zone historiquement agropastorale, les nouveaux irrigants ont toujours tendance à appliquer des surdoses pour le principal souci d'offrir un confort hydrique à leurs cultures étant donné que l'eau est le facteur principal de production et de les prémunir des effets néfastes du stress hydrique.

LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Bref historique

Bien que les changements climatiques ont été constatés depuis quelques décennies, les premiers travaux d'envergure n'ont commencé qu'avec le GIEC (Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat) qui a été créé en 1988 par deux organismes de l'organisation des nations unies (ONU) : l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et le Programme des Nations

unies pour l'Environnement (PNUE). La mission principale de ce groupe était l'évaluation des informations d'ordre scientifique, technique et socio-économique qui sont nécessaires pour la compréhension des risques liés au réchauffement climatique d'origine humaine, de cerner ses conséquences possibles et d'envisager d'éventuelles stratégies d'adaptation et d'atténuation. Ses évaluations se fondent sur les publications scientifiques et techniques dont la valeur est largement reconnue. Ce groupe est subdivisé en trois sous-groupes chargés pour l'étude des principes physiques du changement climatique (groupe1), de ses impacts, la vulnérabilité et l'adaptation à ce changement (Groupe2) et les moyens d'atténuation (groupe3).

Depuis sa création, ce groupe a publié cinq rapports d'évaluation lors des années 1990, 1995, 2001,2007 et 2014. Pour l'élaboration des projections qui figurent dans ces rapports, de nombreux modèles ont été utilisés .Parmi les plus utilisés par le GIEC lors du troisième et quatrième rapport est le HadCM3 décrit par Gordon et al. (2000).

Les deux principaux paramètres climatiques sujets de diverses projections sont les températures et les précipitations.

La Tunisie et les changements climatiques

Comme le problème des changements climatiques est un phénomène planétaire, la Tunisie est aussi à l'instar d'autres pays du monde touchée par ces changements. En effet, les résultats des simulations par le modèle de circulation globale HadCM3 montrent que la Tunisie peut subir dans l'horizon 2030 une augmentation générale des températures de l'ordre de (+1.0 °C) par rapport à la période référence (1961-1990) (MARH & GTZ, 2007). Les scénarios de projection adoptés sont A2 et B2 (IPCC, 2001). Lors de ces projections, le territoire a été subdivisé en six zones géographiques couvrant les régions du : Nord Est(NE), Nord Ouest(NO), Centre Est(CE), Centre Ouest(CO), Sud Est(SE) et Sud Ouest (SO).

Les températures

Pour les températures, les projections dans les horizons 2020 et 2050 par rapport à la période de référence (1961-1990) sont illustrées dans la figure 1. On constate à travers ces projections qu'à l'horizon 2020 et par rapport à la période de référence 1961-1990 une élévation de température pour les différentes zones. Au Nord, au Cap Bon et au Centre-Est l'augmentation sera de +0.8 °C alors que pour le Sud-ouest elle sera de +1.3 °C. Pour le Sud Est serait aux alentours de

+1 °C. A l’horizon 2050, l’augmentation s’accroîtrait pour devenir presque le double pour les différentes zones, la plus faible étant de +1.6 °C au Nord-est, la plus forte de +2.7 °C au Sud-ouest.

Quant aux variations saisonnières, on note qu’à l’horizon 2020 c’est l’été qui connaîtrait les plus fortes augmentations, de +0.9 °C à +1.6 °C. L’automne et le printemps seraient intermédiaires avec des augmentations respectives de +0.9 °C à +1.4 °C et de +0.6 °C à +1.2 °C. L’hiver subirait les augmentations les plus faibles (+0.7 °C à +1.0 °C du Nord au Sud). (MARH, GTZ, 2007). Ces élévations des températures sont comparables, voire assez proches des résultats des projections du climat dans les pays méditerranéens (Giannakopoulos et al. 2005).

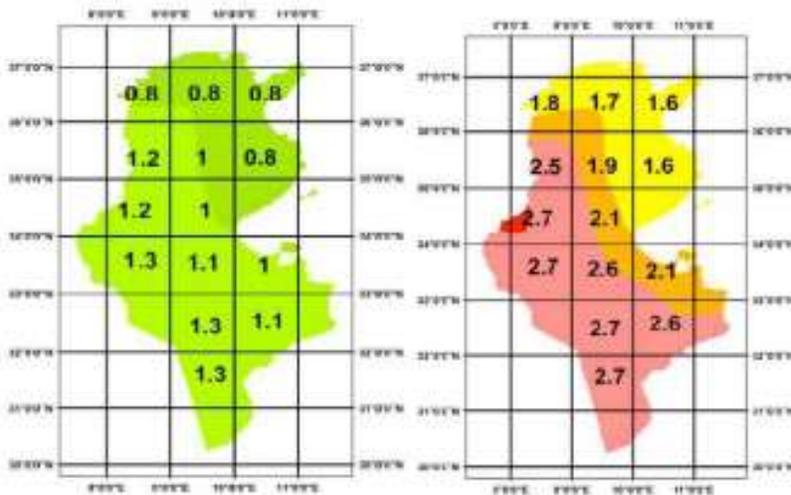


Figure 1 : Elévation des températures (°C) moyennes annuelles selon le modèle HadCM3 (scénario A2) par rapport à la période de référence à l’horizon 2020 (gauche) et à l’horizon 2050 (droite). (MARH & GTZ, 2007)

Les précipitations

Les projections des précipitations moyennes annuelles et saisonnières aux horizons 2020 et 2050 indiquent une tendance générale à la baisse de celles-ci (Figure 2). Ainsi, on constate que cette baisse qui serait faible à l’horizon 2020 va s’accroître à l’horizon 2050 suivant l’ensemble des scénarios : Sous le scénario A2, à l’horizon 2020, on noterait une baisse de -5% au Nord, -8% au Cap Bon et au Nord-est et -10% à l’extrême Sud. A l’horizon 2050, la baisse

s'accentuerait, variant de -10% au Nord-Ouest à -30% à l'extrême Sud et on l'on pourrait distinguer trois zones, une première zone de faible baisse qui se situerait à l'extrême Nord-Ouest du pays (-10%), une zone Sud subissant la plus forte baisse (-27%) et une zone intermédiaire correspondant au reste du pays.

Au niveau des variations saisonnières, la tendance serait à la baisse pour l'ensemble des scénarios.

A l'horizon 2020, l'hiver subirait la plus faible baisse (0% à -7% et l'été connaîtrait la baisse la plus forte (-8% à -40% du Nord à l'extrême Sud). Selon le scénario A2, l'automne et le printemps seraient en situation intermédiaire avec des baisses qui pourraient varier de -6% à -12% à l'extrême sud. A l'horizon 2050, cette même tendance s'accentuerait. L'hiver resterait la saison à plus faible baisse (-3% à -11%), l'été la plus forte (-16% à -50% extrême sud). L'automne et le printemps seraient en situation intermédiaire, mais l'automne, avec des diminutions de -12% à -36% du Nord à l'extrême Sud, connaîtrait une plus forte baisse que le printemps (-12% à -20%) entre 2020 et 2050.

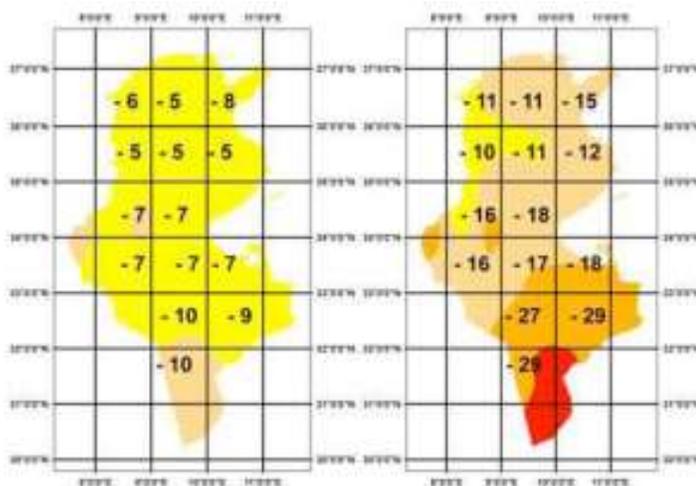


Figure 2 : Baisse des précipitations moyennes annuelles(%) selon le modèle HadCM3 (scénario A2) par rapport à la période de référence à l'horizon 2020 (gauche) et à l'horizon 2050 (droite) (MARH & GTZ, 2007)

Quant à la variabilité de la pluviométrie annuelle, elle est exprimée par le rapport du coefficient de variation (CV) de celle-ci dans les horizons de projection par rapport à la période de référence. Les résultats sont consignés dans le tableau 1.

Tableau 1 : Rapport des coefficients de variation CV de la pluie moyenne annuelle par région et pour les scénarios A2 et B2 par rapport à la période de référence selon le modèle HadCM3.

Horizons	2020		2050	
	A2	B2	A2	B2
Scénarios				
NO	1.00	0.99	0.97	0.92
NE	1.02	1.00	0.9	0.84
CO	0.97	0.97	0.98	0.95
CE	1.02	1.01	0.94	0.9
SO	0.9	0.9	0.93	0.91
SE	0.89	0.87	0.98	0.76

D'après ces résultats de projection, la variabilité des précipitations annuelles baisserait aux horizons futurs même si la valeur moyenne restait relativement forte. Ce résultat a suscité le désaccord de nombreux chercheurs. On s'attendait en fait à ce que ce coefficient augmente en région méditerranéenne. Abstraction faite d'une éventuelle incohérence du modèle, les résultats obtenus dépendent de la forte variabilité de la période référence (1961-1990). De ce fait on peut prévoir que la variabilité du 21ème siècle devrait être plus importante que celle du siècle passé.

Pour la variabilité saisonnière, l'ensemble des tendances sont explicitées par le rapport entre le coefficient de variation des pluies saisonnières projetées par rapport à la période de référence. Ces rapports sont présentés dans le tableau 2.

Tableau 2 : Rapport des coefficients de variation CV de la pluie saisonnière par région et pour les scénarios A2 et B2 par rapport à la période de référence selon le modèle HadCM3

Horizons	2020/ Printemps		2050/Printemps	
	A2	B2	A2	B2
Scénarios				
NO	1.15	1.15	1.60	1.50
NE	1.12	1.12	1.70	1.60
CO	1.04	1.06	1.25	1.25
CE	1.10	1.10	1.23	1.23
SO	0.99	1.00	0.98	1.06
SE	1.03	1.05	0.87	0.91
Horizons	2020/ Automne		2050/ Automne	
Scénarios	A2	B2	A2	B2
NO	1.01	0.99	1.10	1.04
NE	1.02	1.00	0.97	0.91
CO	0.94	0.93	1.10	1.05
CE	1.04	1.00	1.18	1.10
SO	0.90	0.87	0.97	0.93
SE	0.87	0.84	0.84	0.78

On remarque qu'en Hiver, au Nord, le CV marquerait une tendance à la baisse à l'instar de la tendance annuelle. Cependant, une légère augmentation du CV pouvant aller de 5% à 10% à l'horizon 2050 avec une légère baisse également notée au Sud du pays. Pour le printemps, le Nord du pays serait marqué par une augmentation du CV par rapport à la période de référence (Tableau 2), qui serait au moins de 15% à l'horizon 2020 pour B2 et dépasserait 50% à l'horizon 2050 pour le scénario A2. Cette même tendance est aussi constatée au centre du pays alors que pour le Sud, il n'y'aurait pas d'augmentation mais voire même une légère baisse. En été, les valeurs du CV changeraient entre légère augmentation et stabilisation mais elles demeureraient assez élevées. Pour l'automne, une augmentation de 5 à 10% pour le Nord et le Centre est notée ; elle s'avère moins importante que celle du printemps. Au Sud, le CV marquerait une baisse.

Sécheresse régionale et successions des années sèches des horizons futurs

Outre le traitement des données à l'échelle saisonnière, l'occurrence des années sèches a fait l'objet de certaines simulations selon les deux scénarios. Les résultats montrent qu'au Sud-ouest, on noterait un accroissement selon les deux scénarios A2 et B2 des années sèches aux horizons 2020 et 2050. Au Sud-est, les années sèches isolées augmenteraient de 7% aux horizons 2050 d'après le scénario B2 et de 15% d'après A2 avec augmentation des successions de deux années (ss) et trois années (sss) à l'horizon 2050. De même, les simulations ont aussi abouti aux conclusions suivantes :

- Les printemps très pluvieux des horizons futurs seraient généralement moins humides ;
- Les automnes secs des horizons futurs seraient plus secs ;
- Les automnes très humides le seraient généralement moins par comparaison à la période de référence.

Les incidences des changements climatiques

Les changements climatiques ont des impacts de différentes natures sur l'agriculture et les conditions de vie des êtres humains. Les plus importantes et les plus perceptibles sont celles d'ordre biologiques dont les effets se reflètent directement sur les cultures à travers leurs rendements (Jeder et al ,2014). Cet impact aura une influence directe sur les prix, la production et la consommation ce qui est de nature à influencer à son tour sur le système économique, au fur et à mesure que les agriculteurs et les différents autres acteurs du marché

s'adaptent chacun en fonction de ses conditions en modifiant le choix de ses cultures.

Effets de la température

L'augmentation de la température a une conséquence directe sur l'évaporation et l'évapotranspiration potentielle (Svendsen et künkel, 2010). En effet, dans tous les modèles destinés au calcul de celle-ci, la température est le paramètre climatique qui a plus de poids. Selon Nasr et King (2014), cette augmentation de température va générer une augmentation allant de +75 mm à +180 mm/an au niveau de l'évapotranspiration. Toutefois, cette augmentation se fera avec une forte disparité régionale du nord au sud comme l'indique la figure3. Cette augmentation d'évapotranspiration se répercute directement sur le stock hydrique du sol.

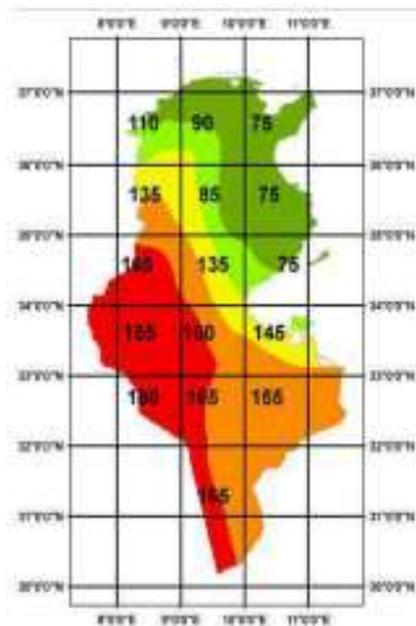


Figure 3 : Augmentation de l'évapotranspiration estimée par la formule de Turc (mm/an) à l'horizon 2030 selon le scénario A2 par rapport à la période référence 1961-1990. (Nasr et King ,2014)

L'impact de ces changements sur les deux types d'agricultures pratiquées dans les zones arides à savoir agriculture pluviale et agriculture irriguée diffère de l'un à l'autre. En effet, l'agriculture irriguée sera directement touchée par cette

élévation de température du simple fait que l'irrigation consiste à combler le déficit hydrique de la plante causé par l'évapotranspiration. Ceci engendre au niveau de l'exploitation agricole des apports supplémentaires pour répondre aux besoins en eau des cultures (Mohan and Ramsundram ,2014) vus les cinétiques d'épuisements plus rapides de l'eau du sol.

Bien que ceci soit aussi vrai pour les cultures pluviales, la seule différence est que ces cultures sont généralement choisies grâce à de nombreux critères parmi lesquels et la plus importante leur résistance à la sécheresse. Cependant, l'augmentation anticipée des températures perturbe la physiologie des plantes et affecte leurs rendements ce qui est le cas de l'olivier qui constitue l'espèce noble pour les agriculteurs de la zone (Abichou et al, 2014).

Effet de la répartition des précipitations

La répartition chronologique des précipitations est un facteur déterminant pour l'agriculture pluviale. En effet, si cette répartition ne couvre pas tous les stades végétatifs ou au moins ceux où la culture est sensible au stress hydrique, les rendements seront fortement affectés. Ceci est à condition qu'il y ait le minimum d'humidité pour semer ou planter au début de la campagne agricole. Ces deux dernières décennies, il n'était pas rare que des périodes de semis passent sans enregistrer des pluies et par conséquent les agriculteurs se trouvent dans l'impossibilité de cultiver de céréales qui leur sont indispensables ainsi qu'à leurs cheptels. Dans d'autres situations, on a enregistré un seuil de précipitations à l'automne alors les agriculteurs procèdent à leurs semis après quoi les précipitations font défaut ou tombent à de petites quantités et à des moments hors de ceux où les cultures en ont besoin. Dans les deux cas, les rendements des céréales sont fortement affectés par cette chronologie irrégulière des précipitations.

Outre la moyenne pluviométrique qui était toujours faible, les précipitations qui surviennent parfois sous forme de grande intensité constituent un nouveau problème de nature différente. En effet les pluies de cette nature génèrent une action érosive assez importante vue la texture grossière des sols, favorisent le ruissèlement et réduisent considérablement l'infiltration en raison du court séjour de l'eau à la surface du sol. Ceci implique un taux faible de recharge des nappes phréatiques notamment dans le cas des exutoires exoréiques. D'ici l'an 2030, ces nappes vont accuser une baisse de 28% de leurs ressources (Baccouri 2009).

Aux horizons 2030 et 2050, les productions oléicoles pluviales vont accuser une chute de 50% au centre et au sud après la succession d'années de sécheresse, et

augmenter de 20% en année favorable. Pour la céréaliculture, la succession d'années sèche engendrera une réduction des superficies céréalières au sud et au centre, de l'ordre de 20% en 2030 (Requier -Desjardins, 2010).

Ce désordre dans la répartition chronologique des pluies était à l'origine du concept de l'année favorable chez les agriculteurs de ces zones. Ainsi, bien qu'elle soit faible, une pluie annuelle peut assurer une campagne en culture pluviale si elle est bien répartie sur la saison agricole et ne fait pas défaut aux moments critiques des cultures. Le GIEC (2008) a évoqué cet aspect d'irrégularité dont parfois les effets peuvent emporter sur la hauteur des pluies même si elles sont importantes.

Pour les cultures irriguées, cette irrégularité des précipitations les prive de doses d'eau pluviale de bonne qualité qui peut contribuer à atténuer les effets de la salinité induite par la qualité géochimique des eaux utilisées. D'après les résultats des travaux du CRUESI (1970) les pluies hivernales et printanières contribuent efficacement à un lessivage saisonnier des horizons superficiels des sols destinées aux cultures.

D'autre part, lors des sécheresses successives les nappes phréatiques accusent des rabattements considérables. A cet égard on rappelle qu'au cours la sécheresse qui a sévi de 1999 au 2001, la nappe phréatique de la presqu'île du Djorf a enregistré un important rabattement à cause duquel les agriculteurs ont abandonné de pratiquer certaines cultures à l'instar du mil réputé par sa haute consommation en eau.

Moyens et formes d'adaptation

A l'issue de toutes les prévisions, il s'est avéré que la région du Sud sera la plus touchée par les effets des changements climatiques notamment en matière de cultures pluviales (céréales et productions oléicoles). A l'échelle nationale, la stratégie d'adaptation de l'agriculture tunisienne repose sur les stratégies relatives aux ressources en eau, aux écosystèmes, aux agro systèmes et au secteur agricole dans son ensemble reposant sur des actions institutionnelles, techniques et économiques. Comme l'activité agricole est en quasi-totalité privée dans ces régions, l'accent doit être mis sur :

- Les aspects de sensibilisation de manière générale puis une vulgarisation ciblée qui touche le choix des cultures et la gestion des ressources en eau disponibles de la manière la plus rationnelle possible notamment au niveau de la parcelle parce qu'à présent l'efficacité d'utilisation est faible et un encadrement technique peut la booster (Thabet, 2014).

- La continuation de la conversion vers les techniques d'irrigation localisée peut rentabiliser davantage les ressources en eau disponibles. En effet, sur le plan théorique, il est conseillé pour les sols de faible capacité de rétention (cas des sols sableux) d'irriguer fréquemment avec de faibles doses. Ceci ne peut être réalisé convenablement que moyennant les techniques d'irrigation localisée qui permettent la maîtrise et l'application de doses avec certitude. A cet égard de nombreux travaux ont prouvé l'efficacité de ces techniques et leur contribution notable dans la valorisation des ressources en eau (Thabet, 2008 ; Nagaz, 2007). Leur utilisation est également possible dans le contexte de salinité moyennant certaines précautions et pratiques spéciales (Nagaz et al, 2008 ; Gaurav, 2016 ; Qi et al, 2016).
- L'adoption des techniques de travail du sol les plus conservatrices (un binage vaut deux arrosages stipule le dicton) pour réduire l'érosion et améliorer certaines propriétés physiques du sol surtout sa capacité de rétention.
- Au niveau des écosystèmes, les travaux d'aménagement devront être planifiés et entrepris pour faire face aux phénomènes exceptionnels dont l'occurrence devient plus probable selon les projections.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABICHO M., MSALLEM M., BOUAICHA A. ET CHEBLI T. (2014). L'Olivier dans le Sud Tunisien face à la rareté de l'eau et les changements climatiques. 3ème Colloque International : Eau-Climat 2014 "REGARDS CROISES NORD –SUD" : Ressources en Eau & Changement Climatique en Région Méditerranéenne. Hammamet, 21-23 Octobre 2014.
- BACCOURI M. (2009). Adaptation de la politique agricole en Tunisie aux changements climatiques. Les notes d'alerte du CIHEAM N ° 64 – décembre 2009.
- BEN NOUNA B., CHEBIL A., JEBARI S. (2014) .Réflexions sur l'adaptation au changement climatique : cas du secteur de l'eau en Tunisie. 3ème Colloque International : Eau-Climat 2014 "REGARDS CROISES NORD –SUD" : Ressources en Eau et Changement Climatique en Région Méditerranéenne. Hammamet, 21-23 octobre 2014.
- CHABCHOUB M.A. (2011). Evaluation des systèmes de productions méditerranéennes dans un contexte de changements climatiques. Cas de la Basse de Vallée de la Medjerda en Tunisie. Série « Master of science » n°113. Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier. CIHEAM-IAMM n°113-2011.
- CRUESI (1970). Recherche et formation en matière d'irrigation avec des eaux salées, 1962-1969- Rapport technique, projet PNUD/UNESCO, 243p.

- GAURAV J. (2016). A Review on Drip Irrigation using Saline Irrigation Water in Potato (*Solanum Tuberosum* L.). *Journal of Agroecology and Natural Resource Management*. Volume 3, Issue 1; January-March, 2016, pp. 43-46.
- GIANNAKOPOULOS M., BINDI M., MORIONDO M., TIN T. (2005). Climate change impacts in the Mediterranean resulting from a 2°C global temperature rise. A report for WWF.
- GIEC. (2008). Changement climatique et l'eau. Document technique VI du GIEC.
- GORDON C., COOPER C., SENIORETAL C.A. (2000). The simulation of SST, sea ice extents and ocean heat transports in a version of Hadley Centre coupled mode without flux adjustments. *Climate Dynamics*, Vol.16, Issue 2, pp.147-168.
- IPCC (2001). *Climate Change: The scientific basis. Contribution of Working Group I to the third assessment report of the IPCC*. Cambridge, Royaume-Uni: Cambridge University Press, 881p.
- JEDR H., AHMED B. K., SGHAIER M. (2014). Impact des changements climatiques sur l'agriculture : Application de l'approche Ricardienne, Cas de la plaine de Jeffara au Sud-Est Tunisien. 3^{ème}Colloque International : Eau-Climat 2014 "REGARDS CROISES NORD –SUD" : Ressources en Eau & Changement Climatique en Région Méditerranéenne. Hammamet, 21-23 Octobre 2014.
- MAMOU, A. (1981). Ressources hydrogéologiques et développement agricole dans le Sud Tunisien. In *enjeux sahariens*. Centre de recherche sur les sociétés méditerranéennes. Editions du CNRS.
- MARH,GTZ (2007).Stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture tunisienne et des écosystèmes aux changements climatiques. Rapport d'étude dans le cadre de la coopération Tuniso-allemande publié par Deutsche Gesellschaft für Internationale, 150p.
- MARK S., NANA K. (2010). Eau et adaptation au changement climatique, *Rural* 21, 24-28 -1-2020 01.
- MELANIE R.D (2010). Impacts des changements climatiques sur l'agriculture au Maroc et en Tunisie et priorités d'adaptation. Les Notes d'analyse du CIHE AM N°56 – Mars 2010.
- MITCHELL TD. et al, (2003) .Tunisia 21st Century Climate Changes. Tyndall Centre for Climate Change Research. www.cru.uea.ac.uk/~timm.
- MOHAN S., RAMSUNDRAN N. (2014). Climate Change and its Impact on Irrigation Water Requirements on Temporal Scale. *Irrigation & Drainage Systems Engineering*, Vol. 3. Issue 1, pp.1-8..
- NAGAZ K. (2007). Gestion de l'irrigation à l'eau salée en milieu steppique. Thèse de doctorat en sciences agronomiques de l'Institut National Agronomique de Tunisie.163 pages + annexes.
- NAGAZ K., TOUMI I., MASMOUDI M.M., BENMECHLIA N. (2008). Comparative effects of drip and furrow Irrigation with saline water on the yield and water use

- efficiency of potato (*Solanum tuberosum* L.) in arid conditions of Tunisia, Agricultural Journal, vol.3, issue 4, pp. 272–277.
- Qi, Z., Zhang, T. Zhou, L. Feng, H., Zhao, Y., Si, B. (2016). Combined Effects of Mulch and Tillage on Soil Hydrothermal Conditions under Drip Irrigation in Hetao Irrigation District, China. Water, Vol.8, issue 11, article 504.
- THABET M. (2008). Etude de l'irrigation goutte à goutte en milieu aride : impacts sur la salinisation du sol et sur une culture de piment (*Capsicum Annum L*). Thèse de doctorat en sciences agronomiques de l'Institut National Agronomique de Tunisie.114 p. + annexes.
- THABET M. (2014). Les changements climatiques et l'impératif de l'usage efficient des ressources hydriques : cas de la petite agriculture familiale des zones arides. 3ème Colloque International : Eau–Climat 2014 "REGARDS CROISES NORD – SUD" : Ressources en Eau & Changement Climatique en Région Méditerranéenne. Hammamet, 21-23 Octobre 2014.
- ZOUHAIR N., LORENZ K. (2014). Projections des températures moyennes sous changement climatique, Conséquences sur l'évapotranspiration en Tunisie. 3ème Colloque International : Eau–Climat 2014 "REGARDS CROISES NORD –SUD" : Ressources en Eau & Changement Climatique en Région Méditerranéenne. Hammamet, 21-23 Octobre 2014.