

JOURNAL OF OASIS AGRICULTURE AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT

www.joasdjournal.org



p-ISSN: 2724 – 699X
e-ISSN: 2724-7007

Changement climatique et stratégies d'adaptation de l'agriculture oasienne : cas des Oasis littorale de Gabès, Sud-Est Tunisien

Climate change and adaptation strategies of oasis agriculture: the case of the coastal oasis of Gabès, south-eastern Tunisia

Mahdhi Naceur¹, Mizouri Fatma² & Romdhane Abderaazek³

¹Institut des Régions Arides de Médenine

²École Supérieure des Sciences Économiques et Commerciales de Tunis, ³Institut des régions arides de Gabès

Article info

Histoire :

Reçu le 02/02/2022

Accepté le 13/03/2022

Mots-Clés: Agriculture oasienne, Ressource en eau souterraine, Stratégie d'adaptation, Sud-Est Tunisien.

* Auteur Correspondant
naceur.mahdhi@ira.rnrt.tn

Article info

Article history:

Received: 02/02/2022

Accepted: 13/03/2022

Keywords: Oasis agriculture, Groundwater resources, Adaptation strategy, South-East Tunisia.



Copyright©2022 JOASD

* Corresponding author
naceur.mahdhi@ira.rnrt.tn

Conflict of Interest : The authors declare no conflict of interest.

Résumé

L'objectif de cette étude est d'analyser la perception du changement climatique et les stratégies d'adaptation individuelles dans les oasis littorales de Gabès, sud-est Tunisien. Trois groupes des stratégies autonome et réactive sont distinguées. La première stratégie est qualifiée d'adaptative ou de défensive (S1) et la deuxième est qualifiée d'offensive ou de « chasse » d'eau (S2 et S3). La première stratégie (S1) vise à adapter les systèmes de production à l'eau disponible sur l'exploitation compte-tenu des puits et forages existants. Ceci se fait, soit, par une réduction de la superficie irriguée, par l'irrigation la nuit, par l'introduction des nouvelles cultures moins exigeantes en eau et/ou qui tolère plus de la salinité, ou semer tôt pour bénéficier plus des pluies. La deuxième stratégie (S2) correspond à la diversification des sources d'approvisionnement en eau d'irrigation sur l'exploitation, soit, par le recours à l'approfondissement des puits/forages déjà existant ou bien par le curage des nouveaux ouvrages sur l'exploitation. La dernière stratégie (S3) correspond à l'amenée de l'eau de l'extérieur vers l'exploitation agricole, et la location de parcelles dans des zones riches en eau souterraine douce. L'analyse et la compréhension de différentes stratégies pourraient orienter les politiques publiques et améliorer efficacement la résilience des agriculteurs aux changements climatiques en zones arides

Abstract

The objective of this study is to analyze the perception of climate change and individual adaptation strategies in the coastal oases of Gabès, South-Eastern Tunisia. Three groups of autonomous and reactive strategies are distinguished. The first strategy qualified as adaptive or defensive (S1) and the second as offensive or "flush" (S2 and S3). The first strategy (S1) aims to adapt the production systems to the water availability, taking into account the existing wells and boreholes. This is done either by reducing the irrigated area, irrigating at night, introducing new crops that require less water and/or which tolerate more salinity, or sow early to benefit more from the rains. The second strategy (S2) corresponds to the diversification of irrigation water supply sources on the farm, either by deepening existing wells/boreholes or by cleaning new structures on the farm exploitation. The S3 strategy corresponds to bringing water from outside to the farm, and renting plots in areas rich in fresh groundwater. The analysis and understanding of different strategies could guide public policies and effectively improve the resilience of farmers to climate change in drylands.

1. INTRODUCTION

Dans un contexte de raréfaction et des risques de changements climatiques, la gestion de la ressource en eau est devenue une préoccupation majeure du monde entier. Particulièrement concernée, la Tunisie se place dans la catégorie des pays le moins dotés en ressources en eau et les plus exposées aux impacts des changements climatiques (MAE et GIZ, 2011) dans le bassin méditerranéen. À l'échelle du pays, comme effets directs, les changements climatiques sont en train d'induire une augmentation de la fréquence et de l'intensité des années extrêmes sèches et une baisse de la pluviométrie moyenne de 11 à 29 % du nord au sud. Le changement climatique entraînera également une réduction des ressources en eau disponibles qui pouvant aller jusqu'à 30% pour les eaux souterraines et 5% pour les eaux de surface (Gafrej et Yaalaoui, 2007 ; MEDD, 2008 ; MAE et GIZ, 2011).

L'accroissement de la fréquence et de l'ampleur des phénomènes météorologiques extrêmes comme les sécheresses, les inondations ou les tempêtes : conséquences directes des changements climatiques, sont déjà une réalité dans le sud-est tunisien (Mahdhi et al, 2019). Dans le sud-est tunisien la rareté des ressources en eau souterraine aggravée par les risques de changement climatique impactent à des degrés variables tous les systèmes de production agricole et notamment les zones oasiennes littorales. Aujourd'hui, ses zones sont confrontées à l'épuisement des nappes, la salinisation et l'hydromorphie, les ravageurs du palmier, l'urbanisation anarchique, la perte de la biodiversité, l'effet de changement climatique, la pollution par les déchets domestiques, la pollution atmosphérique, la dégradation de la qualité des eaux d'irrigation, la crise des institutions, les structures foncières, la concurrence internationale et les effets négatifs du tourisme (Ministère de l'Environnement, GIZ; 2012). Les oasis littorales de Gabès se trouvent de plus en plus abandonnées par leurs propriétaires, les exploitants cultivent leurs parcelles suivant les moyens fonciers, financiers et les disponibilités en eau d'irrigation. Malgré l'intervention de l'Etat et la création de plusieurs projets de développement et de sauvegarde des oasis, les systèmes de production sont encore très mouvants et très fragiles. Pour améliorer les productions et rembourser les charges de l'exploitation agricole, les exploitants dans plusieurs oasis se trouvent obligés à investir toujours pour continuer de disposer d'eau douce

en quantité suffisante pour leurs cultures, soit à modifier leurs systèmes de cultures pour s'adapter à la rareté et la surexploitation des ressources en eau souterraine (Romdhane et al, 2008). En l'absence de politiques spécifiques les différences s'accroissent entre les exploitations agricoles qui ont les moyens d'investir toujours plus pour avoir suffisamment d'eau et celles qui doivent adapter leurs cultures à la pénurie (Mahdhi et al, 2019). En l'absence de politiques spécifiques moyennant une intégration de la volatilité climatique dans la politique nationale de l'eau du pays (Ben Nouna et al., 2018) les différences s'accroissent entre les exploitations agricoles qui ont les moyens d'investir toujours plus pour avoir suffisamment d'eau et celles qui doivent adapter leurs cultures à la pénurie (Faysse et al., 2011 ; Mahdhi et al., 2019). Ainsi, des voies alternatives doivent donc être trouvées, à la fois en termes de conception et de viabilité de mesures d'adaptation innovantes à mettre en œuvre pour atténuer les effets des changements climatiques en zones arides et soutenir la durabilité du secteur irrigué en zones arides.

Aujourd'hui l'ampleur des enjeux des changements climatiques sur l'agriculture renforcent la question de l'adaptation à la rareté des ressources en eau en zones arides (Iglesias et Garroteb, 2015). L'adaptation a été considérée par beaucoup comme le moyen le plus efficace de réduire les impacts négatifs du changement climatique (De Perthuis et al., 2010). Elle peut être poursuivie sous la forme d'une adaptation privée ou publique (Stern, 2006). L'adaptation privée, définie comme les réponses comportementales des agriculteurs individuels aux changements climatiques à des fins privées, joue un rôle important dans la réduction de leur vulnérabilité et améliore la performance du secteur agricole dans son ensemble (De Perthuis, 2010 ; Shah, 2012). En agriculture l'adaptation au changement climatique se réfère à l'ajustement dans les systèmes agricoles en réponse aux stimuli climatiques réels ou prévus ou à leurs effets, ce qui modère les dommages ou exploite des opportunités bénéfiques (GIEC, 2001). Dans cette préoccupation, il existe deux types d'adaptation différents : a) l'adaptation autonome qui est influencée par la connaissance et la perception autochtones des différents aspects du changement climatique ainsi que les risques actuels et futurs, et b) l'adaptation planifiée qui est influencée par la présence d'institutions, de politiques, d'infrastructures et de technologie appropriées qui faciliteraient

l'adaptation efficace (Antle, 2009). Selon Antle (2009), compte tenu des informations suffisantes sur les changements climatiques, les agriculteurs bien informés sont capables d'apporter les changements appropriés pour adapter la production agricole aux changements observés. L'adaptation dépendra de la capacité des décideurs à percevoir les changements climatiques et à agir. Néanmoins, atténuer la sécheresse et la pénurie d'eau par exemple prend du temps, est difficile à mettre en œuvre et nécessite souvent d'énormes investissements. Les pratiques agricoles devraient donc s'adapter à l'évolution de l'environnement. Les processus de prise de décision des agriculteurs concernant l'adoption de systèmes améliorés de gestion de la technologie et de l'irrigation ont été largement étudiés dans la littérature (Mertz et al., 2009 ; Gebrehiwot et van der Veen, 2013). La majorité des études d'adaptation à ce jour mettent l'accent sur le changement climatique et la variabilité en général (Bryan et al., 2009 ; Gobrehiwot et van der Veen, 2013; Tessema et al., 2013). Les études portant spécifiquement sur l'adaptation à la sécheresse et à la pénurie d'eau sont rares et notamment dans les oasis littorales de Gabès, sud-est-tunisien caractérisé par la vulnérabilité des systèmes de production aux risques de changement climatique. Ce qui soulève les questions suivantes : Comment les oasiens (irrigants) perçoivent-ils ces changements climatiques et comment réagissent-ils dans une zone à fortes contraintes climatiques et marquée par la surexploitation des ressources en eau souterraine et les risques d'intrusion marine (Abidi et Ghoudi, 2011; Frija et al., 2016). A cette fin, il est légitime de s'interroger sur la capacité d'adaptation ou d'inadaptation des irrigants et des systèmes de production à ces changements qui se rapprochent des extrêmes. S'agirait-il désormais de considérer qu'on est en situation de proximité des seuils d'adaptabilité ? En voulant aborder cette question, une hypothèse importante émerge qui consiste à dire que les irrigants sont en mesure de percevoir les changements ? Car sans un niveau acceptable de perception des changements, comment pourrait-on admettre dans un premier pas la prise de conscience du phénomène et ensuite passer à la mise en œuvre de stratégies adaptatives. Cet article tente d'explorer, en premier lieu, la perception des changements climatiques vécus par les irrigants et, d'autre part, de comprendre et d'analyser les stratégies d'adaptation développées par types d'exploitations dans les oasis littorales de Gabès.

2. METHODOLOGIE

Notre zone d'étude fait partie de trois périmètres publics irrigués dans les oasis littorales de Gabès et couvre particulièrement Gabès Bahria, Ghannouche et Kettana du Gouvernorat de Gabès (Fig. 1). Le PPI de Gabès Bahria, est limité par la mer à l'est, les délégations de Ghannouche et Métouia au nord, Gabès-ville à l'ouest et Gabès-sud du côté méridional. Avec une superficie totale de 297 ha couvrant 2125 parcelles. Les moyennes des superficies par exploitant (0,12 ha) et par parcelle sont très réduites et les parcelles ressemblent beaucoup plus à des jardins qu'à des exploitations agricoles (CDCGE, 2016). Le degré d'équipement étant assez faible, les exploitants continuent à utiliser une irrigation traditionnelle (par submersion). Le tour d'eau pour le périmètre irrigué de Gabès Bahria est de 25 à 30 jours dans sa totalité. Cette durée est assez longue, si l'on s'en tient à ce qu'elle était dans le passé. Les valeurs de la salinité de l'eau d'irrigation dans cette zone varient de 2,8 à 3 g/l (CRDA, 2017). Cette salinité est très élevée compte tenu de la contiguïté de la mer et l'infiltration de l'eau de mer dans la nappe due aux forages illicites. Concernant la zone de Ghannouche, elle est formée par quatre oasis, l'oasis de Bir Fayçal, l'oasis de Bir Mahjoub, l'oasis de Bir Salem et l'oasis de Bir Sboui. L'Oasis littorale, de Bir Faycel est située au nord de la délégation de Ghannouche. Elle est limitée par Bir Mziraa au nord, Bir Mahjoub au sud, la mer à l'est, et l'oued de Ghannouche à l'ouest. D'une superficie de 260 ha, répartie entre 539 exploitants pour 531 parcelles. La moyenne est donc de 0,4823 ha/propriétaire et de 0,4897 ha/parcelle. L'Oasis de Bir Mahjoub est limitée par l'Oued El Maleh au nord, Bir Salem au sud, la ville de Ghannouche à l'est et la cité Ettahrir à l'ouest. D'une superficie de 351 ha, répartie entre 711 exploitants pour 814 parcelles. La moyenne est donc de 0,4936 ha/propriétaire et de 0,4312 ha/parcelle. L'oasis de Bir Salem est située au sud de la délégation de Ghannouche. Elle est limitée par la zone urbaine dans sa partie septentrionale, l'Oued Ettine au sud, la zone industrielle à l'est, et l'oasis de Bir Mahjoub à l'ouest. D'une superficie de 113 ha, répartie entre 194 exploitants pour 204 parcelles ; la moyenne est donc de 0,5824 ha/propriétaire et 0,5539 ha/parcelle. La dernière oasis est celle de Bir Sboui qui est située à l'est de la délégation de Ghannouche. Elle a pour frontière la ville de Ghannouche au nord, la zone industrielle au sud,

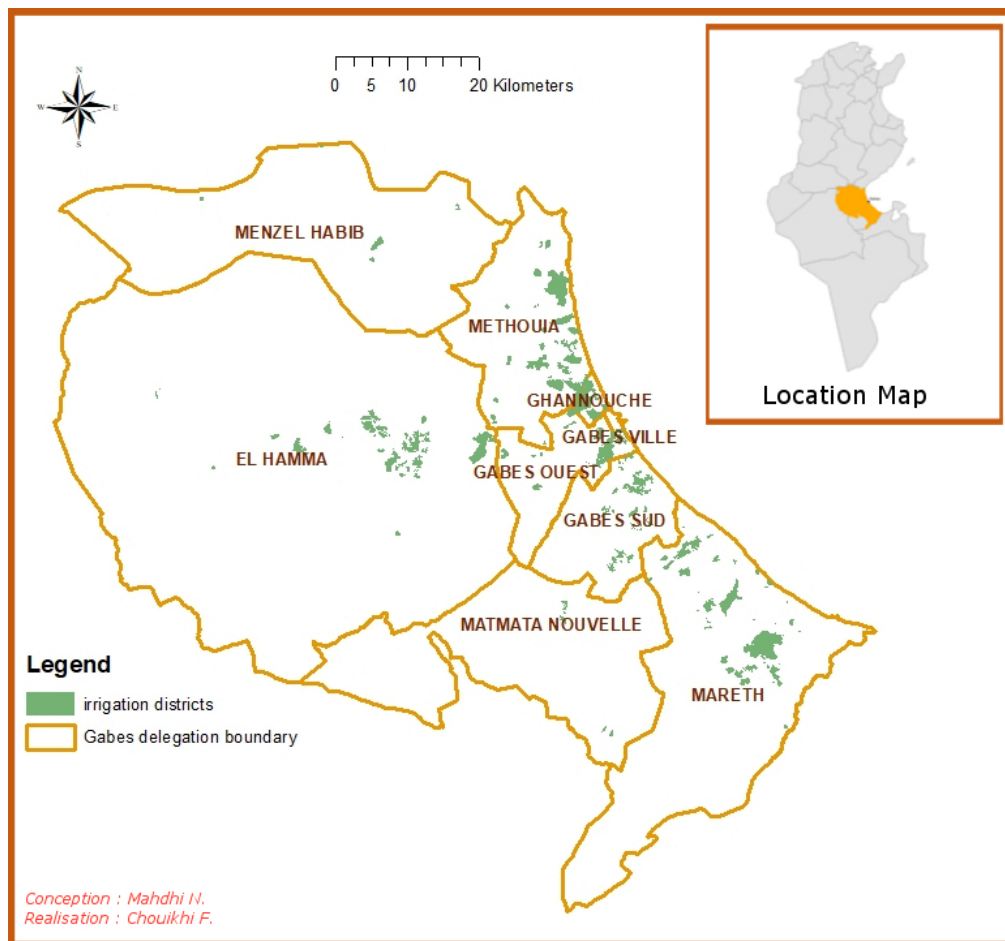


Fig. 1. Présentation de la zone d'étude.

la mer à l'est, et la ligne de chemin de fer à l'ouest. D'une superficie de 49 ha, répartie entre 152 exploitants pour 160 parcelles ; la moyenne est, par conséquent, de 0,3223 ha/propriétaire et 0,3062 ha/parcelle.

Pour ce qui est du PPI de Kettana, il est formé de 3 oasis : Kettana 1, Kettana 3, Kettana 4 (sachant que la dénomination de Kettana2 est inexistante). L'oasis de Kettana 1 forme, avec les oasis de Kettana 3 et Kettana 4, un bloc qui s'étend de l'ouest vers des deux côtés de la RN1. Kettana 1 est limitée au sud et sud-ouest par l'oasis de Kettana 3 et de la zone urbaine.

Sur le plan climatique, cette zone se trouve dans l'aire isoclimatique méditerranéenne (à pluie hivernale et été sec). Son climat, aride à saharien, se caractérise par une pluviométrie faible (inférieure à 200 mm) irrégulière et sporadique (le coefficient de variation dépasse 50%) et par un bilan climatique déficitaire pour tous les mois de l'année. Les ressources en eau souterraine représentent le principal apport hydrique exploitable dans cette zone. Ces ressources sont formées par deux types d'aquifère ; la nappe du Continental Intercalaire et la nappe de la Jeffara,

Ces deux aquifères subissent de fortes pressions qui ne cessent de s'accroître à la suite d'un accroissement démographique rapide et d'une extension remarquable du potentiel irrigable qui atteint 3116 hectares et du nombre des points d'eau équipés qui atteint 150 forages (CRA de Gabès, 2017).

Une combinaison d'approches qualitatives (des interviews semi structurées de groupes informels et individuels, des observations participantes et des transects participatifs) et quantitatives, moyennant des enquêtes approfondies, ont été utilisées. Les enquêtes ont été choisis de façon aléatoire selon leur disponibilité et de façon à couvrir toute la diversité socioéconomique des exploitations agricoles des oasis d'étude. Au total, 195 enquêtes ont été choisis à raison de 65 par oasis. Les principales données collectées auprès des exploitants échantillonnés étaient relatives à leurs perceptions aux changements climatique, de leurs caractéristiques démographiques et socioéconomiques (sexe, âge, exercice d'activité secondaire, niveau d'instruction, expérience en agriculture, contact avec la vulgarisation,

nombre d'actifs agricoles par ménage, et droit de propriété sur la terre), à leurs stratégies d'adaptations à la variabilité et au changement climatique. Le traitement et l'analyse statistique des données collectées ont été réalisés avec les logiciels Word, Excel et SPSS.

3. RESULTATS

3.1. Caractéristiques socio-économiques et démographiques des exploitants

Les caractéristiques démographiques et socio-économiques des irrigants interrogés sont résumées dans le tableau 1. L'âge moyen de chef d'exploitation familiale est de l'ordre de 59,09 ans, dont le plus jeune est à l'âge de 35 ans et celui le plus âgé est de l'ordre de 90 ans. La répartition des chefs d'exploitation par sexe est sans objet, ils sont tous des hommes pour l'ensemble des observations sauf une seule exploitation. Cette situation est normale en ce sens que la femme n'accède à ce statut que s'il n'y a pas dans la maison, un homme, en âge d'occuper cette fonction.

la location. L'accès à la terre à travers ces modes confère différents droits de propriété. Ainsi, 86 % des personnes interrogées ont affirmé être propriétaires de leurs terres.

L'agriculture est l'activité principale de 47,2 % des enquêtés. En plus de l'agriculture, 52,8 % des producteurs interrogés possèdent une activité secondaire. Le commerce et les petits métiers sont les activités secondaires les plus exercées. Le nombre d'actifs agricoles par ménage est en moyenne de 4,905 ($\pm 2,467$) personnes et l'expérience en agriculture oasienne dépasse les 30 ans pour les 60% des enquêtés. Par ailleurs, il ressort également du tableau 1 que les enquêtés emblavent en moyenne 0,98 ha ($\pm 0,9\%$) et consacrent à l'agriculture une moyenne de 394,4HJ par an. Enfin, les exploitants ont un faible accès au crédit. L'analyse des sources de financement des équipements montre que 28% des agriculteurs ont bénéficié de subventions, 20 % du matériel a été financé par le recours au crédit agricole et 80 % par les moyens propres de l'exploitation et le recours au crédit informel.

Tableau 1. Caractéristiques socio-économiques et démographiques des exploitations enquêtées

Variables qualitatives	Valeurs absolues	Fréquences relatives (%)
Situation matrimoniale	128	85,906
Droit de propriété sur la terre	128	86
Activité secondaire	47	31,757
Contact avec un vulgarisateur	52	35,135
Accès au crédit	25	16,892
Variables quantitatives	Moyennes	Écarts types
Age	50	15,726
Expérience	22,601	14,652
Nombre d'actifs agricole	4,905	2,467
Quantité totale de main d'œuvre utilisé	394,4	238,99
Superficie irriguée	2,627	2,079

La situation matrimoniale fait ressortir 90% de mariés et 10% de célibataires. Ces derniers occupent cette fonction de chef d'exploitation du fait de l'absence de père. Le niveau d'instruction reste relativement faible avec 29,7 % de la population ayant atteint le niveau secondaire et 2,7% seulement de l'échantillon ayant fait des études supérieures, plus que la moitié (53,8%) s'arrêtant au primaire. Le pourcentage des individus n'ayant reçu aucune instruction dans les exploitations enquêtées est de l'ordre de 13,8%. Les modes de faire-valoir de la terre dans la zone d'étude sont l'héritage, le don, l'achat, et

3.2. Perception du changement climatique

Dans la région de Gabès Nord la quasi-totalité des irrigants interrogés (98 %) perçoivent clairement les effets du changement climatique sur les facteurs climatiques et sur les ressources en eau souterraine. Les perceptions les plus citées étaient une baisse des précipitations, un dérèglement de la saison des pluies, une plus grande irrégularité des pluies, une augmentation des températures et des vents plus violents et par l'augmentation du taux d'occurrence des phénomènes météorologiques extrêmes (Fig. 2).

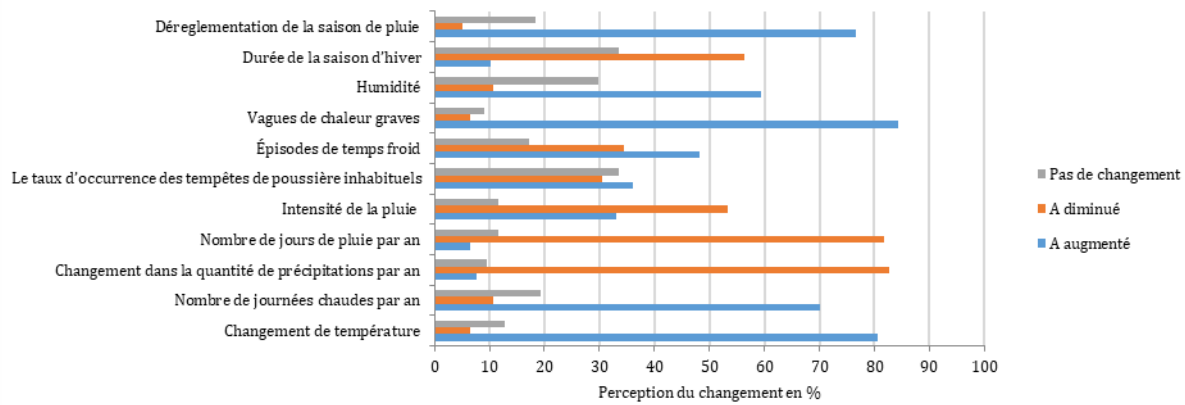


Fig. 2. Perception du changement des facteurs climatiques par les agriculteurs en %.

Les irrigants perçoivent clairement les changements climatiques. Ainsi, 90% des irrigants perçoivent que les précipitations ont changé. La diminution des pluies (83%) et des pluies de plus en plus aléatoires et sporadiques (75%) sont les principales perceptions des changements liés aux précipitations. Le dérèglement de la saison des pluies est perçu par 76,6% des exploitants. Ce phénomène se manifeste par une diminution de la durée de la saison des pluies, la réduction du nombre de jours de pluie (82%) et la réduction de l'intensité journalière des précipitations (53%). Viennent ensuite le décalage des saisons avec une tendance à la réduction de la saison d'hiver (56 %). Quant à la température, 87% des enquêtés perçoivent des variations thermiques se manifestant par l'augmentation du nombre de jours chauds (70%), l'augmentation des vagues de chaleur (84%) et le changement des extrêmes de températures (87%) qui se traduit par des périodes plus chaudes ou plus froides. Enfin, 67 % des producteurs interrogés percevaient d'autres changements tels que des vents plus forts (36 %) et une augmentation de l'humidité (59%) qui peut être expliquée par l'augmentation de l'évapotranspiration potentielle. L'étude a également révélé que les agriculteurs avaient des perceptions différentes des impacts du changement climatique. Les impacts mentionnés par plus de la moitié des répondants comprenaient une baisse de la productivité des cultures (84,5 %), une augmentation des infestations de ravageurs et de maladies (81,4 %) et une augmentation de la salinité des sols (57,2 %). Les autres problèmes signalés par les répondants comme étant les effets probables du changement climatique étaient la diminution des revenus des agriculteurs (35,7%), l'augmentation des prix de

l'approvisionnement en production (33,3 %), l'augmentation des niveaux d'eau souterraine (29,4 %), l'augmentation de la consommation d'engrais (29,4 %) et l'augmentation des besoins en eau (25,7 %). Les autres problèmes signalés par les répondants comme étant les effets probables du changement climatique étaient la diminution des revenus des agriculteurs (35,7 %), l'augmentation des prix de l'approvisionnement en production (33,3 %), l'augmentation des prélèvements et des besoins d'irrigation, suite à l'allongement des périodes d'irrigation (29,4 %), l'augmentation de la consommation d'engrais et la baisse du niveau piézométrique de la nappe et tarissement des puits de surface (25%). L'importance de connaissances locales et traditionnelles dans l'observation de l'évolution du climat est de plus en plus reconnue (Klintenberg et al., 2007; Nakashima et al., 2012). Dans plusieurs cas, les observations locales corroborent les tendances scientifiquement établies, par exemple au Burkina Faso (Thiombano, 2011), dans l'Himalaya (Chaudhary et Bawa, 2011), au Tibet (Byg et Salick, 2009) ou dans l'Arctique canadien (Ashford et Castleden, 2002). Les perceptions des producteurs de la variabilité et du changement climatique rapportées dans cette étude concordent avec l'analyse des relevés des stations météorologiques proches de la zone d'étude concernant l'évolution des hauteurs pluviométriques annuelles, l'augmentation annuelle des températures et baisse générale du niveau de la nappe phréatique (Fig. 3). Ces résultats concordent avec les études mentionnées dans la littérature qui s'accordent sur une augmentation de la fréquence et de l'intensité des années extrêmes sèches et une baisse de la pluviométrie moyenne qui se traduirait par une réduction des ressources en

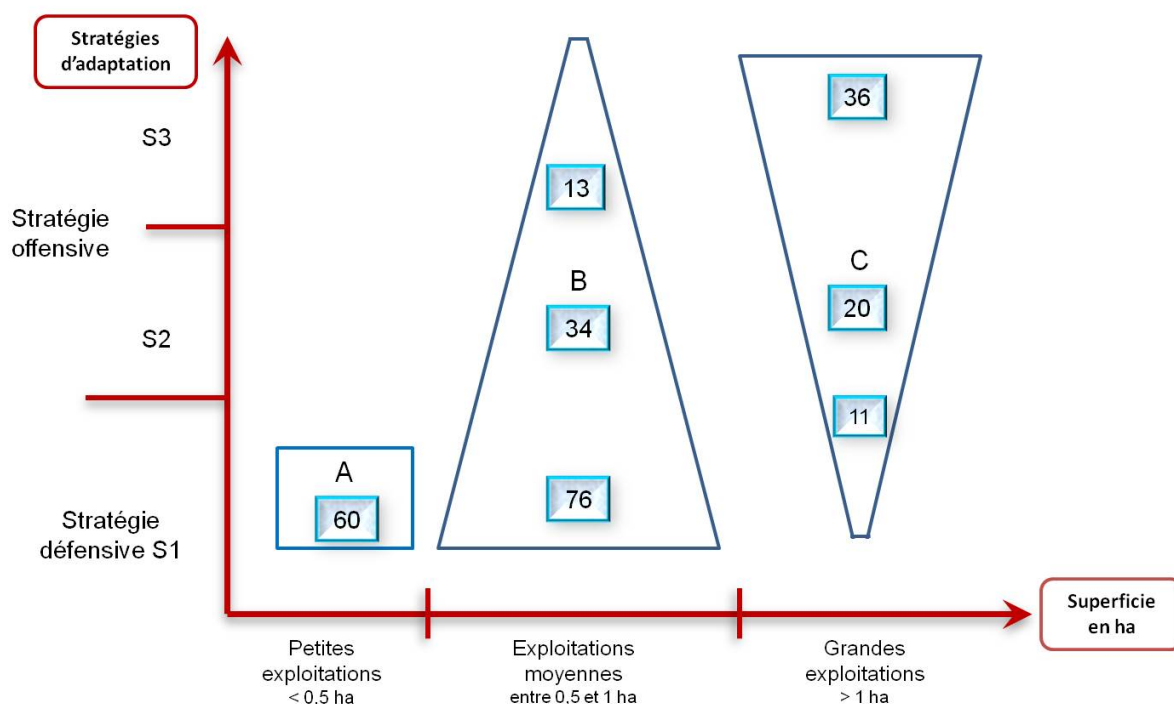


Fig. 3. Type d'exploitations agricoles (A, B, C) en fonction de leurs superficies et de leurs stratégies d'adaptation vis-à-vis de la pénurie d'eau (le nombre des agriculteurs enquêtés est indiqué à l'intérieur des petits carrés).

eau disponibles (MEDD/DGEQV, 2008; MAE et GIZ, 2011). Les résultats obtenus ont par ailleurs corroboré ceux d'Ouédraogo et al. (2010) Paraïso et al. (2012), Omar et al. (2015) et qui révèlent que les populations se rendent compte de la variabilité du climat.

3.3. Stratégies d'adaptation diversifiées face à la variabilité climatique

Cette section analyse les stratégies d'adaptations des irrigants à la pénurie des ressources en eau souterraine dans un contexte de changement climatique à travers la réponse à la question suivante : « quels ajustements avez-vous faits dans votre système de production agricole afin de vous adapter aux changements que vous avez observés ? ».

Les résultats de l'enquête auprès des ménages ont montré une gamme très variée de mesures d'adaptation. Les réponses les plus courantes comprenaient l'abandon de quelques cultures (37,9 %), recours à l'économie de l'eau (32,8 %), diversification des sources d'irrigation par le curage d'un puits (27,2%), le changement du système de culture (25,6%) et l'acquisition des terres dans d'autres zones plus riche en eau (24,6%). Les autres réponses incluaient la réduction de la superficie irriguée (24,1%) et la construction des bassins de stockages d'eau. Le tableau 2 présente la moyenne de différentes mesures d'adaptation développées par périmètre et par types.

La lecture du tableau 2 montre que les irrigants au sein du périmètre de Ganouche ont ainsi

Tableau 2. Adoption des stratégies d'adaptation aux problèmes de la pénurie d'eau (en %)

Type d'adaptation	Périmètre irrigué			Zone d'étude
	Ghannouche	Kettana	Gabès Bahria	
Bassin de stockage	36,7	2,1	15,7	23,1
Réduction de la superficie irriguée	21,4	19,1	33,3	24,1
Economie d'eau	54,1	4,3	17,6	32,8
Abandon de quelques cultures	8,2	63,3	72	37,9
Changement de cultures	11,2	2,1	74,5	25,6
Curage d'un puits	42,9	12,8	9,8	27,2
Acquisition des terres dans d'autres zones	21,4	27,7	27,5	24,6

Source : notre enquête

développé plusieurs mesures d'adaptation dont les plus cités sont le recours à l'économie de l'eau d'irrigation (54,1%), suivi par le recours au curage des puits de surface (42,9%) et la construction des bassins de stockage (36,7%). L'abandon de certaines cultures ou de certaines variétés telles que la culture de « Hena » est plus marquée dans la région de Kettena pour les 63,3% des exploitants. L'abandon de quelques cultures est plus marqué dans le PPI de Gabès Bahria par 72% des exploitants.

En termes de stratégies d'adaptations, les pratiques de gestion peuvent être classées en deux types de stratégies potentielles (comme l'indique le tableau 3): une stratégie qualifiée d'adaptative ou de défensive (S1) et une stratégie qualifiée d'offensive ou de « chasse » d'eau (S2 et S3). La première stratégie (S1) vise à adapter les systèmes de production à l'eau disponible sur l'exploitation compte-tenu des puits et des forages existants. La deuxième stratégie (S2) correspond à la diversification des sources d'approvisionnement en eau d'irrigation sur l'exploitation, soit, par le recours à l'approfondissement des puits/forages déjà existant ou bien par le curage des nouveaux ouvrages sur l'exploitation. La troisième stratégie (S3) correspond à amener de l'eau de l'extérieur vers l'exploitation agricole, et la location de parcelles dans des zones riches en eau souterraine douce. Cette stratégie permet aux agriculteurs de maintenir des systèmes de production nécessitant une forte consommation d'eau douce.

Par type d'exploitation, la figure 3 montre la position des trois types d'exploitation (A, B et C) dans un graphique où la taille de l'exploitation agricole est sur l'axe horizontal et la stratégie d'adaptation des agriculteurs (S1, S2 et S3) vis-à-vis de la pénurie d'eau est sur l'axe vertical.

Les exploitations agricoles de type A, dont la superficie est inférieure à 0,5 ha, ont montré une grande vulnérabilité concernant la pénurie d'eau, au moins à court terme, puisqu'elles ont une utilisation très limitée de l'eau d'irrigation contrairement aux exploitations agricoles de type B et C qui sont moins vulnérables au problème de pénurie d'eau. Concernant les petits agriculteurs (du type A), leur vulnérabilité réside dans le fait qu'ils adoptent seulement des stratégies défensives (S1) en raison de la baisse de leurs bénéfices et du caractère de leurs activités agricoles qui sont plus limitées. Cette catégorie d'agriculteurs utilise des cultures mois exigeantes en eau (les arbres fruitiers) tout en évitant les cultures maraîchères et les cultures fourragères qui exigent beaucoup plus d'eau. Les stratégies défensives qu'ils adoptent sont données par la réduction de la superficie irriguée (43,3% des agriculteurs ayant des exploitations de type A). Cette réduction est due essentiellement aux charges des cultures et au problème de morcellement dans ces trois zones d'études ; le changement du système de cultures, cette stratégie est adoptée par 50% des agriculteurs de la même catégorie. Elle consiste à changer les cultures les plus exigeantes en eau et moins résistantes aux salinités par d'autres qui

Tableau 3. Typologie des stratégies et leurs relations

Type d'action	Problème de rareté d'eau	Problème de salinité d'eau	Stratégies adoptées	
Apport de l'eau de l'extérieur	➤ La location ou l'acquisition de terres agricoles dans des zones où l'eau est suffisante et non salé.		S2 : stratégie qualifiée comme offensive ou de « chasse » d'eau S3 : stratégie qualifiée comme offensive ou de « chasse » d'eau	
Accroissement de l'accès à l'eau sur l'exploitation	➤ Curage de puits de surface			
Réduction de la consommation d'eau sur l'exploitation	➤ Réduction de la superficie irriguée ➤ Changement du système de culture. ➤ Economie de l'eau ➤ Bassin de stockage ➤ Abandon de quelques cultures	➤ Changement du Système de culture		

sont plus économe en eau et qui résistent mieux à la salinité ; l'économie de l'eau : qui consiste essentiellement à un usage plus rationnel dans l'utilisation de l'eau d'irrigation. Dans ce cas, les agriculteurs de cette catégorie recourent au système d'irrigation goutte-à-goutte. Cette stratégie est réellement importante puisqu'elle repose, le plus souvent, sur un degré de conscience assez élevé, bien qu'elle demande assez de moyens financiers. Elle est adoptée par 16,7% des agriculteurs du type A ; ce qui s'explique fondamentalement par l'exiguïté de leurs parcelles ; l'abandon de quelques cultures : c'est la stratégie la plus adoptée par les exploitants du type A avec un pourcentage de 76,7%. Concernant les cultures qui ont été abandonnées, les cultures maraîchères (essentiellement les pommes de terre, les tomates, les laitues et les melons) sont citées en premier lieu par les agriculteurs et les personnes ressources qu'on a interviewés. Autres types de cultures abandonnées et figurant dans ce type de stratégie, notamment dans les PPI de Ghannouche et Gabès Bahria, on trouve certaines espèces d'arbres fruitiers dont les pêchers, les abricotiers et les pommiers. Il est à noter que, pour la région de Kettana, cette dernière stratégie n'est pas du tout adoptée et continue à cultiver ces types précis d'arbres fruitiers, en plus des grenadiers, pour des raisons historiques (on continue à perpétuer des traditions agricoles, surtout que cette région est devenue célèbre pour ses produits de terroirs (le grenadier, en particulier, ayant bénéficié du label AOC). Pour les cultures industrielles, le henné qui est la culture la plus abandonnée par les agriculteurs étant donné qu'elle est devenue moins rentable surtout pour les petites exploitations puisqu'elle exige beaucoup de main d'œuvre. Par ailleurs, le henné est de plus en plus importé à partir d'autres pays (les pays cités lors de notre enquête étant le Soudan, l'Égypte et l'Inde) et vendu sur le marché local à des prix nettement plus bas. Est-il nécessaire de rappeler que le henné est l'une des cultures les importantes qui caractérise l'oasis de Gabès ?

Ces cultures sont remplacées par d'autres cultures dont l'olivier qui apparaît aux yeux des agriculteurs oasiens comme étant plus rentable et moins exigeant en eau (selon les personnes ressources l'olivier exige 8 tours / ha / an, alors que les cultures maraîchères exigent 16 tours / ha / an). Étant donné que ces trois zones d'étude (Ghannouche, Kettana et Gabès Bahria) souffrent du problème de la salinité, l'olivier peut être aussi une solution dans cette stratégie de

rechange, puisqu'il peut résister à une salinité qui peut atteindre les 6 g/l. La physiologie des périmètres irrigués traditionnels a vu l'entrée progressive de l'olivier (surtout la variété « Chemlali » et, plus récemment, des variétés espagnoles telles que « l'Arbequina » et « l'Arbosana ». Enfin, concernant la création de bassins de stockage, cette stratégie n'est plus adoptée par les exploitants du type A, mais plutôt par les exploitations des type B et C à cause des charges élevées de cette méthode. Cette méthode consiste à créer un bassin pour l'accumulation de l'eau issue du réseau d'irrigation fourni par le GDA dans les différentes exploitations. Ces bassins sont rattachés à des motopompes qui font le pompage de l'eau dans les tuyaux (notamment pour les systèmes gouttes à gouttes).

Les exploitations de type B (les moyennes exploitations), sont caractérisées par une vulnérabilité plus ou moins limitée face au manque d'eau puisque la majorité des agriculteurs ont des capacités économiques plus importantes que ceux du type A et utilisent, par la même occasion, des stratégies défensives (92,7% d'entre-eux adoptent les stratégies du type S1).

Les stratégies défensives qu'ils mettent en pratique sont les suivantes :

- ✓ La réduction de la superficie irriguée : cette stratégie est suivie par 24,4% des exploitations de type B.
- ✓ Le changement du système de culture : 23,2% des exploitations de type B ont pratiqué cette stratégie. Ce changement est surtout visible dans l'abattage des palmiers qui constituaient un étage important dans la structure des oasis traditionnelles et qui s'explique par la demande de plus en plus grande de jus de palmier ("legmi"), mais aussi par les charges financières devenues lourdes pour cette catégorie de paysans moyens [nettoyage des vieilles palmes (10 dinars/ palmier), pollinisation (5 dinars/palmier), rareté de la main d'œuvre spécialisée dans ce genre d'entretiens et, même lorsqu'elle est disponible, elle est souvent chère (14 dinars/ personne pour une demi-journée).
- ✓ L'économie de l'eau : 57,3% des exploitations de type B l'ont entérinée. C'est la stratégie la plus pratiquée par les agriculteurs vu la grande diversité de cultures qu'ils ont (arboriculture, cultures maraîchères, cultures fourragères). Par conséquent, le coût engendré par cette diversification, synonyme

de demande d'eau, pousse ces agriculteurs à plus d'économies.

- ✓ Bassin de stockage : 43,9% des exploitations de type B ont pratiqué cette stratégie. La construction de bassins de stockage à l'aval des puits ou des bornes d'irrigation contribue à l'amélioration de la qualité physique de l'eau d'irrigation par décantation des débris solides et l'augmentation de la flexibilité du débit et du temps d'irrigation.
- ✓ Abandon de quelques cultures : 31,7% des exploitations de type B l'ont fait. Nous l'avons constaté, lors de notre enquête, surtout dans la zone de Gabès Bahria qui est limitrophe de la ville de Gabès où le coût des terrains servant à la construction est assez élevé. Cette zone a subi, elle aussi, les effets de la spéculation foncière, ce qui explique l'abandon pur et simple des cultures.

Ces agriculteurs utilisent aussi des stratégies offensives (S2 et S3), mais moins souvent que les stratégies défensives. En effet, la majorité de ces agriculteurs utilisent les stratégies du type S2 (curage d'un puits) qui est adoptée par 41,5% des exploitants du type B. Il y a aussi le phénomène de creusement des puits illicites qui se propage surtout dans le PPI de Gabès Bahria (environ 180 puits illicites, d'après les dires des personnes ressources consultées) et le PPI de Ghannouche (environ 350 puits illicites, d'après la cellule territoriale de vulgarisation de Ghannouche) ce qui influe sur le débit de pompage des puits de surfaces. Dans le cas des PPI de Ghannouche, on a même constaté que les puits de surface contrôlés par les GDA, ne peuvent plus fournir l'eau nécessaire à partir de 11 heures du matin (d'après la CTV de Ghannouche). Il faut ajouter à cela le pompage excessif de la nappe par les cinq unités de production du Groupe Chimique qui sont limitrophes de la zone agricole de Ghannouche. Les statistiques sont claires : ces unités pompent 13 000 m³/unité/jour.

Pour le PPI de Gabès Bahria, l'une des causes du recours des agriculteurs aux puits illicites réside dans le refus de la SONEDE à leur octroyer des robinets pour les étables d'élevage bovin. Il faut ajouter à cela la demande sans cesse accrue en eau d'irrigation pour les cultures coutumières dans cette zone. Concernant la stratégie S3 (la location ou l'acquisition de terres agricoles dans des zones où l'eau est suffisante et non salée), elle est adoptée seulement par 15,9% des agriculteurs du type B vu qu'elle nécessite des moyens financiers importants.

Quant aux grandes exploitations (les exploitations de type C), les agriculteurs de cette catégorie ont montré une forte capacité d'adaptation c'est-à-dire une faible vulnérabilité face aux aléas et aux risques de pénurie d'eau. Ils utilisent principalement la stratégie S3. Ces derniers ont suffisamment de moyens financiers pour investir dans d'autres zones. En effet, 65,5% de ces exploitants du type C adoptent la stratégie S3 ; alors que 36,4% d'entre eux utilisent la stratégie S2. L'acquisition ou la location des terres agricoles dans d'autres zones est un phénomène qui se propage d'une façon excessive dans les dernières années chez les grands agriculteurs.

Pour les agriculteurs de Gabès Bahria, certains d'eux ont abandonné leurs terres, sans pour autant abandonner l'agriculture : ils ont délaissé leurs propres PPI et sont partis ailleurs (surtout à la région « d'El Bssi »). Concernant les agriculteurs de Ghannouche, étant donné qu'il s'agit d'un problème de morcellement et de vieillissement des terres agricoles, les grands agriculteurs ont choisi les régions de Temoula (Gabès sud), Matmata et Ouedhref pour s'y installer soit par le biais de la location ou carrément l'achat de nouvelles terres). Quant aux agriculteurs de Kettana, ils ont choisi par s'installer à Aïchoune (délégation de Mareth) ainsi que dans la zone nord de cette même délégation. Dans ces nouvelles zones, les agriculteurs ont choisi de se spécialiser dans un seul type de culture (essentiellement les arbres fruitiers) en utilisant des équipements d'irrigation plus modernes (système d'irrigation gouttes à gouttes) contrairement aux PPI de Ghannouche, Gabès Bahria et Kettana qui se caractérisent, malgré l'étroitesse des surfaces cultivables, par une grande diversification des cultures (système oasien traditionnel à trois étages).

Parmi les causes de l'acquisition des terres dans d'autres zones, les PPI (surtout celles de Ghannouche et Gabès Bahria) subissent de plein fouet les effets de la pollution du fait de leurs contiguïtés géographiques de la zone industrielle (dont le Groupe Chimique est l'une des principales composantes). Il est à noter qu'on a vu apparaître, lors de ces dernières années, une forme d'assistance aux agriculteurs, lésés à la fois par la pénurie d'eau et les effets de la pollution sur les différentes cultures, fournie par le GCT (Groupe Chimique Tunisien) a en leur octroyant des compensations financières. Des experts visitent régulièrement les PPI pour évaluer les dégâts. En somme, on a vu apparaître

une nouvelle génération d'agriculteurs assistés et se sentant toujours tributaires du Groupe Chimique. Chose qui n'existait pas auparavant. Comble du paradoxe, ce sont les propriétaires du type C (ceux qui ont de grandes exploitations) qui bénéficient le plus de ces compensations.

Les exploitations du type C se caractérisent aussi par l'élevage bovin d'une façon excessive. L'accroissement du nombre de bovins a beaucoup contribué à l'augmentation des déchets et, donc, à la pollution de la nappe (les déjections des vaches participent à la pollution des eaux de surface ou des nappes phréatiques où des accumulations de nitrates et de phosphates ont été observées).

Ils utilisent aussi des stratégies défensives mais d'une façon moins importante que les stratégies offensives (Seulement 20%). Ces stratégies de type S1 se répartissent comme suit :

- ✓ Réduction de la superficie irriguée : cette stratégie est adoptée seulement par 1,8% des exploitants de ce type vu que ces derniers cherchent toujours à agrandir leurs superficies irriguées puisqu'ils ont les moyens financiers nécessaires.
- ✓ Changement du système de culture : cette stratégie est appliquée seulement par 1,8% des exploitations.
- ✓ Économie de l'eau : cette stratégie est prise en charge par 14,5% des exploitants.
- ✓ Bassin de stockage : cette stratégie est appliquée par 18,2% des exploitants. C'est la stratégie défensive la plus adoptée par les agriculteurs du type C.
- ✓ Abandon de quelques cultures : cette stratégie a été observée par seulement 3,6% des exploitants.

4. DISCUSSION

Le changement du climat local, s'il est difficile à mesurer, est remarqué de plus en plus clairement par les irrigants dans la région de Bsissi qui notent une variabilité du climat. L'analyse des perceptions de la variabilité climatique dans la région d'étude met en exergue plusieurs perceptions des irrigants. Les perceptions telles que la baisse des précipitations, les poches de sécheresse, les vents violents, la chaleur excessive, les pluies tardives révélées dans l'étude concordent avec les études mentionnées dans la littérature qui s'accordent sur une augmentation de la fréquence et de l'intensité des années extrêmes sèches et une baisse de la pluviométrie moyenne qui se traduirait par une réduction des ressources en eau disponibles (MAE et GIZ,

2011, Mahdhi et al., 2019). Les résultats obtenus ont par ailleurs corroboré ceux d'Ouedraogo et al. (2010) d'Omar et al. (2015) qui révèlent que les populations se rendent compte de la variabilité du climat. Pour y faire face, diverses mesures et pratiques ont été adoptées par les irrigants allant du recours à l'économie de l'eau, à l'abandon de l'activité irriguée et l'orientation vers l'agriculture pluviale. En terme de stratégies d'adaptation les différentes mesures d'adaptations peuvent être classées en trois types de stratégies individuelles d'adaptation. Une première stratégie qualifiée d'adaptative ou de défensive (S1), une deuxième stratégie qualifiée d'offensive ou de « chasse » d'eau (S2) et une troisième stratégie qualifiée de contractive (S3). Ces stratégies identifiées montrent à la fois des points communs et des spécificités par rapport à d'autres stratégies d'adaptation à la pénurie des ressources en eau avancés par van Steenberg al, (2014), Bekkar et al., (2009), Molle et al., (2010), Berahmani et al., (2012), Wheeler et al. (2013), Ghazouani et al, (2014) et Alam (2015). Les actions d'adaptation du système agricole à la quantité d'eau disponible à la ferme ont également été identifiées dans les périmètres irrigués où les agriculteurs sont confrontés à une pénurie d'eau de surface (Molle et al., 2009). De plus, dans de nombreuses situations d'accès difficile aux eaux souterraines en Asie du Sud, des marchés actifs de l'eau souterraine ont lieu (Mukherji et Shah, 2005). Dans quelques cas, ces stratégies d'adaptation peuvent être collectives comme le cas de la région de Souss, au Maroc où les agriculteurs ont collectivement converti leur système d'irrigation en irrigation localisée face à la baisse des débits des forages collectifs, et à la région de Nadhour (Nord de la Tunisie) ou le GDA « Groupement de Développement Agricole » arrêtent de donner de l'eau à des exploitations agricoles situées hors du périmètre et limitent au début de l'année les superficies irriguées par agriculteur pour diminuer les tensions sur le tour d'eau (Faysse et al, 2011). Ces accords ont également lieu dans la région de Bsissi à travers la création de GDA Bsissi-Oued El Akarit en 1999 pour contrôler le nombre de puits et de forages et l'inciter les agriculteurs à équiper les puits et forages avec des groupes électriques, des vannes et des compteurs et limiter l'extension des superficies irriguées. Néanmoins, l'adaptation privée reste limitée par de nombreux facteurs, tels que les obstacles socioéconomiques, institutionnels, biophysiques, psychologiques et financiers, et, par conséquent, l'adaptation privée ne peut pas être entièrement

autonome (Adger et al. 2005; Reidsma et al., 2010). L'adaptation publique, définie comme les réponses adaptées des gouvernements, est souvent nécessaire pour renforcer les initiatives privées et peut inclure la fourniture d'incitations financières, l'élimination des barrières institutionnelles ou la sensibilisation.

5. CONCLUSION

L'accroissement très prononcé de la variabilité spatiale et temporelle du climat est une réalité en Tunisie. Il constitue de nos jours des défis majeurs beaucoup plus difficiles à gérer en zone aride. Les principales zones de production agricole souffrent du glissement des saisons avec des pluies tardives et de courte durée. Cette situation affecte la production agricole et la sécurité alimentaire des ménages en termes de faible rendement et d'insuffisance de vivriers. Pour y faire face, diverses stratégies sont développées allant du forage et approfondissement des puits, diversification des sources d'irrigation, augmentation de la superficie irriguée, recours à l'économie de l'eau, changement du système de culture, diversification des cultures, ajustements du calendrier agricole et à la réduction de la superficie irriguée. Certains irrigants sont poussés à l'abandon de l'activité irriguée et l'orientation vers l'agriculture pluviale. Ces mesures visent à améliorer les pratiques agricoles et, par conséquent, sont mutuellement exclusives et exhaustives, c'est-à-dire que l'agriculteur devrait suivre l'une des choix les plus utilisés.

En termes de stratégies d'adaptations, les pratiques de gestion sont classées en trois types de stratégies potentiels : une stratégie qualifiée d'adaptative ou de défensive (S1), une stratégie qualifiée d'offensive ou de « chasse » d'eau (S2) et une stratégie qualifiée de contractive (S3). Eu égard à la littérature, ces différentes mesures d'adaptation apparaissent pertinentes et concordent avec les stratégies d'adaptation avancées dans la littérature. Néanmoins, la généralisation des stratégies offensives est susceptible d'aggraver les impacts des changements climatiques et d'engendrer des pressions sur les ressources en eau souterraine et met en question la durabilité de ses pratiques sur le plan économique et environnementale et accroître le risque pour le secteur irriguée et de la vulnérabilité en particulier des petites exploitations familiales, qui ont des capacités limités pour s'adapter. Des voies alternatives doivent donc être trouvées par le gouvernement

Tunisien, en fonction de la prévision du climat futur, à la fois en termes de stratégies, mais aussi pour faire participer les différentes parties prenantes à la conception de ces stratégies afin de réduire les impacts du changement climatique sur le secteur irriguée. Ainsi, avec des politiques bien adaptées, les petits exploitants agricoles peuvent s'adapter au changement climatique et améliorer leur production agricole. Pour ce faire les politiques sur le changement climatique doivent tenir compte de la compréhension des agriculteurs des risques auxquels ils sont confrontés et des adaptations potentielles au changement climatique. À cet égard, dans le court et le moyen terme le gouvernement devrait renforcer la capacité de la recherche scientifique et du personnel agricole à développer et promouvoir des technologies appropriées et efficaces pour aider les agriculteurs à s'adapter au changement climatique. En outre, des mesures d'accompagnement (formation, encadrement, financement, infrastructure) doivent être prises pour faciliter l'adaptation et aider à élaborer des priorités pour l'adaptation des ressources en eau pour l'irrigation en zone aride. Enfin, des recherches supplémentaires doivent être entreprises dans différentes conditions agro-écologiques et climatiques pour l'évaluation de déterminants socio-économiques et des contraintes d'adaptation aux changements climatiques ainsi que la durabilité de différentes pratiques et stratégies d'adaptation. Cela aidera les gouvernements, les chercheurs, les organisations non gouvernementales (ONG) et les agriculteurs à élaborer et à mettre en œuvre des mesures d'adaptation durables, résilientes et fiables.

REFERENCES

- Abidi B, Ghoudi R. (2011). Gestion participative des nappes souterraines surexploitées. Cas du GDA de Bssissi Oued Akarit. Présentation au séminaire du projet Pap-Agir, Hammamet, 27-28 juin.
- Adger, W.N., Vincent, K. (2005). Uncertainty in adaptive capacity. *Comptes Rendus Geoscience* 337, 399-410.
- Alam K. (2015). Farmers' adaptation to water scarcity in drought-prone environments: a case study of Rajshahi district, Bangladesh. *Agricultural Water Management* 148, 196-206.
- Antle JM. (2009). *Agriculture and the Food System: Adaptation to Climate Change*, RFF Report. Washington, DC: Resources for the Future.

- Bekkar Y., Kuper M., Errahj M., Faysse N., Gafsi M. (2009). On the difficulty of managing an invisible resource; farmers' strategies and perceptions of groundwater use, field evidence from morocco. *Irrig. and Drain.* 58, 252-263.
- Ben Nouna B., Rezig M., Kanzari S., Chebil A., Jebari S. (2018). Ressources en eau et changement climatique: Stratégies Clés d'adaptation, et Rôle de la Recherche Scientifique en Tunisie. *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology* 5 (1), 3138-3147.
- Berahmani A., Faysse N., Errahj M., Gafsi M. (2012). Chasing water: diverging farmers' strategies to cope with the groundwater crisis in the coastal Chaouia region in Morocco. *Irrigation and Drainage* 61, 673-681.
- Bryan E., Deressa T.T., Gbetibouo G.A., Ringler C. (2009). Adaptation to climate change in Ethiopia and South Africa: options and constraints. *Environ. Sci. Pol.* 12 (4), 413-426.
- CRDA Gabès (2017). Gestion participative des nappes phréatiques. Cas du périmètre irrigué sur puits de surface: région d'El Bssi-oued Akarit (Gouvernorat de Gabès). Rapport d'Evaluation, Ministère de l'Agriculture, de l'Environnement et des Ressources Hydrauliques, Gabès
- De Perthuis C., Hallegatte S., Lecocq F. (2010). Economie de l'adaptation au changement climatique. Rapport du Conseil Economique pour le Développement Durable, France. Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer.
- Direction des Ressources en Eaux (2017). *Rapport d'activité, Exploitation des eaux souterraines du gouvernorat de Gabès*. CRDA de Gabès.
- Faysse N., Hartani T., Frija A., Marlet S., Tazekrit I. (2011). Agricultural Use of Groundwater and Management Initiatives in the Maghreb: Challenges and Opportunities for Sustainable Aquifer Exploitation. Economic Brief, African Development Bank, 24 pp.
- Frija A., Chebil A., Speelman S. (2016). Farmers' adaptation to groundwater shortage in the dry areas: improving appropriation or enhancing accommodation? *Irrigation and Drainage* 65 (5), 691-700.
- Gafrej R et Yaalaoui E. (2007). Les ressources en eau. In : Changements climatiques : effets sur l'économie tunisienne et stratégie d'adaptation pour le secteur agricole et les ressources naturelles. GTZ/MARH, Tunis.
- Gebrehiwot T., van der Veen A. (2013). Adaptation to Climate Change in Agriculture. *Environmental Management* 52, 29-44.
- Ghazouani, W., Molle F., Swelam A., Rap E., Abdo A. (2014). Understanding farmers' adaptation to water scarcity: a case study from the western Nile Delta, Egypt. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). 31p. (IWMI Research Report 160).
- GIEC (2001). *Bilan 2001 des changements climatiques : les éléments scientifiques*. Rapport du groupe de travail I du GIEC. Contribution du groupe de travail I au troisième rapport d'évaluation du GIEC, 97 pp. <http://www.ipcc.ch/pub/un/giecgt1.pdf>.
- Iglesias A, Garroteb L. (2015). Adaptation strategies for agricultural water management under climate change in Europe. *Agricultural Water Management* 155,113-124.
- Mahdhi N., Sghaier M., Fouzai A. (2019). Eau et changement climatique : quelles stratégies d'adaptation pour la gestion de l'eau d'irrigation dans le sud-est Tunisien. *New Medit* 1, 15-28.
- MARH et GIZ. (2011). Elaboration de la Stratégie Nationale sur le Changement Climatique de la Tunisie. *Rapport de diagnostic*. Version finale, 148 p.
- MEDD. (2008). Etude de la vulnérabilité environnementale et socio-économique du littoral tunisien face à une élévation accélérée du niveau de la mer due aux Changements Climatiques et identification d'une stratégie d'adaptation, étude réalisée IHE pour le compte du Ministère de l'Environnement; Rapport phase III, 150 p.
- MEDD/DGEQV. (2008). Etude de la vulnérabilité environnementale et socio-économique du littoral tunisien face à une élévation accélérée du niveau de la mer due aux changements climatiques et de l'identification d'une stratégie d'adaptation, rapport de synthèse. Version définitive, 57p.
- Mertz O., Mbow C., Reenberg A., Diouf A. (2009). Farmers' perceptions of climate change and agricultural adaptation strategies in rural Sahel. *Environmental Management* 43, 804-816.
- Molle F., Venot, J.Ph., Lannerstad M., Hoogesteger J. (2010). Villains or heroes? Farmers' adjustments to water scarcity. *Irrigation and Drainage* 59, 419-431.
- Omar A.R, Nawar M.H., El Bendary A.T., Abou Bakir H.E. (2015). Farms' perception of climate change in rural Damietta Governorate., *Bull.Fac.Agric. Cairo Univ.*, 66: 1-9.

- Ouédraogo M., Dembélé, Somé L. (2010). Perceptions et stratégies d'adaptation aux changements des précipitations : cas des paysans du Burkina Faso. *Sécheresse* 21 (2), 87-96.
- Paraïso, A.A., Sossou, G.C.A., Daouda, I.Z.H, Yegbemey, N.R., Sanni A. (2012). Perceptions and adaptations of beekeepers and honey hunters to climate change: The case of Natitingou and Tanguiéta in Northwest of Benin. *African Crop Science Journal* 20, 523-32.
- Romdhane A., Arbi Abdeladhim M. (2008). Evolution des systèmes oasiens et comportements des exploitants agricoles. Cas des oasis littorales: sud-est tunisien. *New Medit* 7(2), 17-22
- Shah T. (2012). Community response to aquifer development: district patterns in India's alluvial and hard rock aquifer areas. *Irrigation and Drainage*, 61(Supplement S1), 14-25.
- Van Steenberg F., Kaiserani AB., Khan NU., Gohar MS. (2015). A case of groundwater depletion in Balochistan, Pakistan: enter into the void. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 27, 36-47.
- Wheeler S., Zuo A., Bjornlund H. (2013). Farmers' climate change beliefs and adaptation strategies for a water scarce future in Australia. *Global Environmental Change* 23(2), 537-547.