

**VULNERABILITE DES MOYENS D'EXISTENCE DES MENAGES
AU CHANGEMENT CLIMATIQUE EN ZONES ARIDES
TUNISIENNES**

*Vulnerability of Rural Households' Livelihoods to Climate Change
in Tunisian Arid Zones*

Mondher FETOUI¹, Farah CHOUIKHI¹

¹ Chercheur, Laboratoire LESOR (LR16IRA05), Institut des Régions Arides,
Université de Gabès, Tunisie, mondher_ga@yahoo.fr

² Chercheur, Laboratoire LESOR (LR16IRA05), Institut des Régions Arides,
Université de Gabès, Tunisie, chouikhi_farah@yahoo.fr

Résumé

Ce travail présente une évaluation de la vulnérabilité des moyens de subsistance et compare les niveaux d'exposition, de sensibilité et d'adaptation au changement climatique des populations locales des différents territoires des zones arides tunisiennes. L'indice de vulnérabilité du Groupe d'experts intergouvernemental des Nations Unies sur l'évolution du climat (LVI-GIEC) a été adapté et appliqué pour évaluer cette vulnérabilité des moyens de subsistance, sur la base d'enquêtes socio-économiques et d'entretiens semi-structurés avec les populations locales. Une typologie paysagère a été à la base de l'évaluation de la vulnérabilité et ses déterminants dans les différents territoires des zones arides tunisiennes.

Les résultats montrent que les ménages des territoires littoraux sont plus vulnérables en termes de profil sociodémographique, de sécurité alimentaire, de réseaux sociaux, d'accès à l'eau et de variabilité climatique. Ces territoires sont beaucoup plus exposés au changement climatique, bien qu'ils soient légèrement moins sensibles. En revanche, les ménages des territoires montagneux sont plus vulnérables en termes de stratégies de subsistance, de régime foncier et de santé, malgré leur capacité d'adaptation, ce qui réduit leur vulnérabilité au changement climatique.

Sur la base de cette évaluation de la vulnérabilité, ce travail suggère des stratégies d'adaptation spécifiques et des mesures pour la

durabilité des moyens de subsistance et de la sécurité alimentaire dans chaque territoire.

Mots clés : Changement climatique, Vulnérabilité, Moyens de subsistance, Sécurité alimentaire, Zones arides tunisiennes.

Abstract

This work presents an assessment of livelihood vulnerability and compares the levels of exposure, sensitivity and adaptation to climate change of local populations in different territories of Tunisian drylands. The vulnerability index of the United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change (LVI-IPCC) was adapted and applied to assess this livelihood vulnerability, based on socio-economic surveys and semi-structured interviews with local populations. A landscape typology was the basis for the assessment of vulnerability and its determinants in the different territories of Tunisian drylands.

The results show that households in coastal territories are more vulnerable in terms of socio-demographic profile, food security, social networks, access to water and climate variability. These territories are much more exposed to climate change, although they are slightly less sensitive. In contrast, households in mountainous areas are more vulnerable in terms of livelihood strategies, land tenure and health, despite their adaptive capacity, which reduces their vulnerability to climate change.

Based on this vulnerability assessment, this work suggests specific adaptation strategies and measures for the sustainability of livelihoods and food security in each territory.

Keywords: Climate change, Vulnerability, Livelihoods, Food security, Tunisian drylands.

ملخص

يقدم هذا العمل تقييماً لأسباب ومحددات ضعف سبل العيش ويقارن مستويات التعرض والحساسية والتكيف مع تغير المناخ لدى السكان المحليين في جهات مختلفة من المناطق القاحلة التونسية. وقد تم تكيف مؤشر الضعف الذي أعدته الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ التابعة للأمم

المتحدة (LVI-IPCC) وتطبيقه لتقييم مدى تعرض سبل العيش للخطر، استنادا إلى دراسات استقصائية اجتماعية واقتصادية وبيئية مع السكان المحليين. وتظهر النتائج أن ضعف سبل العيش بالنسبة للأسر بالجهة الساحلية للمناطق القاحلة التونسية هو مرتبط أساسا بالعوامل الاجتماعية والديموغرافية والأمن الغذائي والشبكات الاجتماعية وندرة المياه وتقلب المناخ. هذه المناطق تعد أكثر عرضة لتغير المناخ، على الرغم من أنها أقل حساسية. ومن ناحية أخرى، يعد ضعف سبل العيش بالنسبة للأسر في المناطق الجبلية أكثر ارتباطا باستراتيجيات كسب العيش وحياسة الأراضي والصحة، على الرغم من قدرتها على التكيف، مما يقلل من تعرضها لتأثيرات تغير المناخ. واستنادا على هذا تقييم، يقترح هذا العمل استراتيجيات وتدابير تكيف لاستدامة سبل العيش والأمن الغذائي في كل إقليم.

الكلمات المفتاحية: تغير المناخ، ضعف سبل العيش، الأمن الغذائي، المناطق القاحلة التونسية.

Introduction

Les études d'évaluation de la vulnérabilité au changement climatique en Tunisie ont montré que le pays subit déjà les impacts de ce phénomène planétaire, en particulier les impacts liés à l'augmentation des températures moyennes, la réduction des précipitations et surtout l'accentuation de la fréquence des phénomènes météorologiques extrêmes (des sécheresses récurrentes qui peuvent s'étaler sur trois, voire même quatre années successives, des inondations suite aux pluies torrentielles, des vents très actifs et chauds en été, etc.) (Fetoui, 2011; Neffati et al. 2015). Ces changements engendrent des effets néfastes majeurs surtout sur les écosystèmes et les moyens de subsistance des communautés rurales des zones arides tunisiennes, dont les revenus sont fortement dépendants des activités agricoles et de l'exploitation des ressources naturelles rares et fragiles (Fetoui, 2011).

L'activité agricole devient incapable de procurer en quantité et en qualité des produits agricoles pour la commercialisation et même pour l'autoconsommation familiale. La régression de la productivité agricole a affecté négativement les moyens d'existence des communautés rurales, la viabilité économique de l'exploitation agricole et la vulnérabilité de ces communautés, qui ont perdu leur capacité à faire face au changement et aux variabilités climatiques (Neffati et al. 2015). La vulnérabilité est encore plus exacerbée en raison de la marginalisation politique (disparité régionale), de la faiblesse du tissu institutionnel et des infrastructures rurales des zones arides tunisiennes (santé, éducation, transport, communication, etc.). Elle risque de s'aggraver au fil des années si des mesures concrètes ne seront pas entreprises, notamment avec la multiplication des besoins des communautés rurales, de surexploitation des ressources et surtout des effets du changement climatique.

Or, cette vulnérabilité ne se manifeste pas de la même façon d'un ménage à un autre, d'un espace à un autre, voire d'un paysage à un autre et peut changer sur des courtes distances. L'aridité est ressentie différemment par rapport aux types de milieu édaphique, aux types de végétation, aux modes de vie et à l'usage des ressources naturelles

(Loireau et al. 2015, Fetoui, 2011). Ces différences font que les ménages ruraux présentent des niveaux différents de vulnérabilité en termes d'exposition et de sensibilité à la variabilité et changement climatique. Alors que la sensibilité est le degré auquel un système est affecté par une catastrophe, la capacité d'adaptation est sa capacité à résister et à absorber une catastrophe, et l'exposition est l'ampleur et la durée auxquelles la population est exposée à une catastrophe (Hahn et al. 2009). Cette vision locale de la vulnérabilité a été jugée plus appropriée pour comprendre l'impact de ces changements (Rossignoli et al. 2015), puisque l'évaluation de la vulnérabilité des moyens d'existence des ménages est déterminée par leur capacité spécifique à se remettre et à s'adapter durablement à ces conditions socioéconomiques et climatiques défavorables (Rossi et al. 2020).

Il est donc essentiel de mieux comprendre la vulnérabilité de ces communautés aux impacts environnementaux et les déterminants de cette vulnérabilité afin de mettre en œuvre des stratégies efficaces de développement durable, de gestion des ressources naturelles et d'adaptation au changement climatique spécifiquement adaptées aux contextes contraignants. Cela implique de renforcer la résilience des populations locales, de promouvoir des pratiques agricoles durables, de garantir l'accès aux services de base et de soutenir le développement économique des communautés vivant dans ces environnements fragiles.

Cette recherche a pour objectif d'analyser la vulnérabilité des moyens d'existence de ces communautés rurales des zones arides tunisiennes à l'échelle locale en tenant en compte les capitaux des ménages et différents facteurs contributifs, afin d'identifier les facteurs déterminants de cette vulnérabilité ainsi que les stratégies et mesures d'adaptation spécifiques au changement climatique. Ceci permet de combler les lacunes des études antérieures sur la vulnérabilité en Tunisie qui étaient principalement basées sur la pauvreté.

L'évaluation de cette vulnérabilité s'est effectuée à travers l'adaptation et l'application des approches et méthodes élaborées par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) (méthodes LVI et LVI-IPCC) et l'application de l'approche paysagère afin de distinguer les zones les plus vulnérables à une

échelle spatiale locale. La vulnérabilité est évaluée également en cas d'aggravation des conditions d'aridité engendrée par des scénarios de changements climatiques. Ce travail apportera enfin des suggestions et orientations stratégiques d'aide à la décision, voire même des mesures visant à renforcer la capacité d'adaptation des populations locales dans ces régions arides.

1. Matériel et méthodes

1.1. Choix et adaptation d'approches et outils d'évaluation de la vulnérabilité des moyens d'existence des ménages

L'analyse des facteurs contributifs ou variables clés de la vulnérabilité repose souvent sur l'utilisation et l'intégration d'indicateurs tout en tenant compte de leur importance relative et leur influence sur la vulnérabilité du système homme-environnement en général. Pour quantifier les niveaux d'importance ou d'influence de ces composantes sur la vulnérabilité, certaines études impliquent les parties prenantes et/ou utilisent les connaissances d'experts (Preston et al. 2009). Chaque facteur étant déterminé par une série d'indicateurs, de conditions et ressources ou composantes majeures (Hahn et al. 2009). De nombreuses approches utilisent ces indicateurs pour caractériser et quantifier des problèmes multidimensionnels, combinant souvent divers indicateurs dans un seul indice composite de vulnérabilité.

Différents modèles et méthodes d'évaluation de la vulnérabilité ont été élaborés. L'approche en matière de moyens d'existence durables (SLA) est un outil conceptuel utilisé pour améliorer la compréhension de la vulnérabilité des ménages. Elle mobilise plusieurs indicateurs pour évaluer l'exposition à la variabilité climatique, ainsi que les caractéristiques sociales et économiques des ménages. Celles-ci affectent la capacité d'adaptation de ces ménages et les caractéristiques actuelles de la santé, des ressources en nourriture et en eau qui déterminent leur sensibilité aux impacts du changement climatique (Chambers et Conway, 1992).

L'analyse de la vulnérabilité des ménages ruraux dans les zones arides tunisiennes s'est appuyée sur l'approche SLA et les travaux du GIEC ou

IPCC (Hahn et al. 2009), à travers l'application des indices LVI (en intégrant tous les facteurs contributifs ou composantes) et LVI-IPCC (en intégrant les trois facteurs contributifs du GIEC : sensibilité et exposition au climat et les pratiques d'adaptation des ménages). Ces indices LVI et LVI-IPCC ont été adaptés au contexte des zones arides tunisiennes afin d'analyser et comparer les profils de vulnérabilité des moyens d'existence des communautés rurales, ainsi que leur niveau d'exposition, de sensibilité et d'adaptation à la variabilité et changement climatique dans les principaux types des milieux ou paysages en zones arides tunisiennes (les territoires montagneux et littoraux). Ces deux territoires présentent des différences significatives en termes de fonctionnements biophysiques et socioéconomiques et sont considérés comme les territoires les plus marginalisés à l'échelle nationale (Béchir et Sghaier, 2013).

1.1.1. Méthodes de calcul des indices de vulnérabilité des moyens d'existence (LVI et LVI-IPCC)

Étapes de calcul d'un LVI moyen pondéré : Modèle 1

Le LVI utilise une approche moyenne pondérée, où chaque sous-composante contribue également à l'indice global, même si chaque composante principale est constituée d'un nombre différent de sous-composantes. La formule de LVI utilise donc une approche simple qui applique des poids égaux à toutes les composantes principales. Il y a quatre étapes dans le calcul de chaque LVI (Hahn et al. 2009). Tout d'abord, il s'agit de transformer les données brutes des sous-composantes en mesures appropriées (unités), telles que les pourcentages, rapports et indices. Étant donné que chacune des sous-composantes est mesurée sur une échelle différente, il est ensuite nécessaire de normaliser chacune comme un indice à travers l'équation ci-dessous, afin de combiner toutes les mesures en un seul indice LVI.

$$\text{Indice } S_r = (S_r - S_{\min}) / (S_{\max} - S_{\min})$$

Où S_r est la sous-composante observée pour la région r et $S_{\max}$ et $S_{\min}$ sont les valeurs minimale et maximale pour chaque sous-composante.

Après la standardisation de chaque indice des sous-composantes, on utilise l'équation suivante pour calculer la valeur de chaque composante principale. C'est la moyenne des scores normalisés de chaque composante principale, qui donne un score final (M_r) pour chaque composante principale.

$$M_r = \left(\sum_i^n \text{Indice}_{Sri} \right) / n$$

Où n est le nombre de sous composantes dans chaque composante.

Enfin, l'indice de vulnérabilité global des moyens d'existence des ménages pour une région r (LVI_r) est calculé en combinant les moyennes pondérées de toutes ces composantes principales. Les poids de chaque composante principale est déterminé par le nombre de sous composantes dont elle est constituée. Cela garantit que toutes les composantes principales contribuent également à l' LVI global.

$$LVI_r = \left(\sum_{i=1}^8 W_{Mi} M_{ri} \right) / \left(\sum_{i=1}^8 W_{Mi} \right)$$

Où W_{Mi} représente les poids des composantes principales qui correspondent au nombre des sous-composantes qui composent chaque composante principale. Le LVI global est mis à l'échelle de 0 (moins vulnérable) à 0,5 (plus vulnérable) (Hahn et al. 2009).

Calcul de LVI -IPCC (Cadre de l'approche du GIEC): Modèle 2

Le LVI -IPCC regroupe les composantes principales dans chacune des trois catégories ou facteurs contributifs du GIEC. Pour le cas de cette étude, la capacité d'adaptation est définie par la contribution des composantes de "profil sociodémographique", "stratégies de subsistance", "accès et gestion de l'eau" et "réseaux sociaux". La sensibilité est définie par les composantes "sécurité alimentaire", "foncier" et "santé". L'exposition est un facteur lié surtout aux catastrophes naturelles et à la variabilité du climat, mais aussi à la dégradation des ressources. Le calcul de ces trois facteurs contributifs se fait par l'équation suivante :

$$CF_r = \left(\sum_{i=1}^n W_{Mi} M_{ri} \right) / \left(\sum_{i=1}^n W_{Mi} \right)$$

Où CF_r est le facteur contributif des trois facteurs (exposition, sensibilité et capacité d'adaptation). M_{ri} est la composante principale indexée par i . W_{Mi} sont les poids des composantes principales et n est le nombre des composantes principales dans chaque facteur contributif.

Une fois l'exposition, la sensibilité et la capacité d'adaptation sont calculés, les trois facteurs contributifs sont combinés en utilisant l'équation suivante :

$$LVI-IPCC_r = (e_r - a_r) * s_r$$

Où $LVI-IPCC_r$ est le LVI pour la zone d'étude r exprimé en utilisant le cadre de la vulnérabilité du GIEC. Les valeurs e_r , a_r et s_r sont respectivement celles d'exposition, de la capacité d'adaptation et de sensibilité calculées pour une région r . Le LVI-IPCC est mis à l'échelle de -1 (moins vulnérable) à 1 (plus vulnérable) (Hahn et al. 2009).

Le GIEC ont défini sept composantes principales pour le calcul de l'indice LVI de vulnérabilité (profil sociodémographique, stratégies de subsistance, réseaux sociaux, santé, sécurité alimentaire, eau et variabilité du climat) (Hahn et al. 2009). Ces composantes correspondent aux trois facteurs contribuant au calcul du LVI-IPCC du GIEC (exposition, capacité d'adaptation et sensibilité).

1.1.2. Adaptation des indices de vulnérabilité des moyens d'existence au contexte des zones arides tunisiennes

Les principales adaptations effectuées pour le calcul de LVI en zones arides tunisiennes ont concerné l'ajout de la composante principale "Foncier", sachant le rôle crucial que joue ce facteur dans la gestion des ressources naturelles en zones arides tunisiennes (Sghaier et Fetoui, 2006), et la composante "Dégradation des ressources naturelles", en considérant les niveaux de risque de dégradation de ces ressources. Les neuf profils considérés pour l'évaluation de la vulnérabilité ont été ensuite mis en correspondance avec les trois

facteurs contribuant à la vulnérabilité du GIEC. De nouvelles sous-composantes ont été également considérées dans le calcul du LVI, à savoir pour le profil sociodémographique, trois nouvelles sous-composantes ont été ajoutées, qui concernent l'âge moyen des chefs des ménages, la taille des ménages et la formation agricole. Nous avons intégré les équipements agricoles et le poids de la main d'œuvre familiale comme nouvelles sous-composantes de stratégies de subsistance. L'importance des dépenses annuelles sur la santé est également considérée comme une variable importante pour évaluer la vulnérabilité des ménages par rapport à la composante principale de "santé". Pour la nouvelle composante du foncier, deux sous-composantes ont été considérées qui sont le phénomène de parcellisation et la superficie de l'exploitation. La composante "Réseaux sociaux" comporte deux sous-composantes qui concernent l'importance des aides familiales et l'adhésion des ménages à des associations locales. L'adaptation a concerné également la composante "sécurité alimentaire" par l'ajout de la sous-composante de "satisfaction des besoins du cheptel en alimentation" à celle de "satisfaction des besoins alimentaires des ménages", mais aussi l'ajout de la sous-composante "diversification des cultures et intégration culture-élevage". Concernant la composante "Accès et gestion de l'eau", les adaptations ont concerné l'ajout de la sous-composante "disponibilité et accès à l'eau d'irrigation", en plus de celle qui représente les problèmes de conflits liés à l'eau. Enfin, pour la composante "Variabilité et changement climatique", deux sous-composantes ont été intégrées notamment le bilan hydrique (proportion des années excédentaires et déficitaires) et la fréquence des années de sécheresse. En parallèle, plusieurs sous-composantes suggérées par Hahn et al. (2009) n'ont pas été prises en compte dans notre évaluation de la vulnérabilité.

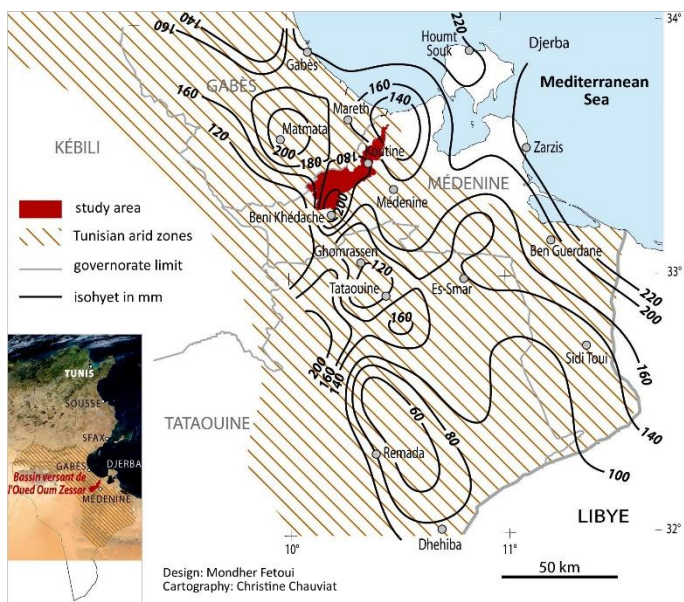
1.2. Zone d'étude et typologie paysagère

1.2.1. Zone d'étude

La zone d'étude choisie est le bassin versant d'Oum Zessar, faisant partie des zones arides tunisiennes et situé au sud-est de la Tunisie.

Cette zone a une superficie de 36 000 ha (Figure 1) et présente un climat méditerranéen inférieur et aride et une pluviométrie de 160 à 220 mm par an avec une moyenne de 30 jours de pluie (Ouessar et al. 2006). Les ressources en eau constituent donc une contrainte majeure pour les habitants de cette zone (54000 habitants) (INS, 2014). En plus, la zone a connu durant les dernières décennies des mutations socioéconomiques importantes (changement significatif du système agraire et de l'utilisation des terres, expansion accélérée de l'agriculture pluviale au dépens des parcours, sédentarisation des ménages et intensification de l'élevage, artificialisation du milieu) et présente actuellement une vulnérabilité éco-environnementale très importante engendrée par la surexploitation et la dégradation des ressources naturelles (Fetoui et al. 2021).

Figure 1 : Localisation géographique du bassin versant d'Oum Zessar



Source : Fetoui, 2011

1.2.2. Typologie paysagère : zonage fonctionnel pour la décision

La zone d'étude présente des variations climatiques, du couvert végétal et des géofaciès qui sont très observables sur une courte distance. Ceci résulte, bien entendu, de la nature et de la complexité des influences littorales, continentales, désertiques liées à la situation géographique de ce territoire, mais aussi les influences de l'Homme qui apparaissent à travers ses activités et la nature des apports qu'il entretient avec le milieu (Ouessar et al. 2006 ; Fetoui, 2011).

L'objectif de la typologie paysagère est d'identifier les espaces ou les zones homogènes de point de vue socioéconomique et biophysique sur le territoire d'étude. Ceci a pour but de mieux cibler et adapter les actions et les interventions d'atténuation de la vulnérabilité des ménages ruraux aux contextes locaux. Le principe est de bâtir grossièrement un premier zonage des types paysagers en rassemblant les proportions d'espace homogènes, c'est-à-dire de même nature, de même agencement, de même représentativité des différents composants paysagers et de même usage socioéconomique.

Cette lecture des paysages permet la partition de l'espace en unités distinctes et autorise de la sorte la réalisation d'un zonage géographique. Une carte des types paysagers et une grille d'analyse de chaque type paysager sont alors élaborées et ont permis de donner une vision synthétique et schématisée de chaque type paysager.

La typologie du paysage requiert en effet une lecture de celui-ci sous différents aspects faisant appel à des disciplines scientifiques très diverses telles que la géographie, la pédologie, la climatologie, l'agronomie, l'écologie et bien d'autres (Fetoui, 2011). Cette lecture interdisciplinaire permet un partage des connaissances selon un nombre de valeurs et de références pour identifier les différents types des paysages.

L'identification des types paysagers correspond donc à cette vision interdisciplinaire combinée, horizontale et/ou oblique à partir de points d'observation, mais aussi verticale (à travers les images satellites et les cartes) et par tranche ou échelle d'observation de l'espace (lors des transects ou itinéraires appropriés sur le terrain). Cette lecture horizontale et verticale est complétée par des

investigations bibliographiques relatifs au territoire étudié et qui peuvent donner une base plus objective à l'étude, apporter des éclairages sur l'histoire, les fonctionnements biophysiques, etc. Le complément de réponses est assuré par les enquêtes sur le terrain, avec des personnes susceptibles de satisfaire les interrogations soulevées surtout en ce qui concerne le fonctionnement socioéconomique et les questions sur l'environnement. Ainsi, nous pouvons avoir un apport progressif de données tout en faisant des rebonds et relances des informations acquises auprès de chacune des trois sources d'information suscitées.

Les paysages identifiés sont caractérisés par leurs types de végétation, leurs types de sol, par l'utilisation qui en est faite par l'homme, par leur "sensibilité" eu égard aux pratiques culturelles, aux spécificités biophysiques et aux agents de dégradation des terres. Le nombre et les états de ces variables, prises en compte isolément ou simultanément, sont volontairement limités de façon à obtenir par leurs combinaisons, un nombre restreint de types paysagers, néanmoins représentatifs de tous les systèmes biophysiques et socioéconomiques en place.

La typologie paysagère a permis d'identifier trois grandes zones différentes de points de vue socioéconomique et biophysique. Ces zones sont situées selon un gradient désertique-littoral/amont-aval et représentent les principales régions naturelles des zones arides tunisiennes. Les types paysagers et leurs premières caractérisations issues de la lecture interdisciplinaire sont comme suit :

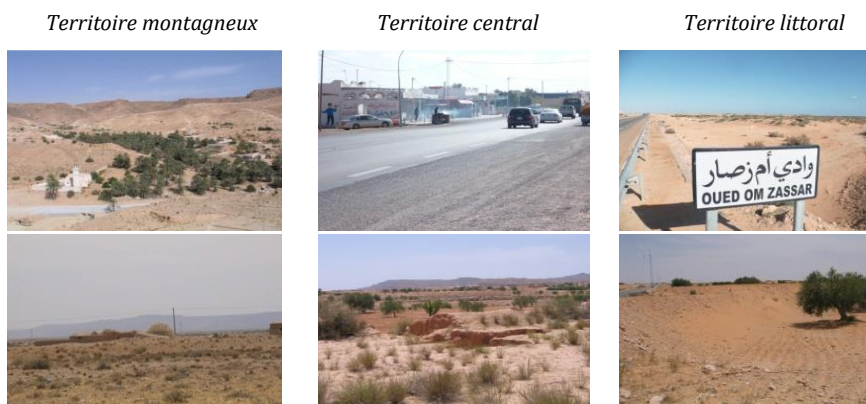
- Le territoire montagneux à l'amont du bassin versant d'étude, ayant des caractéristiques physiques spécifiques : pentes très raides et sols très peu profonds, très fragiles et pauvres. Des superficies agricoles très limitées par les terrains accidentés. Densité faible de la population. Economie familiale très sensible aux aléas climatiques. Un taux de migration de la population très élevé.

- Le territoire central caractérisé par une densité très élevée de la population qui présente le niveau de richesse le plus important et le niveau d'artificialisation le plus grand sur des espaces de plus en plus saturés. Le défrichement et l'artificialisation s'effectuent sur des sols

peu profonds, légers et ayant une charge caillouteuse très importante, mais aussi sur des steppes à des stades avancés de dégradation.

- Le territoire littoral caractérisé par une densité élevée de la population, un taux élevé de migration, un morcellement des terres très prononcé, des faibles rendements agricoles de subsistance avec développement des cultures céréalières et irriguées sur des sols en majorité gypseux à texture légère, fragiles et pauvres, salés et non aptes à l'exploitation agricole.

Figure 2 : Photographies prises au sol des contraintes observées dans les principaux types paysagers des zones arides tunisiennes



Source : Fetoui, 2011

1.3. Collecte des données

Des enquêtes socio-économiques et de perception ont été conduites auprès des ménages ruraux dans les territoires d'étude (45 enquêtes dans le territoire montagneux, 60 enquêtes dans le territoire central et 65 enquêtes dans le territoire littoral) durant les mois de mai, juin et juillet 2022. Les échantillons ont été conçus de façon à ce que les ménages enquêtés aient une représentation statistique significative pour l'ensemble de la population résidente dans les trois zones. La méthode d'échantillonnage a suivi une technique d'échantillonnage aléatoire stratifiée. Les ménages enquêtés ont été tirés d'une manière aléatoire sur les registres de chaque délégation, en tenant compte de

plusieurs répartitions spatiales (délimitation administrative et zonage biophysique).

Le questionnaire d'enquête a été conçu pour caractériser les composantes utilisées pour le calcul du LVI et LVI-IPCC adaptées au contexte des zones arides. Il comprenait des questions sur les attributs socio-économiques et environnementaux, ainsi que des questions liées à la perception des agriculteurs du changement climatique et aux stratégies d'adaptation. Les données collectées ont permis en premier lieu d'analyser les capitaux des ménages par le logiciel SPSS et ont servi ensuite au calcul du LVI et LVI-IPCC pour les deux territoires.

2. Résultats et discussions

2.1. Détermination des niveaux de vulnérabilité des moyens d'existence des ménages ruraux par type paysager et par composantes principales et sous-composantes

L'analyse de la vulnérabilité des moyens d'existence des ménages dans les trois types paysagers a nécessité la prise en compte des neuf facteurs ou composantes principales signalée ci-dessus. L'analyse montre que les ménages du territoire littoral (TL) présentent une plus grande vulnérabilité que ceux des territoires montagneux (TM) et central (TC) en termes de "profil sociodémographique" (respectivement 0,57, 0,51 et 0,49) (tableau 1). Cette vulnérabilité au TL est expliquée surtout par la grande proportion (61 %) des familles nombreuses (>6 membres) ayant des charges familiales ardues face à des conditions financières précaires, et par l'importance des ménages sans formation agricole (69 %). En termes de stratégies de subsistance, le TM montre plutôt une plus grande vulnérabilité (0,48) qu'au TC (0,42) et TL (0,37) à cause du pourcentage plus élevé de ménages qui ont déclaré compter uniquement sur l'agriculture pour obtenir un revenu (62 % contre 56% au TC et 46 % au TL). Le TM montre également la plus grande proportion des ménages n'ayant pas de matériel agricole (50 % contre 38% au TC et 39 % TL), ce qui influe négativement sur la productivité agricole. Une autre stratégie d'existence pratiquée par les ménages est de travailler en dehors de la communauté. Cette migration concerne un chef de ménage sur trois

pour le territoire montagneux (33%) dont 66 % à l'étranger. Bien que cette migration puisse dans certains cas combler les besoins des familles à travers des investissements agricoles, elle engendre dans la plupart des cas l'abandon des terres agricoles. Ce phénomène était la raison d'attribuer des scores de vulnérabilité plus élevés aux ménages déclarant ayant des membres de la famille travaillant en dehors de la communauté. Dans le territoire littoral la migration est également importante et concerne 30% des ménages.

Les analyses montrent également que les ménages au TM sont plus vulnérables par rapport à la composante "foncier" (0,49 contre 0,37 au TC et 0,38 au TL), tenant compte du niveau d'emprise agricole et de l'importance du phénomène de morcellement des terres. Ce territoire présente une proportion plus élevée des exploitations agricoles ayant plus de 3 parcelles (58% contre 40% au TC et 43% TL) et dont la superficie est inférieure à 2 ha (39,4% contre 28% au TC et 32,6% TL). La composante "Santé" présente en revanche des indices de vulnérabilité plus ou moins faibles et similaires pour les trois territoires TM, TC et TL (respectivement 0,32, 0,28 et 0,29). La différence entre les trois territoires est enregistrée surtout dans le rapport des dépenses de santé par rapport aux dépenses totales des ménages qui est plus élevé au territoire montagneux (36%). Ceci est expliqué en partie par l'éloignement des ménages des établissements de santé.

Pour la vulnérabilité liée aux réseaux sociaux, les analyses montrent que le pourcentage des ménages n'ayant pas eu une aide familiale est faible dans les trois territoires. Ce facteur est le principal déterminant de la faible vulnérabilité des ménages par rapport à cette composante. Les résultats montrent également que le pourcentage des ménages n'adhérant pas à une ONG (organisation non gouvernementale) est faible et est égal à 12%, 18% et 22% respectivement au TM, TC et TL. Ceci a permis également de diminuer le niveau de vulnérabilité, grâce au rôle des ONG qui consiste essentiellement à vulgariser les bonnes pratiques, transférer les connaissances et informer les agriculteurs sur les nouvelles technologies.

En termes de sécurité alimentaire, le score de vulnérabilité au TL est légèrement supérieur à celui dans le TM et le TC (respectivement 0,65,

0,60 et 0,58). Ceci est expliqué par la capacité de production agricole à satisfaire les besoins des populations locales en termes de nourriture et d'alimentation du cheptel. En fait, un plus grand pourcentage de ménages au TL (70%) déclarait ne pas compter uniquement sur leurs exploitations agricoles pour combler les besoins nutritionnels et obtiennent leur alimentation principale du marché.

Pour la composante "Eau", les trois territoires présentent des scores de vulnérabilité plus ou moins faibles, avec plus de vulnérabilité du côté du TL (0,30). Le territoire littoral est caractérisé surtout par le nombre le plus élevé des conflits entre les usagers de cette ressource rare. Le nombre limité de conflits au TM est expliqué par la présence d'un système traditionnel de partage équitable des eaux de ruissellement de pluie sur les ravins et les terres en pente, connu localement par le système des "jessour" (Ouessar et al. 2006).

Pour la composante ressources naturelles, le TM affiche la plus grande vulnérabilité à cause du plus grand risque de dégradation des ressources et de désertification enregistrée dans ce territoire (ce territoire présente 56% de risques forts à très forts de désertification contre 48% au TC et 49% au TL (Fetoui, 2011)).

Enfin, en termes de variabilité et changement climatique, le territoire littoral s'avère plus vulnérable aux conditions climatiques sévères que les territoires montagneux et central (respectivement 0,64, 0,52 et 0,59). Cette différence est expliquée essentiellement par la proportion plus élevée des années déficitaires enregistrée au TL au cours des 60 dernières années (58% contre 44% au TM et 50% au TC) (Tableau 1).

Tableau 1. Evaluation de la vulnérabilité des moyens de subsistance des ménages ruraux dans les différents types paysagers des zones arides tunisiennes par composantes

Composante principale	Sous-composante	Valeur			Valeurs normalisées des sous-composantes (Indice S _r)			Valeurs d'indice pour la composante (M _r)		
		TM	TC	TL	TM	TC	TL	TM	TC	TL
Profil socio-démographique	Moyenne des âges des chefs des ménages (ans)	54	53	45	0,48	0,46	0,33	0,49	0,51	0,57
	% des ménages ayant une famille nombreuse (>6)	47	48	61	0,47	0,48	0,61			
	% des chefs des ménages ayant un niveau d'instruction faible (<=primaire)	67	60	65	0,67	0,6	0,65			
	% des chefs des ménages sans formation agricole	37	52	69	0,37	0,52	0,69			
Stratégies de subsistance	% des ménages ayant l'agriculture comme seule source de revenu	62	56	46	0,62	0,56	0,46	0,48	0,42	0,37
	% des ménages n'ayant pas de matériel agricole	50	38	39	0,50	0,38	0,39			
	% des ménages qui travaillent en dehors de la communauté	33	25	30	0,33	0,25	0,3			
Foncier	% des exploitations ayant 3 parcelles et plus	58	40	43	0,58	0,4	0,43	0,49	0,37	0,38
	% des exploitations ayant une superficie inférieure à 2 hectares (ha)	39,4	28	32,6	0,39	0,28	0,32			

Cahiers Géographiques de l'Ouest, volume 12 (2024)

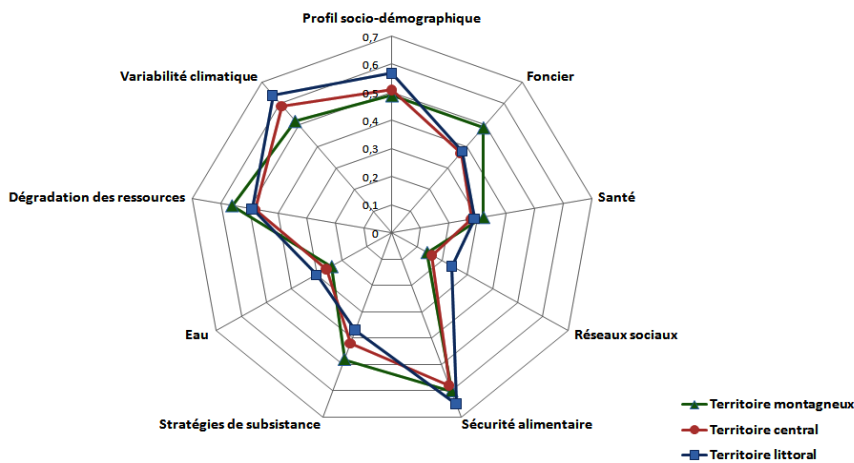
Santé	Rapport moyen des dépenses de santé par rapport aux dépenses totales du ménage	36	30	28	0,36	0,3	0,28	0,32	0,28	0,29
	% des ménages avec des membres ayant des maladies chroniques	27	26	30	0,27	0,26	0,30			
Réseaux sociaux	% des ménages n'ayant pas une aide familiale	16	14	25	0,16	0,14	0,25	0,14	0,16	0,24
	% des chefs des ménages non adhérents à une ONG	12	18	22	0,12	0,18	0,22			
Sécurité alimentaire	% des ménages qui obtiennent leur alimentation principale du marché	58	60	70	0,58	0,6	0,70	0,60	0,58	0,65
	% des exploitations qui ne satisfaisaient pas les besoins de cheptel en alimentation	62	61	60	0,62	0,61	0,60			
Eau	% des ménages ayant un problème de disponibilité de l'eau	40	41	43	0,40	0,41	0,43	0,24	0,26	0,30
	% des ménages qui déclarent un conflit d'eau	8	10	17	0,08	0,1	0,17			
Dégradation des ressources naturelles	% des risques forts à très forts de désertification	56	48	49	0,56	0,48	0,49	0,56	0,48	0,49
Variabilité climatique	% des années déficitaires (déficit hydrique)	44	50	58	0,44	0,5	0,58	0,52	0,59	0,64

	Fréquence des années sèches tous les 10 ans	6	6	7	0,60	0,60	0,70			
Vulnérabilité globale des moyens d'existence des ménages ruraux								0,38	0,41	0,43

Source : nos analyses, 2022

Les analyses montrent finalement une plus grande vulnérabilité globale (en tenant compte de toutes les composantes) dans le territoire littoral par rapport aux deux autres territoires, sachant que l'analyse par composante révèle certaines différences. Le TL est plus vulnérable en termes de profil sociodémographique des ménages, de réseaux sociaux, de sécurité alimentaire, d'accès et de gestion de l'eau et de variabilité et changement climatique. Le TM montre en revanche une plus grande vulnérabilité en termes de stratégies de subsistance, de foncier, de santé et de risques de dégradation des ressources naturelles. Le TC est le moins vulnérable en termes de sécurité alimentaire (figure 3).

Figure 3 : Vulnérabilité des moyens de subsistance des ménages ruraux dans les différents types paysagers des zones arides tunisiennes par composante principale



Source : nos analyses, 2022

2.2. Vulnérabilité des ménages ruraux au changement climatique (indice LVI-IPCC)

Pour le calcul de la vulnérabilité au changement climatique, nous avons identifié, sur la base des travaux du GIEC, des groupements des composantes en fonction des trois facteurs contributifs représentant l'exposition des territoires étudiés, leur sensibilité et leur capacité d'adaptation (tableau 2). Le facteur déterminant de la sensibilité des trois territoires est la sécurité alimentaire. Le profil sociodémographique et les stratégies de subsistance sont les facteurs les plus déterminants de la capacité d'adaptation des ménages.

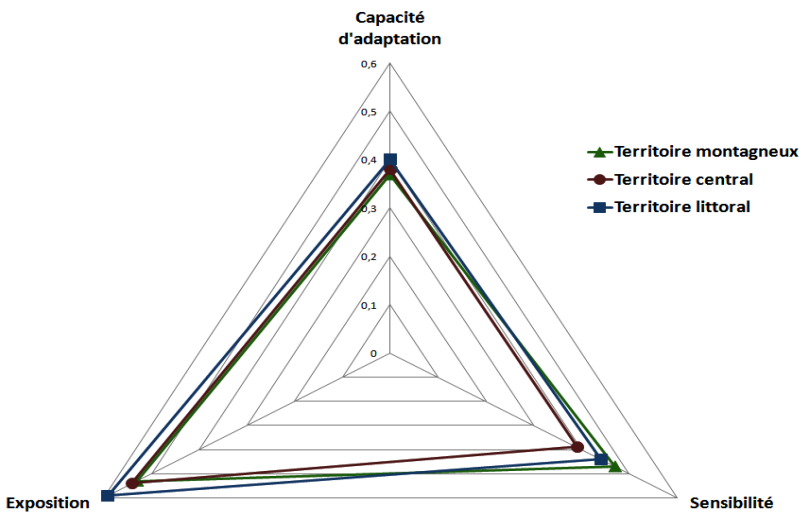
Le résultat du calcul du LVI-IPCC montre que le territoire littoral est le plus vulnérable au changement climatique du fait qu'il est le plus exposé suite à la fréquence élevée des années de sécheresse. Les analyses révèlent également que le territoire central est celui le moins vulnérable au changement climatique car il est moins sensible surtout en termes de sécurité alimentaire (figure 4). Le TM est le plus sensible à cause des problèmes du foncier et il est le moins exposé aux aléas climatiques malgré qu'il affiche les plus grandes valeurs des risques de dégradation des ressources. Ce territoire est aussi le moins vulnérable en termes de capacité d'adaptation des ménages. Ceci est expliqué par le fait que les ménages dans ce territoire montagneux ont un savoir-faire ancestral important concernant la conservation des eaux et des sols à travers les aménagements installés soit sur les pentes (jessour) ou sur les plaines (tabias) (Ouessar et al. 2006 ; Fetoui, 2011).

Tableau 2 : Facteurs contributifs de la vulnérabilité au changement climatique et LVI-IPCC global dans les différents types paysagers des zones arides tunisiennes

Facteur contributif	Composante majeure	Nombre de sous composantes	Valeur d'indice (composantes Principales)			Valeur des facteurs contributifs			Valeur de LVI-IPCC								
			TM	TC	TL	TM	TC	TL	TM	TC	TL						
Capacité d'adaptation	Profil socio-démographique	4	0,49	0,51	0,57	0,37	0,38	0,40	0,42	0,39	0,44						
	Stratégies de subsistance	3	0,48	0,42	0,37												
	Accès et gestion de l'eau	2	0,24	0,26	0,30												
	Réseaux sociaux	2	0,14	0,16	0,24												
Sensibilité	Foncier	2	0,49	0,37	0,38	0,47	0,39	0,44				0,42	0,39	0,44			
	Santé	2	0,32	0,28	0,29												
	Sécurité alimentaire	2	0,60	0,58	0,65												
Exposition	Variabilité et changement climatique	2	0,52	0,59	0,64	0,53	0,54	0,59							0,42	0,39	0,44
	Dégradation des ressources naturelles	1	0,56	0,48	0,49												

Source : nos analyses, 2022

Figure 4. Vulnérabilité des moyens d'existence des ménages par facteur contributif du GIEC dans les différents types paysagers des zones arides tunisiennes



Source : nos analyses, 2022

2.3. Recommandations stratégiques

Sur la base des résultats des analyses de la vulnérabilité des ménages ruraux au changement climatique dans différents types paysagers des zones arides tunisiennes, des recommandations stratégiques peuvent être avancées.

Parmi les points saillants déduits de ce travail est que le facteur le plus déterminant de la sensibilité des trois territoires étudiés est la sécurité alimentaire. Cette dernière joue un rôle très important dans l'ajustement de la sensibilité des systèmes socio-écologiques et la vulnérabilité des ménages en général. En fait, ce travail a permis de confirmer que l'agriculture dans ces zones arides est une activité qui ne garantit pas la sécurité alimentaire surtout pendant les séquences d'années sèches. La diversification des cultures et la bonne gestion des productions en bonnes années s'avèrent donc nécessaires afin de couvrir les besoins alimentaires et garantir l'autonomie et la durabilité des exploitations agricoles. La formation sur le stockage des aliments et la conservation des semences pourrait également constituer une intervention appropriée. De plus, l'intégration "culture-élevage" peut garantir plus de flexibilité au ménage surtout lorsque l'alimentation du cheptel est fournie majoritairement par des cultures fourragères pratiquées. Sur le plan économique, la pluriactivité présente une marge de manœuvre pour le ménage et peut diminuer la vulnérabilité de ses moyens d'existence. L'Etat tunisien doit encourager les jeunes exploitants par l'octroi des crédits bancaires et des subventions, mais aussi par la création de nouveaux emplois locaux afin de minimiser le phénomène d'abandon des terres agricoles. Les liens et les niveaux élevés de confiance entre les ménages, ainsi que leur adhésion à des ONG améliorent l'accès de ces jeunes exploitants à l'information, le soutien technique agricole et la sensibilisation sur les impacts de l'abandon.

Le foncier est apparu également d'une importance primordiale et les résultats ont confirmé l'impact de l'extension du phénomène de parcellisation des terres sur les niveaux de vulnérabilité et de sensibilité des territoires arides tunisiens. Le gouvernement tunisien doit intervenir en priorité dans ces territoires par l'application des

politiques de consolidation des terres afin de résoudre ce problème de morcellement et par suite l'accès aux crédits agricoles. La vulnérabilité est encore plus exacerbée en raison de la marginalisation politique (disparité régionale), de la faiblesse du tissu institutionnel et des infrastructures rurales des zones arides tunisiennes (santé, éducation, transport, communication, etc.). Elle risque de s'aggraver au fil des années si des mesures concrètes ne seront pas entreprises, notamment avec la multiplication des besoins des communautés rurales, de surexploitation des ressources et surtout des effets du changement climatique. En fait, entre risques de précarité climatique et des ressources et opportunités de développement, les populations locales de ces territoires tentent de s'adapter afin de survivre et de viabiliser leurs systèmes de production.

Les stratégies de survie et les logiques paysannes de mise en valeur des sols, qui se combinent à des préoccupations purement productives et de seule rentabilité dans le court terme, ont des effets sur l'environnement de sorte qu'elles contribuent à augmenter de plus en plus la pression sur les ressources naturelles (artificialisation du milieu et utilisation des technologies non adaptées, surpâturage dû au rétrécissement des espaces de parcours, pressions sur les ressources en eau). Les résultats ont montré en effet l'impact de la dégradation de ces ressources naturelles sur les moyens de subsistance des ménages et la durabilité des exploitations agricoles. Les interventions en matière de lutte contre la désertification doivent être mises en œuvre d'une manière plus ciblée en appliquant l'approche paysagère.

Les événements climatiques extrêmes compliquent encore plus les conditions de vie des ménages des zones arides tunisiennes. Les systèmes d'alerte précoce peuvent aider les populations des territoires arides à se préparer à ces événements surtout la succession des années de sécheresse. Les prévisions météorologiques saisonnières distribuées par le biais des associations locales peuvent aider les agriculteurs à mieux s'adapter aux contraintes climatiques.

Finalement, en mettant en œuvre toutes ces stratégies et en favorisant une approche intégrée et participative, il est possible de renforcer la résilience des systèmes agro-socio-économiques et écologiques et de réduire leur vulnérabilité aux différents chocs et stress.

Conclusion

Ce travail a permis d'avoir une meilleure compréhension de la vulnérabilité des moyens de subsistance des ménages ruraux dans différents types de territoires des zones arides tunisiennes et d'identifier les principaux déterminants et facteurs contributifs de cette vulnérabilité au changement climatique. Il a permis également d'explorer l'utilité analytique de l'utilisation du LVI et LVI-IPCC pour comprendre cette vulnérabilité, après un travail d'adaptation, d'intégration et de comparaison des variables qui ont une incidence importante sur la vulnérabilité des ménages. Il a permis finalement de fournir des informations utiles sur un zonage fonctionnel pour la décision en appliquant l'approche paysagère. Les recommandations stratégiques ont été conçues à deux niveaux d'adaptation et de planification afin d'identifier des stratégies d'adaptation spécifiques à chaque territoire pouvant être incorporées dans les politiques relatives au changement climatique.

Il faut noter ici que ces résultats doivent être validés sur le terrain dans un cadre par exemple d'observatoire de surveillance socio-écologique en zones arides pour le suivi de la vulnérabilité des milieux et des moyens de subsistance des populations locales. Les actions et interventions devront être adaptées aux mutations socioéconomiques et biophysiques des territoires en question. Ceci permettra de produire des informations sur la manière dont l'exposition, la capacité d'adaptation et la sensibilité des territoires changent à mesure que les pratiques d'adaptation sont mises en place.

Ce travail pourra être généralisé sur toutes les zones arides de la Tunisie, voire même toute la Tunisie, en appliquant l'approche paysagère à grande échelle et en intégrant une typologie des ménages afin de cartographier les profils de vulnérabilité des différents types des ménages et des territoires et d'identifier ceux les plus vulnérables et les déterminants de leur vulnérabilité. Cette capacité à généraliser est essentielle pour la planification de l'adaptation parce qu'elle permet d'échanger des expériences d'apprentissage dans des communautés ayant des profils de vulnérabilité similaires et qu'elle permet aux décideurs de comprendre les tendances ou l'impact d'un

programme ou d'une politique de développement sur la vulnérabilité des moyens d'existence des communautés locales. Le LVI pourrait également être utilisé pour projeter la vulnérabilité future suite à des scénarios de changements climatiques. Ce travail pourrait enfin bénéficier d'une comparaison avec d'autres études similaires effectuées dans des régions arides ou semi-arides. Cela permettrait de situer les résultats dans un contexte plus large et d'en évaluer la pertinence et la nouveauté.

Bibliographie

BECHIR, R., SGHAIER, M., 2013, Taux de pauvreté et ses mesures en Tunisie, *New Medit, A Mediterranean Journal of Economics, Agricultural and Environment*, Vol 12, n. 2, pp. 2-10.

CHAMBERS, R., CONWAY, G., 1992, *Sustainable rural livelihoods: practical concepts for the 21st century*. IDS Discussion Paper, Institute of Development Studies (UK), 27 Pages.

FETOUI, M., 2011, *Évaluer et suivre la désertification en zones arides tunisiennes pour accompagner l'aide à la décision : dynamiques interactives « Climat-Homme-Espace-Ressources naturelles » via les paysages*. Thèse de doctorat en géographie. Université Paul-Valéry, Montpellier III. 441 pages.

FETOUI, M., ARIBI, F., CHOUIKHI, F., SGHAIER, M., SGHAIER, M., 2021, Vulnérabilité des moyens d'existence des ménages ruraux au changement climatique : analyse comparative des territoires montagneux et littoraux des zones arides tunisiennes, *Revue Méditerranéenne d'Economie Agriculture et Environment*, 20(4).

HAHN, M-B., RIEDERER, A-M., FOSTER, S-O., 2009, The Livelihood Vulnerability Index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change A case study in Mozambique, *Global Environmental Change*, Vol 19, n. 1, pp. 74-88.

INS, 2014, *Recensement général de la population et de l'habitat en Tunisie*.

LOIREAU, M., SGHAIER, M., GUERRERO, B., CHOUIKHI, F., FETOUI, M., LEIBOVICI, D., DEBARD, S., DESCONNETS, J-C., BEN KHATRA, N., 2015, SIEL : système intégré pour la modélisation et l'évaluation du risque de désertification. *Ingénierie des systèmes d'information*, Vol 20, n. 3, pp. 117-142.

NEFFATI, M., SGHAIER, M., LABBENE, Y., 2015, *Analyse de la vulnérabilité des écosystèmes et des moyens de subsistance (Livelihoods) des populations au changement climatique en zones arides et désertiques de la région MENA*. Rapport principal du projet MENA-DELP, 222 pages.

OUESSAR, M., TAÂMALLAH, H., OULED BELGACEM, A., 2006, Un environnement soumis à des fortes contraintes climatiques. Genin D. Guillaume H., Ouessar M., Ouled Belgacem A., Romagny B., Sghaier M., TAAMALLAH H. (Edited by), *Entre la désertification et le développement: la Jeffara tunisienne*. IRA-IRD Ed. Cérès édition, Tunis, 23-32.

PRESTON, B-L., BROOKE, C., MEASHAM, T-G., SMITH, T-F., GORDDARD, R., 2009, Igniting change in local government: lessons learned from a bushfire vulnerability assessment, *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, Vol 14, n. 3, pp. 251-283.

ROSSI, V., FILARDO, V., CHIA, E., 2020, Stratégies de résistance des agriculteurs familiaux face à l'avancée de l'agriculture capitaliste en Uruguay, *Cahiers Agricultures*, Vol 29, n. 16.

ROSSIGNOLI, C-M., DI IACOVO, F., MORUZZO, R., SCARPELLINI, P., 2015, Dairy cattle, livelihoods and resilience in Gaza Strip: a case study, *New Medit, A Mediterranean Journal of Economics, Agricultural and Environment*, n. 1, pp. 24-33.

SGHAIER, M., FETOUI M., 2006, Le statut foncier des terres : un facteur déterminant des évolutions socio-environnementales. Genin D. Guillaume H., Ouessar M., Ouled Belgacem A., Romagny B., Sghaier M., Taâmallah H. (Edited by), *Entre la désertification et le développement: la Jeffara tunisienne*. IRA-IRD Ed. Cérès édition, Tunis, 121-130.