

# D'une approche conceptuelle à la production d'outils d'aide à la décision

Mondher Fetoui\*, Mongi Sghaier\*, Maud Loireau\*\*, Pierre Dérioz\*\*, Farah Chouikhi\*

\* Institut des Régions Arides (IRA), Médenine (Tunisie)

\*\* UMR Espace-Dev 228 Institut de Recherche pour le Développement (IRD), Maison de la Télédétection, 500 Rue J.F. Breton, 34093 Montpellier Cedex 05 (France)

**Résumé.** La persistance/aggravation de la désertification dans les zones arides tunisiennes (Sghaier et al., 2007), ainsi que l'insuffisante connexion entre le monde scientifique et de la décision (Ouessar et al., 2006 ; Fetoui, 2011), ont fait émerger chez les acteurs du développement et les gestionnaires de ressources, une demande croissante en matière de développement d'outils opérationnels capables de produire des informations spatialisées adaptées à la prise en compte de la diversité des processus de désertification sur un même territoire.

Or, la difficulté à comprendre la désertification dans ces zones se manifeste dans les interactions complexes entre les dynamiques socioéconomiques et biophysiques à différentes échelles spatiales et temporelles. L'apport de ce travail réside tant dans les avancées sur la compréhension des causes et processus, que dans la proposition d'approches systémiques (climat-homme-espace-ressources), géographiques (paysage) et multi-acteurs, associées à des méthodes (modèles et outils) reproductibles, pour l'évaluation et le suivi (indicateurs) des risques de désertification, en lien avec leurs déterminants interactifs, à une échelle territoriale.

Le paysage, en tant que source d'information et instrument (Dérioz, 2008), est au cœur de ce travail. Ce dernier a conduit à i) l'élaboration des indices de risque de désertification par intégration spatiale des fonctionnements biophysiques et socioéconomiques à travers la modélisation ii) la compréhension et la comparaison entre types paysagers des risques et de la part respective prise par les causes socioéconomiques et biophysiques, et iii) la proposition de méthodes/outils visant à mieux évaluer les actions de lutte déjà mises en œuvre, cibler les futures actions et suivre la désertification.

Cet article valorise et synthétise les résultats obtenus dans le cadre du programme ROSELT/OSS (Loireau et al., 2004 ; Loireau et al., 2007) et de la thèse de Mondher Fetoui (Fetoui, 2011). Ces résultats ont traité le passage de la compréhension de la désertification (à travers des approches conceptuelles) vers la production d'outils d'aide à la décision (pour l'orientation d'actions et le suivi de la désertification). Ils ont tous été élaborés dans l'interdisciplinarité et avec la mobilisation des acteurs/décideurs de la gestion durable des territoires pour augmenter leur utilité dans les programmes de lutte contre la désertification et assurer un meilleur ancrage entre recherche et décision, pour valoriser les observatoires de l'environnement et leur donner un rôle d'appui aux politiques publiques.

**Mots clés.** Désertification - interactions/dynamiques – territoire – paysage – modélisation – intégration – indicateur - multi-acteurs - aide à la décision - zones arides - Tunisie.

## ***From a conceptual approach to the production of decision support tools***

**Abstract.** *The persistence / aggravation of desertification in Tunisian arid zones (Sghaier et al., 2007), and the insufficient connection between science and decision making (Ouessar et al., 2006; Fetoui, 2011), led to a growing demand to develop operational tools capable of producing spatial information adapted to the diversity of desertification processes within a given territory.*

*The difficulty in understanding desertification in these zones is reflected in the complex interactions between socio-economic and biophysical dynamics at different spatial and temporal scales. This work advances our understanding of the causes and processes of desertification and proposes a systemic (climate-human-space-resource: CHER), geographical (landscape) and multi-actor approaches combined with reproducible methods (models and tools) for the assessment and monitoring (indicators) of the risk of desertification, according to its interactive determinants on a territory scale.*

*Both as a source of information and as a tool (Dérioz, 2008), the landscape is at the core of this work which resulted in i) the development of indexes of desertification risk (based on spatial integration of biophysical*

and socio-economic functioning through modeling), ii) the understanding and comparison of risks and their respective causes according to the type of landscape, and iii) three new approaches / methods / tools to better assess actions already implemented to combat desertification, to better target future actions, and to improve monitoring of desertification.

This article summarizes and draws lessons from results obtained in the framework of the ROSELT / OSS project (ROSELT / OSS, 2004; Loireau et al., 2007) and the thesis of Mondher Fetoui (Fetoui, 2011). The results range from an understanding of desertification processes (using conceptual approaches) to the production of tools for decision support (for the orientation of action and monitoring of desertification). They were all developed using an interdisciplinary approach and mobilized actors / decision makers in the sustainable management of territories to increase their usefulness in programmes to combat desertification, to evaluate environmental observatories and give them a role in supporting public policies.

**Keywords.** Desertification - Sustainable Development - Interactions / dynamics - Territory - Landscape – Typology - Modeling- Integration- Indicators - Multi-actors - Decision Support – Drylands - Tunisia.

---

## Introduction

### **Complexité du phénomène de désertification dans les zones arides tunisiennes et exigence d'un développement durable : quelle compatibilité ?**

Les populations qui vivent dans les zones arides tunisiennes, leurs activités, leurs pratiques et leurs usages des ressources naturelles, les caractéristiques biophysiques locales, les contextes politico-économiques et environnementaux sont le résultat d'une coévolution complexe qu'il y a lieu de comprendre pour dégager des éléments pertinents d'évaluation de l'état de la désertification, envisager des trajectoires futures de cet état et accompagner la décision en matière de gestion durable des ressources naturelles.

Cette recherche menée sur les zones arides tunisiennes s'inscrit dans le prolongement direct des nombreux projets et programmes terminés ou en cours et questionne surtout le mot « complexité ». La prise en compte de la complexité des coévolutions nous paraît incontournable pour la gestion de la désertification. Nous voulons formaliser et éclairer cette complexité afin de révéler les lois qui gouvernent les différents facteurs en coévolution, mais aussi comprendre leurs interactions dynamiques et leurs effets sur la dégradation des terres et le développement durable.

Nous essayons donc d'étudier la problématique de désertification en prenant en compte dans l'espace les formes complexes et variées des relations entre l'Homme, à travers ses pratiques et ses usages, le climat et les ressources naturelles, pour contribuer de la sorte à aider les décideurs et les gestionnaires des ressources à lutter contre la désertification dans le cadre d'une bonne gouvernance environnementale.

Le souci de prendre pleinement en compte la complexité du phénomène de désertification nous conduit, au-delà des acquis des recherches antérieures, à expérimenter, à articuler et à développer différentes approches conceptuelles et méthodologiques, qui mobilisent de manière spécifique des outils existants, les adaptent si nécessaire, et amènent à proposer de nouveaux outils.

## **I – Approches systémique, géographique et intégrée pour mieux comprendre la complexité de désertification et mieux accompagner la décision**

### **1. Un cadre systémique pour mieux appréhender le fonctionnement de la désertification : le système CHER**

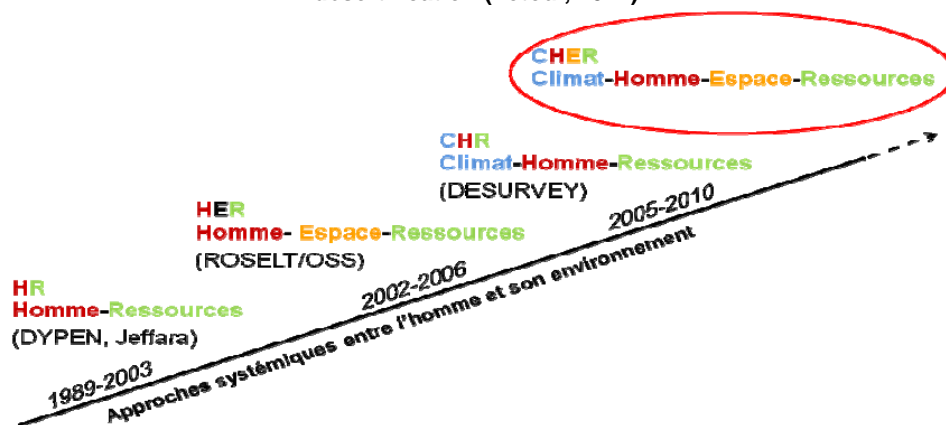
La recherche dans le cadre de ce travail part du postulat de base suivant : afin d'extraire de la complexité de la désertification, les logiques et les règles qui contrôlent et organisent les interactions « Homme-environnement » et leurs dynamiques dans le temps et dans l'espace, nous devons spécifier une approche systémique.

Les difficultés dans la compréhension du fonctionnement de la désertification résident dans la manière avec laquelle nous traitons le thème et dans le mode de gestion de l'information pour éclairer la complexité de ce fonctionnement. Ce constat nous a incité à considérer, dans notre travail de conceptualisation, tous les éléments concernés (causes de la désertification, ou éléments du processus lui-même) agissant dans un même espace et les liaisons et/ou processus qui les lient et ont des effets conjugués sur la désertification (conséquences). En fait, aucun des éléments n'est en lui seul responsable de ce phénomène de désertification ; il est multi-causal et dynamique. Il est le résultat d'un processus évolutif avec des échanges et des flux de matière entre les éléments biophysiques (naturels) et socioéconomiques (humains). Cette dynamique est menée par un ensemble d'interrelations des processus non linéaires et des mécanismes de rétroactions (Fetoui, 2011).

Au vue de toutes ces interactions, dynamiques et flux de matière, il est nécessaire de travailler avec une approche systémique, qui permette de décrire l'agencement des éléments en relation et en coévolution. Les réactions en chaîne, provoquées par la dynamique d'un élément spécifique du système, aident à décrire petit à petit toutes les interactions et par suite le phénomène de désertification.

Pour mieux comprendre la complexité des interactions entre l'Homme et son environnement, nous décidons ici de concevoir un cadre systémique qui révèle les interactions entre les quatre grandes catégories d'éléments sur lesquelles les programmes et projets de recherche tels que (DYPEN, Jeffara, ROSELT/OSS, et DESURVEY), qui ont été menés dans les zones arides tunisiennes, se sont appuyés pour décliner leurs approches systémiques entre l'homme et son environnement. Autrement dit, comme le montre la figure ci-dessous, à la dialectique Homme - Ressources reconnue par tous, nous ajoutons systématiquement l'Espace et le Climat. Nous baptisons ainsi notre cadre systémique, le système « CHER », pour « Climat-Homme-Espace-Ressource » (figure 1).

Figure 1 : Conceptualisation du système CHER pour mieux comprendre la complexité de désertification (Fetoui, 2011)



Source : Fetoui (2011)

Comme l'avait déjà initié le projet ROSELT, l'espace est considéré non seulement comme un support sur lequel interagissent l'Homme, les Ressources et le Climat et à travers lequel nous pouvons évaluer et suivre la désertification, mais aussi comme un élément à l'intérieur du système qui joue un rôle à part entière sur le comportement, les réactions, et représentations des autres éléments du climat, des ressources et de l'homme.

Pour le « Climat », plus encore que ne le conçoit l'approche déclinée dans DESURVEY comme intervenant extérieur (driving force) agissant sur un espace donné, nous le considérons comme élément de cet espace géré par des populations spécifiques (territoire) et sur lequel le processus de désertification sévit.

Les relations entre l'Homme et les Ressources se déclinent en représentations des ressources. L'homme cherche à augmenter la productivité du milieu en termes de ressources (naturelles ou agricoles) dans le but de satisfaire ses besoins. Selon les ressources disponibles notamment, il adapte ses règles d'accès, ses usages et pratiques d'exploitation, ses prélèvements. Malgré sa capacité d'adaptation, il peut cependant être amené à fragiliser les ressources.

Les relations entre l'Homme et l'Espace se déclinent aussi en représentations de l'espace. En fonction de celles-ci notamment, mais aussi de son histoire et de sa connaissance, l'homme définit des stratégies et modes d'occupation de l'espace. Il va adapter sa mobilité pastorale et agropastorale dans le but de satisfaire ses besoins d'espace. Il va intervenir, via des politiques publiques notamment, pour changer/adapter les règles d'accès à des espaces qu'il faut gérer, partager sur un même territoire. Les populations vont se répartir sur le territoire et les actions de l'homme vont être distribuées dans l'espace selon les règles qui auront été fixées. Par ces mécanismes, l'homme s'approprie et délimite des espaces définis pour ses diverses activités.

Les relations entre le Climat et les Ressources sont définies par les impacts du climat sur les ressources, qui peuvent augmenter la production des ressources ou au contraire fragiliser les ressources et leur production. Les ressources d'un territoire, végétales et en sol notamment, vont influencer le ruissellement et infiltration de l'eau précipitée. Elles vont également jouer un rôle sur le climat via le processus d'évaporation et d'évapotranspiration (l'albédo par exemple et son impact sur la pluviométrie locale).

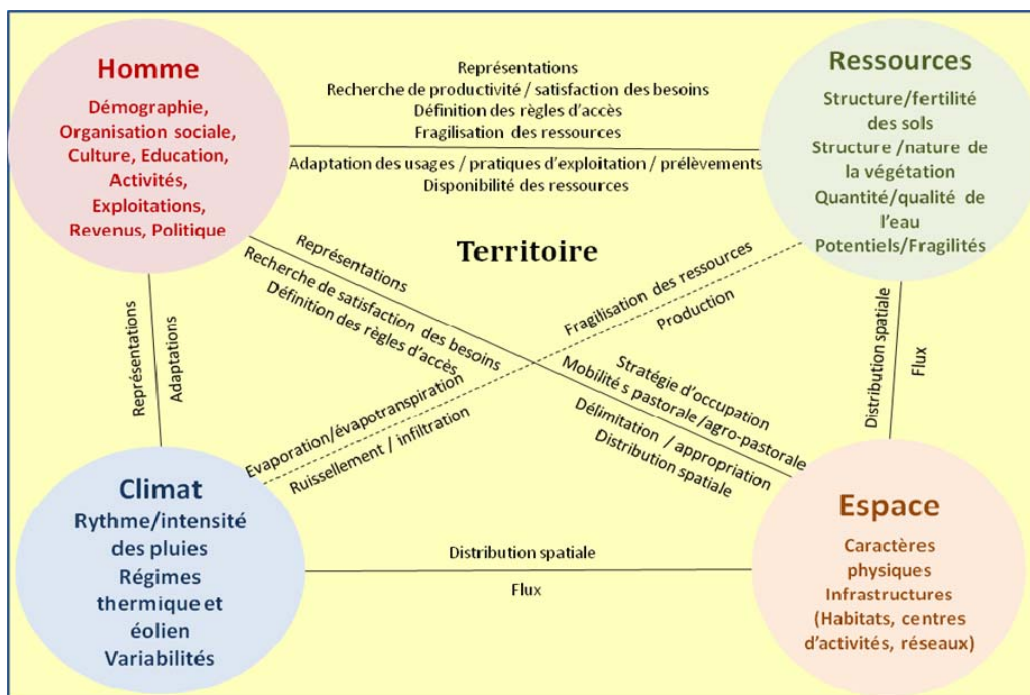
Les relations entre l'Espace et les Ressources, comme les relations entre l'espace et le climat se définissent essentiellement en termes de distribution spatiale des ressources et de flux.

Les relations entre l'Homme et le Climat se déclinent en termes de perceptions des variations climatiques temporelles et spatiales par les populations et les gouvernements, surtout dans les zones touchées par la désertification comme le cas des zones arides tunisiennes. Ces relations influent sur les stratégies de gestion et d'adaptation et les activités de l'homme en général. La dynamique de chaque sous-système « binaire » tel que décrit influence la dynamique des autres « sous-systèmes ».

Le système CHER tel que nous le concevons est considéré comme l'ossature conceptuelle sur laquelle nous nous appuyons pour comprendre le fonctionnement de la désertification dans les zones arides tunisiennes. Les grandes catégories (ou classes) d'éléments qui le composent sont donc le « Climat », l'« Homme », l'« Espace », et les « Ressources » naturelles. Ce sont les relations complexes entre ces éléments qui font du CHER un « système » ayant un dynamisme fort d'un point de vue spatial et temporel. La prise en compte de cette dynamique à l'échelle locale est nécessaire si nous voulons comprendre la complexité des interactions CHER. Le schéma ci-dessous illustre le système CHER, avec les quatre classes et leurs éléments constitutifs que nous retenons, mais aussi les relations entre les éléments (figure 2).

Le système CHER évolue dans le temps sans discontinuité, avec cependant des événements majeurs (perturbations, notamment la succession de plusieurs années de sécheresse). La résultante, à un moment donné, détermine les niveaux de risques et la vulnérabilité du système, que nous cherchons à évaluer.

Figure 2 : Système CHER (Fetoui, 2011)



Source : Fetoui (2011)

## **1. Un cadre géographique pour mieux accompagner la décision : le paysage**

La réflexion « théorique » ou « fondamentale » doit amener à la concrétisation ou à une recherche « appliquée » dans l'objectif de mieux accompagner les politiques publiques. Nous passons donc de « l'espace théorique », utilisé comme élément du système CHER pour mieux comprendre les interactions, vers « le territoire fonctionnel » pour l'évaluation de la désertification et l'aide à la décision. Pour concrétiser ce passage, nous avons travaillé sur le « paysage » considéré comme la résultante matérielle sur un territoire, en partant de l'hypothèse qu'il permet de faire le lien entre la théorie (système CHER) et le concret (territoire) pour mieux comprendre les processus et les résultantes des interactions CHER dans le contexte de désertification et mieux accompagner les politiques publiques. Le choix de l'échelle territoriale pour l'analyse du problème de désertification permet donc d'être au plus près des préoccupations des politiques publiques dans leur lutte contre ce phénomène, sachant que cette échelle correspond à l'échelle des unités de gestion et de mise en œuvre des actions de lutte sur le terrain.

Le choix de recourir au paysage dans ce travail de recherche repose sur sa conception en tant qu'« outil » a) marqueur, dans les territoires, des dynamiques économiques, sociales et environnementales ; b) support expressif pour la modélisation des évolutions observées dans l'espace et dans le temps (Loireau et al., 2009) et c) base d'échange avec les acteurs sur leurs représentations du territoire.

Notre but est ainsi de comprendre le fonctionnement du système CHER à travers le paysage, mais aussi d'évaluer la résultante de ce fonctionnement dans le contexte de désertification dans le cas des zones arides tunisiennes. Source d'information non exclusive, à utiliser en interaction avec les analyses statistiques et la télédétection, le paysage peut fournir des indicateurs et, à travers leur suivi, enregistrer en continu les mutations territoriales (diachronicité des indicateurs). Parce qu'il traduit les caractéristiques et les dynamiques territoriales, il représente un outil dont l'usage peut être simple (observation directe) ou plus complexe (modélisations).

## **2. Approches spatiales et intégrée, multidisciplinaires et multi-acteurs**

Notre démarche s'appuie sur le paysage pour aider à spatialiser de façon simple et récurrente un certain nombre de données estimées d'importance pour évaluer la situation environnementale liée à la dégradation des terres et qualifier le risque de désertification.

Le travail consiste à confronter différents types de plans d'information spatiale pour une meilleure compréhension des mécanismes d'ensemble du système territorial, mais aussi à distinguer les déclinaisons locales spécifiques de ce système, incarnées sur le terrain par des types paysagers distincts. En tant que modèle de référence associant une physionomie identifiable du territoire à des modalités particulière de son fonctionnement socio-environnemental, le type paysager permet l'évaluation et le suivi de la désertification à l'échelle locale, comme l'orientation des décisions des acteurs à différents niveaux.

Il s'agit d'intégrer les informations sur les fonctionnements socioéconomiques et biophysiques dans chaque type paysager (ou zone fonctionnelle pour l'accompagnement des politiques publiques) pour en déduire la résultante des interactions dynamiques CHER sur les ressources naturelles. Ce travail consiste, en premier lieu, à migrer vers une échelle plus fine (à l'échelle de l'ha) pour l'analyse des interactions à l'échelle locale. C'est une « reconstruction des paysages » à travers la modélisation environnementale SIEL, qui permet, par intégration successive des fonctionnements socioéconomiques et biophysiques d'élaborer des indicateurs géostatistiques de risque de désertification sur des unités spatiales de référence (USR). Ce

modèle a été choisi car il représente un ensemble de moyens (humains, informatique) permettant de caractériser l'état et la dynamique d'un territoire, en référence aux problèmes environnementaux et au développement économique et social. Grâce à ce modèle, il est plus facile d'intégrer et de gérer des données spatialisées de type biophysique (généralement quantitative) et socioéconomiques (généralement qualitative), des séries chronologiques, des modèles mathématiques complexes (géostatistiques), des images aériennes et satellitaires (télédétection) et enfin des processus de simulation dynamique (scénarisation). C'est un outil d'intégration et de traitement de l'information sur l'environnement, vers des produits communs d'aide à la décision (indicateurs spatialisés des risques de désertification, scénarios prospectifs) (Loireau, 1998 ; Loireau et al., 2004 ; Loireau et al., 2007).

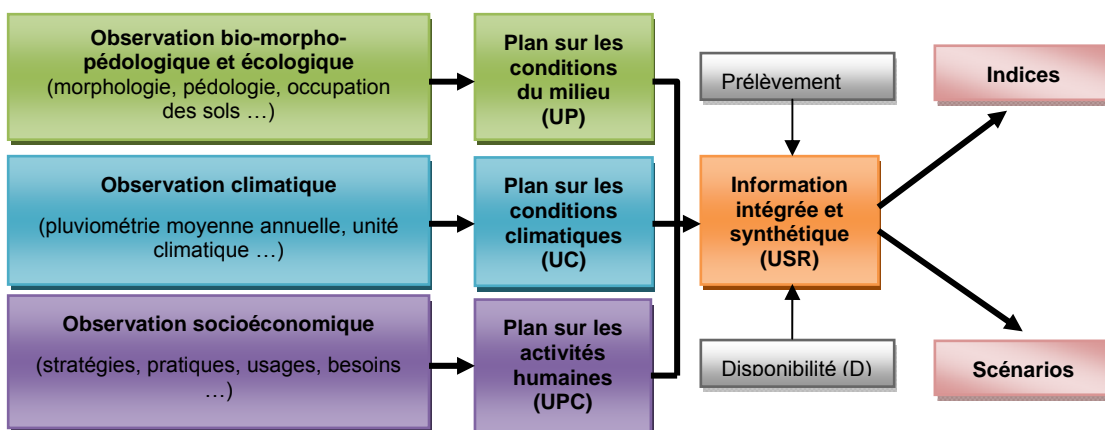
Les informations produites vont être superposées avec le zonage fonctionnel pour l'accompagnement des politiques publiques (types paysagers) et ainsi qualifier et quantifier les risques liés aux usages multiples des ressources naturelles au niveau des territoires. Nous tentons donc de spatialiser les phénomènes, de les évaluer au plan quantitatif et d'apprécier localement, sur les types paysagers, leurs intérêts et leurs modalités. Selon cette démarche, chaque type paysager sera pris comme un révélateur des états localisés spécifiques, renvoyant aux interactions CHER qui le produisent.

La modélisation spatiale intégrée SIEL mobilise le paysage comme résultante de la dynamique du système interactif que l'on peut recréer et représentée spatialement à l'issue d'une formalisation et mise en équation des règles géospatiales des dynamiques interactives hommes/milieus. Elle permet de structurer le territoire en USR, sur lesquelles sont calculés des indicateurs de vulnérabilité des ressources (notamment la phytomasse épigée) face aux usages multiples de ces ressources. Ces indicateurs spatialisés sont ainsi construits à partir de l'intégration spatiale des règles de répartition des pratiques et des usages des ressources avec les conditions biophysiques locales et la disponibilité des ressources. Les USR sont issues de l'intersection entre trois plans géographiques construits préalablement. Le premier plan cartographie (télédétection, SIG) les ressources dans des unités pédo-paysagères (Land Cover : UP) et exprime le fonctionnement des systèmes écologiques en place à travers leurs niveaux de production des ressources (inventaire au sol et images satellitaires). Le deuxième plan délimite (modèles de spatialisation) des unités sur lesquelles s'associent plusieurs pratiques d'exploitation, les unités de pratiques combinées (Land Use : UPC). Il exprime les stratégies des sociétés à travers leurs niveaux d'intervention (artificialisation) sur les ressources (enquêtes). Le troisième plan délimite des unités climatiques correspondantes à des espaces homogènes du point de vue climatique. Ces unités climatiques (UC) correspondent à des unités de l'espace recevant les mêmes quantités moyennes de pluie sur une période de plus de trente ans, ce qui génère une production bien déterminée des ressources et des adaptations spécifiques des exploitants (logique spécifique d'occupation des sols, de stratégies de production, d'usage des ressources). Les USR font ainsi « référence » aux systèmes biophysiques et socio-économiques, producteurs des paysages.

Notre démarche générale d'évaluation du risque de désertification s'intéresse aux principales ressources (végétation, sol, eau) et aux trois usages (agricole, pastoral, forestier) caractéristiques des zones rurales arides. Le travail dans le cadre de cette recherche met la priorité sur la végétation sur pied (phytomasse épigée), étant donné sa sensibilité à la dégradation au regard des pratiques des groupes d'exploitants dans la zone d'étude, et le rôle majeur de cette dégradation dans le processus de désertification. Pour le cas des autres ressources naturelles, notamment l'eau et le sol, il serait plus approprié, selon notre point de vue, de se baser sur d'autres démarches et d'autres perceptions de ces espaces communs. La vulnérabilité des ressources est évaluée ainsi sur les USR sous forme d'indices par type d'usage en faisant le rapport entre la disponibilité des ressources D, et le prélèvement P, ou d'indices multi-usages en combinant les rapports entre P et D pour tous les usages (figure 3). Enfin, en utilisant les paramètres de conduite de la modélisation tels que la population, les variables de calcul des besoins de productions, les conditions climatiques, il est possible de

prévoir, selon des scénarios des évolutions prédéfinis, les indices de pression (ou de vulnérabilité des ressources) établis sur les USR.

**Figure 3 : Dispositif d'observation multidisciplinaire et intégration des plans d'information biophysique et socioéconomique**



Source : adapté de Loireau, (1998) ; Loireau et al., (2004) ; Fetoui, (2011)

## II – Application au cas du bassin versant de l’oued Oum Zessar (sud-est tunisien)

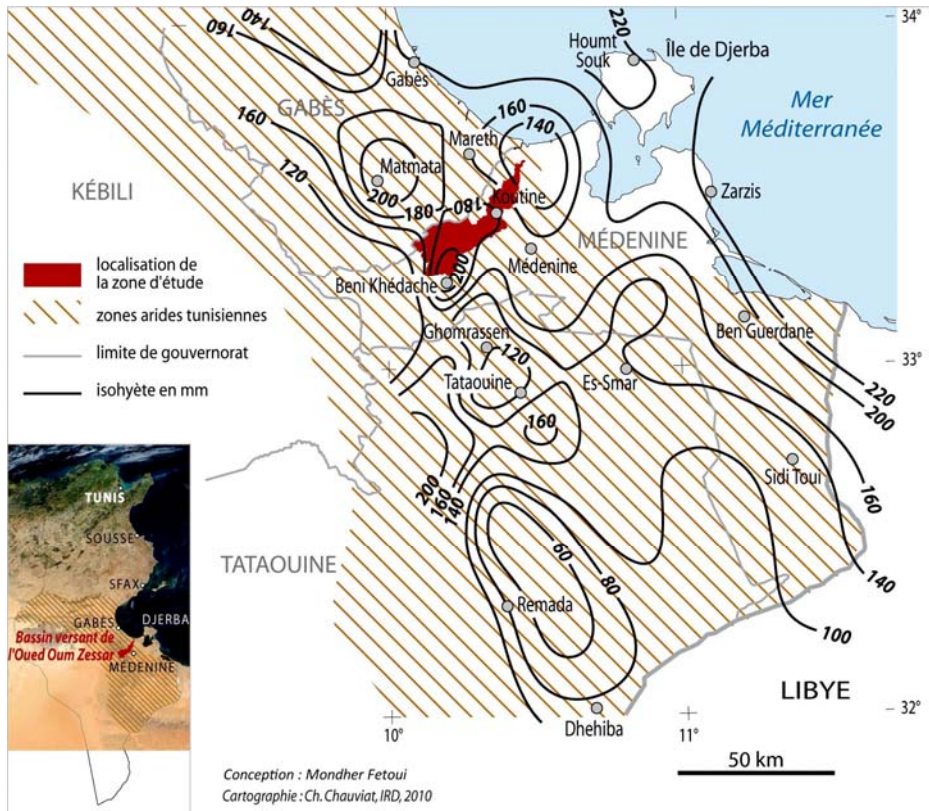
### 1. Présentation du territoire du bassin versant de l’oued Oum Zessar

Ce territoire fait partie de la grappe d’Observatoires des Zones Arides tunisiennes pour le Développement Durable (OZADD). Il est situé entre les parallèles de 33° et 33° 10’ Nord, et les méridiens de 10° et 10°30’ Est (figure 4). Il draine un bassin versant de 350 Km<sup>2</sup> de superficie et de 151 Km de périmètre (Ouessar et al., 2006). Dans cette forme étendue plus ou moins rectangulaire, se déploient des paysages variés. Des variations significatives du couvert végétal et des géofaciès peuvent être observées sur une courte distance : elles résultent de la diversité des influences climatiques (littorales, continentales, désertiques) liées à la situation géographique de ce territoire, mais aussi de celle des influences anthropiques sur le milieu, qui découlent de la variété des activités mais aussi de l’intensité plus ou moins forte des mutations socioéconomiques récentes (sédentarisation, privatisation des terres, recul de l’agropastoralisme et mise en valeur agricole, stratégies et programmes de lutte contre la désertification, libéralisation de l’économie, modernisation de l’agriculture et changements des modes d’usage et d’exploitation de l’espace pastoral, modes d’accès et d’usages des ressources naturelles...).

La zone est caractérisée par des sols généralement pauvres en matières organiques, dont la texture et la structure sont dans la plupart des secteurs sensibles à l’érosion éolienne et hydrique. La végétation naturelle est généralement de type chaméphyte. Elle est souvent éparse, rabougrie et clairsemée. La population de cette zone est estimée, d’après le recensement de 2004, à 24188 habitants. Le nombre des familles est de 4728 avec une taille de famille moyenne de 5,11. La vulnérabilité des ressources et les risques de désertification dans ce territoire sont attestés par des formes d’érosion, aussi bien hydrique qu’éolienne.



Figure 4 : Localisation géographique du bassin versant de l'oued Oum Zessar



## 2. Typologie des paysages : zonage fonctionnel pour la décision

Le travail de typologie paysagère est effectué en se basant sur les acquis de recherche, les supports cartographiques, l'inventaire systématique de transects sur le terrain, l'outil SIG et les enquêtes socioéconomiques. La lecture des paysages en fonction d'une même grille d'analyse débouche sur la partition de l'espace en unités distinctes : 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 de types paysagers, néanmoins représentatifs de tous les systèmes biophysiques et socioéconomiques en place. A l'échelle de ce seul bassin versant, l'extension sur la carte de différents types de paysage correspond à un zonage géographique d'amont en aval qui juxtapose des unités spatiales d'un seul tenant.

L'expertise des participants à la lecture des paysages (personnes ressources de la zone, chercheurs issus de disciplines différentes (écologie, géographie, agronomie, géologie...), décideurs techniques), a permis l'identification, l'élaboration et la validation de sept types paysagers (figure 5). Leur délimitation précise sur le terrain a été difficile à cause de problèmes d'accessibilité et d'enclavement de certaines zones, mais aussi des flux entre les divers paysages.

### 3. Diagnostics paysagers

Notre objectif ici est d'évaluer le risque de désertification dans le bassin versant de l'oued Oum Zessar et d'analyser la part respective des différentes causes anthropiques (via les activités agricoles, pastorales, forestières) et des conditions du milieu biophysique. Nous avons élaboré ainsi des diagnostics sur l'état et les causes de vulnérabilité de la phytomasse. L'outil utilisé (la modélisation SIEL) est adapté et développé pour qu'il tienne compte des aspects climatiques et corresponde à notre cadre systémique CHER. Nous tentons de démontrer qu'un même niveau de risque à un endroit ou à un autre peut avoir des causes différenciées, ce qui pourrait aider les politiques publiques dans leur lutte contre la désertification.

Les indices de risque des usages agricole, pastoral et forestier ont été calculés en confrontant les deux types d'information sur la disponibilité et les prélèvements de la phytomasse épiquée utilisable. Le calcul des indices de pression des multi-usages a été réalisé en appliquant la moyenne arithmétique sur les indices de prélèvements forestier, agricole et pastoral.

Pour répondre à notre objectif d'accompagnement des politiques publiques dans leur lutte contre la désertification, nous devons revenir au premier niveau d'observation qui considère les types paysagers comme des zones fonctionnelles pour l'accompagnement. Un travail de superposition des couches d'information sur les risques des multi-usages des ressources (issus du SIEL) et les types paysagers a été effectué (figure 6). Ce travail permet d'étudier la répartition spatiale et comparer les niveaux des prélèvements (tous les usages confondus) par rapport à la disponibilité des ressources sur les types paysagers.

Les analyses montrent que les paysages les plus anthropisés sont les paysages de type 1 (l'entrée de l'oued Oum Zessar dans les sebchas côtières), 2 (les cultures et les parcours steppiques autour de l'oued et des ravins affluents), 3 (le faisceau urbanisé de la route nationale GP 1) et 7 (le djebel, les parcours de versants et les jessour). Les superficies les plus affectées (risques forts à très forts) par ordre d'importance pour les différents types paysagers sont : paysage 7 (8533 ha), paysage 2 (5576 ha), paysage 5 (3642 ha), paysage 6 (3156 ha), paysage 3 (826 ha), paysage 4 (600 ha) et paysage 1 (546 ha).

Nous pouvons donner une première explication de cette différence d'importance de la pression sur les ressources d'un paysage à l'autre. A titre d'exemple, pour le paysage 1, l'activité d'élevage est très développée sur des terrains de parcours à végétation très lâche ou dans la plupart des cas halophiles servant essentiellement pour le pâturage de quelques dromadaires. Sur ce paysage, les sols sont très fragiles et l'action de défrichement suivie par un pâturage excessif provoque la disparition des espèces pérennes, la déstructuration et finalement la perte des sols par déflation (une zone très ventée). Les zones à risques très forts s'étendent sur 493 ha (47 % de la superficie totale de ce type paysager).

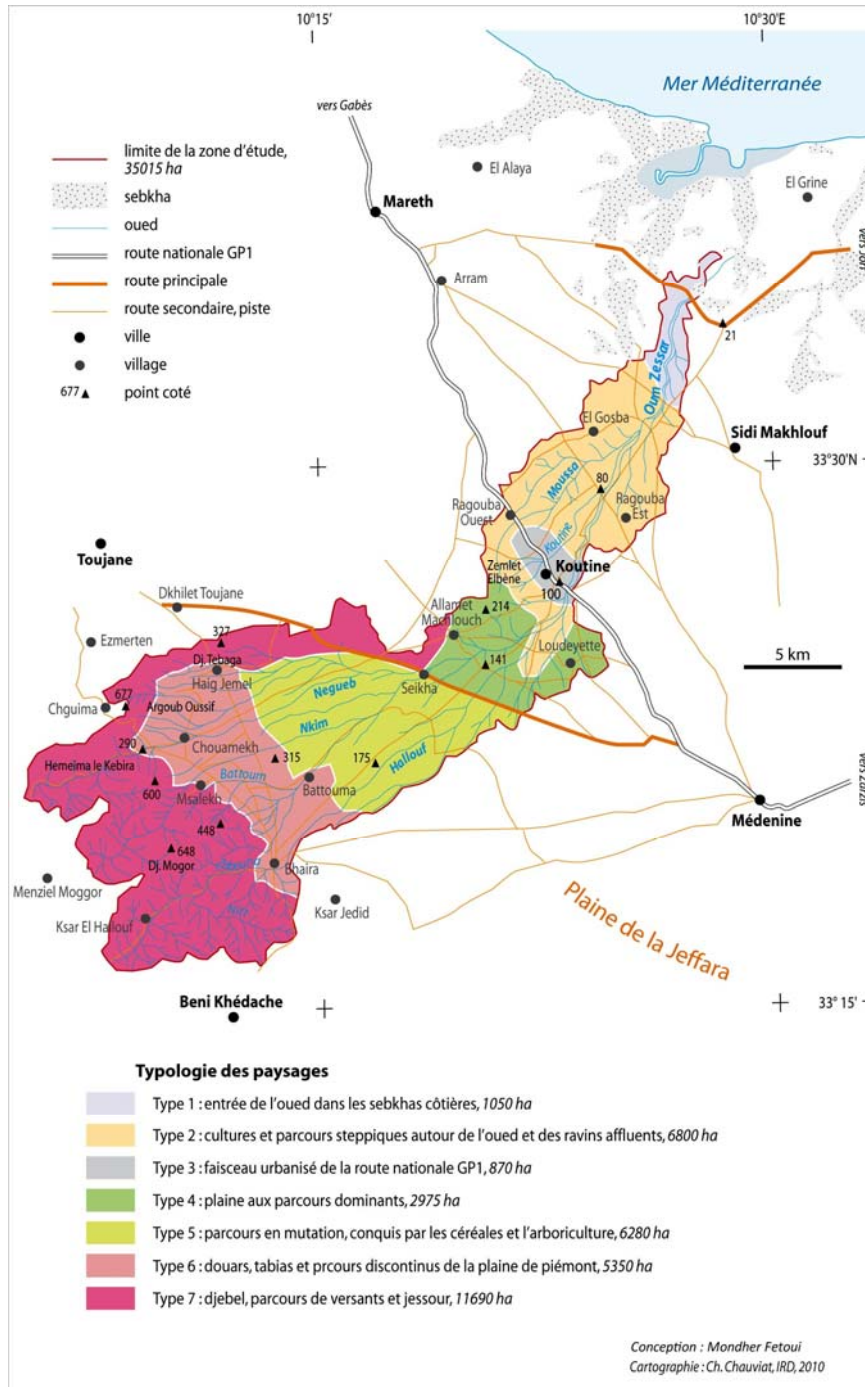
La situation sur le paysage 2 n'est pas aussi rassurante puisque 34 % des terres sont à risques forts (2312 ha) et 48 % à risques très forts (3264 ha). Les terres qui subissent des pressions faibles à moyennes peuvent facilement passer aux risques forts et très forts à cause de la fragilité des sols et la croissance démographique importante caractérisant ce type paysager. La dégradation dans ce type paysager se manifeste par une érosion régressive (incision sur les berges des oueds et recul de têtes de talweg), mais aussi un ensablement des tabias et des champs de culture.

Le paysage 4 préserve une quantité de phytomasse non prélevée considérable. Ceci lui confère une situation de loin plus rassurante que les autres types paysagers. Les terres, dont les prélèvements n'accèdent pas les 40 % de la disponibilité en phytomasse, s'étendent sur 80 % de la superficie totale de ce paysage. La forte pression sur les ressources ( $P/D \geq 40\%$ ) s'exerce sur les parties mises en cultures dans les ravinements et les affluents de l'oued Oum Zessar (20 % de la superficie totale du paysage 4, soit 600 ha). Ce paysage 4 représente une zone peu occupée par la population et peu exploitée en domaine d'arboriculture et de

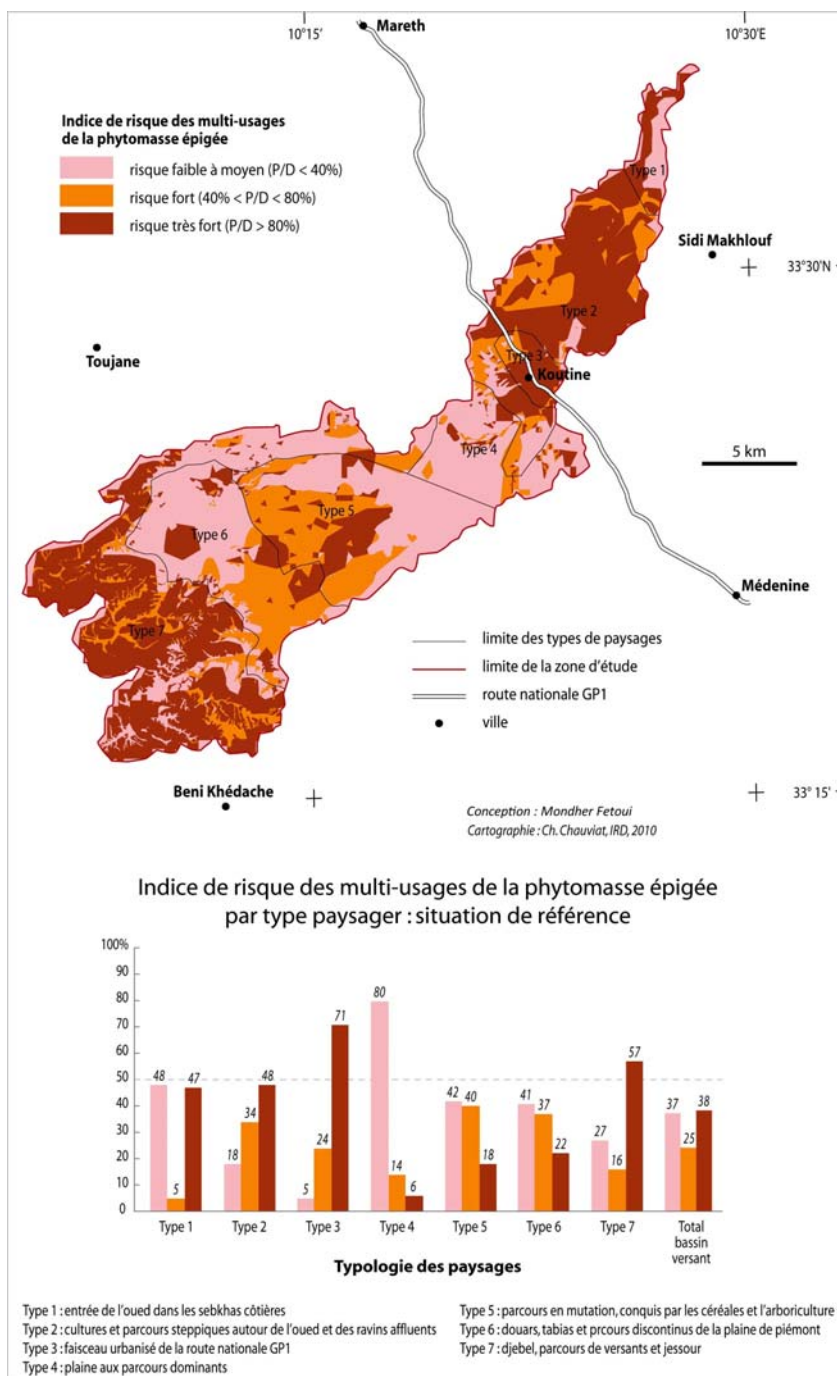
céréaliculture. L'action anthropique est alors limitée dans ce type paysager. Ceci explique l'état du couvert végétal qui est peu dégradé et l'intensité de l'ensablement qui est peu importante par rapport aux autres types paysagers. C'est un paysage où la dégradation n'est pas très accentuée.

Pour le cas du paysage 7, les terres qui ne subissent pas des pressions élevées sur leurs ressources sont celles qui sont localisées sur les hautes altitudes difficilement accédées par les éleveurs. Les terres des montagnes sont pour la plupart non aptes à la mise en culture sans confection d'aménagement de conservation des eaux et du sol. Ces contraintes font qu'une partie des terres de ce type paysager ne subissent pas des prélèvements importants (27 % de la superficie totale du paysage 7). Les parties caractérisées par un prélèvement important (risques forts à très forts) représentent 73 % de la superficie totale de ce type paysager (soit 8533 ha). Ces espaces sont généralement exposés à l'érosion hydrique à cause de leur morphologie (zones à pentes raides), du caractère torrentiel des pluies, mais aussi du faible entretien des aménagements de CES et du phénomène de migration. Les formes observées de ravinelements et de berges d'oueds déstabilisées confortent ces assertions.

Figure 5 : Répartition spatiale des types paysagers dans le bassin versant de l'oued Oum Zessar



**Figure 6 : Indice potentiel de risques des multi-usages de la phytomasse épiquée utilisable**



## Conclusion

Cette recherche a insisté sur la compréhension des coévolutions entre l'usage des ressources, la fragilité des ressources et l'alternance du climat, à travers une approche systémique « Climat-Homme-Espace-Ressource » (CHER) qui tend à prendre en compte tous les types d'interactions qui régissent au sein du fonctionnement de la désertification. Nous avons donc essayé de forger cette assise conceptuelle pour la compréhension des processus de désertification dans les zones arides tunisiennes. La conception de ce système est dans la continuité de travaux antérieurs de recherche qui ont traité les interactions « Homme-environnement » à travers divers projets spécifiques dans le sud tunisien.

Nous ne prétendons donc pas représenter la réalité, mais l'analyse du fonctionnement des interactions dynamiques du système CHER étudié va passer par la construction d'« un modèle de la réalité » (abstraction de la réalité). Ce modèle doit être capable d'assurer la gestion, l'exploitation et l'analyse de l'information biophysique et socioéconomique relative à un espace. Les dynamiques des interactions CHER et l'état de l'environnement sont décrits, en effet, par les manifestations de dégradation observables ou non dans le paysage. La confrontation de différentes perceptions et représentations des acteurs et des disciplines avec la réalité des paysages permet de mieux comprendre leur dynamique. Cette confrontation renvoie à une analyse en profondeur des modèles d'organisation des pratiques et des usages dans l'espace et dans le temps, sous contraintes du climat et de la disponibilité des ressources et de leurs effets sur la dégradation des terres. Le recours au paysage, en tant que source d'information et qu'outil polyvalent, s'est avéré une voie pertinente pour effectuer cette analyse approfondie.

Le modèle choisi pour permettre l'intégration des fonctionnements socioéconomiques et biophysiques à l'échelle locale est le SIEL. Ce modèle se base sur une approche pluridisciplinaire combinant des savoirs et des compétences relatifs aux sciences liées à l'étude des processus biophysiques et socioéconomiques de désertification et à la modélisation environnementale du point de vue thématique (géographie, écologie du paysage) mais aussi informatique, statistique et mathématique.

Les résultats de la modélisation SIEL, adaptée et appliquée au cas du bassin versant de l'oued Oum Zessar, ont montré que les processus et les risques forts à très forts de désertification sont bien présents dans la zone (sur 62 % de sa superficie totale). L'importance de ces risques diffère d'un type paysager à un autre, ainsi que la part respective des causes anthropiques et des conditions du milieu biophysique. Ceci permet aux politiques publiques de cibler et adapter leurs actions de lutte contre la désertification dans le territoire.

Malgré la panoplie d'informations que peut fournir ce modèle, il est considéré comme un processus lourd, car il est alimenté à partir d'un dispositif d'observation et nécessite un travail long au préalable afin de bien fournir toutes les données demandées. Néanmoins, de part la nature et la quantité des données nécessaires, il permet d'organiser le dispositif d'observation dans le cadre d'observatoires de l'environnement pour le développement durable.

D'autre côté, l'analyse par le paysage a permis de diagnostiquer la résultante des interactions en terme de risque de désertification à l'échelle territoriale afin d'être au plus prêt des préoccupations des politiques publiques et des gestionnaires des ressources. Les indices de risques proposés devraient aider les décideurs et les populations locales à prendre des mesures susceptibles de favoriser une intervention efficace de lutte.

Il faut noter ici que nous avons intégré ces acteurs en amont et en aval du travail du suivi et d'évaluation du paysage. Tout au long de la démarche d'évaluation du paysage, le dialogue est constant entre les paysages analysés et les évaluateurs du paysage, multidisciplinaires, multi acteurs.



Nous devons toutefois prendre du recul, mais aussi position quant à l'utilisation des modèles, comme le souligne H. Atlan (2010) pour les changements climatiques : « Les modèles... ne peuvent être que des hypothèses, mises en forme informatiques très sophistiquées mais pleines d'incertitudes quant à leur relation à la réalité ; et il en va de même des prédictions qui en sont déduites ». Dans ce sens, il insiste sur le problème de crédibilité de ces modèles et l'impact de l'utilisation de leurs résultats vis-à-vis de la réussite et de l'efficacité de l'application des mesures de précautions ou de restauration dans les projets de développement et de lutte contre problèmes environnementaux.

Notre cas d'utilisation du modèle SIEL pour l'élaboration des indices de risques de désertification, ne fait pas exception et certaines de ces incertitudes sont déjà enregistrées au fur et à mesure de l'application de ce modèle à notre zone d'étude. Ces résultats ne doivent donner, en aucun cas, des recommandations fermes pour une lutte durable contre la désertification, le but est bien de faciliter et orienter les décisions des politiques publiques dans leurs projets de lutte.

## Références

**Atlan H. 2010.** La religion de la catastrophe. *Le monde*, 27/03/2010, 2 p.

**Dérior P. 2008.** *L'approche paysagère : un outil polyvalent au service de l'approche opérationnelle et interdisciplinaire des problématiques environnementales* [en ligne]. 23 p. 1. Journées scientifiques ARPEnv "Interdisciplinarité et gestion environnementale : partage d'expériences autour de la psychologie environnementale", Université de Nîmes, 6 juin 2008, Nîmes (France). [consulté en février 2012].

[http://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00363625\\_v1/](http://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00363625_v1/)

**Fetoui M. 2011.** *Évaluer et suivre la désertification en zones arides tunisiennes pour accompagner l'aide à la décision : dynamiques interactives « Climat-Homme-Espace-Ressource » via les paysages* [en ligne]. Thèse Dr. d'Université, Géographie : Université Paul-Valéry Montpellier III, Montpellier (France). 441 p. [consulté en février 2012].

<http://www.biu-montpellier.fr/florabium/jsp/nnt.jsp?nnt=2011MON30007>

**Loireau M. 1998.** *Espace-Ressources-Usages : spatialisation des interactions dynamiques entre les systèmes sociaux et les systèmes écologiques au Sahel nigérien* [en ligne]. Thèse Dr. d'Université, Géographie : Université Paul-Valéry Montpellier III, Montpellier (France). 411 p. [consulté en février 2012].

<http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010018607>

**Loireau M., Laques A.-É., Dérior P., Callot y., Delaître E., Dessay N., Fargette M., Fetoui M., Mitja D., Neyra M., Sghaier M., Venard C., Wilson-junior G. 2009.** Des observatoires environnementaux plus souples et plus légers au service du développement des zones difficiles à l'heure de la mondialisation et du changement climatique : propositions méthodologiques et place du paysage. In : Khatteli H. (dir.), Sghaier M. (ed.). *Sociétés en transition et développement local en zones difficiles, DELZOD*. Djerba : LESOR. p. 393-406. Colloque international "Sociétés en transition et développement local en zones difficiles, DELZOD", 22-24 avril 2009, Djerba (Tunisie).

**Loireau M., Sghaier M., Ba M., Barriere C. 2004.** *Concepts et méthodes du SIEL-ROSELT/OSS : Système d'Information sur l'Environnement à l'échelle locale* [en ligne]. Montpellier : ROSELT. 74 p. (Collection ROSELT / OSS, Document Scientifique, n. 3). [consulté en février 2012].

<http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010036819>

**Loireau M., Sghaier M., Fetoui M., Ba M., Abdelrazik M., d'Herbès J.-M., Desconnets J.-C., Leibovici D., Debard S., Delaître E. 2007.** Système d'Information sur l'Environnement à l'échelle locale (SIEL) pour

évaluer le risque de désertification : situations comparées circum-sahariennes (réseau ROSELT) [en ligne]. *Sécheresse*, 01/10/2007, vol. 18, n. 4. p 328-335. [consulté en février 2012].

<http://www.jle.com/fr/revues/medecine/mca/e-docs/00/04/39/F6/resume.phtml>

**Ouessar M., Tâamallah H., Ouled Begacem A. 2006.** Un environnement soumis à des fortes contraintes climatiques. In : Genin D., Guillaume H., Ouessar M., Ouled Belgacem A., Romagny B., Sghaier M., Tâamallah H. (eds.). *Entre désertification et développement : la Jeffara tunisienne*. Tunis : Cérès éditions. p. 23-32.

**Sghaier M., Fetoui M., Tbib A. 2007.** Contribution à l'analyse des évolutions des systèmes "population-exploitation des ressources naturelles" dans l'observatoire de Menzel Habib (Sud-est de la Tunisie) [en ligne]. *Sécheresse*, 01/10/2007, vol. 18, n. 4, p. 321-327. [consulté en février 2012].

<http://www.jle.com/fr/revues/medecine/mca/e-docs/00/04/39/F5/article.md>