



## **L'oliveraie tunisienne face au changement climatique** **Méthode d'analyse et étude de cas pour le gouvernorat de Médenine**

# Sommaire

	Page
Liste des tableaux.....	2
Liste des figures.....	2
Liste des cartes.....	2
Préambule.....	5
<b>Première partie : L'approche méthodologique d'analyse de la vulnérabilité au CC.....</b>	<b>6</b>
1. Contexte d'application de l'approche.....	6
2. L'approche méthodologique pour l'analyse de la vulnérabilité au CC.....	10
3. Les exigences de l'approche méthodologique.....	16
4. Les limites de l'analyse de vulnérabilité.....	17
<b>Seconde partie : Résultats de l'application de l'approche d'analyse de la vulnérabilité du secteur oléicole au CC dans le gouvernorat de Médenine.....</b>	<b>20</b>
1. Contexte de l'étude : importance de l'oléiculture et risques climatiques dans le gouvernorat de Médenine.....	20
2. Présentation des principaux résultats de l'étude de vulnérabilité au CC de l'oléiculture dans le gouvernorat de Médenine.....	22
<b>Troisième partie : Discussion et perspectives.....</b>	<b>33</b>
1. Discussion et limites.....	34
2. Orientations pour une meilleure adaptation de l'oléiculture au CC.....	35
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>36</b>



## Liste des tableaux

<b>Tableau 1.</b> Evaluation de l'impact de la sécheresse (1999-2002) sur les oliviers au niveau du gouvernorat de Médenine (CRDA, 2002) .....	21
<b>Tableau 2.</b> Les stades de développement d'olive et Kc 1 valeurs dans le gouvernorat de Médenine.....	26
<b>Tableau 3.</b> Classe d'aptitude des terres à l'oléiculture dans le Gouvernorat de Médenine .....	27
<b>Tableau 4.</b> Principaux indicateurs de vulnérabilité sélectionnés et sources de données (cas du secteur oléicole dans le gouvernorat de Médenine).....	28
<b>Tableau 5.</b> Répartition de classes d'aptitude de sols à l'oléiculture dans la SAU du gouvernorat de Médenine (ha) .....	29

## Liste des figures

<b>Figure 1.</b> Élévation des températures (° C) moyennes annuelles du modèle HadCM3 (scénario A2) par rapport à la période de référence à l'horizon 2020 et à l'horizon 2050 .....	7
<b>Figure 2.</b> Baisse (%) des précipitations moyennes annuelles du modèle HadCM3 (scénario A2) par rapport à la période de référence à l'horizon 2020 (gauche) et à l'horizon 2050 (droite) .....	7
<b>Figure 3.</b> Schéma général de la vulnérabilité d'un système donné au changement climatique .....	10
<b>Figure 4.</b> Etapes de l'approche d'analyse de vulnérabilité au CC (ci:grasp/Tun) .....	11
<b>Figure 5.</b> Evolution des superficies et des productions oléicoles dans le gouvernorat de Médenine (Source : CRDA Médenine, 2010) .....	21
<b>Figure 6.</b> Pré-analyse de la chaîne d'impacts pour l'étude de cas tunisien .....	22
<b>Figure 7.</b> Carte des unités administratives du gouvernorat de Médenine .....	23
<b>Figure 8.</b> Diagramme d'influence semi structuré relatif au secteur oléicole dans le gouvernorat de Médenine.....	24
<b>Figure 9.</b> Diagnostic adopté de disposition (risque potentiel) pour le secteur oléicole dans le gouvernorat de Médenine .....	25
<b>Figure 10.</b> Les composantes du bilan hydrique considérées par le modèle BUDGET .....	27
<b>Figure 11.</b> Répartition (%) de classes d'aptitude de sols à l'oléiculture par rapport à la SAU du gouvernorat de Médenine (Scénarios : 2010, 2020, 2050) .....	29

## Liste des Cartes

<b>Carte 1.</b> Aptitude des sols à l'oléiculture par rapport à la SAU du gouvernorat de Médenine (Situation actuelle, 2010) .....	30
<b>Carte 2.</b> Aptitude des sols à l'oléiculture par rapport à la SAU du gouvernorat de Médenine (Situation projetée en 2020).....	30
<b>Carte 3.</b> Aptitude des sols à l'oléiculture par rapport à la SAU du gouvernorat de Médenine (Situation projetée en 2050) .....	31



## Préambule



La publication de la présente brochure sur «**L'oléiveraie tunisienne face au changement climatique : méthode d'analyse et étude de cas pour le gouvernorat de Médenine**» s'inscrit dans les activités du projet de coopération tuniso-allemande «Appui à la mise en œuvre de la convention cadre des nations unies sur le changement climatique» (CCC/GIZ) mis en œuvre par le Ministère de l'Environnement et la Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).

Cette étude est le fruit d'un partenariat mis en œuvre entre une équipe de chercheurs de l'IRA Médenine, les experts du projet CCC/GIZ et les services techniques du CRDA de Médenine en collaboration avec le 'Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK)' d'Allemagne. Il s'agit d'une étude pilote qui a adapté l'approche méthodologique développée par le PIK dans le cadre du projet «Impacts climatiques : Plateforme d'appui pour l'adaptation au niveau global et régional» connue sous le nom (CI:GRASP).

Ce travail a permis d'informer les acteurs concernés (autorités régionales, Commissariat Régional au Développement Agricole, offices, centres de recherche, Groupements de Développement Agricole, Organisations Non Gouvernementales, etc.) sur le développement d'approches méthodologiques pour l'étude de la vulnérabilité des écosystèmes et agrosystèmes face au changement climatique. Il a également mis en exergue l'intérêt de ce type d'étude pour la planification du développement dans une perspective d'adaptation au changement climatique. Le travail a également souligné que parmi les menaces qui risquent d'affecter sévèrement la durabilité des systèmes oléicoles, figurent la raréfaction et la dégradation des ressources en eau. Avec le changement climatique qui devrait entraîner une réduction des précipitations et une augmentation de la température, les menaces sur la durabilité des systèmes oléicoles risquent de connaître une aggravation. Les zones favorables pour l'oléiculture vont diminuer considérablement aux horizons 2030 et 2050.

Le travail a conclu que face à ces risques, il est nécessaire de mettre en place une stratégie d'adaptation de l'agrosystème oléicole dans la région qui tiendrait compte des recommandations suivantes :

- les plantations futures doivent tenir compte des cartes d'aptitude,
- le recours à l'irrigation de sauvetage ou d'appoint, dans les zones où il y a des ressources en eau disponibles, pourrait être très efficace pour maintenir et même améliorer le rendement des oliviers,
- le maintien et l'amélioration des pratiques de collecte des eaux (water harvesting) peuvent augmenter la résilience et l'efficacité dans les zones en relief ou d'épandage des eaux de crues.

En conclusion, nous souhaiterions remercier vivement les différentes personnes qui ont contribué à l'élaboration et à la publication du présent document tout en espérant que le produit de leurs efforts trouve un écho favorable auprès des lecteurs.

**Houcine KHATTELI**

Directeur Général de l'IRA Médenine

**Anselm DUCHROW**

Chef de mission du projet CCC/GIZ



# Première partie

## Approche méthodologique d'analyse de la vulnérabilité au CC







# Première partie

## Approche méthodologique d'analyse de la vulnérabilité au CC

### 1. Contexte d'application de l'approche

#### 1.1. Le Changement Climatique est devenu une préoccupation internationale et nationale

Le Changement Climatique à l'échelle planétaire est devenu désormais une réalité qui fait partie du quotidien du citoyen et des instances politiques aussi bien au plan international que national. Cette prise de conscience internationale et cette reconnaissance mondiale ont été confirmées depuis le Sommet de la terre à Rio en 1992, elles ont été couronnées par le sommet de Copenhague en décembre 2009.

En effet, les travaux du GIEC ont permis de mettre au point les bases scientifiques du changement climatique et des conséquences socio-économiques en termes d'adaptation, de vulnérabilité et d'atténuation. L'UNFCCC a mis en place un cadre global de l'effort intergouvernemental pour faire face au défi posé par le changement climatique. Elle reconnaît que le système climatique est une ressource partagée dont la stabilité peut être affectée par les émissions industrielles de gaz carbonique ainsi que d'autres gaz à effet de serre (GES).

Le Protocole de Kyoto, adopté le 11 Décembre 1997 à l'occasion de la troisième conférence des parties, a consolidé la convention en offrant un accord juridiquement contraignant qui oblige les pays industrialisés à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre de 5,2% en moyenne entre 2008 et 2012 par rapport à 1990.

Bien avant la ratification de l'UNFCCC en juillet 1993, et le Protocole de Kyoto en juin 2002, la Tunisie a consenti un effort continu dans la mise en œuvre de la Convention et a capitalisé des acquis importants notamment dans les domaines de la réalisation de l'inventaire et de la projection des émissions de GES, de l'évaluation du potentiel d'atténuation des émissions de GES pour les secteurs de l'énergie, l'agriculture, la forêt, les changements d'affectation des sols et les déchets ainsi que la réalisation des études de vulnérabilité et d'adaptation au changement climatique (Sghaier et al., 2009).

La période de sécheresse exceptionnelle qu'a connu la Tunisie entre 1999 et 2001 a accéléré la prise de conscience des pouvoirs publics de l'intérêt d'élaborer une stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture tunisienne et des écosystèmes au changement climatique.

C'est ainsi que des études nationales ont été élaborées dont les plus importantes concernent la stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture tunisienne et des écosystèmes au changement climatique (MARH et GTZ, 2007) et l'étude de la vulnérabilité environnementale et socio-économique du littoral tunisien face à une élévation accélérée du niveau de la mer due au changement climatique et de l'identification d'une stratégie d'adaptation (MEDD, 2008). De même la Tunisie a réalisé les stratégies d'adaptation des secteurs de la santé et du tourisme au changement climatique.

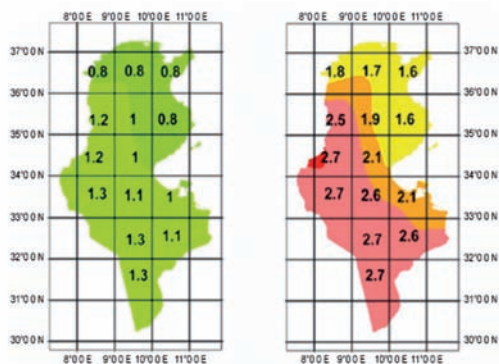
## 1.2. Les projections confirment le réchauffement planétaire et l'aggravation des conditions climatiques

A l'échelle planétaire, le GIEC confirme dans son 4<sup>ème</sup> rapport (GIEC, 2007) que le réchauffement climatique est sans équivoque. On note déjà, à l'échelle du globe, une hausse des températures moyennes de l'atmosphère et de l'océan, une fonte massive de la neige et de la glace et une élévation du niveau moyen de la mer. Onze des douze dernières années (1995-2006) figurent parmi les douze années les plus chaudes depuis 1850, date à laquelle ont débuté les relevés instrumentaux de la température à la surface du globe. Alors que, dans le troisième rapport d'évaluation, on estimait à 0,6 [0,4-0,8] °C la tendance linéaire du réchauffement entre 1901 et 2000, la valeur établie pour 1906-2005 atteint 0,74 [0,56-0,92] °C. L'élévation du niveau de la mer concorde avec le réchauffement. Sur l'ensemble de la planète, le niveau moyen de la mer s'est élevé de 1,8 [1,3-2,3] mm/an depuis 1961 et de 3,1 [2,4-3,8] mm/an depuis 1993, sous l'effet de la dilatation thermique et de la fonte des glaciers, des calottes glaciaires et des nappes glaciaires polaires.

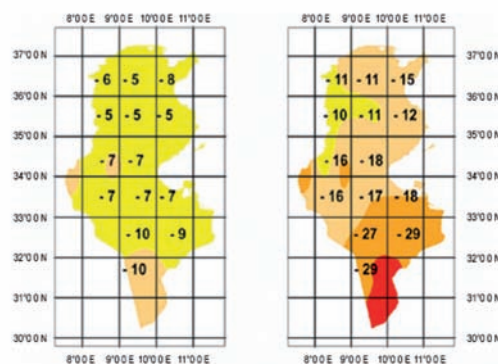
En Tunisie, les projections du modèle HadCM3, relatives aux scénarios moyens A2 et B2, révèlent une élévation générale des températures sur l'ensemble du pays de +1.1°C et de +2.1°C respectivement aux horizons 2020 et 2050.

Selon le scénario A2 à l'horizon 2020, trois zones peuvent être distinguées (Figure 1) :

1. la zone Nord, du Cap Bon et du Centre-Ouest où l'augmentation de la température moyenne est la plus faible (+0.8°C).
2. la zone Sud-ouest et de l'Extrême Sud où l'élévation des températures est la plus importante (+1.3°C).
3. la zone allant de la limite du Nord-Ouest au Sud-est (+1.0°C) où l'élévation de la température est moyenne.




**Figure 1.** Élévation des températures (°C) moyennes annuelles du modèle HadCM3 (scénario A2) par rapport à la période de référence à l'horizon 2020 (gauche) et à l'horizon 2050 (droite)



**Figure 2.** Baisse (%) des précipitations moyennes annuelles du modèle HadCM3 (scénario A2) par rapport à la période de référence à l'horizon 2020 (gauche) et à l'horizon 2050 (droite)





Le scénario B2 indique des tendances identiques bien que des élévations légèrement supérieures soient constatées (+0.9°C à +1.5°C). A l'horizon 2050, la tendance à la hausse de température s'accroît, allant de +1.6°C au Nord à +2.7°C au Sud.

L'examen des variations saisonnières montre que les températures estivales augmentent plus fortement (+0.9°C à +1.6°C) et les températures hivernales plus faiblement (+0.7°C à +1.0°C) à l'horizon 2020.

Concernant les précipitations, le modèle montre une tendance générale à la baisse aux horizons 2020, elle est estimée pour les scénarios A2 et B2 respectivement à -5% et -4% au Nord, à -8% au Cap Bon et Nord-Est et à -10% et -8% à l'extrême Sud. A l'horizon 2050, la baisse des précipitations s'accroît, elle varie alors de -10% au Nord-Ouest à -30% à l'extrême Sud. Trois zones se différencient : l'extrême Ouest du pays connaît une faible diminution des précipitations (-10%), le Sud subit une plus forte baisse (-27%) comparativement au reste du pays dont la quantité de précipitations baisse de -12% à -16% (Figure 2). Au niveau des variations saisonnières, l'hiver connaît la plus faible diminution des précipitations (0 à -7%) alors que l'été subit la baisse la plus forte (-8% à -40% du Nord à l'extrême Sud) à l'horizon 2020. Les variations saisonnières sont généralement identiques à l'horizon 2050.


### 1.3. Le changement climatique aura de sérieux impacts sur les conditions socio économiques et environnementales

Selon l'étude nationale (MARH et GTZ, 2007), le changement climatique en Tunisie aura de sérieux impacts sur les conditions socio économiques et environnementales. Par ailleurs, la hausse du niveau de la mer aura des conséquences sur le littoral, les réserves d'eau potable, les zones humides côtières et les eaux souterraines adjacentes, en particulier par l'augmentation de leur salinité.

**Les ressources en eau** conventionnelles diminueront d'environ 28% à l'horizon 2030 sous l'influence du changement climatique. Cette diminution sera localisée au niveau des nappes phréatiques de fortes salinités, des nappes littorales et des nappes contenant des eaux non renouvelables. La diminution des eaux de surface avoisinera 5% à l'horizon 2030. (Gafrej et Yaalaoui, 2007).

**Les écosystèmes** verront leur résilience affaiblie par la pression humaine et seront mis en danger face au changement climatique. Les conséquences iront de la dégradation des sols à un déclin des produits traditionnels en passant par un appauvrissement des services écologiques, par exemple la protection des ressources en eau et des sols.

Au nord du pays, à cause de l'augmentation des températures et de l'inflammabilité des biomasses, le risque de grands incendies s'accroîtra et pèsera sur la disponibilité des ressources en eau (réserves et réseaux de distribution), sur le patrimoine (destruction de biens) et sur la population (insécurité).



Au sud du pays, l'équilibre des écosystèmes sera fortement perturbé (Ben Salem et al., 2009) sous l'effet des sécheresses consécutives. Les impacts d'une sécheresse climatique sont d'autant plus néfastes que les écosystèmes sont plus fragilisés par les perturbations anthropiques (Teague et al., 2004). L'état de dégradation s'accroîtra, la physionomie des écosystèmes subira des changements profonds. L'alfa (*Stipa tenacissima* L.) sera à titre d'exemple menacée de disparition au niveau des chaînes des Matmatas en raison de la mortalité massive de ses touffes (A.O Belgacem, 2010). D'autres espèces envahissantes à l'instar de *Diptotaxis harra* semble plus favorisées par l'impact du changement climatique.

**Selon l'étude de** la stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture tunisienne et des écosystèmes au changement climatique, le secteur agricole et les agro systèmes subiront des impacts du CC comme suit :

- les superficies des céréales accuseront une baisse respective de 16% (de 1229000 ha à environ 1027000) et de 20% à l'horizon 2010 et 2030.
- les superficies oléicoles connaîtront une baisse de 40% environ en 2016 (de 1568000 ha à 941000 ha).
- la production céréalière en sec va décroître de 42% et de 44% respectivement en 2016 et en 2030. Elles passeraient respectivement de 2009450 tonnes à 1169450 tonnes, et de 1971720 à 1095610 tonnes.
- la production oléicole passerait de 815920 tonnes à 391640 tonnes en 2016 et de 856710 tonnes à 411220 tonnes en 2030, soit une baisse de 52%.
- la production de viande (en vif) accuserait finalement une baisse de 33 à 66%, en fonction de l'espèce animale. En cas de scénario d'ouverture économique rapide, l'effet de la sécheresse s'accompagnerait d'une baisse de la production des céréales, en pluvial, à concurrence de 42% en 2016 et de 44% en 2030. La production oléicole en sec accuserait une baisse de 52% pour les deux horizons. La production animale diminuerait de 34% en 2016, contre une baisse de 36 à 49%, respectivement, pour les espèces ovines et caprines.
- le PIB agricole va connaître lui aussi une réduction de 3191 à 2512 MDT et de 3294 à 2547 MDT respectivement en 2016 en 2030, en cas du scénario 1 (ouverture lente). Dans le cas du scénario 2, le PIB agricole diminuerait d'environ 21% et 22,5% respectivement en 2016 (3213 à 2'564 MDT) et en 2030 (de 3161 à 2567 MDT) (Bachta et al, 2007).



## 2. L'approche méthodologique pour l'analyse de la vulnérabilité au CC

### 2.1. Concepts de base

Avant de procéder à la présentation de la méthodologie pour les analyses de vulnérabilité, il convient d'introduire quelques concepts de base tels que définis par l'IPCC :

**Vulnérabilité** : Mesure dans laquelle un système est sensible - ou incapable de faire face - aux effets défavorables des changements climatiques, y compris la variabilité du climat et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité est fonction de la nature, de l'ampleur et du rythme de la variation du climat à laquelle le système considéré est exposé, de la sensibilité de ce système et de sa capacité d'adaptation.

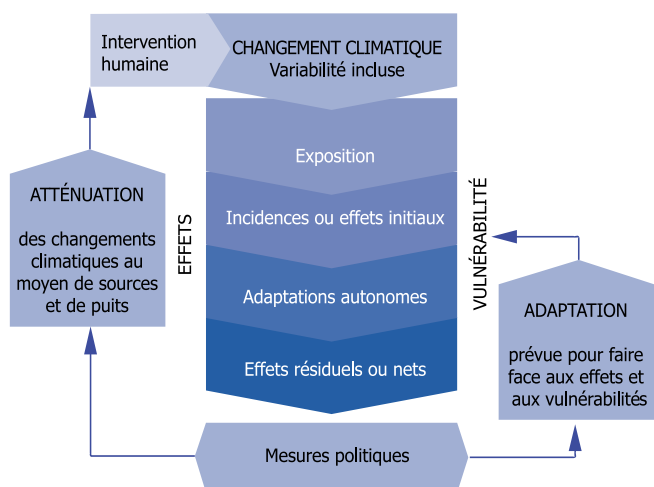
**Sensibilité** : Proportion dans laquelle un système est influencé, favorablement ou défavorablement, par des stimuli liés au climat. Ces stimuli englobent tous les éléments liés aux changements climatiques, dont les caractéristiques climatiques moyennes, la variabilité du climat, la fréquence et l'ampleur des extrêmes. Les effets peuvent être directs (par exemple une modification des rendements agricoles due à un changement de la valeur moyenne, de l'amplitude ou de la variabilité de la température) ou indirects (par exemple des dommages causés par la fréquence accrue des inondations de zones côtières dues à l'élévation du niveau de la mer).

**Capacité d'adaptation** : Capacité d'un système de s'adapter aux changements climatiques (notamment à la variabilité du climat et aux phénomènes extrêmes), de façon à atténuer les dommages potentiels, à tirer parti des possibilités offertes et à faire face aux conséquences.

### 2.2. Cadre analytique de l'approche

L'approche méthodologique d'analyse de la vulnérabilité au CC se base sur le cadre analytique de «l'approche archétype». Il s'agit d'une approche intermédiaire reliant les conditions locales et globales au titre des relations sans équivoque. Elle a été inspirée de «l'approche du syndrome» utilisée pour analyser les interactions homme - environnement et leur dynamique (Lüdeke et al., 2004, Petschel-Held et al., 1999). Elle permet d'étudier les liens entre les facteurs dans un secteur donné, influencé par des facteurs de stress multiples (figure 3).

**Figure 3.** Schéma général de la vulnérabilité d'un système donné au changement climatique



Comme le révèle la figure 3, la vulnérabilité d'un système donné est conditionnée par les effets de l'intensité de son exposition au CC et de ses capacités d'adaptation dites autonomes ou intrinsèques. Afin de réduire les effets négatifs et la vulnérabilité du système, l'action (à travers les mesures politiques, plans d'action et stratégies d'intervention) distingue deux voies possibles : l'adaptation du système lui-même et l'atténuation du CC à travers la réduction des interventions humaines à effet de serre (réduction des émissions de CO<sub>2</sub>).



## 2.3. Objectifs et finalités de l'approche

La méthodologie d'analyse de la vulnérabilité face au changement climatique a une triple finalité :

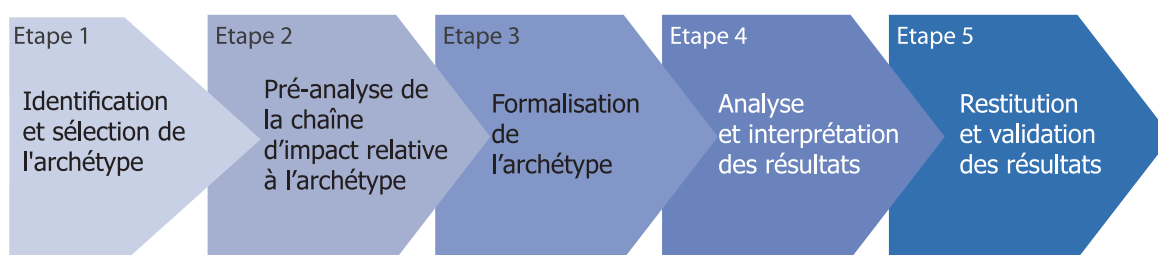
1. Evaluer les risques et niveaux de vulnérabilité des agro et écosystèmes face aux effets du changement climatique
2. Mettre à la disposition des décideurs et acteurs nationaux et régionaux des informations et scénarios potentiels pour l'évolution attendue des agro et écosystèmes dans un contexte de changement climatique
3. Mettre à la disposition des acteurs nationaux et régionaux des outils d'aide à la décision en vue de définir et mettre en œuvre des mesures d'adaptation des agro et écosystèmes au changement climatique

En plus de l'appui que ces analyses peuvent apporter aux décideurs et acteurs concernés par la protection des agro et écosystèmes face au changement climatique, l'exercice de développement de la méthodologie d'analyse de vulnérabilité vise le renforcement des capacités et des expertises des opérateurs techniques en charge des politiques de développement.

Par ailleurs, le développement des méthodes d'analyse de la vulnérabilité s'inscrit dans la dynamique d'opérationnalisation des stratégies nationales d'adaptation au CC notamment celle du secteur agricole. En effet, la mise en œuvre d'une telle stratégie qui a mis en exergue les risques de vulnérabilité de certains agro et écosystèmes face au changement climatique, a réellement besoin d'analyses plus détaillées que celles réalisées au niveau national et ce afin de pouvoir identifier des mesures d'adaptation efficaces.

## 3.3. Les étapes de l'approche

L'approche méthodologique d'analyse de la vulnérabilité au CC a été mise en œuvre suivant cinq principales étapes menées d'une manière intégrée comme l'indique la figure 4.



**Figure 4.** Etapes de l'approche d'analyse de vulnérabilité au CC (ci:grasp/Tun)

### Etape 1 : Identification et sélection de l'archétype

Cette étape est cruciale dans la mesure où elle permet d'identifier et de sélectionner l'archétype qui constituera le cas d'étude pertinent par rapport aux préoccupations nationales et locales en termes de vulnérabilité au CC. La pertinence du choix de l'archétype devra être mise en évidence aux plans notamment politique, socio économique, environnemental et institutionnel. C'est cette pertinence du choix de l'archétype qui devra par la suite justifier la mobilisation des moyens et des partenaires pour la mise en œuvre des études nécessaires.

Dans cette étape, il faut bien préciser le(s) secteur(s) concerné(s), le(s) territoire(s) cible(s), la délimitation des contours de l'archétype, la détermination de son étendue spatiale et temporelle, les relations caractéristiques avec le CC, le niveau de vulnérabilité du secteur, les stimuli climatiques et les déterminants du fonctionnement du système socio économique. Tout cet effort de stimulation de la réflexion est nécessaire pour enrichir le canevas des hypothèses et approfondir la compréhension afin d'avoir une vision claire sur l'archétype et la pertinence des questions soulevées vis à vis de sa vulnérabilité au CC.

Le choix d'un archétype prioritaire à étudier devra répondre à un ensemble de critères de pertinence comme par exemple :

- importance de l'archétype au niveau national et local,
- diversité des modes de vulnérabilité à l'échelle spatiale et aux niveaux des systèmes de production,
- disponibilité et accès aux données et information statistiques,
- faisabilité technique de l'analyse.

## **Etape 2 : Pré-analyse de la chaîne d'impacts relative à l'archétype**

### **1. Cadre analytique général**

L'étape 2 de l'approche consiste à élaborer une pré-analyse de la chaîne d'impacts, illustrée par la figure 6 (cf. partie II, section 2), qui se traduit par l'analyse des interactions entre quatre principales composantes. La première identifie le type de stimulus climatique pouvant être sélectionné pour l'étude et le modèle climatique régional pour générer le stimulus climatique. La deuxième composante définit les indicateurs utilisés pour représenter la fourchette d'adaptation du système (vulnérabilité du secteur). La troisième composante consiste à comprendre la relation entre l'impact du climat et la vulnérabilité, nécessaire pour évaluer les risques climatiques actuels. La quatrième composante s'attache à évaluer les changements futurs des stimuli climatiques et la vulnérabilité sous l'effet de différents scénarios ou interventions nécessaires pour évaluer les risques climatiques futurs.

Les principales composantes de la chaîne d'impacts sont décrites dans les sections qui suivent.

### **2. Définition de l'Unité d'Exposition**

L'unité d'exposition (UE) est identifiée comme étant une spéculation agricole dans un territoire donné. Autrement dit l'UE est définie par rapport au poids économique de la spéculation par la suite elle est définie par rapport à l'envergure spatiale et territoriale de la spéculation. A ce propos, la pertinence de l'échelle spatiale est jugée par rapport à l'unité de décision et de planification et par rapport à la disponibilité des données à l'échelle considérée. Ainsi par exemple, le traitement d'une spéculation (secteur oléicole par exemple) à l'échelle nationale est certainement très pertinent par rapport aux considérations macroéconomiques mais nécessite des moyens et des efforts très importants qui sont parfois non disponibles.

### **3. Identification et définition des Stimuli climatiques**

Il s'agit d'effectuer une analyse des stimuli climatiques qui influencent le système socio économique et environnemental caractérisant l'archétype. Ces stimuli doivent répondre dans la mesure du possible aux exigences de validation scientifique et politique. Pour le cas de la Tunisie, les résultats des stratégies nationales d'adaptation au CC peuvent servir comme base pour l'étude de l'archétype choisi. En Tunisie, la stratégie nationale d'adaptation du secteur agricole au CC (MARH et GIZ, 2007) a adopté le modèle HadCM3.



Les scénarios moyens A2 et B2 ont été sélectionnés pour effectuer des projections pour le court (2030) et le long terme (2050). Le modèle utilise également des grilles de résolution spatiale de  $0,5^\circ \times 0,5^\circ$  ce qui représente des pixels de 55 km x 55 km. Le résultat est une prédiction des précipitations mensuelles et de température pour chaque pixel.

En général, la démarche comporte les étapes suivantes :

- 1) Inventaire et exploration des études et des modèles climatiques disponibles
- 2) Constitution d'une base de données climatiques et des modèles
- 3) Choix du modèle climatique approprié

#### 4. Identification des acteurs et populations cibles

Comme le montre la figure 6 (Partie II, section 2), il faut également identifier les acteurs et populations cibles relatifs à l'UE. Une caractérisation socio économique et une analyse institutionnelle sont en général utiles pour bien définir l'UE.

#### 5. Identification des impacts directs

La chaîne d'impact précisera les impacts directs des stimuli climatiques sur les composantes biophysiques et productives dans l'UE. Pour le cas d'un archétype agricole telle que l'oléiculture les impacts directs sont analysés à trois niveaux : agronomiques (important changement du rendement et de la productivité, réduction de la superficie appropriée, limitation des superficies cultivées, perte de superficie oléicole, diminution de la production, baisse de la qualité et perte relative de compétitivité), édaphiques (dégradation des sols) et de l'écosystème (couvert végétal).

#### 6. Identification des impacts indirects

Les impacts indirects des stimuli climatiques sont considérés au niveau de la société. Comme le montre la figure 6, les impacts les plus importants auront une incidence indirecte sur le revenu agricole, les systèmes de production, les migrations, le nombre d'agriculteurs, la compétitivité du secteur, etc.

#### 7. Identification des mesures d'adaptation

A la suite des analyses de vulnérabilité relatives aux différentes situations (situation de référence, scénario climatique 2020 et scénario climatique 2050), les mesures d'adaptation correspondantes seront identifiées en concertation avec les partenaires concernés par le secteur de production agricole concerné (figure 5). Ces mesures seront identifiées :

- **par type d'acteurs :**
  - Institutions nationales (Ministères et organismes concernés)
  - Institutions régionales (services techniques, organismes de développement, établissements de recherche...)
  - Opérateurs privés (unités industrielles...)
  - Organisations socio-professionnelles et organisation de base.
- **par type d'instruments**
  - Institutionnel/légal
  - Financier (subvention, crédit)
  - Communication/information
  - Encadrement et formation

Dans la mesure du possible, les impacts et les effets des mesures d'adaptation seront également identifiés. La concertation et la validation des résultats des analyses de vulnérabilité ainsi que l'identification des mesures d'adaptation et leurs impacts sont à prévoir également dans le cadre des analyses de vulnérabilité.



## **Etape 3 : Formalisation de l'archétype**

### **1. Problématisation et élaboration du diagramme d'influence semi structuré**

Au cours de cette étape, la réflexion et l'analyse du problème seront approfondies moyennant une analyse fonctionnelle permettant la formalisation spécifique de l'archétype. Cette formalisation est traduite par le «diagramme d'influence semi structuré» qui permet d'analyser le fonctionnement du système et l'identification des interrelations entre ces principales composantes et le secteur ciblé par l'analyse de vulnérabilité.

### **2. Elaboration du diagnostic adopté de disposition (risque potentiel)**

La formalisation de l'archétype se poursuit à travers l'élaboration du diagramme du «diagnostic de disposition (risque potentiel)» qui constitue en quelque sorte le modèle théorique d'analyse de vulnérabilité qui sera appliqué à l'archétype. Il définit les variables et les paramètres à prendre en considération dans les inputs (notamment les stimuli climatiques et les paramètres biophysiques et socioéconomiques) et les indicateurs d'outputs (indicateurs de vulnérabilités) tout en précisant les relations et combinaisons possibles. Le diagramme intègre également les scénarios climatiques sous forme de «stressors» (paramètres pour réaliser les chocs climatiques).

### **3. Identification des outils d'analyse**

Après avoir défini le modèle théorique d'analyse de la vulnérabilité au CC, les outils appropriés d'analyse seront identifiés pour leur application ultérieure. Les outils statistiques usuels (Excel, SPSS, etc.), les modèles biophysiques, les modèles bioéconomiques, les outils d'analyse spatiale et les modèles intégrés peuvent être mis à profit selon les exigences et les circonstances de l'analyse.

Par exemple dans l'évaluation de la vulnérabilité au changement climatique du secteur oléicole, l'analyse est réalisée grâce à l'utilisation du modèle de bilan hydrique (BUDGET) et les outils SIG pour la superposition et l'analyse spatiale de plusieurs couches (cartes), soient extraites de la carte agricole soient créées ou adaptées.

### **4. Identification des indicateurs / source de données**

Comme décrit précédemment, la vulnérabilité est étroitement liée à une gamme de facteurs environnementaux, physiques, sociaux et économiques se rapportant aux problèmes de développement à des échelles multiples. Evidemment, le modèle théorique adopté conditionnera l'élaboration des indicateurs pertinents à calculer et les données nécessaires à l'application des modèles et des outils méthodologiques suivant l'échelle spatio-temporelle appropriée. Les indicateurs peuvent être subdivisés en deux grandes sous-classes : indicateurs biophysiques (environnementaux, physiques / indicateurs d'infrastructures) et indicateurs socio-économiques (sociaux, économiques et humains).

#### Etape 4 : Analyse et interprétation des résultats

Cette étape est consacrée à trois opérations principales complètement intégrées et interconnectées :

1. Collecte et mise en forme des données en vue de la constitution d'une base de données spécifique à l'archétype. Il est recommandé de mettre de œuvre cette opération d'une manière concertée avec l'implication active des partenaires fournisseurs et utilisateurs de ces données.
2. Application des outils et méthode d'analyse, élaboration et interprétation des résultats obtenus.
3. Calibrage et adaptation des résultats

#### Etape 5 : Restitution des résultats

Cette étape est réservée à la restitution des résultats aux partenaires et acteurs concernés. Les réactions et observations des participants seront enregistrées attentivement afin des les valider collectivement. Ainsi, elles pourront être prises en considération dans la phase d'amélioration pour la validation finale.

Trois principales opérations pourront être envisagées :

1. Restitution des résultats aux partenaires et acteurs
2. Amélioration, calibrage et adaptation finales : retour à l'étape de collecte et affinement des données, réalisation de nouvelles analyses et nouveaux calibrages des résultats.
3. Restitution élargie et validation finale : les résultats adaptés sont alors restitués aux partenaires et acteurs concernés en vue de leur validation. Il n'est pas exclu de procéder à de nouvelles itérations si nécessaire jusqu'à la validation finale des résultats.



### 3. Les exigences de l'approche méthodologique

L'application de l'approche méthodologique pour l'analyse de la vulnérabilité au CC a fait ressortir des enseignements en termes d'exigences tant sur le plan technique que sur le plan du partenariat.

#### 3.1. Exigences sur le plan technique

La nécessaire pluridisciplinarité : au vu de son caractère complexe et multidimensionnel, l'approche exige d'adopter une démarche pluridisciplinaire et intégrée. Une équipe pluridisciplinaire regroupant un certain nombre de profils doit être mise en place. L'originalité de l'approche réside dans le fait qu'elle pousse réellement l'équipe des spécialistes à une meilleure intégration de leurs concepts et outils pour tendre vers l'interdisciplinarité. L'équipe pourrait regrouper en plus des spécialistes en modélisation climatique et environnementale et en système d'information environnementale et géographique (SIG et SIE), des spécialistes matières appropriés par rapport aux besoins méthodologiques et conceptuels de la question centrale de l'archétype (secteur concerné, etc.) pour mener à bien l'analyse de vulnérabilité. Ces spécialistes matières doivent couvrir par exemple pour le secteur agricole des disciplines telles que l'économie de l'environnement, l'écologie, la bioclimatologie, l'hydrologie, l'agronomie. Si les secteurs sont par exemple le tourisme, l'énergie, la santé ou le littoral, des spécialistes matières concernés seront invités à rejoindre l'équipe.

**Recours à l'approche systémique** : le recours à l'approche systémique constitue une exigence de base de l'analyse de vulnérabilité. L'appréhension des systèmes complexes nécessite ce type d'approche qui privilégie la prise en compte des interactions des composantes et des éléments du système plutôt qu'une prise en compte fragmentée des éléments. Ceci ne pourrait en aucun cas occulter l'intérêt de l'approche analytique, qui sera sans doute utile mais pas suffisante.

**Nécessité des approches spatiales et dynamiques** : le recours aux outils d'analyses spatiale et dynamique est fortement conseillé afin de répondre aux exigences des études prospectives et territoriales.

**Exigences en termes de compétences et développement de capacités** : Il va sans dire que les exigences en termes de compétences et de capacités requises dans le domaine des analyses de vulnérabilité au CC sont des préalables pour l'efficacité et la réussite de l'équipe pluridisciplinaire. Des sessions de développement de capacités pourront être envisagées en cas de besoins et constituera une étape préliminaire à l'initiation des analyses de vulnérabilité.

**Processus non linéaire de déroulement de l'approche** : le processus de déroulement de l'approche d'analyse de vulnérabilité au CC ne devra pas être pris comme un processus linéaire et ce en dépit de la présentation de l'approche sous forme de succession d'étapes. Il faut plutôt le prendre comme un processus interactif non linéaire et itératif. Afin de respecter l'impératif de perfectibilité de l'approche, le va et vient entre les étapes est parfois exigé ou souhaité. Par exemple l'interaction et l'itération entre l'étape 5 (restitution et validation) et les autres étapes notamment l'étape 4 (analyse des résultats) sont évidentes pour arriver à des résultats adoptés et acceptés par les partenaires et acteurs.

**Exigences par rapport à la pertinence de l'archétype et la délimitation de ses contours et de son envergure** : l'archétype doit répondre à plusieurs niveaux de pertinences : pertinence de l'échelle spatiale et territoriale par rapport à la disponibilité des données à cette échelle, pertinence par rapport aux centres décisionnels et rôles des acteurs.



**Exigences par rapport à la validation scientifique et politique des outils et des stimuli climatiques :** il est impératif de se conformer, dans la mesure du possible, aux exigences de validation scientifique et politique des méthodes et des stimuli climatiques proposés. Ceci est important vu les conséquences qui peuvent découler de la validation et approbation des résultats des analyses.

### 3.2. Exigences sur le plan du partenariat

La réussite de l'approche d'analyse de vulnérabilité dépend également de la mise en place d'un processus partenarial avec les acteurs et partenaires concernés. Ce processus doit être respecté tout le long de l'application de l'approche et pendant toutes les étapes, dès l'identification de l'archétype qui devra répondre à une priorité et préoccupation réelle de la société jusqu'à l'étape de validation des résultats. Le caractère «Multi acteurs» de l'approche exige l'implication de tous les acteurs concernés par l'archétype aussi bien nationaux que locaux.

## 4. Les limites de l'analyse de vulnérabilité

L'approche méthodologique d'analyse de la vulnérabilité comporte des limites dont :

### **Limites inhérentes aux difficultés du choix de l'archétype :**

la pertinence du choix d'un archétype nécessite de définir et de répondre à un canevas de critères multiples. La conciliation entre l'ensemble des critères n'est pas toujours facile.

### **Limites inhérentes à la délimitation de l'unité d'exposition :**

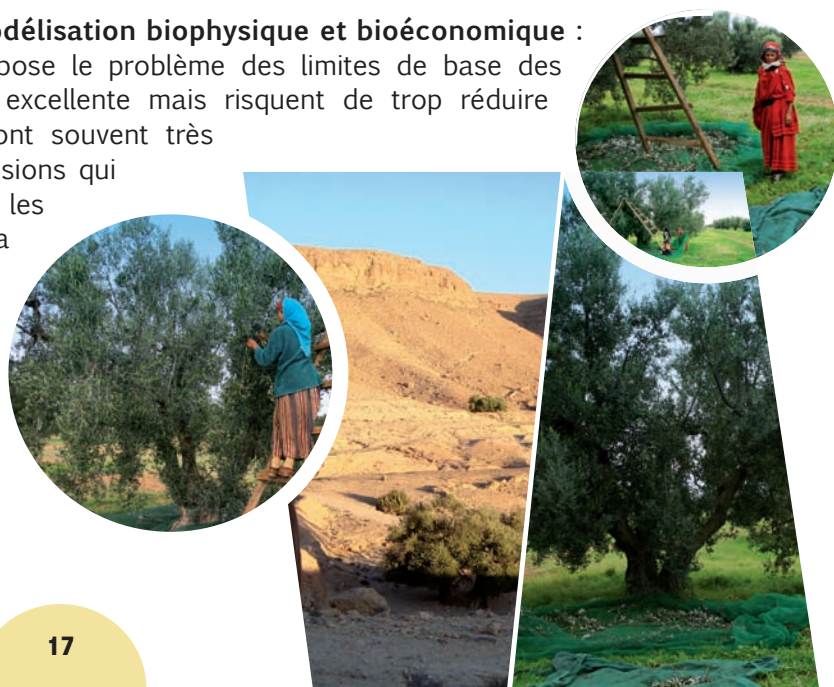
cette tâche n'est pas toujours facile et pourrait donner l'impression qu'elle se fait d'une manière artificielle. En effet, il est difficile d'isoler le secteur ou le territoire d'application au vu des interactions avec les autres secteurs et/ou les autres territoires. Une autre limite est inhérente au secteur lui-même, s'agit-il de considérer le secteur de production ou d'étendre l'analyse à la filière toute entière, y compris la transformation, la commercialisation et l'exportation?

### **Limites inhérentes aux projections climatiques :**

Les résultats obtenus par les modèles climatiques sont très différenciés d'un modèle à un autre. Ceci est probablement dû à une double limitation : les limites de conception des modèles proprement dits et les limites liées aux échelles d'application (qui restent très globales) et au manque voire même absence de données avec la qualité requise.

### **Limites inhérentes au recours à la modélisation biophysique et bioéconomique :**

le recours à ce type de modélisation pose le problème des limites de base des modèles qui offrent une formalisation excellente mais risquent de trop réduire et simplifier la réalité. Ces modèles sont souvent très demandeurs de données avec des précisions qui ne sont pas toujours offertes pour tous les archétypes à étudier. A titre d'exemple, la physiologie des arbres et la phénologie, la production, les contraintes socio-économiques, les marchés, etc. n'ont pas été pris en compte dans un archétype test (oléiculture).



**Limites inhérentes à l'extrapolation et à la généralisation des résultats :**

au vu de la complexité des archétypes, il est difficile d'admettre l'extrapolabilité et la généralité des résultats.

**Limites inhérentes aux difficultés de la mise en place des approches intégrées, systémiques et multidisciplinaires :**

ces difficultés sont d'ordre conceptuel et méthodologique, d'ordre opérationnel quant à la constitution de l'équipe multidisciplinaire avec les profils indiqués et avec les qualités requises

**Limites inhérentes aux difficultés de valorisation des résultats par les acteurs de développement :**

au vu de l'ensemble des limites conceptuelles, méthodologiques et opérationnelles, des difficultés surgissent lorsqu'on cherche à opérationnaliser et valoriser les résultats via la mise en œuvre sur le terrain de stratégies d'adaptation au CC. Par conséquent, un débat sérieux doit être engagé entre les partenaires et les centres décisionnels quant aux opportunités et aux conditions requises pour assurer aux études de vulnérabilité au CC la valorisation et l'adoption politique et sociale par les acteurs de développement.



## Seconde partie

### Résultats de l'application de l'approche d'analyse de la vulnérabilité du secteur oléicole au CC dans le Gouvernorat de Médenine



## Seconde partie

Résultats de l'application de l'approche d'analyse de la vulnérabilité du secteur oléicole au CC dans le Gouvernorat de Médenine

La présentation synthétique des résultats de l'analyse de la vulnérabilité du secteur oléicole au changement climatique dans le gouvernorat de Médenine comportera trois sections :

- Une présentation du contexte agroclimatique de l'étude,
- Une présentation des principaux résultats de l'étude,
- Une indication pour la valorisation des résultats de l'étude par les acteurs régionaux et locaux.

### 1. Contexte de l'étude : importance de l'oléiculture et risques climatiques dans le gouvernorat de Médenine

Le patrimoine oléicole tunisien est estimé à environ 60 millions de pieds couvrant une superficie d'environ 1,6 millions d'hectares, ce qui confère à la Tunisie le sixième rang mondial en nombre d'arbre et le deuxième rang en superficie exploitée par l'olivier. En matière de production d'huile d'olive, la Tunisie occupe le quatrième rang mondial après l'Espagne, la Grèce et le Portugal avec une production moyenne annuelle de l'ordre de 17 280 tonnes soit 8,3% de la production mondiale.

La politique agricole tunisienne accorde un grand intérêt pour l'olivier et son expansion. Ainsi, durant les vingt dernières années, on a enregistré des extensions oléicoles grâce à des nouvelles plantations sur environ 31 500 hectares, soit une extension annuelle de la superficie oléicole de 16 000 ha. Ces actions de soutien se sont traduites par une hausse progressive et continue de la production d'huile d'olive. En 1998, la production avait atteint 1550 milles tonnes, mais ceci n'empêche pas l'existence des campagnes où la production annuelle est largement inférieure à la moyenne (250 milles tonnes en 2001-2002). En effet, cette fluctuation est due aux phénomènes d'alternance biologique de l'olivier mais également à la sécheresse et aux conditions climatiques extrêmement aléatoires au cours de ces dernières années.

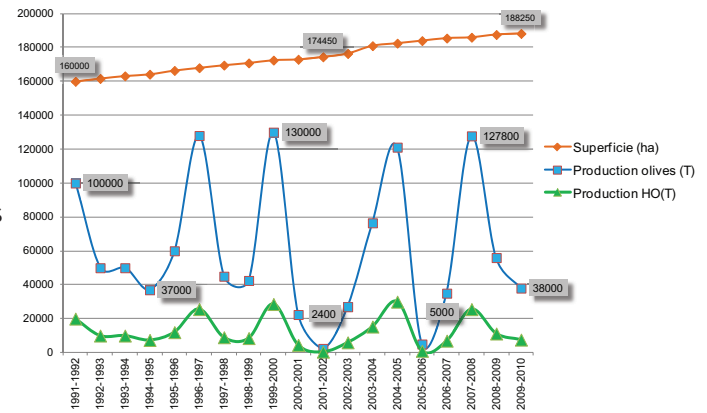
Contrairement aux pays du Nord de la méditerranée, l'olivier en Tunisie est cultivé essentiellement en sec et dans la zone aride ou semi aride. L'oléiculture tunisienne adapte la densité des plantations à la moyenne des précipitations du lieu d'exploitation. Ainsi, on trouve différentes densités par hectare : moyenne de 100 pieds/ha dans les régions où la pluviométrie est d'environ 400-600 mm/an, moyenne de 50 à 60 pieds/ha dans le Sahel et le Centre du pays où la pluviométrie varie entre 300 et 350 mm/an, et finalement une moyenne de 17 à 20 pieds/ha dans la région de Sfax et dans le sud du pays où la pluviométrie est inférieure à 250 mm/an.

Dans le gouvernorat de Médenine, l'oliveraie compte environ 4 millions d'oliviers sur une superficie de 188 250 ha en 2010. Ce potentiel représente environ 50% de la superficie oléicole du sud de la Tunisie. La majorité des oliviers sont plantés en sec ce qui entraîne une fluctuation de la production d'une année à l'autre en raison de la variabilité annuelle des précipitations et du phénomène biologique de l'alternance de l'olivier. En effet, comme le montre la figure 5, on constate que les productions sont très fluctuantes, elles passent de 130 000 tonnes d'olives en 1999-2000 à 2 400 tonnes d'olives en 2001-2002.





**Figure 5.** Evolution des superficies et des productions oléicoles dans le gouvernorat de Médenine (Source : CRDA Médenine, 2010)



En se basant sur le recensement effectué par le CRDA, au cours des campagnes 1999-2000, 2000-2001 et 2001-2002, on remarque (Dhaou, 2003) que les effets de la sécheresse touchent moins les plantations oléicoles des zones côtières que celles des zones de l'intérieur du gouvernorat. Par ailleurs, et suite à une campagne d'irrigation de sauvegarde et de traitement phytosanitaire, les oliveraies de Zarzis et de Djerba Midoun ont enregistré une amélioration significative en ce qui concerne le développement naturel et la productivité des plantations oléicoles. Ceci a permis une augmentation significative de la production d'huile d'olive dans ces régions qui est passée de 1400 tonnes à 2500 tonnes. En ce qui concerne les zones de l'intérieur du gouvernorat, elles ont subi de plein fouet les effets de la sécheresse qui se traduisent par une baisse du développement naturel des plantations et par le dépérissement d'un grand nombre d'arbres. C'est le cas par exemple des oliveraies de Sidi Makhoulouf et de la Jeffara qui ont enregistré sous une sécheresse assez sévère le dépérissement de 32 000 pieds d'oliviers. Pour l'état phytosanitaire des oliviers en général, nous pouvons dire qu'il est presque stable et rassurant même si on constate que 1 572 000 pieds d'olivier sont attaqués par le Neïroun mais la situation est sous contrôle continu des services techniques du CRDA (Tableau 1).

**Tableau 1.** Evaluation de l'impact de la sécheresse (1999-2002) sur les oliviers du gouvernorat de Médenine (CRDA, 2002)

Délégation	Total pieds	Pieds desséchés	Pieds touchés par le Neïroun	Pieds non desséchés
Médenine Sud	184 000	10 000	171 000	3 000
Médenine Nord	282 000	2 000	80 000	200 000
Zarzis	1 240 000	1 000	300 000	939 000
Ben Gardenne	837 000	1 000	200 000	636 000
Midoune	206 000	-	-	206 000
Houmet Essouk	215 000	-	110 000	105 000
Ajim	390 000	500	170 000	219 500
Sidi Makhoulouf	436 000	10 000	300 000	126 000
Beni Khédache	249 000	7 500	241 000	500
Total	4 039 000	32 000	1 572 000	2 435 000

Ainsi, on peut dire que l'oliveraie du gouvernorat de Médenine est largement soumise aux effets de la sécheresse qui caractérise le climat de la région et qui risque de connaître une aggravation sous l'effet du changement climatique puisque les projections climatiques prévoient une baisse sensible des précipitations et une augmentation significative de la température pour la région sud du pays.

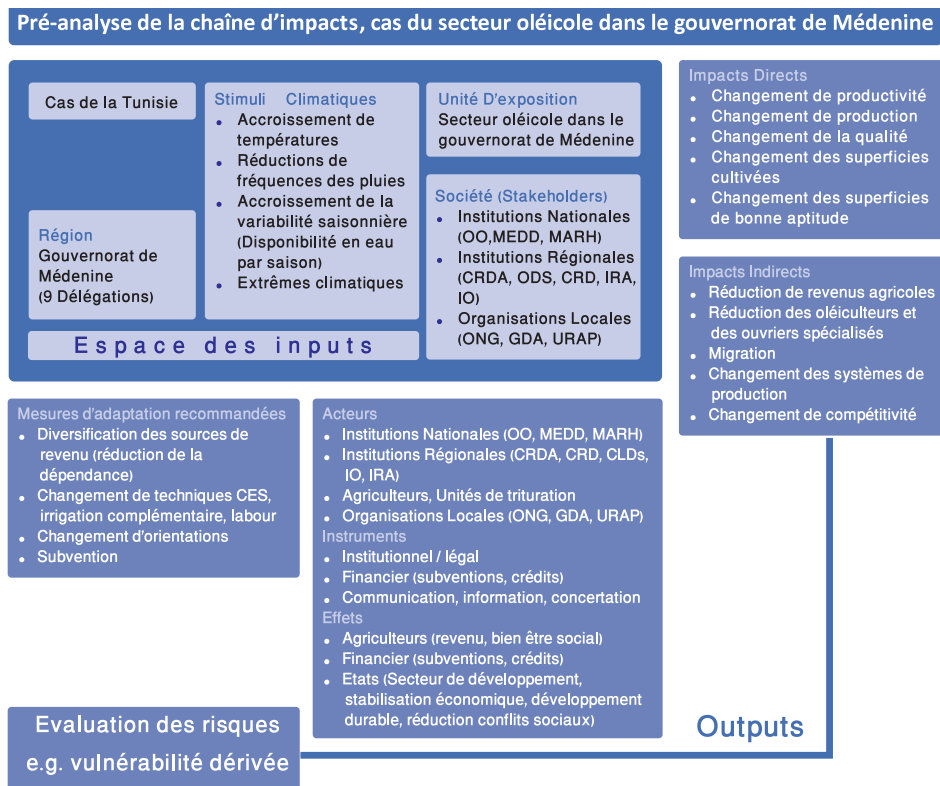
## 2. Présentation des principaux résultats de l'étude de la vulnérabilité au CC de l'oléiculture dans le gouvernorat de Médenine

### Etape 1 : Pré-analyse de la chaîne d'impacts relative à l'archétype

#### 1 - Cadre analytique général

Comme mentionné dans la présentation de l'approche méthodologique d'analyse de la vulnérabilité au CC, l'analyse de la vulnérabilité du secteur oléicole a démarré par une pré-analyse de la chaîne d'impacts, illustrée ci-dessous par la figure 6.

**Figure 6.** Pré-analyse de la chaîne d'impacts pour l'étude de la vulnérabilité du secteur oléicole dans le gouvernorat de Médenine

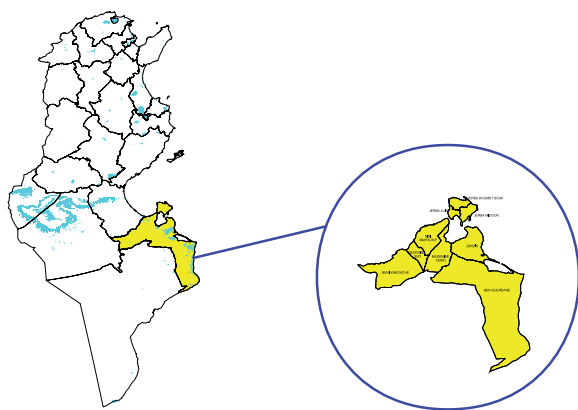


## 2 - Définition de l'Unité d'Exposition

Dans le cadre de cette pré-analyse, l'unité d'exposition (UE) est identifiée comme étant le secteur oléicole dans le gouvernorat de Médenine.

Le gouvernorat de Médenine est situé dans le sud-est du pays et couvre une superficie de 8 588 km<sup>2</sup> (figure 7). En hiver, la température varie de 7,5 à 18,5°C tandis qu'en été elle varie entre 22,5 et 36°C. La moyenne des précipitations annuelle est de 150 à 200 mm. La population a évolué de 220 123 à 432 503 habitants entre 1975 et 2004 (INS, 2005). Le taux annuel de croissance démographique, en baisse depuis les années soixante-dix, a régressé de 3,3% au cours de la décennie 1972-1981 à 2,7% au cours de la décennie 1982-1991 et à environ 1,2% en 2004.

Figure 7. Carte des unités administratives du gouvernorat de Médenine



Deux étages de végétation sont représentés dans le gouvernorat de Medenine : l'étage de végétation saharien à El Ouara et l'étage de végétation aride dans le reste du gouvernorat. La végétation présente généralement une physionomie de steppes sauf dans les vallées et les dépressions où des nanophanérophytes forment des îlots clairsemés. Les oueds et les cours d'eau qui sillonnent les plaines et les glacis abritent une végétation assez riche composée d'espèces d'origines biogéographiques différentes. A ce paysage de végétation basse, clairsemée et souvent monotone, s'ajoutent des garrigues et des formations de dégradation forestières sur les Jebels de Beni Khedache.

Les ressources en eau du gouvernorat de Medenine comprennent :

- les eaux de surfaces : selon les années le potentiel en eau de ruissellement est très variable. Il est estimé en moyenne à 17 millions de m<sup>3</sup>/année dont 9 millions de m<sup>3</sup> sont mobilisables par les travaux de CES réalisés au niveau des différents bassins versants. On dénombre également plus de 15 000 citernes en milieu rural pour la collecte des eaux pluviales pouvant emmagasiner 580 000 m<sup>3</sup> d'eau en plus de 16 000 citernes qui existent en zone urbaines avec une capacité d'environ 300 000 m<sup>3</sup>.
- Les eaux souterraines : le gouvernorat dispose de deux types de nappes :
  - i) Les nappes phréatiques ou superficielles englobent la nappe de l'oued Zeuss Koutine Oum zassar, la nappe de l'Oued Metameur, la nappe de Sidi Makhlouf, la nappe de l'Oued El fjè, la nappe de l'Oued Smar Medenine, la nappe de Jorf, la nappe de Zarzis la nappe de Benguerdane et la nappe de Jerba formant un potentiel de 12,5 millions de m<sup>3</sup>/an.
  - ii) Les nappes profondes englobent celles de Jeffara, de Zeuss Koutine, du Grès du Trias, de l'albo-cénomnien du Dahar et d'El Ouara totalisant un potentiel de 28,5 millions de m<sup>3</sup>/an (soit 890 à 950 l/s).



### 3 - Identification et définition des Stimuli climatiques

Les projections du modèle HadCM3 relatives au scénario moyen A2 ont été adoptées pour le cas du gouvernorat de Médenine. Concernant les températures, le scénario A2 prévoit l'élévation de la température de +1.0°C à +1.1°C et de +2.1°C à +2.6°C respectivement pour les années 2020 et 2050. Quant aux précipitations, le modèle montre une tendance à la baisse de -7% à -9% et de -18% et -27% respectivement aux horizons 2020 et 2050.

### 4 - Identification des acteurs et populations cibles

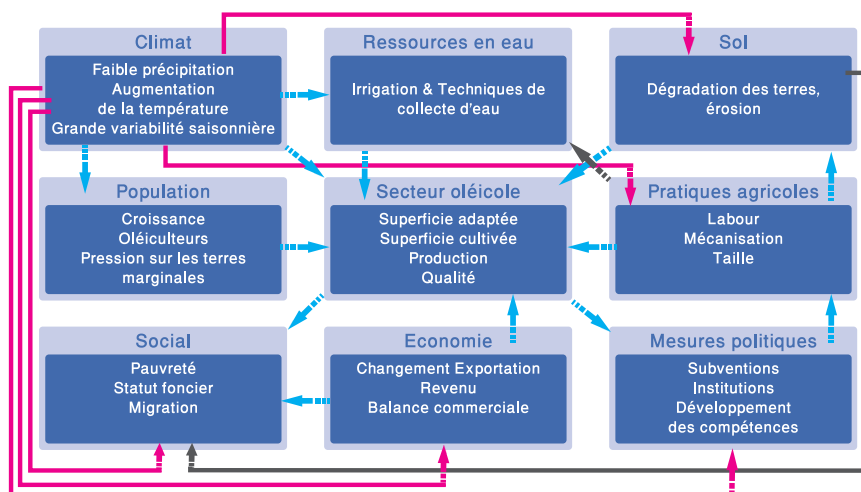
Comme le montre la figure 5, les acteurs retenus (d'une façon non exclusive) pour l'archétype du système oléicole sont les suivants :

- Institutions Nationales (OH, MEDD, MARH)
- Institutions Régionales (CRDA, ODS, CRD, CLDs, IRA, IO)
- Oléiculteurs, Unité de trituration,
- Organisations Locale (ONG, GDA, UTAP...)

## Etape 2 : Formalisation de l'archétype

### 1 - Problématisation (analyse systémique du problème) et élaboration du diagramme d'influence semi structuré (mise en relation des composantes du système)

La formalisation de l'archétype relatif au secteur oléicole dans le gouvernorat de Médenine est traduite par le «diagramme d'influence semi structuré» (figure 8). Comme présenté dans la figure 8, le problème auquel est soumis le secteur de la production oléicole dans la zone d'étude est très complexe. Le changement climatique, se traduisant par la diminution des précipitations, l'élévation de la température et de la variabilité saisonnière, à affecter tous les éléments du système y compris le secteur oléicole. Les ressources en eau et en sols seront plus touchées par la surexploitation et les pratiques agricoles. Ces facteurs vont provoquer une baisse considérable des superficies cultivées et des rendements et donc de la production en plus de la perte de la qualité. L'exportation sera par conséquent touchée, ce qui va affecter négativement les revenus des oléiculteurs et globalement l'équilibre de la balance commerciale. La gravité de la situation sera traduite dans la société par l'abandon de la culture, l'augmentation de l'indice de pauvreté, et probablement l'émigration des agriculteurs vers les zones urbaines à la recherche d'autres activités économiques. Face à cette situation, certaines mesures devraient être prises principalement par les décideurs politiques (les institutions nationales et locales) en vue d'élaborer des stratégies d'adaptation tels que la subvention de la spéculation oléicole dans les zones favorables et le renforcement des capacités techniques des agriculteurs.

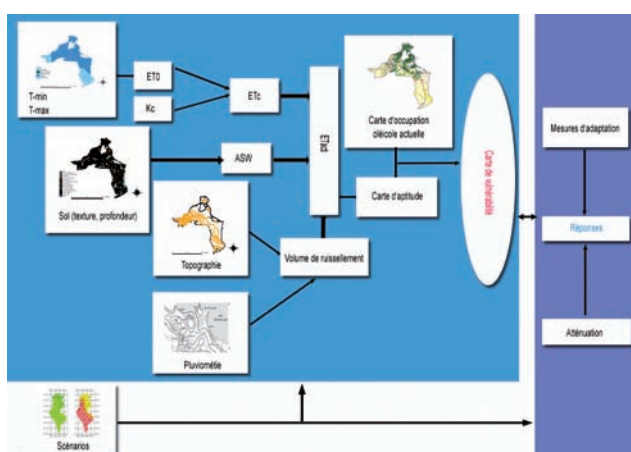


**Figure 8.** Diagramme d'influence semi structuré relatif au secteur oléicole dans le gouvernorat de Médenine



## 2 - Elaboration du diagnostic adopté de disposition (risque potentiel)

Le diagramme du «diagnostic de disposition (risque potentiel)» relatif à l'archétype oléicole dans le gouvernorat de Médenine est illustré par la figure 9. Dans ce cas, les éléments exposés au changement climatique concernent les ressources en eau telle que représentés par les précipitations et le ruissellement et donc la carte d'apport d'eau, les ressources en sol (cartes de profondeur et de texture) permettant l'élaboration de la carte de la réserve en eau disponible. Ces couches sont nécessaires pour établir la carte d'aptitude potentielle des terres de culture de l'olivier qui correspond à la phase de sensibilité de la vulnérabilité. La vulnérabilité elle-même sera évaluée à travers la comparaison de cette carte et la carte actuelle de l'occupation de l'olivier ainsi que les couches socio-économiques (statut foncier). Le dernier aspect de la vulnérabilité s'articule autour de la capacité d'adaptation et les stratégies d'adaptation à développer sur la base des scénarios de changement climatique aux horizons de 2020 et 2050.



**Figure 9.** Diagnostic adopté de disposition (risque potentiel) pour le secteur oléicole dans le Gouvernorat de Médenine

Avec :

- Tmin, Tmax : minimum & maximum température,
- ETO : Reference evapotranspiration,
- Kc : Crop coefficient,
- ETc : Crop evapotranspiration,
- ETact : Actual evapotranspiration,
- ASW : Available soil water,
- CC : Climate change

## 3 - Identification des outils d'analyse

La production/productivité de l'olivier a été identifiée parmi les effets physiques les plus importants de tous scénarios de CC. Ainsi, la méthodologie d'évaluation l'impact a consisté à traduire l'effet de la disponibilité de l'eau (diminution/augmentation) sur la productivité des arbres et de la production.

Dans ce cas, cet effet est évalué en faisant usage d'un modèle de bilan hydrique appelé «BUDGET» développé par Raes et al. (1999). BUDGET est un logiciel de domaine public [www.iupware.be](http://www.iupware.be) qui calcule l'évolution du stock de l'eau dans un profil de sol cultivé en fonction des inputs (pluviométrie, irrigation, etc.) et des outputs (évapotranspiration, etc.) hydrique durant une période donnée. Lors de l'essai de ce modèle dans des conditions agro-climatiques similaires (Tunisie, Iran, Burkina Faso), Raes et al. (2005, 2006) ont conclu qu'avec l'aide du modèle BUDGET, des estimations fiables des rendements peuvent être obtenues en utilisant les données de précipitations journalières, ETO décennales, humidité initiale des sols, informations sur les sols et les cultures. Le même modèle a aussi été appliqué par Schiettecatte et al. (2005) et Ouessar (2007) pour évaluer l'impact de système de collecte des eaux (jessour) sur la performance de l'olivier dans la région montagneuse aride de Béni Khédache (Sud-Est de la Tunisie).

Le modèle BUDGET est composé d'un ensemble de sous-programmes qui décrivent les divers processus impliqués dans l'extraction de l'eau par les racines des plantes et le mouvement de l'eau dans les sols en absence de nappe phréatique (Raes et al., 2005) (Figure 10).

Le profil de sol peut être composé de plusieurs couches présentant des caractéristiques spécifiques. Le flux de l'eau du sol est seulement décrit dans la direction verticale. Le modèle s'exécute avec un pas de temps constant (jour, mois ou décade).

L'évapotranspiration des cultures est calculée en multipliant l'évapotranspiration de référence avec un coefficient de cultures (Allen et al., 1998) :

$$ET_{crop} = k_{crop} \times ETO$$

Où :

$ET_{crop}$  = évapotranspiration de la culture dans des conditions normales (mm jour<sup>-1</sup>)

$ETO$  = évapotranspiration potentielle ou évapotranspiration de référence (mm jour<sup>-1</sup>)

$k_{crop}$  = coefficient de cultures (-).

La méthode de Penman-Monteith de la FAO (Allen et al., 1998) a été utilisée pour calculer  $ETO$  en se basant sur les données recueillies par les stations météorologiques de la région (Médenine et Houmt Souk).

Le  $Kc$  est dérivé des études menées par Schiettecatte et al., (2005) Fleskens et al., (2005), et Ouessar (2007) (Tableau 2). En fait, ces auteurs distinguent deux grandes zones écologiques : la montagne et la plaine.

**Tableau 2.** Les stades de développement de l'olivier et  $Kc$  1 valeurs dans le gouvernorat de Médenine

Mois	Stade de développement	Croissance végétative	KC montagne (2)	KC plaine (3)
Janvier	Dormant	Au repos dormants	0.40	0.30
Février	Dormant	Au repos dormants	0.40	0.30
Mars	Initial	Au repos dormants	0.55	0.25
Avril	Développement	Active	0.50	0.20
Mai	Développement	Active	0.45	0.20
Juin	Développement	Active	0.40	0.20
Juillet	Mi-saison	Réduit	0.35	0.20
Août	Mi-saison	Réduit	0.35	0.25
Septembre	Fin	Active	0.45	0.25
Octobre	Fin	Active	0.50	0.25
Novembre	Fin	Au repos dormants	0.45	0.25
Décembre	Dormant	Au repos dormants	0.40	0.30

$Kc$ -valeurs pour les deux régions reflètent les différences de densité de l'arbre

(2) : Schiettecatte et al. (2005), Ouessar (2007),

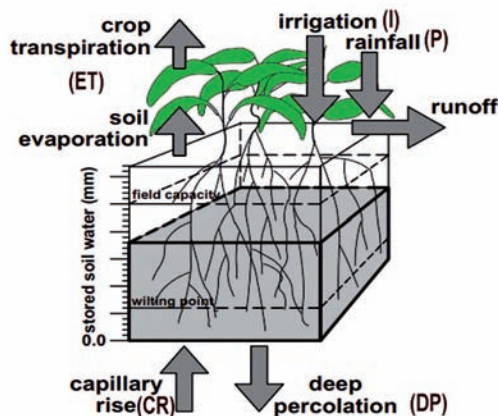
(3) : Fleskens et al. (2005).

Si l'humidité du sol disponible n'est pas suffisante pour répondre aux besoins de la culture, l'évapotranspiration réelle est inférieure à l'évapotranspiration de la culture dans des conditions normales. L'évapotranspiration des cultures, notée  $ET$  cultures est l'évapotranspiration d'une culture sans maladie, cultivée dans les champs, et dans des conditions hydriques optimales du sol.

L'eau disponible pour la culture est déterminée par la teneur en eau du sol entre la capacité au champ et le point de flétrissement permanent.

L'eau facilement disponible pour la culture est déterminée par le facteur de l'appauvrissement en eau du sol (p), de l'eau totale du sol qui peut être utilisée. Ce facteur donne une indication de la tolérance de la récolte au stress hydrique (Allen et al., 1998).

$$ET_a = (S_t \times D) / [(1 - p) \times S_a \times D] \times ET_{crop}$$



Où :

- $ET_a$  = l'évapotranspiration réelle (mm)
- $S_t$  = l'approvisionnement en eau du sol au temps t ( $mm\ m^{-1}$ )
- $S_a$  = l'approvisionnement en eau du sol maximale ( $mm\ m^{-1}$ )
- $D$  = profondeur du profil (m)
- $ET_{crop}$  = évapotranspiration de la récolte dans des conditions normales (mm)
- $p$  = le facteur d'appauvrissement qui détermine la valeur seuil pour la teneur en eau dans la zone racinaire en-dessous de laquelle les racines ne sont plus capables d'absorber de l'eau.

**Figure 10.** Les composantes du bilan hydrique considérées par le modèle BUDGET

En complément de ce qui a été fait dans des études antérieures (Ouessar, 2007, Ouessar et al., 2009), la carte pédologique existante sera modifiée pour prendre en compte les sols «artificiels» construits derrière les unités de collecte des eaux et les sédiments déposés. Deux classes seront ajoutées :

**JESR** : sols derrière jessour

**STAB** : sols derrière tabias.

Sur les terrains en pente et afin de tenir compte de la présence de systèmes de collecte des eaux (jessour, tabias), les apports en eau de ruissellement ont été considérés comme des irrigations d'appoint estimées en se référant aux travaux effectués dans la région (Fersi 1985), Chahbani, 1990, Kallel, 2001, Ouessar et al. 2009, etc.).

Les classes d'aptitude des sols à l'oléiculture ont été déterminées en considérant le rapport  $ET_a/ET_c$

**Tableau 3.** Classe d'aptitude des terres à l'oléiculture dans le Gouvernorat de Médenine

Classe	$ET_a/ET_c$ (%)
Très élevée	>75
Elevée	62-75
Moyenne	55-62
Faible	45-55
Marginale ou nulle	<45

Les scénarios suivants ont été considérés :

- scénario 1 : année moyenne (normale basée sur les données historiques),
- scénario 2 : une année moyenne avec CC à l'horizon de 2020,
- scénario 3 : une année moyenne avec CC à l'horizon 2050.

Appliqué à une SAU de 196 000 ha, le modèle a été exécuté pour toutes les combinaisons possibles de : Position (montagne, plaine), sols (tous les sols), les stations météo (Médenine et Houmt Souk) et les postes pluviométriques des grandes zones naturelles : Dahar, Jbel/plaine, El Ouara, Djerba-Zarzis (côte).

#### 4-Identification des indicateurs / source de données

Les indicateurs biophysiques et socio-économiques ainsi que les données et leurs sources sont synthétisés dans le tableau 4.

**Tableau 4.** Principaux indicateurs de vulnérabilité sélectionnés et sources de données (cas du secteur oléicole dans le gouvernorat de Médenine)

Indicateur	Quantification	Echelle spatiale	Echelle temporelle	Sources de données
<b>Climat</b>				
Pluviométrie moyenne annuelle	Pluviométrie	Gouvernorat	20 à 100 ans	Données climatiques mondiales : <a href="http://www.tutiempo.net/en/">www.tutiempo.net/en/</a> Données climatiques nationales : <a href="http://www.meteo.tn">www.meteo.tn</a> Données IRA
Pluviométrie moyenne automnale (S, O, N)	Pluviométrie	Gouvernorat	20 à 100 ans	Données climatiques mondiales : <a href="http://www.tutiempo.net/en/">www.tutiempo.net/en/</a> Données climatiques nationales : <a href="http://www.meteo.tn">www.meteo.tn</a> Données IRA
Pluviométrie moyenne printanière	Pluviométrie	Gouvernorat	20 à 100 ans	Données climatiques mondiales : <a href="http://www.tutiempo.net/en/">www.tutiempo.net/en/</a> Données climatiques nationales : <a href="http://www.meteo.tn">www.meteo.tn</a> Données IRA
Température moyenne annuelle	Température	Gouvernorat	10 à 30 ans	Données climatiques mondiales : <a href="http://www.tutiempo.net/en/">www.tutiempo.net/en/</a> Données climatiques nationales : <a href="http://www.meteo.tn">www.meteo.tn</a> Données IRA
Température moyenne automnale (S, O, N)	Température	Gouvernorat	10 à 30 ans	Données climatiques mondiales : <a href="http://www.tutiempo.net/en/">www.tutiempo.net/en/</a> Données climatiques nationales : <a href="http://www.meteo.tn">www.meteo.tn</a> Données IRA
Température moyenne printanière	Température	Gouvernorat	10 à 30 ans	Données climatiques mondiales : <a href="http://www.tutiempo.net/en/">www.tutiempo.net/en/</a> Données climatiques nationales : <a href="http://www.meteo.tn">www.meteo.tn</a> Données IRA
<b>Sol</b>				
Texture	Superficie	Gouvernorat	-	Carte des sols (Carte agricole)
Profondeur	Superficie	Gouvernorat	-	Carte des sols (Carte agricole)
Topographie	Superficie	Gouvernorat	-	DEM (Carte agricole)
<b>Occupation des sols</b>				
Carte d'occupation oléicole actuelle	Superficie	Gouvernorat	2008	Carte agricole Services techniques CRDA + IRA



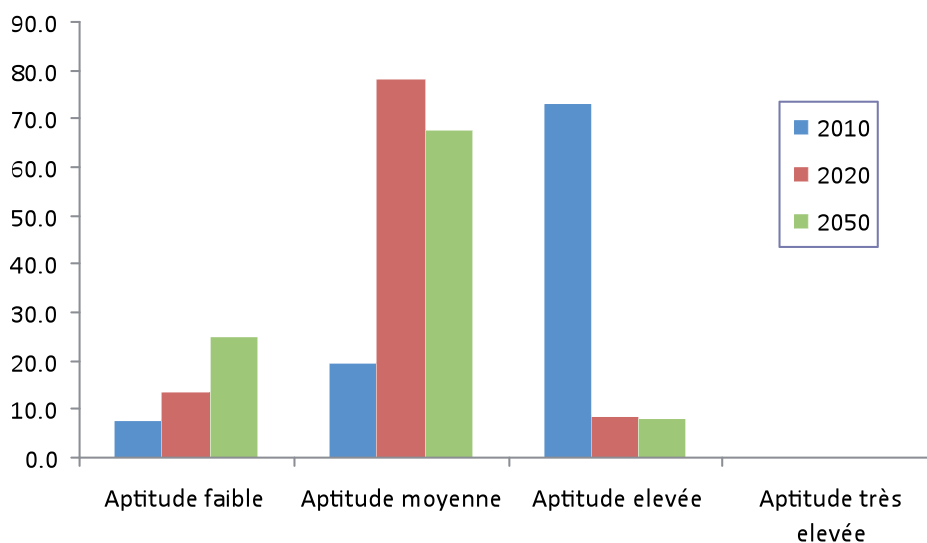
## Etape 4 : Analyse et interprétation des résultats

Les résultats de l'analyse révèlent qu'à cause de la dominance du climat aride sur tout le territoire du gouvernorat, l'aptitude très élevée à l'oléiculture est absente. A l'état actuel (2010), 92% (plus que 180 000 ha) des plantations oléicoles occupent des zones à conditions favorables (aptitude moyenne à élevée). Toutefois et sous l'effet du CC, ce rapport chutera à environ 87% et 75%, respectivement aux horizons 2020 et 2050. En contre partie, les zones à aptitude faible passeront de 8% à l'état de référence à 25% en 2050.

**Tableau 5.** Evolution de la répartition de classes d'aptitude de sols à l'oléiculture sous l'effet du CC dans la SAU du gouvernorat de Médenine (ha)

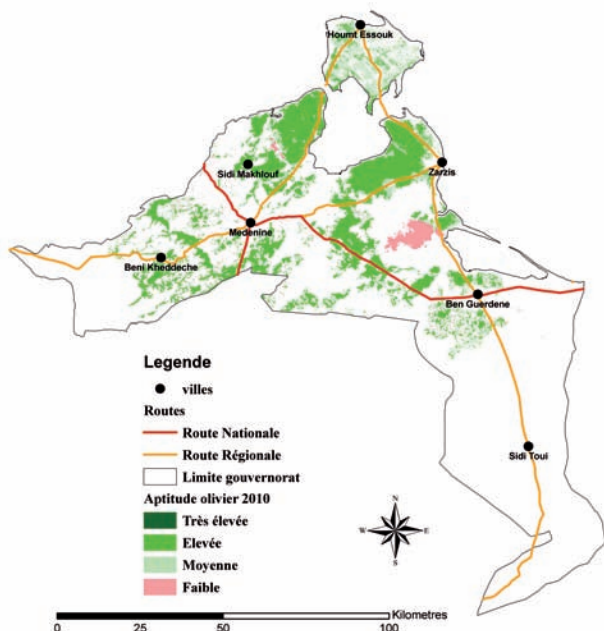
Scénario	2010	2020	2050
Aptitude faible	15063	26227	48637
Aptitude moyenne	37908	153868	132614
Aptitude élevée	143788	16664	15508
Aptitude très élevée	0	0	0
Total	196759	196759	196759

Le résultat le plus significatif concerne l'importante réduction, sous l'effet du CC, des surfaces à aptitude élevée pour l'oléiculture et qui ne représentent plus que 8,4% et 7,8% de la SAU respectivement en 2020 et 2050 et ce contre 73% en 2010.



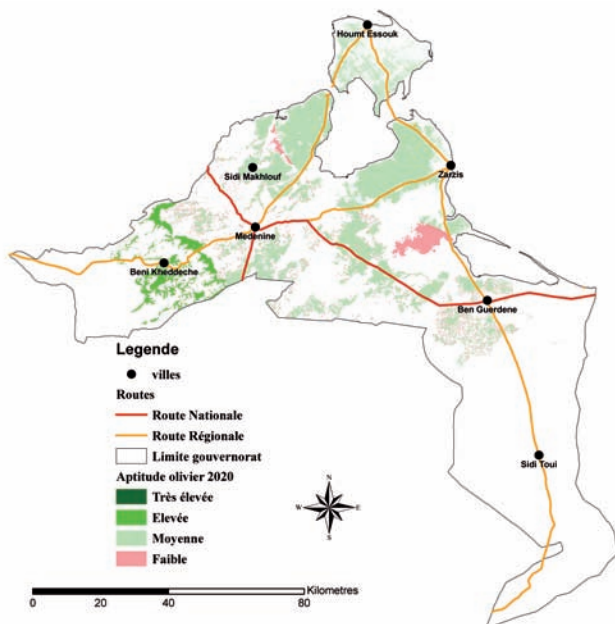
**Figure 11.** Répartition (%) des classes d'aptitude des sols à l'oléiculture par rapport à la SAU du gouvernorat de Médenine (Scénarios : 2010, 2020, 2050)

L'état de référence (2010) est caractérisé par l'importance des zones favorables (aptitudes élevée à moyenne) qui couvrent une grande majorité de la SAU du gouvernorat allant de la zone montagneuse à la zone côtière et en passant par la plaine de la Jeffara. En effet, les zones à proximité de la mer profitent d'une pluviométrie plus élevée, d'une humidité de l'air plus grande et de températures douces. De l'autre côté, les aménagements CES, concentrés dans la zone montagneuse et à topographie favorable, peuvent assurer la mobilisation de quantités assez importantes d'eau de ruissellement qui jouent le rôle d'irrigation d'appoint.



En plus, dans les deux cas, les sols sont profonds et offrent de véritables réservoirs pour emmagasiner d'importantes réserves en eau et des stocks élevés de nutriments. Les zones à aptitude faible se limitent aux sols à faibles profondeurs et se localisent entre Zarzis et Ben Guerdane (Carte 1).

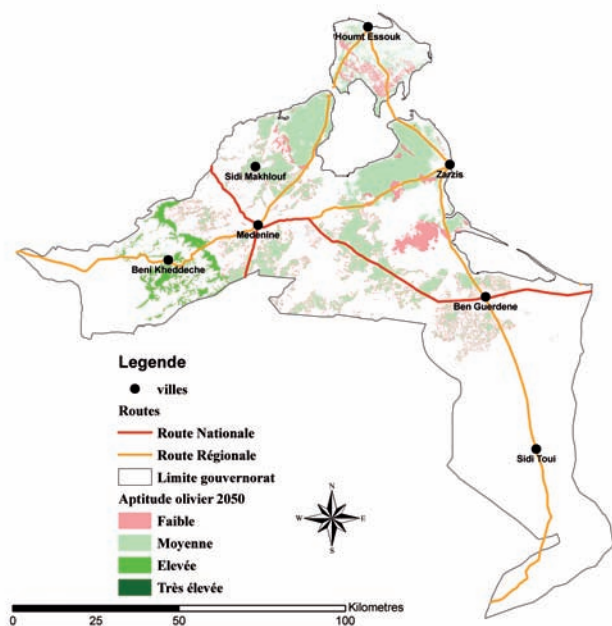
**Carte 1.** Aptitude des sols à l'oléiculture par rapport à la SAU du gouvernorat de Médénine (Situation actuelle, 2010)



Comme le montre la carte 2, en 2020 et sous les effets du CC (diminution des précipitations et augmentation de la température et de l'évapotranspiration), se sont les zones à aptitude moyenne qui prennent le dessus pour concerner pratiquement toute la plaine de la Jeffara et la zone côtière. En parallèle, d'autres zones à aptitude faible commencent à apparaître surtout dans les zones où les sols sont peu profonds (à l'Est de Sidi Makhlouf). Les sols situés derrière les jessours continuent à préserver une aptitude élevée (zone montagneuse autour de Béni Khédache).

**Carte 2.** Aptitude des sols à l'oléiculture par rapport à la SAU du gouvernorat de Médénine (Situation projetée en 2020)

En 2050, les zones à aptitude faible s'élargissent pour concerner, à côté d'autres zones de la plaine de la Jeffara, une partie de la zone côtière et l'île de Djerba. En contre partie, les aménagements en jessour continuent à conserver une aptitude élevée et ce malgré l'accroissement des effets du CC. La zone traditionnelle d'oléiculture de Zarzis et de Dakhla préserve aussi une aptitude moyenne (Carte 3).



**Carte 3.** Aptitude des sols à l'oléiculture par rapport à la SAU du gouvernorat de Médenine (Situation projetée en 2050)







# Troisième partie

## Discussion et perspectives



## Troisième partie

### Discussion et perspectives

#### 1. Discussion et limites

Bien que l'olivier soit connu par son adaptation aux conditions climatiques très difficiles, le CC devrait influencer négativement les possibilités d'expansion de la plantation de cet arbre. Par conséquent, les planificateurs et les décideurs doivent dissuader et avertir les agriculteurs que l'extension de l'oléiculture serait de plus en plus risquée dans les grandes régions du gouvernorat où les précipitations vont diminuer considérablement dans les décennies à venir. Elle concerne principalement les domaines du plateau de Dhahar, El Ouara et quelques grandes parties de la plaine de la Jeffara surtout où le sol est relativement peu profond.

Dans cette même perspective, Alouini et al., (1999) signalent que l'olivier réputé pour sa grande capacité d'adaptation aux différents bioclimats du pays et aussi par son aptitude à valoriser les régions arides, à travers un bon contrôle stomatique, un système racinaire puissant et un faible potentiel hydrique, reste malgré tout sensible au stress hydrique. Ben Rouina et Trigui, (2002) expliquent que l'olivier manifeste les effets d'un déficit hydrique sévère découlant d'une pluviométrie insuffisante, par l'abaissement des teneurs de ses différents organes en matières carbonées et minérales et par le ralentissement de son activité photosynthétique qui se traduira par une réduction de l'émission de nouvelles feuilles et pousses, du volume de la frondaison et de la production. En outre, la prise en compte d'autres facteurs tels que les ravageurs (Abichou, 2010), les contraintes socio-économiques (foncier, marché, etc.) réduiraient certainement les zones d'extension convenable de l'olivier.

De nombreux auteurs ont montré que des volumes, même limités, d'eau d'irrigation d'appoint durant les périodes critiques de croissance (printemps et automne) pourraient être très efficaces pour maintenir et même améliorer le rendement des oliviers. Ben Ahmed et al. (2007) ont trouvé que fournir 33% des besoins en eau pourrait être suffisant pour la variété Chemlali dans une région semi aride de la Tunisie (Sfax) sans que cela nuise à la production et à la photosynthèse.

Toutefois, cette option est applicable seulement où l'eau est disponible. Malheureusement, il est prévu que le CC engendrera des réductions considérables des ressources en eau dans les zones arides du pays (MARH et GIZ, 2007).

Comme souligné par Masmoudi et al. (2007), plus d'investigations sont nécessaires afin de mieux sélectionner le Kc de l'olivier pour les différentes conditions édapho-agro-climatiques. En outre, des corrélations sont aussi à établir avec les rendements.

Il convient de rappeler que la présente étude a considéré uniquement les effets du CC sur le bilan hydrique de l'olivier. D'autres facteurs importants tels que les ravageurs des cultures, la physiologie, les conditions socio-économiques, etc. n'ont pas été pris en compte. En outre, les scénarios ont été calculés pour les conditions climatiques moyennes que ce soit pour la situation de base (2010) que pour les horizons 2020 et 2050. Par conséquent, il est fortement recommandé d'intégrer d'autres paramètres importants tels que la variabilité inter et intra annuelle des précipitations, la physiologie/phénologie, la production, les contraintes socio-économiques, les marchés, etc. afin d'améliorer cet outil.





## 2. Orientations pour une meilleure adaptation de l'oléiculture au CC

Les résultats de cette étude prouvent qu'une vraie stratégie d'adaptation de l'oléiculture au effets du changement climatique, doit être développée dans le cadre d'un effort de réflexion et de concertation entre les producteurs, l'industrie, la recherche et les agences concernées par la politique agricole dans ce secteur. L'étude a permis d'identifier un nombre préliminaire d'orientations importantes à traiter dans le cadre d'une stratégie d'adaptation nationale dont nous citons notamment :

- Consolider l'approche d'analyse de vulnérabilité testée dans le cas de l'olivieraie dans le gouvernorat de Médenine,
- Conduire des études de vulnérabilité dans d'autres régions productrices comme le Centre et le Sahel et l'étendre pour tout le secteur oléicole en Tunisie,
- Produire une cartographie pour toute la Tunisie,
- Adapter les stratégies et les politiques agricoles en matière d'oléiculture pour qu'elles prennent en en considération le facteur changement climatique et ses impacts sur la vulnérabilité du secteur dans le pays à moyen et long termes,
- Mettre à jour de la carte agricole régionale pour inclure les scénarios climatiques et l'orienter vers les zones les plus aptes à la culture de l'olivier en instaurant un système d'incitations via des crédits ou des subventions pour les agriculteurs qui l'appliquent,
- Identifier et promouvoir les technologies et les pratiques d'adaptation pour atténuer les effets de vulnérabilité de l'olivier au changement climatique telle que l'irrigation d'appoint durant les périodes critiques de croissance pour maintenir et les plantations et les rendements des oliviers,
- Valoriser le savoir faire traditionnel en matière de conduite et de techniques de conservation des eaux et du sol favorisant des conditions édapho-climatiques propices aux arbres d'olivier,
- Promouvoir les variétés d'olivier les plus adaptées à la sécheresse,
- Sensibiliser les agriculteurs et les autres acteurs sur les risques potentiels et des effets adverses du changement climatique sur le secteur,
- Engager des études thématiques spécifiques de vulnérabilité de l'olivier au changement climatique, comme par exemple les impacts sur la biologie et l'écologie des ennemis de l'olivier.

## Références Bibliographiques

- Abichou H., Jouve AM., Rey Valette H. & Sghaier M.** 2009, La valorisation du patrimoine et nouvelles alternatives pour un développement local durable dans le Sud-Est tunisien, *New-Medit*, Vol. VIII- n.4- Décembre 2009, pp55-62
- Allen, R.G., Smith, D., Raes, A., Pereira, L.S.,** 1998. Crop evapotranspiration : guidelines for computing crop water requirements. *FAO Irrigation and Drainage Papers No. 56*, Rome, 300pp.
- Bachta M.S., Ben Mimoun A.** (2004). Libéralisation des échanges agricoles et dégradation des sols en Tunisie, *Options méditerranéennes, série A, Séminaires méditerranéens* 52.
- Bachta MS., Ben Salem H., Missaoui R., Kruseman G.,** 2007 : *Agrosystèmes et secteur agricole, MARH & GTZ* , Cahier 7, Rapports des groupes d'experts, pp.41-53
- Ben Mechlia N., Oweis Th., Masmoudi M., Mekki I., Ouessar M., Zante P., Zekri S.** 2008. Conjunctive use of rain and irrigation water from hill reservoirs for agriculture in Tunisia. *Research report N°6, ICARDA/INAT, Aleppo*, 28 pp.
- Ben Rouina B.,** 1994. Le travail du sol a olivier en milieu aride : effets sur leurs propriétés hydrique et agronomique. In : *Proceedings International Conference on Land and Water Resources Management in the Mediterranean Region, No.2, Valenzano, Bari, Italy, 4-8 September 1994*, pp. 543-558.
- Ben Salem F., Tarhouni M., Ouled Belgacem A., and Neffati M.** 2007. Impact of drought on plant cover dynamics in two natural areas of southern Tunisia. *J. Biol. Sci.*, 7(8) : 1539-1544.
- Ben Salem F., Tarhouni M., Ouled Belgacem A., Neffati M.** 2009. Variations saisonnières de quelques attributs structuraux des écosystèmes des Monts de Matmata en Tunisie méridionale sous l'effet de la sécheresse et de l'action anthropozoiq. *Sécheresse* 20 (2) : 204-9.
- Benzarti Z, Habaieb H.** 2001. Etude de la persistance de la sécheresse en Tunisie par utilisation des chaînes de Markov (1909-1996). *Sécheresse* , 12 (4) : 215-220.
- Communities and Local Government,** 2009 : *Multi-criteria analysis : a manual*, Department for Communities and Local Government : London, UK
- CRDA Médenine,** 2010. Le secteur oléicole dans le gouvernorat de Médenine situation actuelle et perspectives, communication à l'atelier de concertation sur l'approche méthodologique, IRA (Medenine), Tunisie le 10/03/2010.
- De Graaff, J., Sghaier, M., Ouessar, M., Gabriels, D.,** 2002. A tool for decision-making on water harvesting techniques in arid zones. In : *De Graaff, J., Ouessar, M. (Eds.), Water Harvesting in Mediterranean Zones : an Impact Assessment and Economic Evaluation*. Wageningen University, *Tropical Resource Management Papers* 40, 146pp.
- DePauw. E.** 2002. Drought in WANA : Six frequently asked questions. *J. Carav. ICARDA*. 17(2) : 12-17.
- Er-Raki S., Chehbouni A., Hoedjes J., Ezzahar J., Duchemin B., Jacob F.** 2008. Improvement of FAO-56 method for olive orchards through sequential assimilation of thermal infrared-based estimates of ET. *Agricultural Water Management*, 95 : 309-321.
- Fleskens L., Stroosnijder L., Ouessar M., J. De Graaff** 2005. Evaluation of the on site impact of water harvesting in Southern Tunisia. *Journal of Arid Environment*, 62, 613-630.
- Floret C, Le Floc'h E, Pontanier R.** 1983. Phytomasse et production végétale en Tunisie présaharienne. *Acta Oecologia / Oecologia Plantarum* , 4 (18) : 133-152.
- Gafrej R et Yaalaoui E,** 2007. Les ressources en eau. In : *Changements climatiques : effets sur l'économie tunisienne et stratégie d'adaptation pour le secteur agricole et les ressources naturelles*. GTZ/MARH, Tunis.
- GIEC,** 2008. Bilan 2007 des changements climatiques : Rapport de synthèse. Un rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, OMM & PNUE, 103 pages.
- GIEC,** 2008. Bilan 2007 des changements climatiques : Rapport de synthèse. Un rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, OMM & PNUE, 103 pages.
- Henia L.** 2007. Les impacts probables des changements climatiques sur les ressources en eau dans les pays du Maghreb. *Science*, 1, 24-31.



- Henia L.**, 2008. Atlas de l'eau en Tunisie. Fac. Sc. Humaines et Sociales, Université de Tunis.
- Kelly P. M., Adger W. N.** 2000. Theory and practice in assessing vulnerability to climate change and facilitating adaptation, *Climatic change Journal*, vol. 47, no4, pp. 325-352.
- Khatteli H.** 1996. Bilan de principaux travaux de recherche sur l'érosion éolienne en Tunisie arides et désertique. *Revue des Régions Arides*, Num. Spec. : 43-47.
- King L., Nasr Z.** 2007. Climat. In : Changements climatiques : effets sur l'économie tunisienne et stratégie d'adaptation pour le secteur agricole et les ressources naturelles. GTZ/MARH, Tunis.
- Gafrej et Yaalaoui** 2007. Les ressources en eau. In : Changements climatiques : effets sur l'économie tunisienne et stratégie d'adaptation pour le secteur agricole et les ressources naturelles. GTZ/MARH, Tunis.
- Le Floch E., M. Neffati, M. Chaieb, C. Floret and R. Pontanier.** 1999. Rehabilitation Experiment at Menzel Habib. Southern Tunisia. *Arid Soil Research and Rehabilitation*. 13(4) : 357-368
- Le Houérou HN.** 1968. La désertification du sahara septentrional et des steppes limitrophes. *Annales Algériennes de Géographie*, 6 : 2-27.
- MARH & GTZ**, 2006 : Changements climatiques : Effets sur l'économie tunisienne Stratégie nationale d'adaptation pour le secteur agriculture et les ressources naturelles des écosystèmes aux, COPA consultants, ExA Consult Tunisie & Zentrum für internationale Entwicklungs-und Umweltforschung (ZEU), 286 pages.
- MARH & GTZ**, 2007 : Stratégie nationale d'adaptation de l'agriculture tunisienne et des écosystèmes aux changements climatiques, COPA consultants & ExA Consult Tunisie.
- Mariotti A., Zeng N., Yoon J.H., Artale V., Navarra A., Alpert P., Laurent Z.X.L.** 2008. Mediterranean water cycle changes : transition to drier 21st century conditions in observations and CMIP3 simulations. *Environ. Res. Lett.* 3, 1-8.
- Masmoudi M.M., Masmoudi-Gharfi C., Mahjoub I. Ben Mechlia N.** 2007. Water requirements of individual olive trees in relation to canopy and root development. In : Lamadelena N., Bigliotti C., Todorovic M., Scardigno A. (eds), *Water saving in the Mediterranean agriculture and future research needs* (Vol .1).CIHEAM-IAMB, pp :73-80.
- MEDD/DGEQV**, 2008 : Etude de la vulnérabilité environnementale et socio-économique du littoral tunisien face à une élévation accélérée du niveau de la mer due aux changements climatiques et de l'identification d'une stratégie d'adaptation, rapport de synthèse. Version définitive, 57p.
- Ministère de l'Agriculture, de l'Environnement et des Ressources Hydrauliques et Ministère de l'Industrie et de l'Energie, Agence Nationale des Energies Renouvelables, Centre d'Information sur l'Energie Durable et l'Environnement**, 2003 : Guide d'information sur les changements climatiques, 55 pages.
- Mitchell T.D.** (2003). Tunisia 21<sup>st</sup> Century Climate Change (download from data set TYN SC 2.0, www.cru.uea.ac/uk/~tim.
- O'Brien, K., Leichenko, R., Kelkar, U., Venema, H., Aandahl, G., Tompkins, H., Javed, A., Bhadwal, S., Barg, S., Nygaard, L. & West, J** 2004, 'Mapping vulnerability to multiple stressors : climate change and globalization in India', *Global Environmental Change*, vol. 14, pp. 303-313.
- ONTT/GTZ.**, 2009. Stratégie touristique nationale 2007-2011, Etude de cas de l'île de Djerba, Juin 2009, 20p.
- Ouessar M.** 2007. Hydrological impacts of rainwater harvesting in wadi Oum Zessar watershed (southern Tunisia). Ph.D. thesis, Faculty of Bio-Engineering Sciences, Ghent University, Belgium, 154 pp., 2007.
- Ouled Belgacem A., Sghaier M.** 2008. Social, Economic and Environmental Impact Assessment of Rangeland Resting of the communal rangeland of Guelb El-Fguira (Chenini Community), Southern Tunisia. Scientific report, M&M 3 project, ICARDA, 16 pages.
- Ouled Belgacem, A., Ben Salem H., Bouaicha A., El Mourid M.** 2008. Communal rangeland rest in arid area, a tool for facing animal feed costs and drought mitigation : the case of Chenini Community, Southern Tunisia. *Journal of Biological Sciences* 8 (4) : 822-825.

- Palatnik R.R., Roson R.** 2009 : Climate Change Assessment and Agriculture in General Equilibrium Models : Alternative Modelling Strategies. Climate Change Modelling and Policies Programme, Fondazione Eni Enrico Mattei, (<http://www.feem.it>)
- Raes, D.** 2002. BUDGET, a soil water and salt balance model : Reference manual. Katholieke Universiteit Leuven, Department of Land Management, Leuven, Belgium, 83p. (<http://www.iupware.be>).
- Raes, D.** 2003. ETO calculation software package. (<http://www.iupware.be>).
- République Tunisienne** (2006). Note d'orientation du XIe Plan de développement (document en langue arabe).
- République Tunisienne** (2006). Note d'orientation du XIe Plan de développement (document in Arabic).
- Santiago O.** 2001. Vulnerability and Adaptation to Climate Change : Concepts, Issues, Assessment Methods, Climate Change Knowledge Network, Foundation Paper, 21p.
- Schiettecatte, W., Ouessar, M., Gabriels, D., Tanghe, S., Heirman, S., Abdelli, F.,** 2005. Impact of water harvesting techniques on soil and water conservation : a case study on a micro catchment in southeastern Tunisia. *Journal of Arid Environments* 61, 297-313.
- Sghaier M.,** 2000 : Analyse économique, in Akrimi N., Neffati M., Ben Hamouda M., Abaab A. & Sghaier M. (Eds), Etude de factibilité technique et socio économiques du développement des parcours d'El Ouara, CRDA Médenine, PGRN.
- Sghaier M., Ouessar M., Ouled Belgacem A., Khatteli H., Taamallah H.,** 2009. Synthèse des stratégies d'adaptation de l'agriculture tunisienne, des écosystèmes, du littoral et du secteur touristique aux changements climatiques. Etude de la vulnérabilité de l'agriculture et du secteur de l'eau dans le Sud de la Tunisie, CI :GRASP, IRA/GTZ/PIK, 42p.
- Sghaier M., Ouessar M., Ouled Belgacem A., Khatteli H., Taamallah H.,** 2010a. CI :GRASP Patterns of vulnerability in the agriculture and water sector in the southern region of Tunisia, Case of olive production sector in the governorate of Médenine, Methodological approach, 32p.
- Sghaier M., Ouessar M., Ouled Belgacem A., Khatteli H., Taamallah H.,** 2010b. Vulnerability of olive production sector to climate change in the governorate of Médenine (Tunisia), Final report, Projet Ci :Grasp, IRA/PIK/GTZ, 35p+annexes.
- Tarhouni M., Ouled Belgacem A., Neffati M. & Henchi B.** 2007. Validation of some structural vital attributes of the ecosystem in relation to seasonal drought and animal pressure around watering points in arid area of Tunisia. *Belg. J. Bot.* 139(2) : 188-202.
- Teague WR, Dowhower SL, Waggoner JA.** 2004. Drought and grazing patch dynamics under different grazing management. *J. Arid Environm,* 58 : 97-117.
- Thomas R.** 2008. Opportunities to reduce the vulnerability of dryland farmers in CWANA to climate change. *Agriculture, Ecosystem and Environment,* 126 : 36-45.
- Touchan R., D.M. Meko, A. Aloui** 2008. Precipitation reconstruction for Northwestern Tunisia from tree rings. *J. of Arid Environment,* 72, 1887-1896.
- Trigui, A.,** 1994. Le milieu edapho-climatique au sud Tunisien : caractéristiques et effets sur la production de l'olivier. In : Proceedings International Conference on Land and Water Resources Management in the Mediterranean Region, No.3, Valenzano, Bari, Italy, 4-8 September 1994, pp. 845-860.

#### **Sites web**

- Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques : [www.unfccc.int](http://www.unfccc.int)
- Groupe Intergouvernemental d'experts sur l'Évolution du Climat : [www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)
- Fonds pour l'Environnement Mondial : [www.workbank.org/html/gef](http://www.workbank.org/html/gef)
- Climate Action Network : [www.igc.org/climate/eco.html](http://www.igc.org/climate/eco.html)
- Organisation Météorologique Mondiale : [www.wmo.ch](http://www.wmo.ch)
- Agence Internationale de l'Énergie : [www.iea.org](http://www.iea.org)

## Liste des acronymes

<b>CC</b>	Changement Climatique
<b>CCC/GIZ</b>	Projet Appui à la mise en œuvre de la CCNUCC en Tunisie
<b>CES</b>	Conservation des Eaux et des Sols
<b>ci:grasp</b>	Climate Impact : Global and Regional adaptation Support Platform
<b>CRDA</b>	Commissariat Régional au Développement Agricole
<b>CTV</b>	Cellule Territoriale de vulgarisation
<b>DGEQV</b>	Direction Générale de l'Environnement et de la Qualité de Vie
<b>GDA</b>	Groupement de Développement Agricole
<b>GES</b>	Gaz à Effet de Serre
<b>GIEC</b>	Groupement Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
<b>GIZ</b>	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit - GmbH
<b>GTZ</b>	Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit - GmbH
<b>INS</b>	Institut National des Statistiques
<b>IO</b>	Institut de l'Olivier
<b>IPCC</b>	Intergovernmental Panel on Climate Change
<b>IRA</b>	Institut des Régions Aride
<b>MARH</b>	Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques
<b>MEDD</b>	Ministère de l'Environnement et du Développement Durable
<b>ODS</b>	Office de Développement du Sud
<b>OEP</b>	Office de l'Elevage et des Pâturages
<b>OH</b>	Office de l'Huile
<b>ONG</b>	Organisation Non Gouvernementale
<b>PIB</b>	Produit Intérieur Brut
<b>PIK</b>	Potsdam Institute for Climate Impact Research
<b>PV</b>	Production Végétale
<b>SAU</b>	Surface Agricole Utile
<b>SIE</b>	Système d'Information Environnemental
<b>SIG</b>	Système d'Information Géographique
<b>UE</b>	Unité d'Exposition
<b>UNFCCC</b>	United Nation Framework Convention On Climate Change
<b>URAP</b>	Union Régionale de l'Agriculture et de la Pêche

## Crédit photos : de gauche à droite

Page de garde : barres : GIZ, Ghazi Gader, Ghazi Gader, IRA, GIZ - cercles : Ghazi Gader, GIZ, GIZ, Ghazi Gader / Pg.1 : barres : IRA, GIZ - cercles : GIZ / Pg.4 : barres : GIZ, IRA - cercle : GIZ  
Pg.5 : barres : 4 GIZ, IRA - cercles : 3 GIZ, IRA / Pg.6 : IRA / Pg.8 : barre : IRA - cercles : GIZ  
Pg.9 : barres : GIZ - cercles : GIZ / Pg.12 : barre : Ghazi Gader - cercles : Ghazi Gader, GIZ  
Pg.13 : barres : Ghazi Gader, cercle : GIZ / Pg.15 : barres : Ghazi Gader, GIZ - cercles : GIZ, Ghazi Gader  
Pg.17 : barres et cercles : GIZ / Pg.19 : barres : 4 GIZ, IRA - cercles : 3 GIZ, IRA /  
Pg.20 : barre : IRA - cercles : Ghazi Gader / Pg.21 : barres : IRA, Ghazi Gader - cercles : Ghazi Gader  
Pg.23 : barres : GIZ - cercles : GIZ, IRA / Pg.24 : barre : IRA - cercles : IRA, GIZ / Pg.25 : barres : IRA, Ghazi Gader - cercle : Ghazi Gader / Pg.28 : barre : IRA - cercles : IRA, GIZ / Pg.29 : barres : IRA, Ghazi Gader cercle : GIZ / Pg.31 : barres : GIZ - cercles : GIZ, IRA / Pg.33 : barres : 4 GIZ, IRA - cercles : 3 GIZ, IRA / Pg.34 : barre : IRA - cercles : IRA, GIZ / Pg.35 : barres : IRA, Ghazi Gader - cercle : GIZ.

## Mentions légales

### Publié par

Deutsche Gesellschaft für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) - GmbH

Projet d'appui à la Mise en Œuvre de la Convention  
Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique  
(CCNUCC) en Tunisie

### Adresse

B.P. 753, 1080 Tunis-cedex, Tunisie  
T. +216 70 728 622  
F. +216 70 728 417  
I. [www.giz.de/tunesien](http://www.giz.de/tunesien)

### Coordination

Anselm Duchrow  
Helmi Sabara

### Auteurs

Mongi Sghaier  
Mohamed Ouessar

### Avec la contribution de l'équipe de recherche de l'IRA

Houcine Taamallah  
Houcine Khatteli  
Azaiez Ouled Belgacem  
Ammar Zerrim

### Révision

Anne Chaponnière  
Ghazi Gader  
Raoudha Gafrej