



Année Universitaire : 2017-2018

*Mastère : Aridoculture et Lutte Contre la Désertification*

## Mémoire de mastère

---

# Caractérisation des aménagements de lutte contre la désertification moyennant l'outil Géo-informatique Global des Options par Contexte : Cas du transect Dhahar-Béni Khédache-Jeffara (gouvernorat de Médenine)

---

Elaboré par : **Farouk Boufalgha**

Présenté et soutenu publiquement à l'IRA le 10/05/2018 devant le jury composé de :

**Président de jury** : Mr. Habib BOUSNINA, MC, INAT.

**Directeur de mémoire** : Mr. Mohamed OUESSAR, MC, IRA-Médenine.

**Co-encadreur** : Mr. Bao LE Quang, ICARDA, Jordanie.

**Membre examinateur** : Mr. Mohamed MOUSSA, MC, IRA-Médenine.

## Résumé

Le suivi et l'évaluation des pratiques de gestion durable des terres en vue d'atteindre la neutralité de la dégradation des terres sont devenus l'une des priorités des pays signataires de la convention des NU sur la lutte contre la désertification.

Cette étude vise à tester l'outil géo-informatique global des options par contexte (GeOC), en cours de développement, sur les actions de lutte contre la désertification dans le transect Dhahar-Béni Khédache-Jeffara. Il est basé essentiellement sur les analyse bibliographique, l'expertise locale et internationale, et les bases de données globales, et ce dans un environnement SIG et Web.

La majorité des techniques de conservation des eaux et des sols ainsi que celles de lutte contre l'ensablement ont été inventoriées et caractérisées dans les différents contextes biophysiques et socio-économiques de la zone d'étude. Des plus, des résultats préliminaires sur les impacts des aménagements réalisés ont été dégagés.

Une fois calibré et validé, cet outil pourrait représenter un outil d'aide à la décision pour la gestion durable des terres en zones menacées par la désertification.

**Mots-clés :** Dégradation, Gestion durable, Contexte, Conservation des Eaux et des Sols, Lutte Contre la Désertification

## **Abstract**

Monitoring and evaluation of sustainable land management practices to achieve land degradation neutrality has become one of the priorities in the countries signatories of the UN Convention to Combat Desertification.

This study aims to test the Ge OC tool, currently under development, on the combat desertification actions in the transect Dhahar-Béni Khédache-Jeffara. It is essentially based on bibliographic analysis, local and international expertise, and global databases, in a GIS and Web framework.

The majority of water and soil conservation techniques as well as wind erosion control techniques have been inventoried and characterized in some different biophysical and socio-economic contexts of the study area. In addition, preliminary results on the impacts of the developments made have been obtained.

Once calibrated and validated, this tool could be a decision support tool for sustainable land management in areas threatened by desertification.

**Keywords:** Degradation, Sustainable management, Context, Water and soil conservation, combating desertification

## ملخص

تعتبر متابعة وتقييم ممارسات الإدارة المستدامة للأراضي للحد من ظاهرة تدهور الأراضي أحد أولويات الدول الموقعة على اتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر.

تهدف هذه الدراسة إلى اختبار برمجية المعلومات الجغرافية العالمية للخيارات المستندة إلى السياق (Ge OC)، التي يجري تطويرها حالياً، من خلال منشآت مقاومة التصحر بمنطقة الظاهر-بني خدّاش- الجفارة. تعتمد هذه البرمجية أساساً على مختلف المعارف والخبرات المحلية والدولية وقواعد البيانات العالمية في إطار نظم المعلومات الجغرافية.

تم جرد معظم تقنيات المحافظة على المياه والتربة وكذلك تقنيات مقاومة زحف الرمال في مختلف السياقات البيوفيزيائية والاجتماعية - الاقتصادية لمنطقة الدراسة. بالإضافة إلى ذلك، تم تحديد النتائج الأولية لآثار التطورات التي تم إحرازها.

و بالتالي فإن هذه البرمجية و بمجرد التحقق من صحتها و المصادقة عليها، يمكن أن تكون أداة لدعم اتخاذ القرار للإدارة المستدامة للأراضي في المناطق المهددة بالتصحر.

الكلمات المفتاحية: تدهور الأراضي، الإدارة المستدامة، السياق، المحافظة على المياه والتربة، مكافحة التصحر

## Dédicace

Avec beaucoup de respects et d'amour je dédie ce modeste travail à :

**Mon père**, à celui qui m'a aidé à découvrir le 'savoir' le trésor inépuisable. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Vous avez été et vous serez toujours un exemple à suivre pour vos qualités humaines. Ce travail est le fruit des sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation. Que Dieu vous préserve des malheurs de la vie afin que vous demeuriez le flambeau illuminant mon chemin...

**Ma mère**, Je vous dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Vous avez fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études. Puisse Dieu, le tout puissant, vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur.

**Ma chère grande mère**, qui m'a accompagné par sa douceur et ses prières qui m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études, que Dieu vous prête longue vie et beaucoup de santé et du bonheur.

**Mes frères**, Aucune dédicace ne pourrait exprimer tout l'amour que j'ai pour vous, Votre joie et votre gaieté me comblent de bonheur. Puisse Dieu vous garder, éclairer votre route et vous aider à réaliser à votre tour vos vœux les plus chers.

**Mes sœurs**, merci d'être toujours à me côté, par votre présence et votre tendresse, pour donner du goût et du sens à ma vie. J'implore Dieu qu'il vous donne bonheur et prospérité.

**Mes chers petits neveux et nièces**, je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité. Je prie Dieu qu'il vous garde et vous protège

**À toute ma famille** pour tous leurs soutiens et leurs amours et affections.

**A mes amis**, en souvenir des plus beaux instants qu'on a passé ensemble.

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible. Et à tous ceux dont l'oubli du nom n'est pas celui du cœur. . .

Farouk

## Remerciements

Au terme de ce travail, je tiens à adresser mes vifs et sincères remerciements à toutes les personnes qui m'ont apporté leur aide et leur soutien, en particulier :

Monsieur Mohamed Ouessar, Maître de conférences à l'Institut des Régions Arides pour m'avoir accueilli et encadré. J'apprécie particulièrement sa disponibilité, son soutien moral et sa sympathie.

Monsieur Le, Quang Bao et toute l'équipe de l'ICARDA chargée du projet Sustainable Land Management to Achieve Land Degradation Neutrality: Options-by-Context Approach and Tools, Dr Badabate Diwediga, Melle Fajr Fradi, et Dr Claudio Zucca. Je salue en eux autant leurs qualités humaines que professionnelles et je les remercie vivement pour leur précieuse contribution à la réalisation de ce travail.

Un remerciement très particulier va à Mr Bousnina Habib le coordinateur de mastère ALCD à l'Institut National Agronomique de Tunisie, pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant la présidence de ce jury et pour l'aide qu'il a apporté durant la session des cours à l'INAT, sa rigueur scientifique et pour sa bienveillance.

Mes sincères remerciements vont également à Mr Mohamed Moussa Maître de conférences et directeur du laboratoire d'Érémologie et Lutte Contre la Désertification à l'IRA, pour avoir bien voulu juger ce modeste travail et pour son encouragement et ses conseils précieux.

Je tiens aussi à remercier tous les personnels du laboratoire d'Érémologie et de Lutte Contre la Désertification où ce travail et les personnels de de l'unité de télédétection à l'IRA notamment : Mr Zerrim Ammar, Mr Fethi abdelli et Mr Messaoud Guied., pour leurs disponibilités et leurs conseils et toute l'équipe qui m'a accompagné pendant les visites de terrain.

J'exprime ma profondeur gratitude à tous mes enseignants de ce mastère à l'INAT et à l'IRA

Enfin, je remercie ma deuxième famille le groupe de mastère ALCD promotion 2016/2017 en souvenir de notre sincère et profonde amitié.

## Table des matières

<b>Introduction</b> .....	1
<b>Chapitre 1 : Eude Bibliographique</b> .....	3
1.1 Dégradation des terres .....	3
1.2 Processus de dégradation des terres.....	3
1.2.1 Salinisation .....	3
1.2.2 Erosion hydrique .....	4
1.2.3 Erosion éolienne .....	4
1.2.4 Épuisement des sols ou érosion chimique et biologique des sols .....	5
1.2.5 État de la dégradation des terres en Tunisie .....	5
1.3 Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (UNCCD) .....	6
1.4 Gestion durable des terres GDT .....	7
1.5 Panorama mondial des approches et technologies de conservation (WOCAT).....	8
1.5.1 Vision du WOCAT.....	8
1.5.2 Missions du WOCAT.....	8
1.5.3 WOCAT et gestion durable des terres.....	9
1.6 Neutralité en matière de dégradation des terres.....	9
1.7 Conservation des eaux et des sols en Tunisie.....	11
1.7.1 Approches interventionnistes de l'Etat .....	12
1.7.2 Stratégies de conservation des eaux et du sol .....	13
1.7.3 Réalisations d'ordre institutionnel .....	14
1.8 Plans d'action nationaux dans le cadre de l'UNCCD.....	15
1.9 Impacts de la dégradation des terres .....	16
<b>Chapitre 2 : Présentation de la zone d'étude</b> .....	18
2.1 Milieu physique .....	18
2.1.1 Localisation géographique .....	18
2.1.2 Climat .....	19

2.1.3	Température .....	22
2.2	Caractéristiques géomorphologiques de la Jeffara .....	23
2.2.1	Jebels et piémont .....	24
2.2.2	Plaine de la Jeffara .....	24
2.3	Travaux de gestion durable des terres réalisées à la Jeffara .....	25
2.3.1	Techniques de conservation des eaux et des sols .....	25
2.3.2	Techniques de la lutte contre l'ensablement .....	30
<b>Chapitre 3 : Matériels et Méthodes .....</b>		<b>35</b>
3.1	Revue de littérature et collecte des données .....	36
3.2	Travail sur le terrain .....	37
3.3	Préparation des Templates des SLM .....	40
3.4	L'outil Geo-informatique Globale des Options par Contexte .....	46
3.4.1	Méthodologie de l'utilisation de l'outil GeOC .....	47
3.4.2	Insertion de la base des données des GDT .....	51
<b>Chapitre 4 : Résultats et discussions .....</b>		<b>52</b>
4.1	Résultats des conditions biophysiques .....	53
4.1.1	Conditions biophysiques .....	53
4.1.2	Couverture des sols .....	56
4.2	Impacts de l'implantation des pratiques de GDT .....	58
4.2.1	Indicateurs de dégradation et de régénération des terres.....	58
4.2.2	Coûts d'installation et de maintenance des pratiques GDT .....	60
4.2.3	Les impacts sur site des pratiques de GDT .....	61
4.2.4	Les impacts hors-site des pratiques de GDT .....	63
4.3	Les limites de l'outil .....	65
<b>Conclusion.....</b>		<b>67</b>
<b>Bibliographie.....</b>		<b>69</b>
<b>Annexes .....</b>		<b>77</b>

## Liste des figures

Figure 1: Répartition des terres sensibles au phénomène de la désertification en Tunisie (MARHP, 2014).....	6
Figure 2: Hiérarchie de réponse pour la neutralité de dégradations des terres (Thomas, 2017) .....	10
Figure 3: Carte de localisation de la zone d'étude.....	18
Figure 4: Carte des étages climatiques de la zone d'étude (Minist. Agri., 2002) .....	20
Figure 5: Variation de la pluviométrie annuelle (mm) de station Béni Khedech durant la période 1968 à 2015 (CRDA, 2016) .....	21
Figure 6: Carte des isohyètes interannuelles de la région de la Jeffara (Ouessar, et al., 2006) 22	
Figure 7: Variation des températures annuelles maximales et minimales durant la période 1977-2014 de la zone d'étude (Henchiri, 2016). .....	23
Figure 8: Seuils en pierres sèches et terrasses.....	25
Figure 9: Présentation de la technique de Jessour.....	26
Figure 10: Présentation de la technique de Tabias.....	27
Figure 11: Ouvrages de recharge en gabion.....	28
Figure 12: Puits filtrants.....	29
Figure 13: Schéma de citernes traditionnelle et moderne (Tâamallah, et al. 2010).....	30
Figure 14: Schéma type d'une Tabias en terre surmontée de palissades en feuilles de palmes (Tâamallah, et al. 2010).....	32
Figure 15: Contre dune pour la protection de périmètres irrigués à Sidi Makhlouf .....	32
Figure 16: Fixation biologique des dunes mobiles (Tâamallah, et al., 2010) .....	34
Figure 17: Approche méthodologique globale de l'étude.....	35
Figure 18: Carte des aménagements de conservation des eaux et des sols dans la zone d'étude. ....	37
Figure 19: Carte des sites visités. ....	39
Figure 20: Template Jessour: Informations générales using the GeOC's off-line template (Le & Diwediga, 2017).....	42
Figure 21: Description détaillée du SLM Jessour. Template source : Le & Diwediga (2017) 43	
Figure 22: La classification et les objectifs de la technologie des Jessour. Template source : Le & Diwediga (2017).....	44

Figure 23: Localisation géographique et contexte socio-écologique des Jessour. Template source : Le and Diwediga (2017) .....	44
Figure 24: Spécification technique et coût de la technologie des Jessour. Template source : Le and Diwediga (2017).....	45
Figure 25: Les impacts, les avantages et les inconvénients de la technologie des Jessour. Template source : Le & Diwediga (2017).....	45
Figure 26: Les composantes de l'outil GeOC. source : (Diwediga, et al., 2017) .....	46
Figure 27: Interface de l'outil GeOC . Source : (Diwediga, et al., 2017).....	48
Figure 28: Les outils et les fonctions cartographiques. Source : (Diwediga, et al., 2017).....	48
Figure 29: Les outils et les fonctions cartographiques2. Source : (Diwediga, et al., 2017).....	49
Figure 30: Sélection de la zone d'étude. Source : (Diwediga, et al., 2017).....	49
Figure 31: Sélection des variables du Thème «Contexte Facteurs». Source : (Diwediga, et al., 2017).....	50
Figure 32: Sélection des variables du Thème « Indicateurs de performance-Impact». Source : (Diwediga, et al., 2017).....	50
Figure 33: Insertion des données des GDT. Source : extrait du modèle SLM de GeOC. : <a href="https://mel.cgiar.org/slm/index">https://mel.cgiar.org/slm/index</a> .....	51
Figure 34: L'interface Ge OC après la sélection de la zone d'étude et l'insertion des SLM Source : extrait du WebGIS de GeOC: <a href="https://mel.cgiar.org/slm/visulization">https://mel.cgiar.org/slm/visulization</a> .....	52
Figure 35: Descriptive des variables de la biodiversité. Source : extrait du WebGIS de GeOC .....	53

## Liste des tableaux

Tableau 1: Les SLM pratiqués à la zone d'étude.....	41
Tableau 2: Les conditions biophysiques sur chaque site.....	54
Tableau 3: Récapitulatif de la répartition du couvert végétal .....	57
Tableau 4: Indicateurs de performance des pratiques de GDT dans la zone d'intérêt.....	59
Tableau 5: Coûts d'installation et de maintenance (TND) des pratiques GDT.....	61
Tableau 6: Indicateurs des impacts sur site des pratiques de GDT .....	62
Tableau 7: Indicateurs des impacts hors-site des pratiques de GDT.....	64

## Abréviations

CES : Conservation des Eaux et des Sols

CNEA : Centre National des Etudes Agricoles

CNUED : Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement

CNULD : Convention des Nations Unies sur la Lutte contre la Désertification

COP : Conference Of the Parties

CRDA : Commissariat Régional au Développement Agricole

CSET : Context Socio-Ecological Types.

CST : Comité de la Science et de la Technologie

CTV : Cellule Territoriale de Vulgarisation

DG/ACTA : La Direction Générale de l'Aménagement et de la Conservation des Terres  
Agricoles

FAO : Food and Agriculture Organization

Ge OC : Global Geo-Informatics Options by Contexts

GIZ : Agence Allemande de la Coopération Internationale

ICARDA: International Center for Agricultural Research in the Dry Areas

IRA : Institut des Régions Arides

IUCN: International Union for Conservation of Nature

IUCNR/ International Union for Conservation of Nature and Natural Resources

LADA: Land Degradation Assessment in Drylands

MARHP : Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques, et de la Pêche

MEAT, Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire

NDT : la Neutralité en matière de Dégradation des Terres.

ONG : Organisation Non Gouvernementale.

PAN : Programme d'Action National

PIB : Produit Intérieur Brut

PNN : Productivité Nette Primaire

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement

SIG : Système d'Information Géographique

SLM: Sustainable Land Management

UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change

WOCAT: World Overview of Conservation Approaches and Technologies

## Introduction

La FAO estime qu'un quart des terres totales dans le monde est très dégradé à cause de l'érosion hydrique et éolienne incontrôlée, d'un amendement insuffisant des sols en matière organique et en éléments nutritifs, du surpâturage, du défrichage, de la salinisation et autres conséquences d'une utilisation et d'une gestion non durable des sols (Buck & Bailey, 2013). En outre, l'agriculture compte pour 70 % de tous les prélèvements d'eau douce (Aune, 2008). De ce fait, la gestion de l'eau constitue le processus le plus critique dans les zones arides, car elle a des répercussions sur les moyens de subsistance, la sécurité alimentaire, la conservation des terres et la productivité et la société en général (El Amami, 1984).

La plupart des pays du moyen orient et de l'Afrique du Nord sont secs et tous dans le tiers monde. Ces pays en voie de développement ne possèdent pas souvent la capacité financière ou la structure sociale nécessaires pour adopter des approches modernes de gestion de l'eau (Boers, 1994). D'autre part, les sociétés de ces régions sèches ont appris à faire face à la pénurie d'eau tout au long des siècles (Oweis, et al., 2004).

Dans la région sud-est de la Tunisie, où les précipitations annuelles sont comprises entre 150 et 230 mm (Ouessar, 2007), les zones traitées par les techniques traditionnelles de récolte de l'eau, considérées comme des pratiques de gestion durable des terres dans les zones sèches, principalement jessour: barrage) se limitaient aux parties supérieures des bassins versants de l'oued (Ben Mechlia & Ouessar, 2004)

Cependant, avec l'indépendance de la Tunisie en 1956, les champs cultivés, principalement les oliviers, se sont progressivement étendus aux zones voisines grâce à la construction de tabias et de structures d'épandage d'eau dans les contreforts et les plaines environnantes (Jeffara), exploités normalement comme pâturages (Mzabi, 1988).

Parallèlement, le service de conservation des sols et de l'eau du Ministère de l'agriculture a également introduit de nouvelles techniques (unités en gabion, puits de recharge des eaux souterraines, etc.) (Min. Agr., 1990). Notamment au cours des dernières décennies, témoignant de la réalisation de la stratégie nationale de la conservation des eaux et des sols CES, La stratégie de mobilisation des ressources en eau (Ouessar, et al., 2006). Ces travaux ont été réalisés dans le cadre du Plan d'Action National (PAN) de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification en 1998.

En plus des aménagements de la CES, d'autres techniques de gestion durable de la terre ont été adoptées dans la région du sud-est de la Tunisie, ces techniques ont été employées pour la lutte contre l'ensablement. L'intervention de l'Etat tunisien pour la lutte contre ce fléau est lancée dès l'indépendance et surtout depuis 1962, par la mise en œuvre du premier plan national du développement économique et social, que le gouvernement a accordé une importance particulière à la lutte contre l'ensablement (Ezzdine, 2006).

Pour l'évaluation des impacts de ces diverses techniques, l'FAO a lancé un programme d'identification des bonnes pratiques agricole en se basant sur l'approche de WOCAT (Tâamallah, et al., 2010). En effet, le WOCAT est un réseau mondial établi par de spécialistes de la gestion durable des terres (GDT) ayant comme objectif global la combinaison des efforts de gestion des connaissances et d'aide à la décision pour la mise à l'échelle de la GDT parmi toutes les parties prenantes (WOCAT, 2017). Ces efforts peuvent être consolidés en faisant recours aux systèmes d'informations géographiques et aux systèmes d'informations géographiques en ligne WEB GIS.

Cette étude se base sur l'utilisation d'un nouvel outil SIG en ligne Ge OC (Geo-informatique Globale des Options par Contexte) qui surveille continuellement l'impact sur les zones cibles grâce à des évaluations locales faites avec la technologie de télédétection basé sur l'approche des options par contexte. L'outil Ge OC permet de surveiller et évaluer continuellement les pratiques de GDT à travers divers contextes cibles sur la base des indicateurs issus de données primaires d'origine diverses (Le, et al., 2017) (Le, et al., 2018); (ICARDA, 2017) (ICARDA, s.d.). Cet outil apportera un soutien aux acteurs privés et publics, en répondant à des questions communes sur l'utilisation des terres et leur gestion à différentes échelles dans le but de fournir une évaluation d'impact pouvant prédire de manière fiable les résultats agronomiques, écologiques et économiques des interventions de ces techniques de GDT.

Les principaux objectifs de cette étude sont :

- Elaborer une base des données comprenant des inventaires et des analyses des pratiques de GDT (principalement, les techniques de collecte des eaux de ruissellement et les techniques de lutte contre l'ensablement) ;
- Identifier les différents contextes pour chaque technique de GDT ;
- Tester et appliquer l'outil Ge OC par l'approche des GDT par contexte.

# **Chapitre 1 : Eude Bibliographique**

## **1.1. Dégradation des terres**

La dégradation des terres désigne la baisse temporaire ou permanente de leur capacité de production c'est-à-dire leur aptitude culturale à la suite d'une détérioration momentanée ou continue de leur fertilité sous l'action des phénomènes naturels et des activités humaines (Thibault, et al., 2000). En général, la dégradation débute par une altération de la végétation, une modification de la composition floristique, les espèces les plus utilisées se raréfient et disparaissent. Ensuite ou parallèlement, le couvert végétal s'éclaircit, la production de la biomasse diminue. Les capacités de reproduction et de régénération de la végétation se réduisent de plus en plus (LADA, 2008).

La dégradation des ressources naturelles est étroitement liée aux quatre facteurs physiques de base qui conditionnent le régime érosif, à savoir l'agressivité du climat et des précipitations, la fragilité des sols, la topographie et la nature et la densité du couvert végétal.

On parle de la désertification quand la dégradation des terres se produit dans un environnement climatique avec des précipitations rares. Selon à l'article 1 de la Convention des Nations Unies sur la lutte Désertification (United Nations, 1994.), la désertification signifie la dégradation des terres dans les milieux arides, semi-arides et sèches zones subhumides résultant de divers facteurs, y compris les variations climatiques et les activités humaines.

## **1.2. Processus de dégradation des terres**

### **1.2.1 Salinisation**

La salinisation du sol est une forme de dégradation des sols caractéristique des régions arides et semi-arides. En Tunisie, 25% des surfaces irriguées sont salinisées. Ce phénomène est défini comme le processus de dégradation par lequel les sels s'accumulent dans le sol (IPTRID-FAO, 2006). Elle se manifeste dans les régions arides et semi-arides caractérisées par une forte évaporation sur des sols recevant des apports d'eau saumâtre par irrigation ou par la remontée capillaire à partir d'une nappe phréatique salée. Elle peut être aussi le résultat des autres processus de dégradation soit l'érosion hydrique par la collecte des eaux de ruissellement ou l'érosion éolienne en recevant des matériaux solides salins par transport éolien à partir des zones salées (chott, sebkha ...) (Barbouchi, et al., 2013).

La salinité du sol est exprimée par : les sels totaux (résidu sec) dans l'extrait de la pâte saturée et le taux du sodium adsorbé (Na/T) (Ruellan, et al., 2008).

Le processus de salinisation est le résultat d'une mauvaise combinaison d'une forte évaporation et d'un apport inadéquat d'eau d'irrigation en relation avec sa teneur en sels. Plus le climat est aride, plus l'irrigation est indispensable à la culture et plus son usage est risqué (Ruellan, et al., 2008). La seconde est d'origine anthropique, due essentiellement à l'irrigation et appelée salinisation secondaire (IPTRID-FAO, 2006). La salinisation primaire est engendrée naturellement en fonction des facteurs du milieu, le type du sol, le bioclimat et la situation géomorphologique (Ben Hassine & Jelassi, 2002). Dans les périmètres irrigués, la salinisation secondaire a une double origine : l'eau d'irrigation et les remontées des plans d'eau souterrains (Ben Hassine, 2005).

### **1.2.2 Erosion hydrique**

L'érosion hydrique est définie comme la perte du sol due à l'eau de la pluie ou du ruissellement superficiel qui arrache et transporte la terre vers un lieu de dépôt. C'est un phénomène composé d'un ensemble des processus complexes et interdépendants qui provoquent le détachement et le transport des particules du sol. L'arrachage est due à la fois aux gouttes d'eau et aux eaux de ruissellement et le transport est assuré par ces eaux (Hadidi, 2008). Ce processus est particulièrement important dans les montagnes, les piémonts, les glacis et le long des berges des oueds (CNEA., 2007).

### **1.2.3 Erosion éolienne**

L'érosion éolienne intéresse les milieux arides et semi-arides. Ce processus est favorisé par la texture sableuse du sol, l'absence de structure et de cohésion entre les particules et la dégradation de la végétation.

Ce phénomène touche des nombreuses régions à travers le monde situées dans les étages bioclimatiques hyper arides, arides et semi arides. La Tunisie, à l'instar des pays limitrophe du Sahara, est concernée directement par ce phénomène (Labiadh, et al., 2015).

L'érosion éolienne résulte de l'action mécanique exercée par le vent sur la surface du sol. Elle se traduit par l'enlèvement partiel ou total des particules du sol par diverses actions dont les principales sont la déflation et l'abrasion (Alfaro & Gomes, 2001). Ce phénomène contrôlé par deux paramètres principaux l'énergie apportée par le vent à la surface et le seuil minimal de mobilisation des particules libres du sol, ou seuil d'érosion (Labiadh, et al., 2015).

#### **1.2.4 Épuisement des sols ou érosion chimique et biologique des sols**

L'épuisement des sols est défini comme l'abaissement des éléments nutritifs et de matière organique contenus dans le sol en suite aux prélèvements continus des cultures et la soustraction d'une partie de la matière produite sans restitution des exportations (Nahon, 2006). Ce processus est le résultat des facteurs naturels qui sont la successibilité au lessivage des ions plus soluble, la successibilité à la biodégradation rapide de certaines matières organiques, l'abondance des pluies. Ainsi l'activité humaine induit à l'épuisement des sols par, absence ou insuffisance des restitutions, défrichement et surpâturage, le surdosage des irrigations, et l'utilisation des engrais azotés (Kraveunn, 2007).

L'épuisement chimique du sol entraîne une déstabilisation structurale, un déséquilibre microbiologique et une chute continue de la capacité de production (Nahon, 2006).

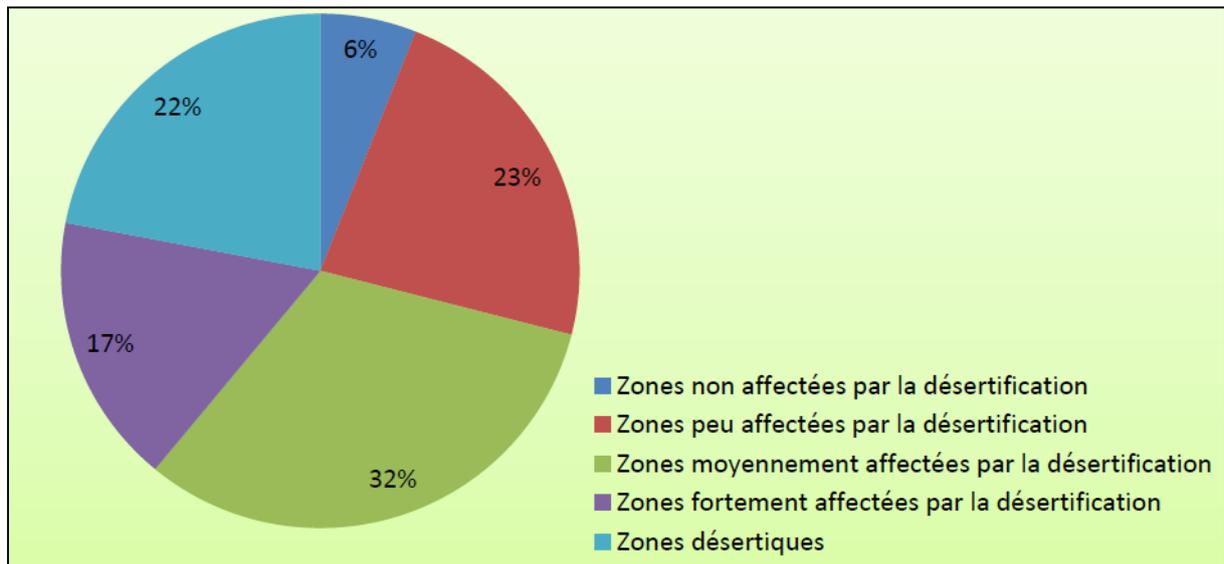
#### **1.2.5 État de la dégradation des terres en Tunisie**

L'évaluation de l'érosion sur tout le territoire Tunisien a permis de cartographier l'érosion à l'échelle nationale et de retenir qu'environ 3,5 Millions d'ha sont menacés d'érosion dont 50% menacés d'érosion aigue engendrant une perte de la fertilité. Les régions arides du sud tunisien sont des zones naturellement très sensibles à l'érosion éolienne puisque les précipitations dans ces régions sont faibles (inférieures à 200 mm). Les terres touchées par l'érosion éolienne sont évaluées à 7 356 554 ha (47%) et celles touchées par une érosion éolienne moyenne sont de 4 791 866 ha (31%) (CENA., 2008).

En Tunisie, la quantité totale de sels apportée au sol par l'irrigation augmente constamment avec le temps. La superficie des terres dans les périmètres sensibles ou affectés par une salinisation moyenne est de 1 118 310 ha, (environ 7%) et les terres touchées par une salinisation forte sont estimées à 6 788 610 ha (environ 4%) (CENA., 2008). Les sols affectés par les sels en Tunisie couvrent environ 1,5 million d'hectares soit à peu près 10 % de la surface du pays (Hachicha, 2007). Cependant l'érosion hydrique en Tunisie affecte les terres des grandes cultures et représente ainsi une grave menace tant pour la production des céréales que pour la disponibilité des ressources en eau et en sol (DG/ACTA, 2007).

Ces processus l'érosion hydrique, l'érosion éolienne, la salinisation des sols et la dégradation du couvert végétal sont les principaux facteurs du phénomène de la désertification. Le graphique ci-dessus montre que 94% des terres sont sensibles au phénomène de la désertification et elles se répartissent comme suit : 17% de la superficie du territoire est fortement affectée par la désertification, 32% de la superficie du territoire est moyennement

affectée, 23% de la superficie du territoire est peu affectée et 22% de la superficie du territoire est constituée par le désert (MARHP, 2014). Les terres sensibles au phénomène de la désertification en Tunisie se répartissent comme le montre la figure 1.



*Figure 1: Répartition des terres sensibles au phénomène de la désertification en Tunisie (MARHP, 2014).*

### **1.3. Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (UNCCD)**

Sous les impacts et les menaces incessants du changement climatique mondial, les activités humaines ont accéléré l'expansion continue des terres dégradées dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèches, entraînant des nombreuses conséquences destructives, comme les sécheresses prolongées en Afrique, qui ont provoqué une faim, une famine et une mortalité insupportables et qui ont suscité une grande inquiétude au niveau mondial. Un plan d'action de lutte contre la désertification a été adopté à la Conférence des Nations Unies sur la désertification en 1977 au siège du PNUE. Cependant, la conclusion fondée sur les résultats statistiques de 1991 a montré que la dégradation des terres est en cours de développement. Comment résoudre le problème de la désertification est l'un des principaux thèmes de la discussion, qui a porté sur l'importance mondiale accordée à la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement (CNUED) qui s'est tenue à Rio de Janeiro en 1992.

La désertification a été incorporée à l'Agenda 21<sup>ème</sup> siècle, et le document clé de la CNUED, a été stipulé que le développement durable doit être réalisé au niveau communautaire, et il a été rappelé de créer une commission de négociation intergouvernementale, sous l'égide de

l'Assemblée générale des Nations Unies, élaborer la première version de la Convention au plus tard en juin 1994. Après cinq sessions de la Commission de négociation intergouvernementale, le processus de négociation a été achevé et, en tant que résultat final de la Commission intergouvernementale de négociation, la CNULCD a été approuvée le 17 juin 1994 à Paris et est entrée en vigueur le 26 décembre 1996. (Longjun, 2011).

La convention a un rôle majeur à jouer dans la mise en œuvre de l'engagement pris lors de la Conférence Rio + 20 en 2012 pour parvenir à un «monde sans dégradation des terres dans le contexte du développement durable» (United Nations, 2012.) Cet accord a été intégré dans les nouveaux objectifs de développement durable lors d'une réunion des Nations unies sur l'adoption du programme de développement pour l'après-2015 (UN Nations Unies, 2015.).

Pour fonctionner efficacement, la Convention exige l'accès à des connaissances scientifiques fondées sur des données définitives et irrésistibles, formatées et communiquées de manière à répondre aux besoins des décideurs. Le texte de la Convention stipule que la Conférence des Parties devrait recevoir l'avis scientifique du Comité de la Science et de la Technologie (CST) (UN, 1994).

Toutefois, étant donné que ce comité est également requis par la Convention pour comprendre les représentants des gouvernements, il dépend fortement des apports externes de connaissances des scientifiques. L'UNCCD a utilisé divers mécanismes pour fournir ces intrants, y compris un groupe d'experts qui a servi pendant six ans (2001-2007), et plus récemment, une série de conférences scientifiques biennales de l'UNCCD, qui traitent des connaissances scientifiques sur un thème choisi par le CST. (Akhtar, et al., 2016).

#### **1.4. Gestion durable des terres GDT**

La GDT est définie comme l'utilisation des ressources terrestres, y compris les sols, l'eau, la faune et la flore pour produire des biens répondant aux besoins humains changeants tout en assurant le potentiel productif à long terme de ces ressources et le maintien de leurs fonctions environnementales.

L'objectif principal de la GDT est de promouvoir la coexistence humaine avec la nature dans une perspective à long terme afin que les services d'approvisionnement, de régulation, de culture et du soutien des écosystèmes soient assurés. La GDT est une condition préalable essentielle au développement durable ; les progrès devraient être réalisés simultanément à tous les niveaux. En ce qui concerne les préoccupations telles que la sécurité alimentaire, la

réduction de la pauvreté, l'amélioration des moyens de subsistance, les conflits liés à l'eau et les services de l'écosystème, la GDT est une question locale importante qui est également une préoccupation mondiale (WOCAT, 2017).

## **1.5. Panorama mondial des approches et technologies de conservation (WOCAT)**

La mauvaise gestion des terres et des eaux à tous les niveaux et le manque de gouvernance et des cadres juridiques et réglementaires appropriés pour faire face à la pression croissante sur les ressources limitées conduisent à une dégradation accélérée de ces ressources dont dépendent les communautés rurales et la société dans son ensemble.

En l'absence d'outils et de processus efficaces de gestion des connaissances et d'aide à la décision, la dégradation des terres et la gestion des terres continueront à être traitées de manière ponctuelle, négligeant ou ignorant d'une manière sélective les connaissances et l'expérience acquises au fil des ans dans diverses régions.

Le Réseau mondial d'approches et des technologies de conservation (WOCAT) a été créé en 1992. Il a lancé des efforts pour compiler, documenter, évaluer, partager, diffuser et appliquer les connaissances sur la gestion durable des terres GDT ( Sustainable Land Management SLM) ainsi que pour constituer une base de connaissances et de preuves. Il était loin devant les autres en reconnaissant l'importance vitale de la GDT et le besoin pressant d'une gestion des connaissances correspondante. Au début de 2014, la croissance et l'amélioration continue du WOCAT ont abouti à sa reconnaissance officielle par l'UNCCD en tant que principale base de données recommandée pour les meilleures pratiques de GDT, y compris les mesures d'adaptation (Hessel, 2017).

### **1.5.1 Vision du WOCAT**

Le WOCAT vise à améliorer les ressources terrestres et les écosystèmes (y compris les sols, l'eau, la flore et la faune) et les moyens de subsistance des populations en partageant, améliorant et utilisant les connaissances sur la GDT.

### **1.5.2 Missions du WOCAT**

Le WOCAT permet de soutenir l'adaptation, l'innovation et la prise de décision autour de la GDT. Ceci comprend :

- L'amélioration de la productivité des terres et l'efficacité de l'utilisation de l'eau ;

- L'amélioration de l'approvisionnement des biens et des services de l'écosystème ;
- Promouvoir l'utilisation durable de la biodiversité ;
- Contribution la sécurité alimentaire et à l'adaptation au changement climatique ;
- Réduction des risques de catastrophes.

Collectivement, ces activités visent à faciliter les investissements rentables dans la gestion durable des terres et à intensifier la réduction de la dégradation des sols.

Les bénéficiaires finaux prévus du Réseau WOCAT sont les utilisateurs des terres et la société dans son ensemble, qui peuvent gagner des moyens de subsistance plus durables, une production alimentaire fiable et d'autres nécessités de la vie grâce à une meilleure gestion des ressources naturelles (WOCAT, 2017).

### **1.5.3 WOCAT et gestion durable des terres**

Au sein de la GDT, WOCAT se concentre principalement sur les efforts de prévention et de réduction de la dégradation des terres par le biais des technologies de conservation des sols et de l'eau (CES) et de leurs approches de mise en œuvre. L'utilisation et le partage des informations liées à ces efforts constituent un atout majeur de WOCAT. La formation améliore les capacités pour une meilleure mise en œuvre de la CES. Cela conduit à une meilleure gestion des connaissances. Le but de WOCAT, en tant que réseau, est d'accroître la sensibilisation et la motivation des planificateurs et des décideurs ainsi que des utilisateurs des terres et des conseillers agricoles. WOCAT espère réduire les échecs d'investissement en fournissant un support de connaissances concernant les avantages et les inconvénients des alternatives disponibles, sur la base d'une vaste expérience dans le domaine (Andreeva & Johnson, 2017).

### **1.6. Neutralité en matière de dégradation des terres**

Arrêter et inverser la dégradation des terres est une priorité pour la transition vers une société plus durable. Ceci est clairement reflété dans le document final de Rio + 20, «L'avenir que nous voulons», où le paragraphe 206 stipule «Nous reconnaissons la nécessité d'une action urgente pour inverser la dégradation des terres. Dans cette perspective, nous nous efforcerons de parvenir à un monde neutre pour la dégradation des terres dans le contexte du développement durable ». Le concept de neutralité de la dégradation des terres a été adopté dans le cadre du Programme de développement durable à l'horizon 2030 et est inscrit dans la cible «combattre la désertification d'ici 2030 et restaurer les terres et sols dégradés, y compris les terres touchées

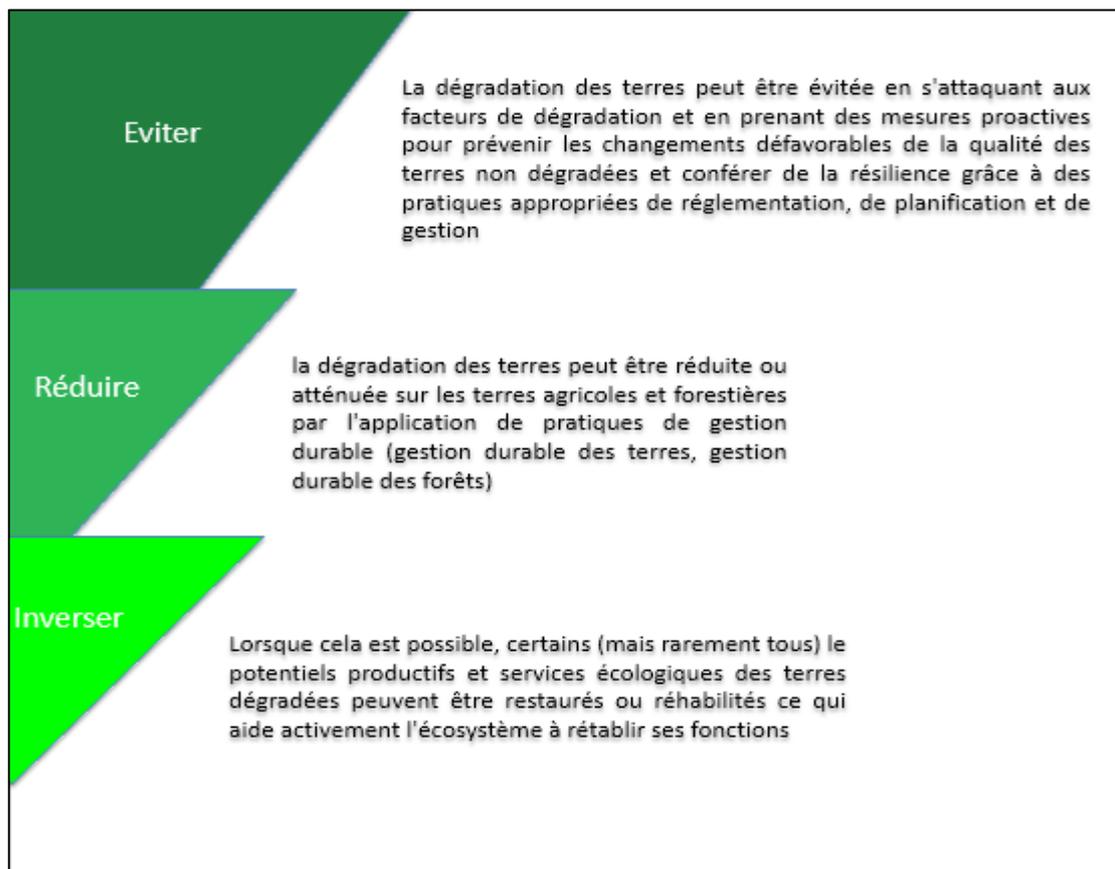
par la désertification, inondations, et s'efforcer de parvenir à un monde neutre pour la dégradation des terres " (IUCN, 2015).

La NDT est définie comme « un état selon lequel la quantité et la qualité des ressources foncières nécessaires pour soutenir les fonctions et services éco-systémiques et renforcer la sécurité alimentaire restent stables ou augmentent dans des échelles temporelles et spatiales et des écosystèmes spécifiques» (United Nations., 2015).

La hiérarchie des réponses pour la neutralité de la dégradation des terres :

- Eviter la dégradation est la plus haute priorité ;
- La réduction de la dégradation ;
- Inverser la dégradation passée.

Cette hiérarchie est présentée à la figure2.



**Figure 2: Hiérarchie de réponse pour la neutralité de dégradations des terres (Thomas, 2017).**

L'adoption de l'objectif de la NDT par les États membres devrait accroître le profil de la dégradation des sols en tant que menace mondiale et aider à le galvaniser par des actions mesurables.

NDT est essentiel à la conservation de la biodiversité et des espèces et contribue à l'adaptation et à l'atténuation du changement climatique. La NDT devrait donc être complémentaire et contribuer à atteindre l'objectif de 2° de la Convention des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CNUCC) et les Objectifs d'Aichi pour la biodiversité de la Convention sur la Diversité Biologique.

La NDT est un objectif convenu à l'échelle mondiale qui peut être utilisé pour galvaniser l'action visant à lutter contre la dégradation des terres. Au niveau national, la NDT peut fournir des cibles claires qui facilitent le suivi des progrès, ou leur absence. Les pays seraient tenus de cartographier l'étendue et l'emplacement de la dégradation des terres et d'élaborer des stratégies pour assurer des résultats neutres, ou positifs, grâce à une combinaison d'interventions de restauration et de gestion durable des terres. (IUCN, 2015)

L'utilisation des indicateurs standards facilitera la comparaison entre les différents pays et aidera à identifier objectivement les priorités d'intervention. L'établissement des cibles de la NDT à l'échelle appropriée - par exemple à l'échelle d'un bassin versant ou d'un autre écosystème - permettra une approche plus éclairée pour équilibrer les investissements localisés et les extrapoler à plus grande échelle.

Lors de la COP12, l'UNCCD a adopté des indicateurs d'évaluation basés sur la terre qui deviendront essentiels pour rendre compte de l'avancement vers la NDT :

- La couverture végétale du sol ;
- La productivité des terres ;
- Le stock de carbone au-dessus et au-dessous du sol.

Bien que ces indicateurs fournissent un ensemble simple d'indicateurs comparables qui peuvent être informatifs lorsqu'ils sont utilisés de manière combinée, ils présentent également des limites considérables. (IUCN, 2015)

## **1.7. Conservation des eaux et des sols en Tunisie**

La Tunisie est l'un des pays méditerranéens les plus soumis à la dégradation des terres. Ceci est dû au plusieurs facteurs physiques, climatiques, environnementaux et humaines ce qui

engendre la réduction de la superficie des terres agricoles et par conséquent leur productivité. Les quantités de pluie reçues selon les régions sont très variables dans les différentes régions en Tunisie et un grand travail est mené pour la maîtrise des eaux de ruissellement dans les zones centrales semi-arides et arides recevant. Cette situation nécessite la mise au point de techniques innovatrices de conservation des eaux et des sols et en étroite collaboration avec les différents bénéficiaires.

Les travaux de lutte contre l'érosion ne sont pas nouveaux dans le pays. Un grand nombre d'indices et de récits historiques ont tendance à montrer que les sociétés humaines n'ont jamais été indifférentes à l'érosion des sols. Elles ont toujours œuvré à la lutte contre ce fléau.

Ces différentes techniques traditionnelles étaient parfaitement adaptées au milieu rural et aux systèmes culturels pratiqués et sont hiérarchisées comme suit (Boufaroua, 2008) :

- ✓ Dans les zones du subhumide les retenues collinaires étaient pratiquées dans l'objectif de stocker les eaux de ruissellement en vue de les utiliser pour les besoins domestiques et agricoles pendant les saisons sèches ;
- ✓ En zones semi-arides les terrains en pente étaient aménagés en terrasses pour la culture ainsi que certaines techniques de collecte des eaux pour les plantations (meskats) et d'épandage des eaux des oueds (Mgouds) ;
- ✓ En zones arides, la construction des Jessour et des Tabias constitue la technique la plus appropriée pour la récolte des eaux de ruissellement.

### **1.7.1 Approches interventionnistes de l'Etat**

Ces techniques réalisées spontanément par les populations concernées s'adaptaient d'une façon très naturelle au contexte socio-économique et environnemental.

Avec l'indépendance, les sols sont de plus en plus sollicités pour la mise en culture et le phénomène de dégradation des ressources naturelles s'est aggravé. Pour faire face à cette situation, l'Etat tunisien s'est engagé à réaliser de grands projets CES et de reboisement dans une optique de mobilisation sociale et d'unité nationale.

Même si l'objectif initialement déclaré pour ces grandes actions était d'assurer la conservation des ressources naturelles, avec la pression du chômage dans la plupart des régions du pays suite à la longue période de sécheresse (1964-1968), les chantiers de la CES sont devenus des instruments de régulation du marché de l'emploi en zones marginales.

Au cours des deux décennies (1960-1980) les programmes de la CES étaient souvent liés aux réalités de sous-emploi et à la lutte contre le chômage rural. Les structures administratives des institutions en charge de la CES ont beaucoup évolué au cours de ces périodes pour satisfaire différents objectifs (Boufaroua, 2008):

- Au cours des années 60, la CES faisait partie de la Direction de l'hydraulique et de l'équipement rural et l'orientation visait surtout les aménagements de petite hydraulique ;
- Durant la période (1971-1983), la CES avait pour objectif immédiat l'aménagement des bassins versants en vue de protéger les retenues de barrages menacés d'un envasement prématuré ;
- A partir de 1984, l'objectif était d'intégrer les aménagements CES avec le reste des programmes agricoles en vue d'un développement agricole cohérent ;
- A partir des années 1987, l'objectif était de faire de la CES une activité de protection des ressources naturelles et en même temps une source de revenus. De grandes réflexions étaient engagées pour donner naissance à la stratégie CES pour la gestion durable des ressources naturelles avec une meilleure participation des bénéficiaire.

### **1.7.2 Stratégies de conservation des eaux et du sol**

Les stratégies CES ont toujours eu pour objectif de lutter contre la pauvreté et le combattre par le développement et l'éducation. En effet, la dégradation des terres, qui se manifeste par une diminution de la productivité et de la diversité inhérente des systèmes paysagers, est à la fois une cause et une conséquence de la pauvreté du fait que les gens cherchent des solutions à court terme. Les stratégies de sauvegarde des ressources naturelles (conservation des eaux et des sols, forêts,..) planifiées et mises en œuvre ont contribué dans le cadre d'une politique appropriée de gestion durable des terres à une atténuation très marquée du taux de la pauvreté en Tunisie ( en 1987 et en 2000) (DG/ACTA, 2007).

Les objectifs de développement de telles stratégies ont évolué d'une façon considérable. En effet, les premières réalisations ont cherché à protéger les infrastructures et les ressources existantes ainsi que l'emploi de la population rurale et la lutte contre la pauvreté dans le milieu rural. Ainsi, les objectifs de développement visent à promouvoir le bien-être et la conservation pour une gestion durable des ressources disponibles en fonction de la demande, La communauté, aussi bien rurale que citadine a le droit d'être partenaire dans les projets de développement intégré. (Boufaroua, 2008).

Actuellement, la Direction Générale de l'Aménagement et de Conservation des Terres Agricoles DG/ ACTA a adopté un nouveau programme d'action dans le cadre de la stratégie CES 2017. Ce programme correspondant prendra en compte quatre composantes qui cadreront les interventions (DG/ ACTA, 2017):

- Conservation et valorisation des sols à vocation ;
- Mobilisation de ressources en eau complémentaires ;
- Changement climatique, biomasse et biodiversité ;
- Gestion durable des ressources naturelles.

### **1.7.3 Réalisations d'ordre institutionnel**

Au niveau institutionnel, l'attention est accordée à la conservation des eaux et du sol dans le pays est concrétisée par la création d'une structure administrative qui veille à la planification, l'exécution et le contrôle des activités du secteur, laquelle structure a évolué d'une section au sein du département de l'Hydraulique et de l'Équipement Rural (HER) dans les années 1960 à un service puis une sous-direction de la direction des Forêts pendant les années 1970 à 1980.

En 1984, la Direction de la Conservation des Eaux et du Sol a été créée dans l'objectif de mieux répondre aux besoins en conception, en planification, en étude et en exécution du secteur. L'une des raisons qui ont milité en faveur de cette création est l'importance à accorder, d'une part, pour intensifier la lutte anti-érosive chez les privés et d'autre part, pour faire de l'activité CES une véritable action de développement agricole. (Achouri, 1995)

Les missions attribuées à cette nouvelle structure se résument comme suit :

- La mise en œuvre de la politique nationale en matière de la conservation des eaux et du sol destinée à la protection des sols et l'amélioration de leur production ;
- L'élaboration des études d'aménagement des bassins versants, des études socio-économiques des bassins versants et des zones à traiter ;
- L'élaboration des études d'exécution des travaux anti-érosifs et leur programmation ;
- Le contrôle et le suivi de l'exécution des projets de conservation des eaux et du sol ;
- Le suivi des travaux anti-érosifs et d'amélioration de la production ;
- La conception et la mise en œuvre de l'exécution des travaux mécaniques ;
- La vulgarisation de techniques anti-érosives.

Au niveau régional, cette structure est représentée dans les gouvernorats par des arrondissements chargés de la mise en œuvre des projets de conservation des eaux et du sol. (Achouri, 1995)

### **1.8. Plans d'action nationaux dans le cadre de l'UNCCD**

L'établissement des objectifs volontaires nationaux pour la neutralité en matière de la dégradation des terres a été adopté par la 12<sup>ème</sup> Conférence des Parties à la Convention sur la lutte contre la désertification en octobre 2015. La définition d'objectifs peut aider les Etats adhérents à la convention à évaluer leurs progrès en vue de répondre aux attentes de l'UNCCD et permettre que des mesures appropriées soient prises pour lutter contre la dégradation des terres. Un objectif de neutralité en matière de dégradation des terres peut inciter à une action plus coordonnée, à justifier les flux financiers pour les investissements dans la GDT, et à améliorer le suivi, les évaluations et les solutions (IUCN, 2015).

Dans ce cadre, plusieurs pays ont lancé des programmes nationaux pour la lutte contre la désertification.

La Tunisie a lancé un programme d'action national, qui aborde des thèmes ayant trait à la protection des ressources naturelles et à l'amélioration des conditions de vie de la population, en accordant une attention particulière aux mesures de prévention, ne prétend nullement à l'exhaustivité. Pour être suffisamment souple et évolutif, un fonds de lutte contre la désertification a été déjà créé, en décembre 1997, conformément à l'esprit de la convention, et reste convaincue que la réussite de ces efforts exige une plus grande impulsion de la coopération internationale dans un esprit de partenariat réel. Le programme conçu a pour objectifs de lutter contre la désertification et d'atténuer les effets de la sécheresse dans les milieux semi-arides de la Tunisie septentrionale et des milieux arides de la Tunisie Centrale et Méridionale. Et ce, grâce à des mesures efficaces prises à tous les niveaux dans le cadre d'une approche intégrée en s'appuyant sur le partenariat et la coopération entre les populations touchées et toutes les institutions étatiques et para-étatiques, les organisations professionnelles et les ONG, en vue de contribuer à l'instauration d'un développement durable dans les zones touchées (MEAT., 2010).

Au royaume du Maroc, pays signataire de l'UNCCD, le processus d'élaboration du PAN a été soutenu par le PNUD et la GIZ et piloté par l'organe national de coordination de la lutte contre la désertification (ONC). Sur le plan conceptuel, le PAN marocain est à la fois un cadre d'orientations générales et aussi de programmation des actions. Cette question est fondamentale

car elle pose le problème de la base temporelle de la planification, souvent à l'origine de conflits entre les perspectives des responsables des projets qui s'inscrivent souvent dans le long terme et celles des populations locales qui ont des besoins immédiats. Le PAN est par ailleurs un processus participatif de planification plus qu'il n'est un document (MADREF, 2001)

Comme la Tunisie et le Maroc, les autres pays maghrébins s'inscrivent aussi dans le cadre de la convention internationale de lutte contre la désertification comme l'Algérie qui a lancé son programme d'action national PAN en décembre 2003 et la Mauritanie en 2005. D'autres pays de l'Afrique ont lancé des programmes nationaux dans le même cadre tels que Burkina Faso et la république de Djibouti.

### **1.9. Impacts de la dégradation des terres**

La dégradation des terres est un obstacle important au développement durable. Elle contribue aux changements climatiques, à la perte de la biodiversité et à la pauvreté. Elle concourt à la perte de la capacité d'adaptation, à l'augmentation des risques environnementaux et à l'insécurité alimentaire, énergétique et au manque de l'eau (IUCN, 2015).

À l'échelle mondiale, le coût de la déforestation et de la dégradation des terres a été estimé à 1,5-3,4 billions d'euros, soit 3,3% -7,5% du PIB mondial en 2008 (TEEB, 2008). L'Inde a estimé avoir perdu 5% de son PIB en 1994 (Reddy, 2003), Burkina Faso estime les pertes annuelles à 9% du PIB et le Nigeria estime à 17% (Barbier, 1995)

Le défi de la mesure des coûts de la dégradation des terres est de saisir la complexité des de ses effets. Il y a une tendance à sous-estimer et à négliger les services de l'écosystème qui sont perdus lorsque la terre est dégradée, comme la perturbation du cycle de l'eau. La dégradation des terres conduit à un déclin général de la biodiversité et des services de l'écosystème. Elle entraîne une réduction de l'infiltration et de la recharge des eaux souterraines et une augmentation des écoulements et de l'envasement, contribuant dans les deux cas à des effets importants tel que la sécheresse et les inondations. (IUCN, 2015).

Les impacts de la dégradation des terres ne se limitent pas aux frontières nationales mais peuvent être régionaux et mondiaux. Ces coûts peuvent inclure les tempêtes de poussière, les inondations et les émissions de gaz à effet de serre. Le carbone stocké dans le sol est plus élevé que le total combiné de la biomasse et de l'atmosphère à travers le monde, de ce fait la dégradation des terres est l'un des facteurs les plus importants du changement climatique. Presque des deux tiers du carbone terrestre stocké dans les sols et la végétation ont été perdus

depuis le XIXe siècle par les processus de dégradation des terres, contribuant d'une manière significative au réchauffement de la planète (Houghton, 1995).

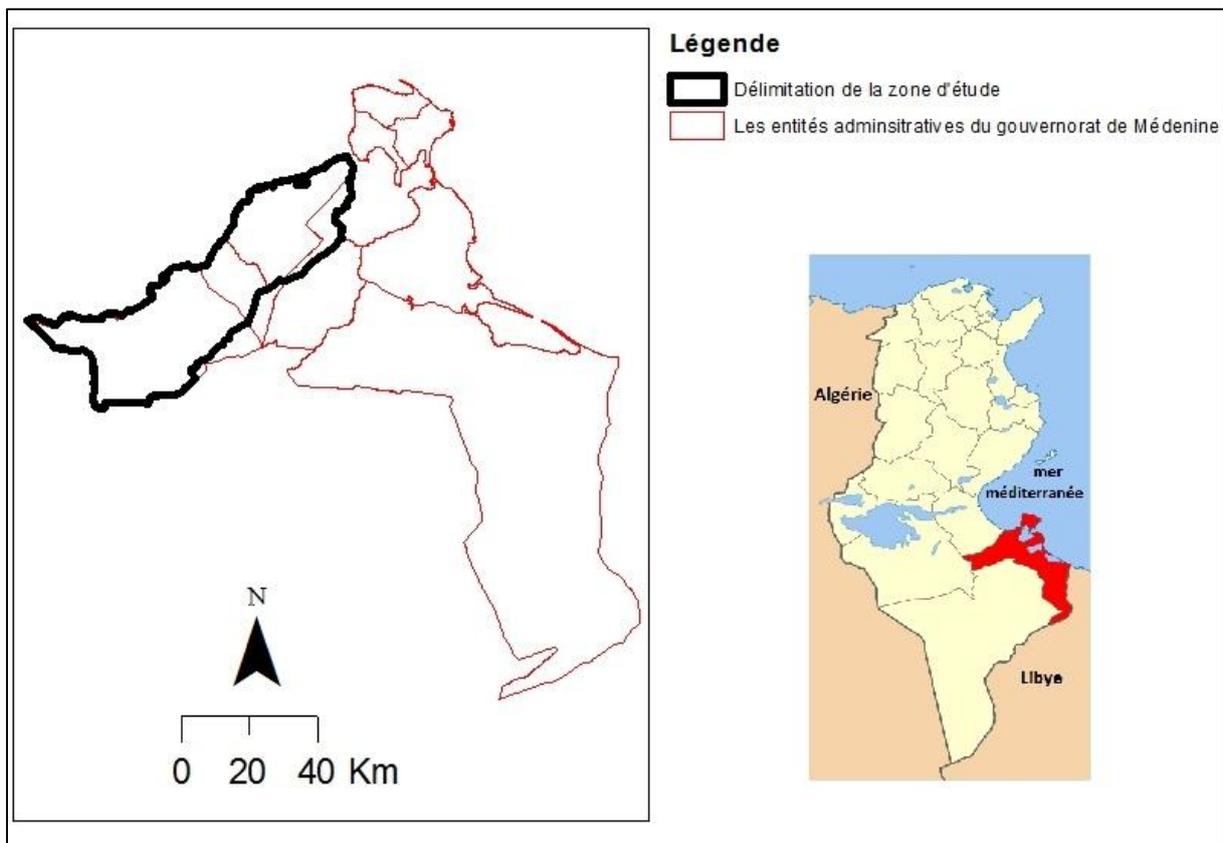
## Chapitre 2 : Présentation de la zone d'étude

### 2.1. Milieu physique

#### 2.1.1 Localisation géographique

Le gouvernorat de Médenine est localisé au sud-est de la Tunisie, à la frontière tuniso-libyenne, couvrant une superficie de 9 167 km<sup>2</sup>, soit 5,2 % de la superficie du pays. Il abrite en 2014 une population de 479 520 habitants, dont 377 200 peuplent le milieu urbain avec un taux d'urbanisation égal à 78% (INS, 2014).

La zone d'étude commence à la chaîne de Matmata (Dhahar), passant par la délégation de Béni khedache et se termine dans la zone de Jeffara sur la mer méditerranée. Elle contient des oueds notamment : oued Oum Zassar, Wadi Hallouf, Mettameur et El Fja, et a une superficie de 1500 Km<sup>2</sup>. La figure 3 présente la localisation géographique de la zone d'étude.



*Figure 3: Carte de localisation de la zone d'étude.*

Le Dhaher, Béni khedache et la Jeffara appartiennent à la partie du pays nommé la Tunisie aride qui représente environ deux-tiers de la superficie du pays, soit plus de dix millions d'hectares.

Elle correspond aux régions situées grosso-modo au sud de la dorsale qui prend le pays en échappe et comporte les sommets les plus élevés et jouant ainsi un rôle capital comme obstacle à la progression des masses humides vers le sud et sépare deux régions géographiques distinctes : le tell vers le nord et les steppes et le Sahara vers le sud (Houérou, 1959).

### **2.1.2 Climat**

Le climat de la Tunisie est largement influencé par les variabilités de la Méditerranée et les caprices du Sahara. Suivant les saisons et les situations météorologiques, des masses d'air d'origine polaire ou tropicale envahissent le pays et engendrent des temps parfois fortement contrastés (Bellil, 1979).

Le climat de la Tunisie présaharienne, comme défini par Le Houérou (Houérou, 1959), est soumis à deux centres d'action climatiques totalement opposés : le premier, situé au sud-ouest, est le lieu d'un climat subtropical sec et chaud, et le deuxième, situé à l'est, au golfe de Gabès, est sous l'influence d'un climat méditerranéen relativement tempéré (Despois, 1955)

La Jeffara tunisienne se trouve ainsi imprégnée par le golfe de Gabès au nord et au nord-est et la présence de la chaîne montagneuse et du grand erg oriental au sud et au sud-ouest. L'été chaud et sec dure 4 à 5 mois, l'hiver est tempéré à doux et irrégulièrement pluvieux, l'automne et le printemps présentent des conditions climatiques très variables. Le climat de la région est caractérisé par une extrême irrégularité, dont les traits essentiels sont les suivants (Floret, 1982):

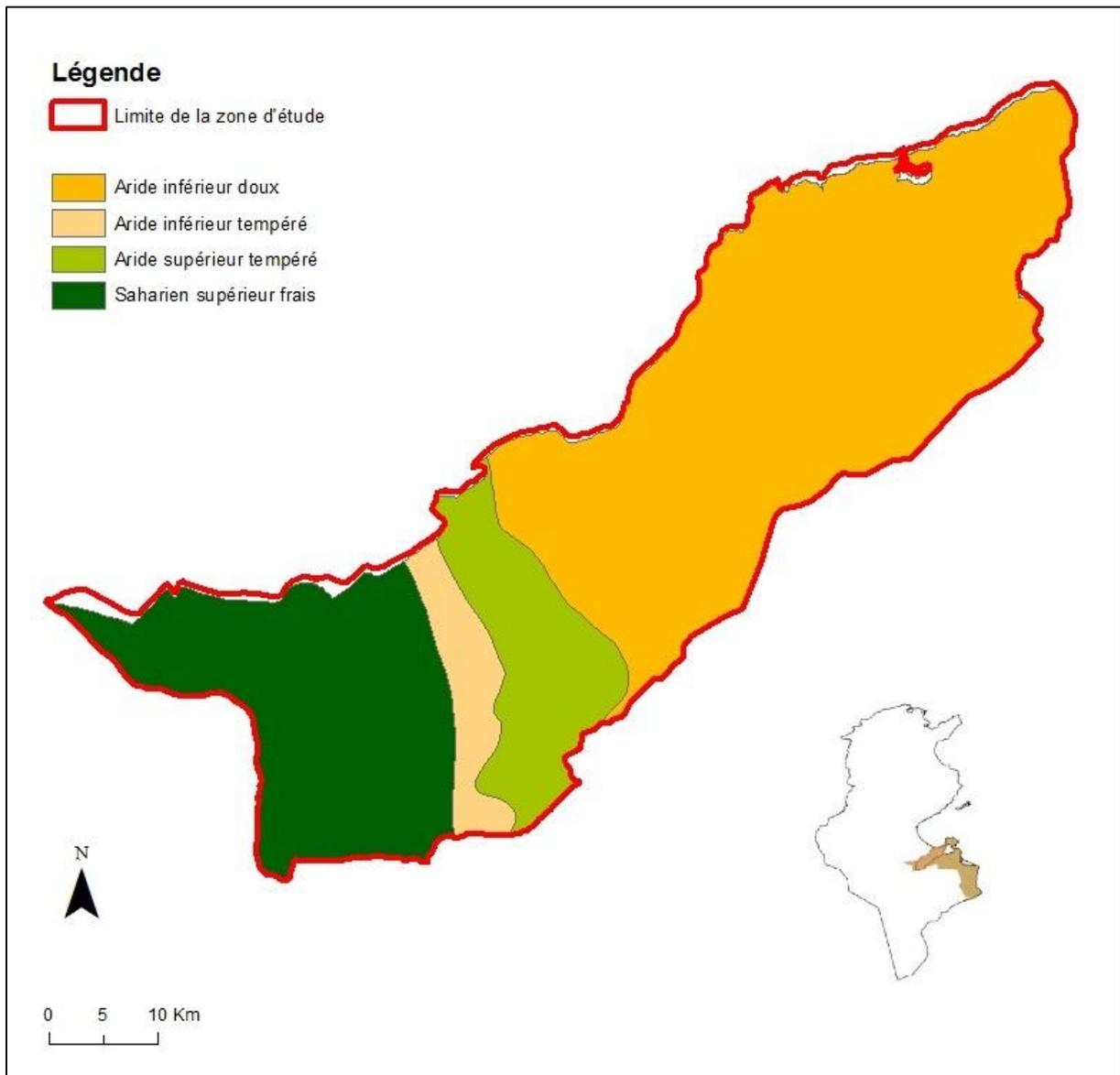
- Des pluies peu abondantes mais très variables tombant pendant la période froide, et une sécheresse quasi absolue entre mai et septembre ;
- Un régime thermique très contrasté avec des hivers tempérés à doux et des étés chauds à très chauds ;
- Une forte évaporation ;
- Des vents dominants de secteurs O, NO et SO (novembre à avril, très violents, secs et froids) ; de mai à octobre, les vents sont de secteur marin (E, NE, SE) ; et durant la période estivale, ce sont les vents secs et chauds du secteur SO (sirocco) qui prédominent.

Selon l'indice d'aridité d'Emberger, (Talbi, 1993) distingue les variantes climatiques suivantes

- Un climat aride inférieur à hivers doux qui intéresse la totalité de la plaine de la Jeffara et où la pluviométrie moyenne annuelle varie de 100 à 200 mm ;

- Un climat aride inférieur à hivers tempérés qui intéresse principalement la chaîne montagneuse des Matmata et qui se caractérise par des précipitations plus importantes (150 à 250 mm) ;
- Un climat aride supérieur à hiver doux qui intéresse une partie de la Jeffara côtière (Jerba-Zarzis) (200 à 250 mm). Toutefois, l'essentiel des différences climatiques est lié principalement au régime pluviométrique (Kallel, 2001).

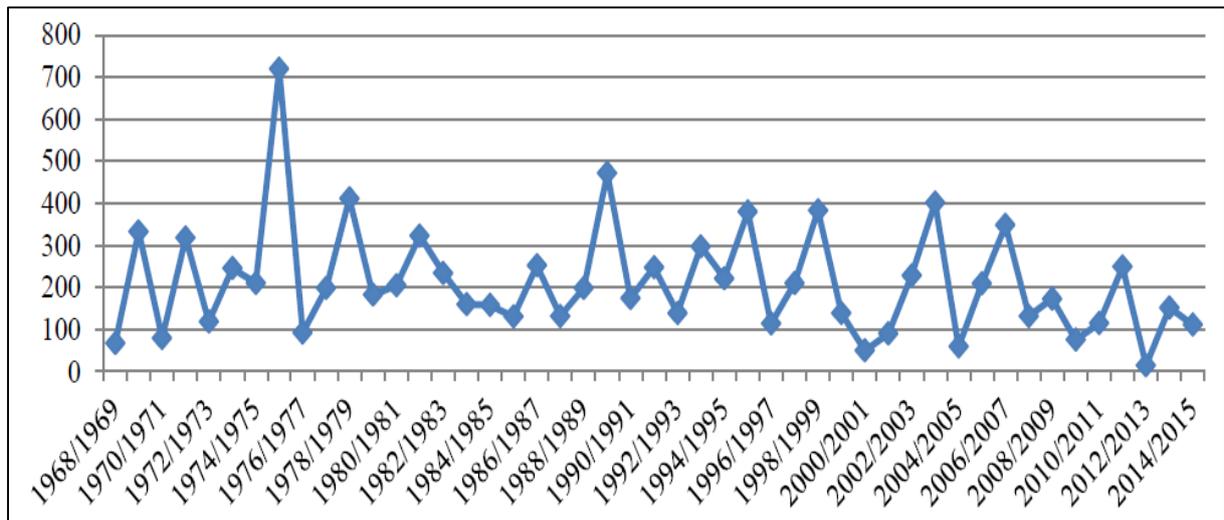
Les étages climatiques de la zone d'étude sont représentés sur la figure 4.



**Figure 4: Carte des étages climatiques de la zone d'étude (Minist. Agri., 2002)**

Le gouvernorat de Médenine est considéré comme une zone très peu pluvieuse. Il convient de souligner l'extrême irrégularité des précipitations, aussi bien à l'échelle annuelle que

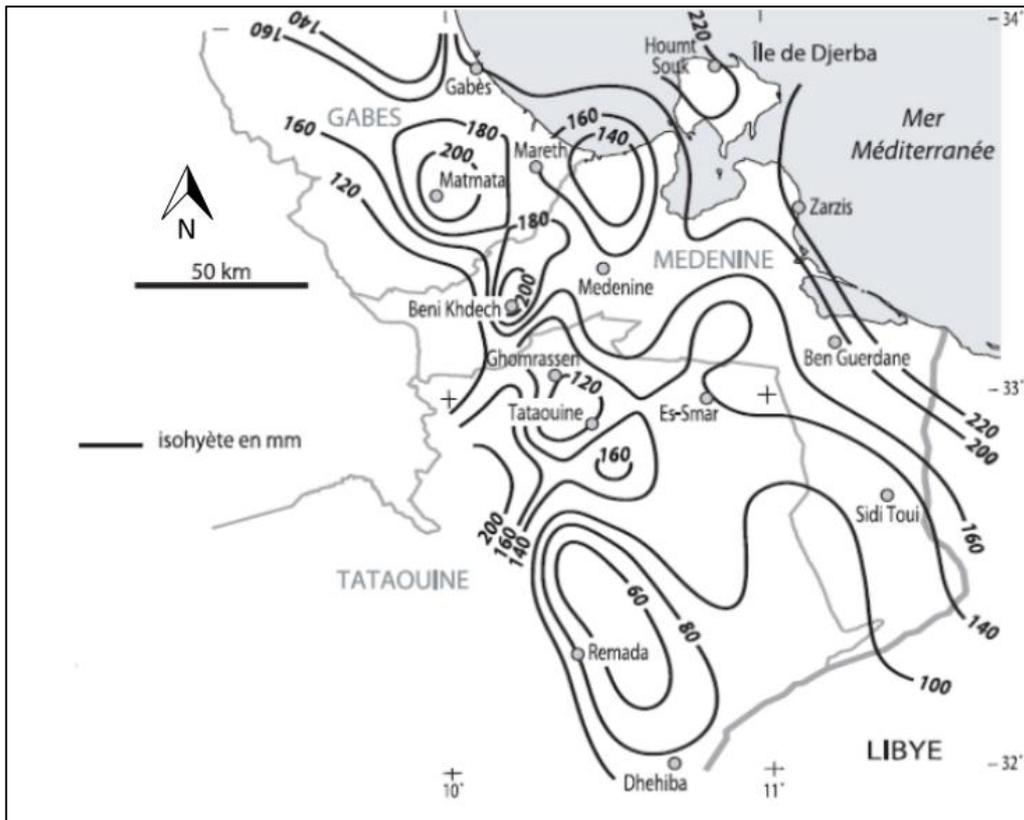
saisonnaire ou journalière, ce qui représente une caractéristique principale du climat du sud tunisien (Moussa, 2007). La pluviométrie annuelle moyenne varie de 100 à 200 mm comme elle est représentée par la figure 5.



**Figure 5: Variation de la pluviométrie annuelle (mm) de station Beni Khedech durant la période 1968 à 2015 (CRDA, 2016)**

C'est le courant méditerranéen du nord-est qui fournit à la région l'essentiel des précipitations qu'elle reçoit à cause de la large ouverture du golfe de Gabès qui expose la bande littorale et une partie de la zone continentale aux perturbations régénérées par le vaste plan d'eau peu profond du golfe (Mzabi, 1988). Toutefois, les perturbations sahariennes du sud-ouest et de l'ouest sont également responsables de quelques pluies dans la région (Ouessar, et al., 2006).

Les isohyètes interannuelles de la région de la Jeffara tracées à partir des valeurs moyennes sont représentées dans la figure 6.



**Figure 6: Carte des isohyètes interannuelles de la région de la Jeffara (Cité par Ouessar, et al., 2006)**

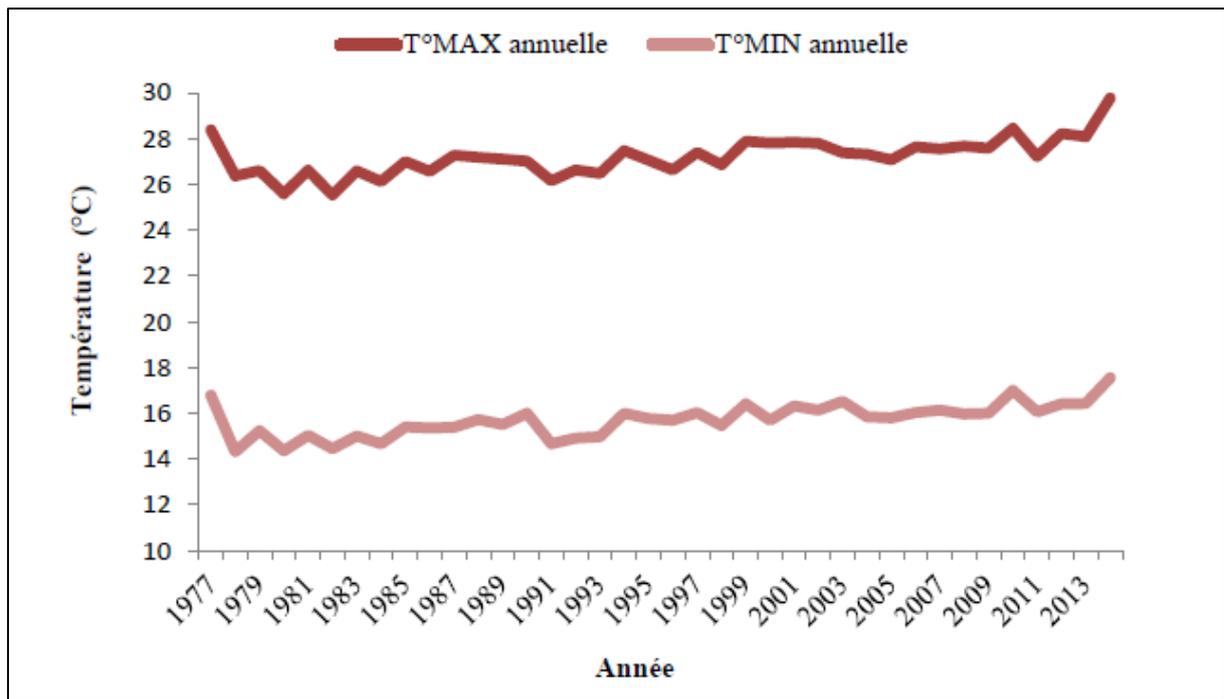
Cette carte montre que :

- La pluviométrie décroît du nord vers le sud et de la côte vers le continent ;
- Le maximum de la pluviométrie est observé le long du littoral et sur les zones montagneuses. (Ouessar, et al., 2006).

### 2.1.3 Température

La région de Médenine se caractérise par deux périodes opposées : La première est plus froide s'étend du mois de Décembre jusqu'au mois de Février et se caractérise par des gelées occasionnelles ; et la deuxième est importante allant du mois d'Avril jusqu'à la fin de l'été et se manifeste par une augmentation de la température et par conséquent une valeur d'évapotranspiration intense. La moyenne thermique annuelle au niveau de la région de Médenine est de l'ordre de 22,5°C, (Sekrafi, 2011).

La figure 7 montre la variation des températures annuelles maximales et minimales de la zone d'étude durant la période 1977 à 2014.



*Figure 7: Variation des températures annuelles maximales et minimales durant la période 1977-2014 de la zone d'étude (Henchiri, 2016).*

## **2.2. Caractéristiques géomorphologiques de la Jeffara**

Les formations sédimentaires de la partie saharienne du sud tunisien sont affectées par des ondulations à grand rayon de courbure, ce qui engendre un immense anticlinal effondré dans sa partie centrale (Coque, 1998.). Le flanc occidental de cet anticlinal s'incline graduellement vers l'ouest pour former le Dahar. A son extrémité occidentale, il plonge sous les formations dunaires de l'Erg oriental (Tâamallah & Kehia, 2006). Le versant oriental plonge sous la Méditerranée pour former toute la zone de Jeffara.

Cette structure simple a donné naissance au relief de cette région composée par quelques grands ensembles peu variés. La faible importance du pendage et l'alternance de matériel dur et tendre ont favorisé une action d'érosion qui a engendré un immense relief de cuesta. Cette forme de relief occupe la majeure partie de la Tunisie du sud-est, Elle dépasse d'ailleurs le cadre tunisien et s'étend loin vers le sud et sud-est en Lybie (Tâamallah & Kehia, 2006).

Les principaux éléments de ce relief sont le Dahar qui correspond au revers de la cuesta, le jebel qui en est la corniche ou front de côte et enfin la Jeffara, large plaine qui forme la dépression subséquente ou orthoclinale de cette cuesta. La zone du Dahar ne concerne pas notre zone d'étude et focalise principalement sur la partie orientale de la chaîne de Matmata (Tâamallah & Kehia, 2006).

### **2.2.1 Jebels et piémont**

Ils constituent la bordure orientale de la plateforme saharienne. Ils forment la corniche ou le front de la cuesta, avec sa forme en arc de cercle très festonné de direction nord-sud, sud-est qui prend naissance au jebel Matmata au nord pour se prolonger vers le Sud par le jebel Béni Khedache, le jebel Demmer qui forment des massifs de collines dont les altitudes varient entre 600 et 700 mètres. (Tâamallah & Kehia, 2006)

Les jebels sont partout disséqués, découpés par une série de vallées cataclinales et anaclinales. Ces vallées en forme de trouées, de gorges (foum) ou de percées en entonnoirs que séparent de vifs promontoires sont toujours profondes. La prédominance du matériel tendre, le plus souvent limoneux ou marneux, a favorisé l'action de l'érosion responsable de l'approfondissement de ces vallées qui présentent souvent des encaissements de l'ordre de 60 à 100 mètres (Mzabi, 1988).

Au voisinage de la plaine les vallées sont colmatées par un apport d'éléments fins riches en argile rouge et en calcaire appelé loess de Matmata. En fait ce matériel d'origine éolienne, a été repris par les oueds qui l'ont déposé par la suite dans les vallées et au pied de la Cuesta dans une période tardive du Quaternaire (Tâamallah & Kehia, 2006).

### **2.2.2 Plaine de la Jeffara**

Il s'agit d'une vaste plaine qui s'élargie vers le sud et le sud-est. Elle prend son extension maximale en Tripolitaine. C'est une plaine d'aspect monotone. Les oueds qui la traversent doivent parcourir une distance plus grande pour rejoindre la mer. Leur écoulement n'est que très sporadique.

L'altitude moyenne de la Jeffara dépasse les 100 mètres à l'Ouest, elle décroît, progressivement vers l'est où elle rejoint la Méditerranée. A la faveur d'ondulations et de cassures, le soubassement du Trias affleure aux environs de Médenine. De vastes affleurements du même âge s'étalent au sud et à l'est de Tataouine. Il s'agit généralement de puissantes couches de grès qui ont subi une érosion à la fois hydrique et éolienne (Tâamallah & Kehia, 2006). Au nord-ouest de Médenine, sur la route de Gabès, affleurent même les grès violacés du Permien. Partout ailleurs, les formations argilo-sableuses plus ou moins gypseuses du miopliocène sont noyées par les apports quaternaires que coiffent les croûtes calcaires ou gypseuses (Tâamallah & Kehia, 2006).

De ce qui précède, trois unités géomorphologiques se distinguent. Il s'agit du jebel, du piedmont et de la plaine.

### 2.3. Travaux de gestion durable des terres réalisées à la Jeffara

#### 2.3.1 Techniques de conservation des eaux et des sols

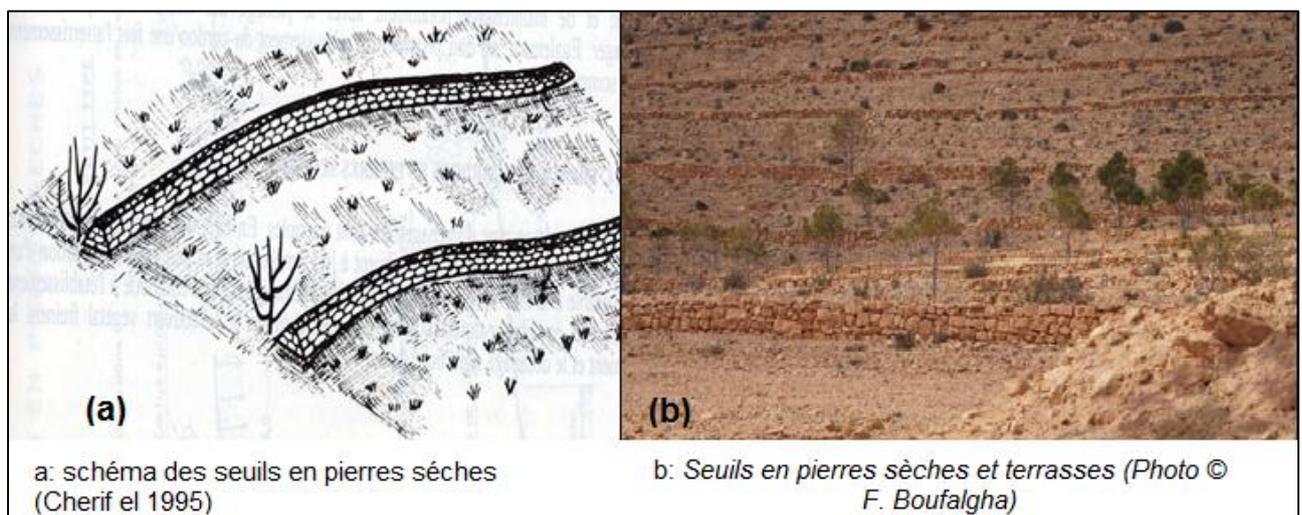
##### 2.3.1.1 Seuils en pierres sèches

Ce sont des obstacles constitués d'accumulation des pierres sèches déposées en ligne selon les courbes de niveau. Ils permettent à la fois de retenir le ruissellement de l'eau sur le terrain en pente et de retenir les matériaux entraînés par l'eau. Progressivement ces cordons se colmatent jusqu'à leur sommet, formant ainsi des petites terrasses qui favorisent le développement du couvert végétal (Boufalgha, 1995).

##### 2.3.1.2 Terrasses

C'est une technique de traitement de terrains sur pentes fortes, qui a été plus ou moins abandonnée ces dernières décennies. Des vestiges sont encore visibles dans la partie extrême amont de l'oued Moggar. Cependant, elles sont réintroduites aujourd'hui pour le reboisement des quelques zones en pente (jbel Tejra) (Ouessar, 2007)

La figure 8 illustre la technique des seuils en pierres sèches et de la terrasse.



*Figure 8: Seuils en pierres sèches et terrasses*

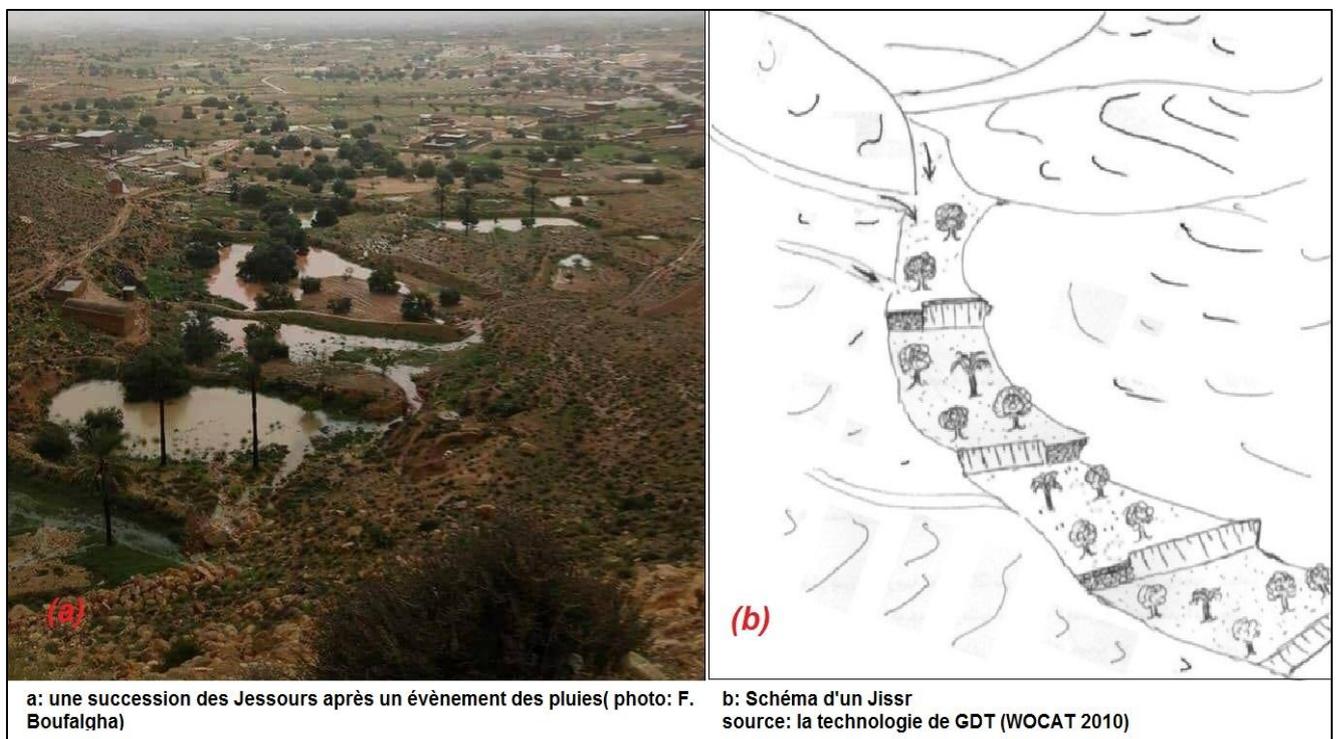
##### 2.3.1.3 Jessour

C'est une pratique très ancienne qui caractérise les zones montagneuses dans le sud-est de la Tunisie. Les jessour se localisent tout le long des thalwegs qui constituent les cours d'eau inter montagnes. Un jesser est formé par une digue en terre (katra ou tabia) consolidée en amont

(sdar) et en aval (gfaa) par des pierres sèches, un déversoir, et la retenue où on pratique de l'arboriculture (olivier, figuier, palmier, amandier) et de la céréaliculture (orge et blé). La retenue se forme progressivement par la sédimentation des matériaux de charriage qui permet aussi le nivellement de la pente initiale du thalweg (El Amami, 1984).

Le schéma de Jessour est illustré dans la figure 9.

Dans ce système, le talweg est entièrement aménagé d'amont en aval et les « jessour » en aval profitent du déversement des eaux de ceux situés en amont. L'eau en excès est évacuée par un déversoir latéral (menfess) ou central (masref) renforcé en pierres sèches dont le seuil se trouve à environ 30 à 80 cm au-dessous du niveau du Jisr (Tâamallah, et al., 2010)



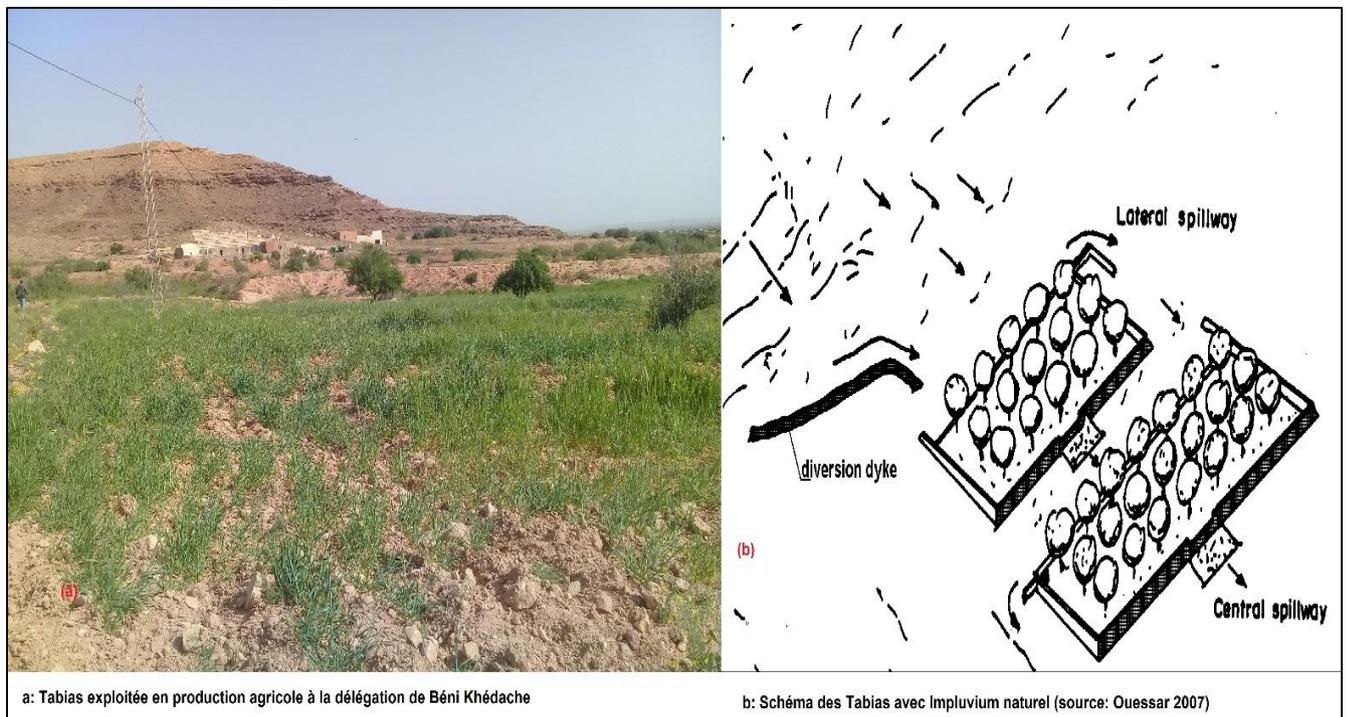
**Figure 9: Présentation de la technique de Jessour**

#### 2.3.1.4 Les tabias

Les digues en terres ou tabias sont des ouvrages façonnés manuellement ou mécaniquement pour assurer un complément d'irrigation. Elles sont installées à travers et au long des oueds, placées surtout le long des petits affluents plutôt que sur les cours d'eaux principaux, à sols profonds et pente faible (0 à 3 %).

Une tabia est formée par une longue banquette principale qui suit les courbes de niveau avec, à chaque extrémité et à angle droit, une banquette latérale. Le bassin de retenue d'eau est donc

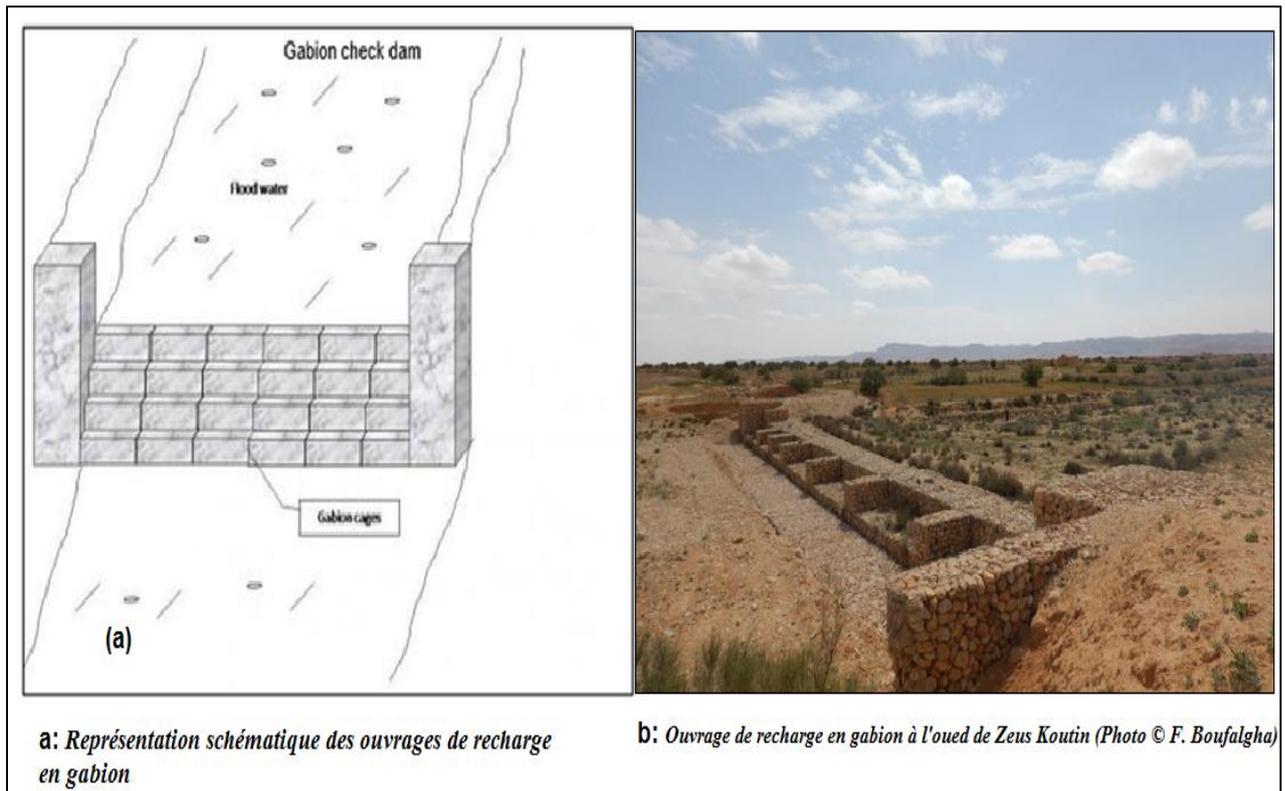
entouré sur trois côtés et ouvert sur le côté amont pour capter l'eau de ruissellement destinée à l'alimentation des cultures implantées dans la retenue (Alaya, et al., 1993). Cette superficie cultivée a en général une largeur d'environ 30 m et une longueur de 50 à 150 m selon le site. Elle est plantée en 3 à 4 rangées d'arbres (10x10m). Les banquettes ont une hauteur d'environ 1 à 1,5m et sont formées avec le déblai du bassin de retenue. Sur la surface nivelée du bassin de retenue, l'eau de ruissellement est captée et retenue d'une manière régulière jusqu'à une hauteur de 20 à 30 cm avant de se déverser par l'intermédiaire de déversoirs latéraux ou centraux dans une tabia située en aval. En fonction de la superficie de l'impluvium, on peut superposer plusieurs ouvrages (Tâamallah, et al., 2010). La technique des Tabias est présentée dans la figure 10.



**Figure 10: Présentation de la technique de Tabias**

### 2.3.1.5 Ouvrages de recharge

Il s'agit de petits barrages confectionnés de blocs de cages en fil galvanisés et remplis de pierres (gabion). Installés en travers des oueds, ils permettent de collecter les eaux de ruissellement dont une partie s'infiltré en profondeur et le reste coule le long du cours d'eau tout en s'infiltrant par endroits (Boufalgha, 1995). La figure 11 comporte un schéma illustrant les ouvrages de recharge et une photo d'un ouvrage de recharge prise à l'oued de Zeus Koutine.



**Figure 11: Ouvrages de recharge en gabion**

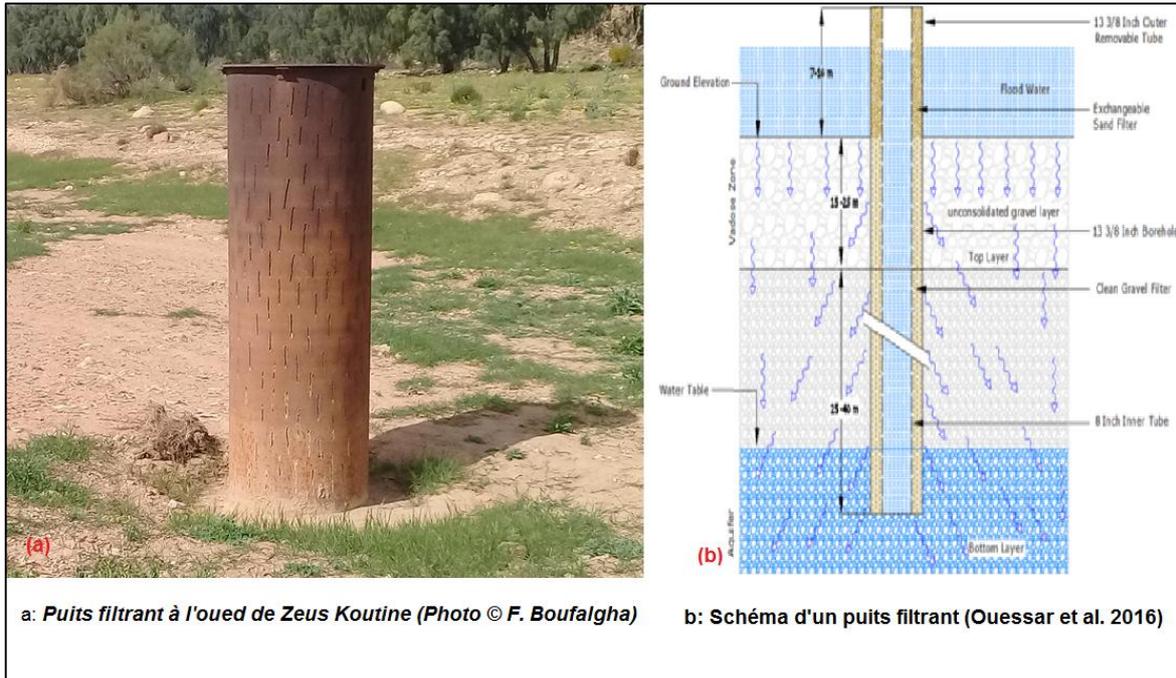
### 2.3.1.6 Ouvrages d'épandage des eaux de crues

Ces sont également des ouvrages en gabion, confectionnés en travers des oueds, munis de canaux et qui permettent de collecter puis déverser une partie des eaux de ruissellement tout en les épandant dans les champs avoisinants. Une telle action favorise la recharge des nappes et la valorisation des terres agricoles (Boufalgha, 1995).

### 2.3.1.7 Puits filtrants

La recharge par puits filtrants est une technique utilisée surtout pour les aquifères situés dans les structures calcaires. La contribution de ces puits dans la recharge de la nappe est d'autant plus importante qu'ils sont situés dans la zone où l'on a des coefficients d'infiltration faibles ou lorsque la profondeur du puits filtrant atteint la zone saturée de l'aquifère (Ouessar, 2007).

La technique des puits filtrants est présentée dans la figure12.



**Figure 12: Puits filtrants.**

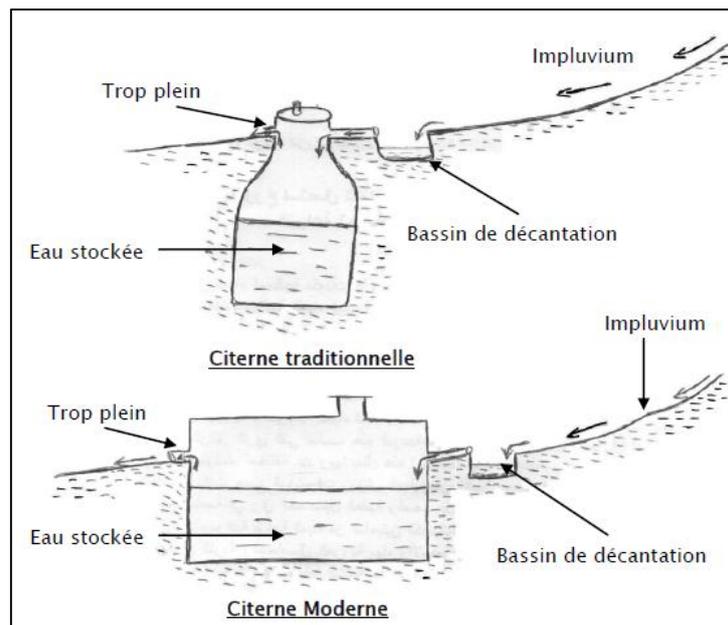
La recharge de la nappe est assurée par un ouvrage en gabion s'il est réalisé dans une zone de recharge, mais si l'ouvrage se trouve dans une zone qui ne permet pas la recharge de la nappe un puits filtrant est ainsi creusé dans sa retenue dans le but d'accélérer d'avantage l'infiltration profonde et dans ce cas l'ouvrage peut jouer un rôle de protection mais pas un rôle de recharge (Boufalgha, 2007).

### 2.3.1.8 Citernes

Les citernes sont des techniques traditionnelles dont le but est d'approvisionner la communauté rurale en eau pour les différents usages domestiques tels que l'alimentation en eau potable, l'irrigation de récolte et l'abreuvement du cheptel dans les zones de parcours. Il s'agit de creuser une fosse pour collecter et stocker les eaux de pluies, construite en pierres et gypse ou ciment pour empêcher les pertes par infiltration (Tâamallah, et al., 2010). Les eaux de ruissellement sont collectée et stockées dans des citernes souterraines de différentes tailles et formes, appelées majel et fesquia, où l'on estime qu'un réservoir d'une capacité de 35 m<sup>3</sup> peut être utilisé pour répondre aux besoins annuels en eau d'une famille et de son bétail (Ennabli, 1993). Les petites citernes privées et collectives (5 à 200 m<sup>3</sup>) et les grandes citernes (jusqu'à 70 000 m<sup>3</sup>) construites principalement à l'époque romaine et arabo-musulmane, peuvent se trouver dans toute la zone déficitaire en eau au sud de l'isohyète de 400 mm.

Chaque unité comprend trois parties principales : l'impluvium, le bassin de sédimentation et le réservoir de stockage. L'impluvium est un terrain en pente délimité par un canal de dérivation

(hammala). Un petit bassin juste avant l'entrée de la citerne permet la sédimentation des charges de ruissellement. Cela améliore la qualité de l'eau stockée et réduit les coûts d'entretien. Les grandes citernes ont, en plus du compartiment de stockage, un réservoir de pompage à partir duquel l'eau est tirée (WOCAT, 2017). Pour les citernes à haute altitude, un système a été conçu de siphon pour l'évacuation par gravité de l'eau, en particulier pour l'irrigation supplémentaire des arbres et des légumes derrière le jessour (Chahbani, 2004).



*Figure 13: Schéma de citernes traditionnelle et moderne (Tâamallah, et al. 2010)*

### 2.3.2 Techniques de la lutte contre l'ensablement

L'ensablement dans la Jeffara se manifeste par l'apparition des différents types d'accumulation sableuses (barkhanes, nebkas, voiles éoliens). Ces différentes formes d'accumulations éoliennes sont observées fréquemment sur les parcours dégradés, dans les embouchures des oueds (sur la partie littorale) et dans les champs mis en culture (terrains de céréaliculture et d'oléiculture) (Mekrazi, 2003).

Les moyens utilisés dans la zone d'étude sont réalisés et édifiés par la FAO, et elles sont adoptée par les arrondissements des forêts et adaptées à la région de la Jeffara. Ces techniques sont de deux types :

- Des moyens mécaniques ;
- Des moyens biologiques.

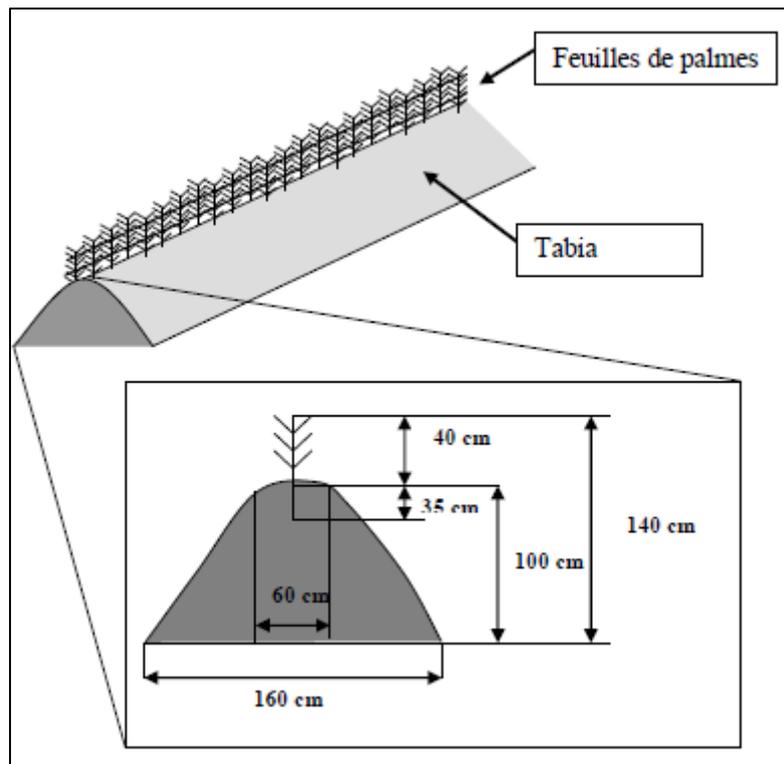
### 2.3.2.1 Moyens mécaniques

Pour lutter contre l'ensablement la première phase vise à stabiliser les masses sableuses en mouvement par l'installation des moyens mécaniques pour empêcher la formation et le déplacement des édifices dunaires qui menacent les infrastructures et les installations humaines (Khatteli, 1993).

Deux techniques de stabilisation mécanique sont utilisées dans le sud tunisien. Il s'agit de la contre dune et du carroyage (Tâamallah, et al., 2010). Les deux techniques exigent la confection de palissades en créant des obstacles mécaniques opposés au vent dominant dans le but de diminuer sa vitesse et provoquer à leur niveau l'accumulation du sable en mouvement qui finit par la formation d'une dune artificielle (FAO, 1988).

Ces palissades sont érigées selon la consistance du terrain, soit directement à même le sol dans un fossé de 30 à 40 cm de profondeur, soit sur une levée de terre appelée localement tabia qui est construite manuellement ou mécaniquement (Tâamallah, et al., 2010). Pour la construction des palissades deux types de matériaux sont utilisés les plaques en fibrociment et les feuilles de palmes. L'arrondissement forêts de Medenine depuis ses premières interventions (les années soixante) jusqu'au 1996 n'utilisait que les plaques en fibrociments. Ces tôles ondulées sont d'une largeur de 46 cm et d'une longueur de 76cm dont 36 cm sont enfoncées et restent apparentes sur 40 cm un intervalle de 2 à 4 cm est laissé entre les plaques pour assurer une perméabilité à l'air et maintien de l'équilibre de l'obstacle (Mekrazi, 2003). A partir de 1996, l'arrondissement des forêts a commencé à utiliser les palmes sèches à côté des plaques en fibrociment dont le coût est jugé trop élevé (Mhiri, 1998). Les feuilles de palmes, dont le nombre varie entre 25 et 30 unités par mètre linéaire sont posées directement et verticalement l'une à côté de l'autre avec deux palmes posées horizontalement au milieu et au sommet de la palissade (Mekrazi, 2003).

La figure 14 montre le schéma type d'une Tabias en terre surmontée de palissades en feuilles de palmes.



**Figure 14: Schéma type d'une Tabias en terre surmontée de palissades en feuilles de palmes (Tâamallah, et al. 2010)**

La contre dune est une tabia en terre, surmontée d'une palissade perpendiculairement au sens des vents dominants (FAO, 1988). Généralement ces obstacles sont espacés de 25 à 80m. La figure 15 présente l'utilisation de la technique de palissade comme contre dune pour la protection de périmètres irrigués à Sidi Makhoulf.



**Figure 15: Contre dune pour la protection de périmètres irrigués à Sidi Makhoulf**

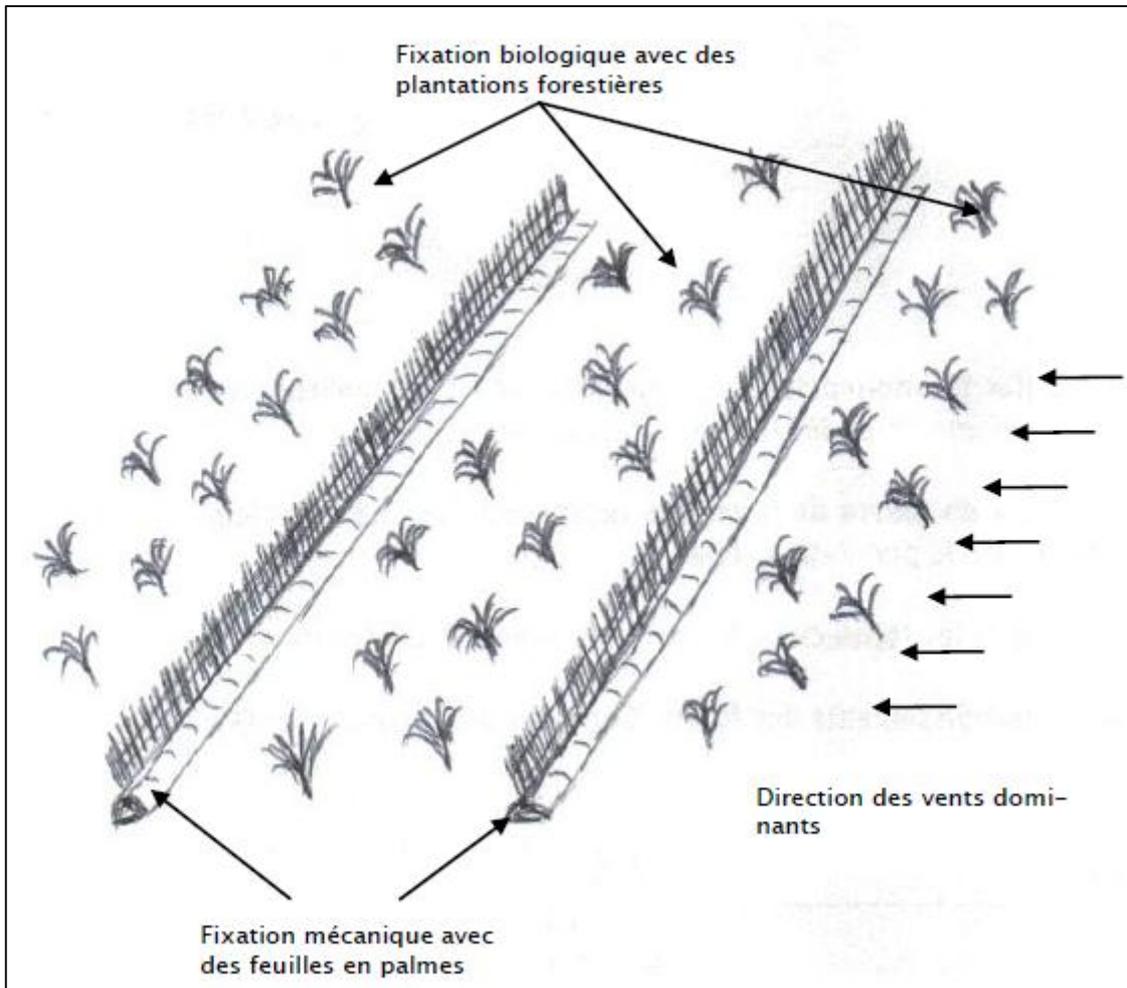
Le quadrillage appelé aussi carroyage est une technique qui consiste à l'installation d'un réseau de palissades disposées en échiquier. Il est utilisé si le vent est multidirectionnel. La stabilisation des dunes mobiles à dimensions importantes (plus que 3 mètres de hauteur) vise à limiter le mouvement des particules sableuses (Jalel, 1989). Le réseau de carroyage utilisé à la Jeffara est de densité comprise entre 50/50m et 500/800m (Mekrazi, 2003).

### 2.3.2.2 Moyens biologiques

Une fois la stabilisation mécanique est achevée on procède par les moyens biologiques de fixation de dunes mobiles (Khatteli, 1996). La lutte biologique consiste à planter des barrières biologiques permettant de fixer définitivement les dunes de sable, elle passe trois principales étapes : la production des plants en pépinière, la plantation, la sauvegarde des plantations et la mise en défens (Tâamallah, et al., 2010).

- **La production des plantes en pépinière** : le responsable de cette opération est le Commissariat Régional au Développement Agricole de Médenine par le biais de l'arrondissement des forêts par la disposition d'au moins une pépinière forestière à chaque localité affectée par l'ensablement. Les principales espèces forestières produites dans les pépinières sont les suivantes : *Acacia* (*cyanophylla*, *cyclops*, *salicina*, *ligulata*, *horrida*, *tortilis*) *Lycium arabicum*, *Retama raetam*, *Rhus tripartitum*, *Cal-ligonum azel*, *Prosopis juliflora*, *Parkinsonia aculeata*, *Eucalyptus* (*occi-dentallis*, *torquata*, *astringina*), *Atriplex halimus*, etc (Tâamallah, et al., 2010).
- **La plantation** : cette étape consiste à implanter une couverture végétale à base d'espèces locales ou introduites pouvant être arborées ou arbustives (Mekrazi, 2003). Dans le cas où on atteint le seuil d'irréversibilité de la dégradation on fait recourt à la plantation d'espèces fourragères qui en plus de leur rôle de lutte contre l'ensablement présentent aussi plusieurs bénéfices tels que : la conservation des eaux et des sols, la sauvegarde du cheptel en cas de sécheresse ou disette et surtout de combler le déficit dans le bilan fourrager. Lorsque la dégradation atteint un état avancé et irréversible on procède par le resemis d'espèces pastorales locales dans le but de réintroduire ces espèces ayant disparu (Tâamallah, et al., 2010).
- **La sauvegarde des plantations et la mise en défens** : Après l'implantation, le périmètre d'intervention est mis en défens afin d'éviter tout risque de dégradation. La protection est assurée par des gardiens dont le nombre varie en fonction de la superficie de site (Mekrazi, 2003). En plus de la protection de la zone d'intervention, les

plantations sont irriguées régulièrement pour aboutir à des taux de réussites acceptables. Cette opération devra être assurée pendant une période allant de 3 à 5 ans.



*Figure 16: Fixation biologique des dunes mobiles (Tâamallah, et al., 2010)*

### Chapitre 3 : Matériels et Méthodes

Cette étude consiste à la caractérisation des aménagements de lutte contre la désertification moyennant l’outil Géo-informatique Globale des Options par Contexte Ge OC. Elle se base sur la préparation d’une documentation des travaux de gestion durable des terres réalisés dans la zone d’étude en utilisant des modèles « Templates » standardisés et appropriés à cette étude et en finissant par tester et appliquer l’approche options-par-contexte de SLM par l’outil Ge OC développée avec l’ICARDA. La collecte de données est réalisée par des inventaires et des analyses des publications liées au thème d’étude et l’inventaire de GDT sur le terrain en utilisant le modèle standardisé GDT options par contexte. L’outil Ge OC fournit comme résultat les conditions biophysiques et la couverture du sol moyennant l’analyse des images satellitaires de la zone d’étude insérées sur la base de données de l’outil.

L’approche méthodologique globale de cette étude peut être illustrée comme le montre la figure 17.

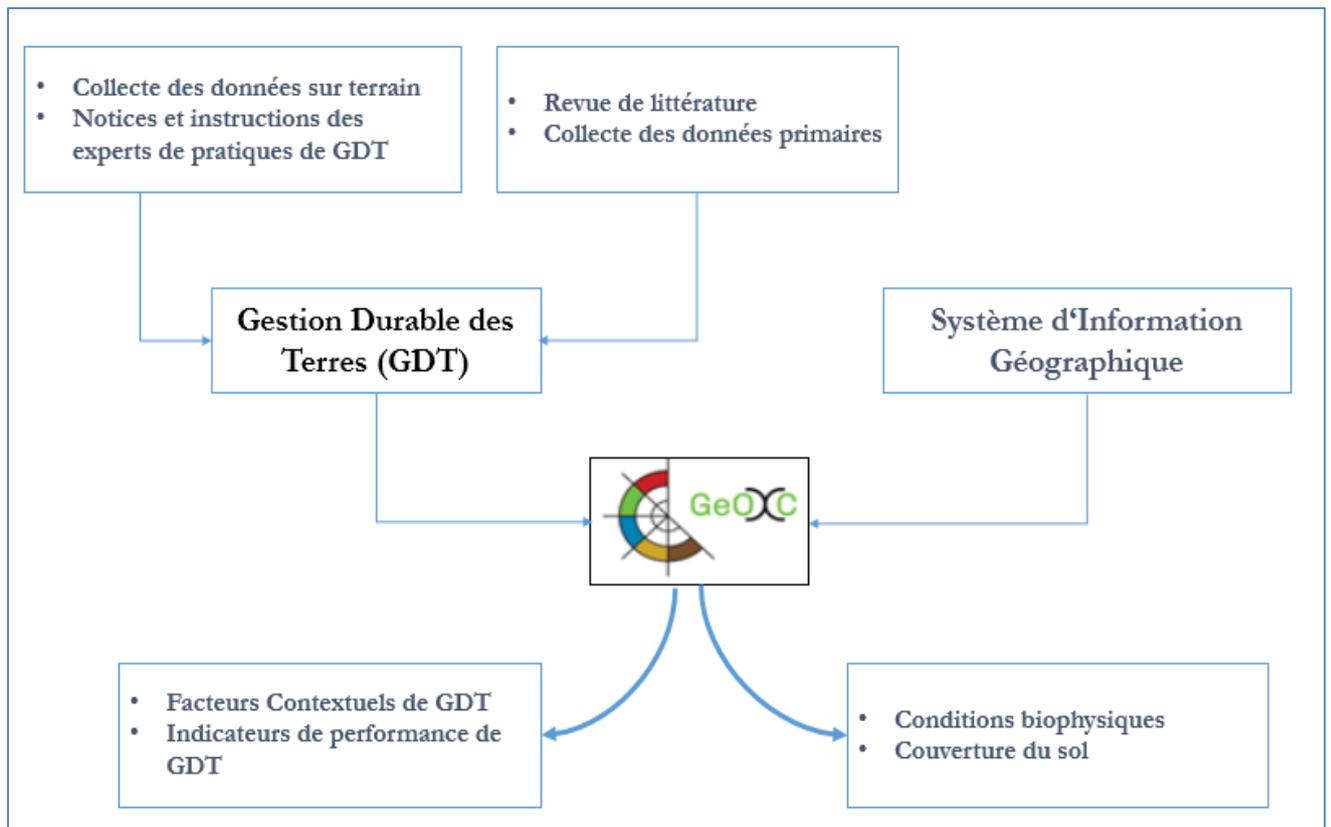


Figure 17: Approche méthodologique globale de l'étude.

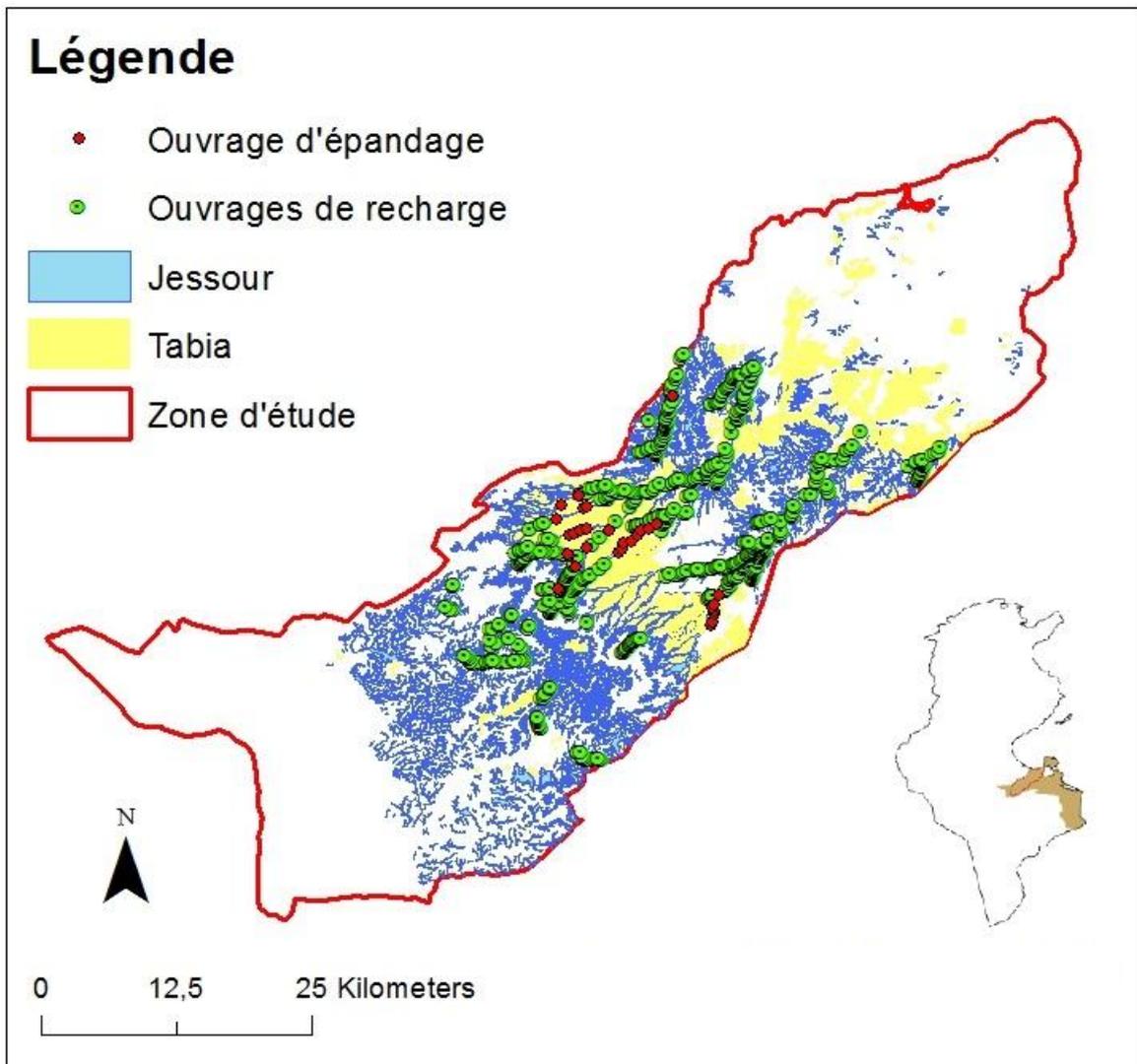
### **3.1. Revue de littérature et collecte des données**

La collecte de l'information nécessaire pour faciliter ce travail a été basée sur la documentation disponible au :

- Commissariat Régional de Développement Agricole CRDA du Médenine.
- L'Institut des Régions Arides.
- La Base de données mondiale sur la gestion durable des terres développée par le Panorama mondial des approches et des technologies de conservation (WOCAT).
- Le Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques et de la Pêche.

Les données utilisées pour l'élaboration de cette étude se subdivisent en deux types :

- ❖ Une revue bibliographique représentée par une multitude des publications et ouvrages liées au thème de la gestion durable des terres dans le gouvernorat de Médenine.
- ❖ Des données numériques concernant la zone d'étude, tels que climat, topographie, sol, utilisation des terres, couvert végétal, démographie, ressources en eau et usages. Ces données sont dégagées de la carte agricole du gouvernorat de Médenine et la carte des ouvrages de conservation des eaux et des sols développés par le Commissariat Régional de Développement Agricole du Médenine. de Médenine (figure 18) Pour la manipulation de ces données on a fait recours à différents logiciels utilisant les systèmes d'informations géographiques (Arcgis10.1, Qgis 2.16.3....).



*Figure 18: Carte des aménagements de conservation des eaux et des sols dans la zone d'étude. (Source CRDA Medenine 2017)*

### **3.2. Travail sur le terrain**

Les visites de terrain ont été réalisées pour la préparation des Templates des SLM dans les quatre délégations Béni Khédache, Médenine Nord, Mdenine, Sud, Sidi Maklouf.

Cette tâche est basée sur une enquête de terrain (Annexe 1) remplie par les experts SLM accompagné lors des visites, les responsables de la cellule territoriale de vulgarisation CTV de Béni Khédache, les exploitants agricoles dans les sites où ces ouvrages sont implantés.

Le questionnaire d'enquête structuré a été préparé dans le but de nous faciliter la collecte des différentes informations propres à chaque pratique de gestion durable des terres soit pour les ouvrages de conservation des eaux et des sols ou les pratiques de la lutte contre l'ensablement.

L'enquête s'attache principalement à identifier dans une première partie le nom du SLM, son nom utilisé localement, et le cadre spatiale du site tels que les coordonnées géo spatiales (longitude, latitude, altitude...), le type de sol, la pente moyenne, l'espacement entre les techniques utilisées, la précipitation moyenne annuelle.... Par la suite on s'occupe dans la deuxième partie de la description des techniques et des matériaux utilisés, les infrastructures protégées, la distance par rapport à la route principale, du statut foncier du site, et de la disponibilité des différents besoins de vitaux (eau, services de santé, service d'enseignement, service d'énergie).

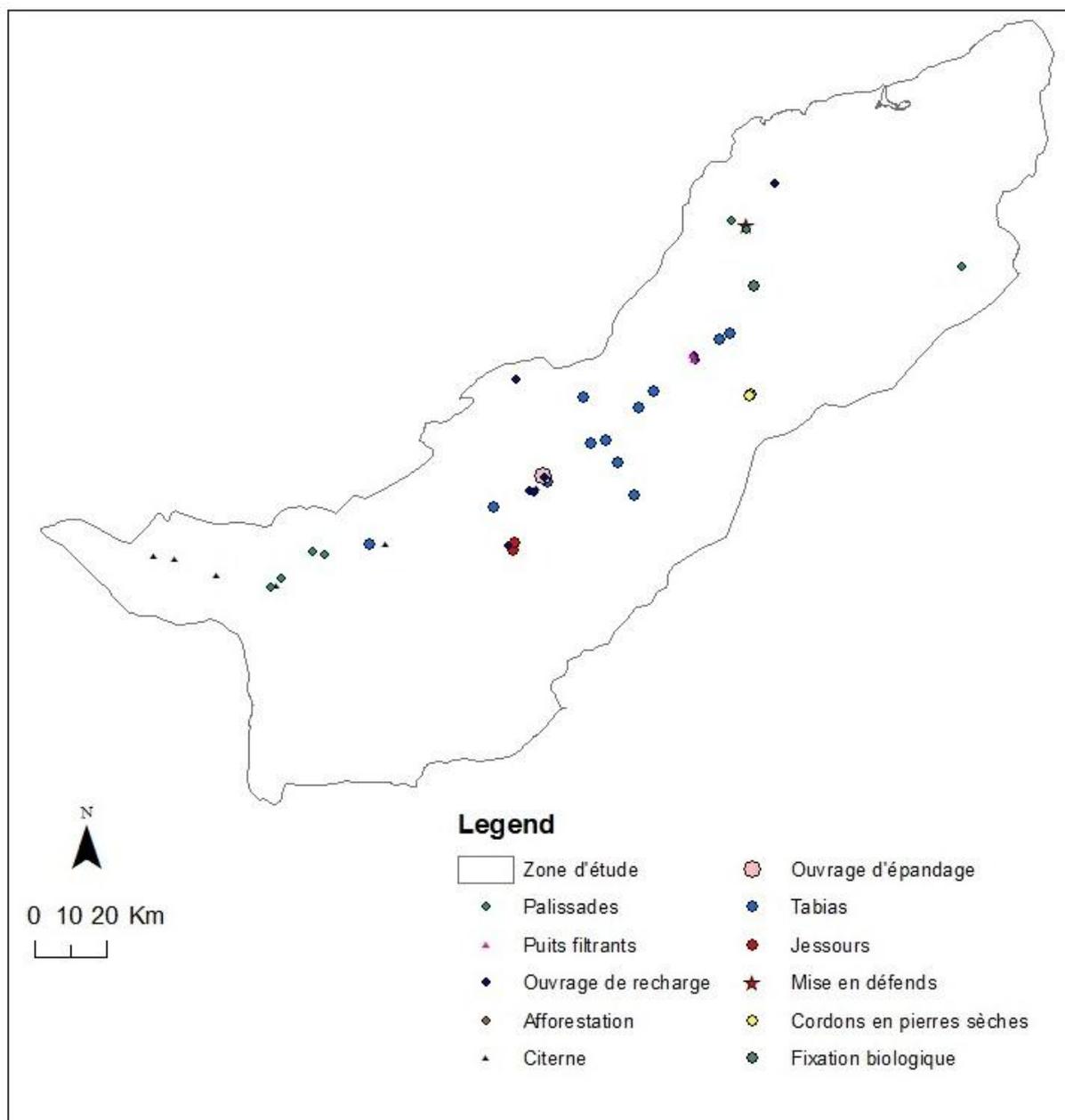
La troisième partie s'intéresse à l'aspect économique et l'étude de coût. Elle contient des questions qui tournent autour du coût d'établissement, coût de maintenance, le mode de réalisation, le pourcentage de contribution des propriétaires des terres et l'analyse coût-revenu à court et à moyen terme.

Pour avoir une idée sur les impacts de ces ouvrages sur le milieu physique il fallait poser des questions sur :

- L'occupation des sols avant et après l'implantation de chacune de ces pratiques ;
- Leurs impacts socio-économiques et leurs contributions à la production et au développement à la société rurale ;
- Leurs impacts écologiques sur l'eau, le sol, la biodiversité et leurs effets dans la réduction du risque des catastrophes.

Finalement, le questionnaire s'oriente un peu vers un diagnostic de l'état actuel des ouvrages des SLM et la détermination des raisons et facteurs du mauvais état et s'il y a aura besoin de modifier ces techniques pour s'adapter aux changements climatiques.

Les sites visités sont représentés à la figure 19.



**Figure 19: Carte des sites visités.**

Le choix des sites dans cette étude est basé sur la présence des pratiques de gestion durable de terres qui concernent la conservation des eaux et des sols et l'ensablement à différents contextes. Nous avons alors choisis de travailler sur les quatre délégations : Béni Khédache, Médenine Sud, Médenine Nord et Sidi Makhoulf.

Les quatre délégations ayant les caractéristiques écologiques et topographiques adéquates pour l'expansion de pratiques traditionnelles de collecte et d'exploitation agricole des eaux de ruissellement, favorables pour l'innovation de techniques de recharge de la nappe phréatique et exigeantes pour la création des techniques de lutte contre l'ensablement.

Le choix des sites est basé sur l'identification des chacune des techniques de GDT à plusieurs contextes :

- Les jessour : la technique de jessour est très répandue dans la délégation de Béni Khédache. Les jessour se localisent dans les talwegs des zones montagneuses à forte pente. Pour ces techniques deux sites sont choisis à être étudiée : un 1<sup>er</sup> site marquant la présence du lœss et un 2<sup>ème</sup> site avec moins de lœss.
- Les tabias : les tabias se trouvent principalement dans les plaines. Le choix du contexte pour cette technique est basé sur la différence de l'étage bioclimatique dans la zone d'étude. Certains ouvrages ont été pris dans une zone à climat aride supérieur tempéré (à la zone de Bhayra et Allamèt), d'autres sites ont été pris à un climat saharien supérieur frais (Bir zwey au début de Dhaher).
- Les citernes : cette technique traditionnelle de collecte des eaux de ruissellement a été prise à différents contextes selon l'usage. Pour les zones du parcours de Dhaher cette technique joue le rôle d'un point d'eau pour l'abreuvement du cheptel, tandis qu'elle joue un rôle multiple à la zone de Kasr Hallouf (usage domestique, abreuvement du cheptel et irrigation déficitaire.....).
- Les ouvrages en gabion : ces ouvrages se subdivisent en deux catégories selon leur contexte, des ouvrages de recharge pour l'alimentation de la nappe phréatique favorisant l'infiltration des eaux pluviales et protégeant ainsi les infrastructures à l'aval, et des ouvrages dis ouvrages d'épandage localisés au niveau des talwegs avec des écoulements importants, jouant ainsi le rôle de dériver de l'eau du ruissellement pour contribuer la production agronomiques dans les zones où il y a des champs cultivées proches.
- Les techniques de lutte contre l'ensablement ; ces techniques se diffèrent par les matériaux utilisées et le stade de lutte en techniques biologiques et techniques mécaniques, mais elles diffèrent aussi selon le contexte. Dans la zone étudiée on remarque la présence de ces pratiques de GDT dans deux différents contextes selon le climat :
  - ✓ Aride inférieur doux (El Sâadane, El Martoum..) ;
  - ✓ Saharien supérieur frais (Le Dhaher : Bir Hachana, Bir Mthinine..).

### **3.3. Préparation des Templates des SLM**

Le template est un modèle standardisé sous format classeur Excel prenant en charge des macros. Il s'agit d'un formulaire qui présente les différentes caractéristiques des pratiques de gestion

durable des terres (Sustainable Land Management : SLM) constituant ainsi une base des données de ces SLM pratiquées dans la région d'étude.

Ce formulaire est rempli à l'aide de divers acteurs du développement agricole dans le gouvernorat de Médenine notamment les chercheurs de l'Institut des Régions Arides de Médenine, les responsables des arrondissements forêts et CES au commissariat régional au développement agricole, et les agriculteurs.

La préparation des Templates est l'étape qui suit la visite de terrain. Pour remplir ce formulaire, il est primordiale d'exploiter la fiche de terrain et les diverses informations prises auprès des experts SLM accompagnées lors de la visite de terrain, analyser ces données et les vérifier avec les responsables du CRDA et les chercheurs de l'IRA dans le but de construire une base de données propre à chaque type de SLM.

Les pratiques de gestion durable des terres identifiées dans la zone d'étude sont regroupées en deux catégories :

- Les ouvrages de conservation des eaux et des sols CES ;
- Les techniques de lutte contre l'ensablement.

Le tableau 1 illustre ces différentes pratiques.

**Tableau 1: Les SLM pratiqués à la zone d'étude**

Les ouvrages de conservation des eaux et des sols.	Les techniques de lutte contre l'ensablement
Les Jessour	Les palissades
Les tabias	L'afforestation
Les cordons en pierres sèches	La mise en défens
Les puits de recharge artificielle	
Les ouvrages de recharge	
Les ouvrages de déviation	
Les citernes	

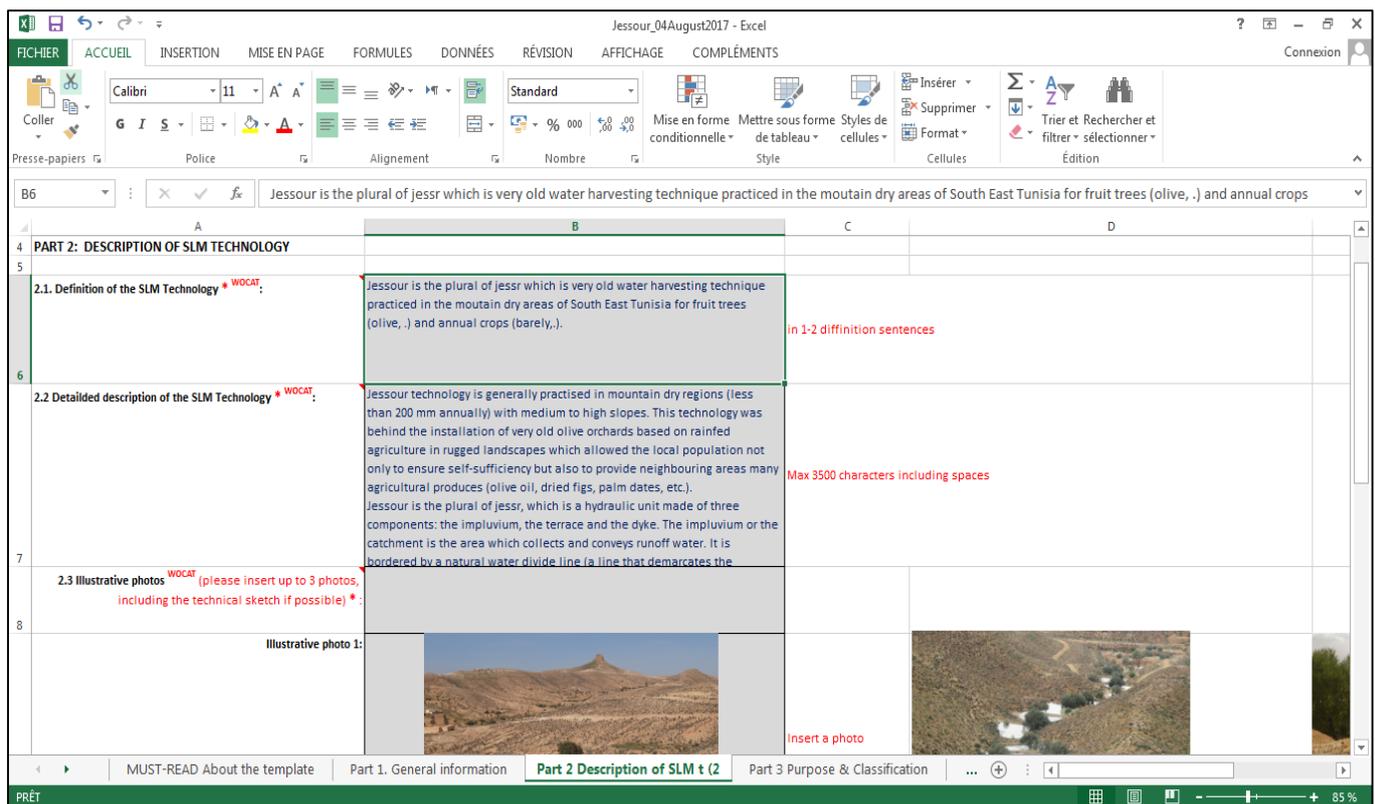
Chacune des pratiques de gestion durable des terres est présentée et documentée dans un Template approprié ayant une structure composée de ces six parties :

- i. La présentation générale de la technologie (figure 20) qui comprend son nom local, le nom du documenter et du co-documenteur, les personnes sources et leurs coordonnées et professions, les rapports et les références bibliographiques utilisées pour la documentation de chaque SLM.

Field of information	Your input	Note: please fill in the lined boxes, with the use of the provided formats or information lists if you are asked in the Note column.	Note
<b>PART 1: GENERAL INFORMATION</b>			
<b>1.1. Name of the SLM Technology</b>			
1.1.1 Name *	Jessour		Max 70 letters including space (constrained box)
1.1.2 Locally used name	Aljousour الجوسور		Max 70 letters including space (constrained box)
1.1.3 Subject keywords (max. 3) *	water harvesting, soil conservation, drylands		Please use keywords from the provided list in AGROVOC web service
Subject Language	English		Please select subject language from the list
<b>1.2 Documentors and Resources Persons/Information</b>			
1.2.1. Are you the main documentor? (If Yes, please fill below) *	Yes		Select from the provided list
Name (first name + last name)	Mohamed OUJESSAR		Select from the provided list
Sex (Male/Female)	Male		Select from the provided list
Name of institution	INSTITUT DES REGIONS ARIDES		
Address of institution	ROUTE DE JORF		
Postal Code	4119		
City	MEDENINE		
State or District and country	Tunisia		
Tel	21675633005		
Fax	21675633006		
E-mail	oujessar@uaboo.com		

**Figure 20: Template Jessour: Informations générales using the GeOC's off-line template (Le & Diwediga, 2017)**

- ii. La description de chaque SLM comme illustré à la figure 21 contient la définition de la technologie, la description détaillée de son fonctionnement et des photos illustratives. Source du Template source : Le & Diwediga (2017)



**Figure 21: Description détaillée du SLM Jessour. Template source : Le & Diwediga (2017)**

- iii. Le type, la classification et les objectifs de la technologie, avec une série des mesures qui comprend des mesures agronomiques, des mesures végétatives, des mesures structurales et des mesures de gestion.

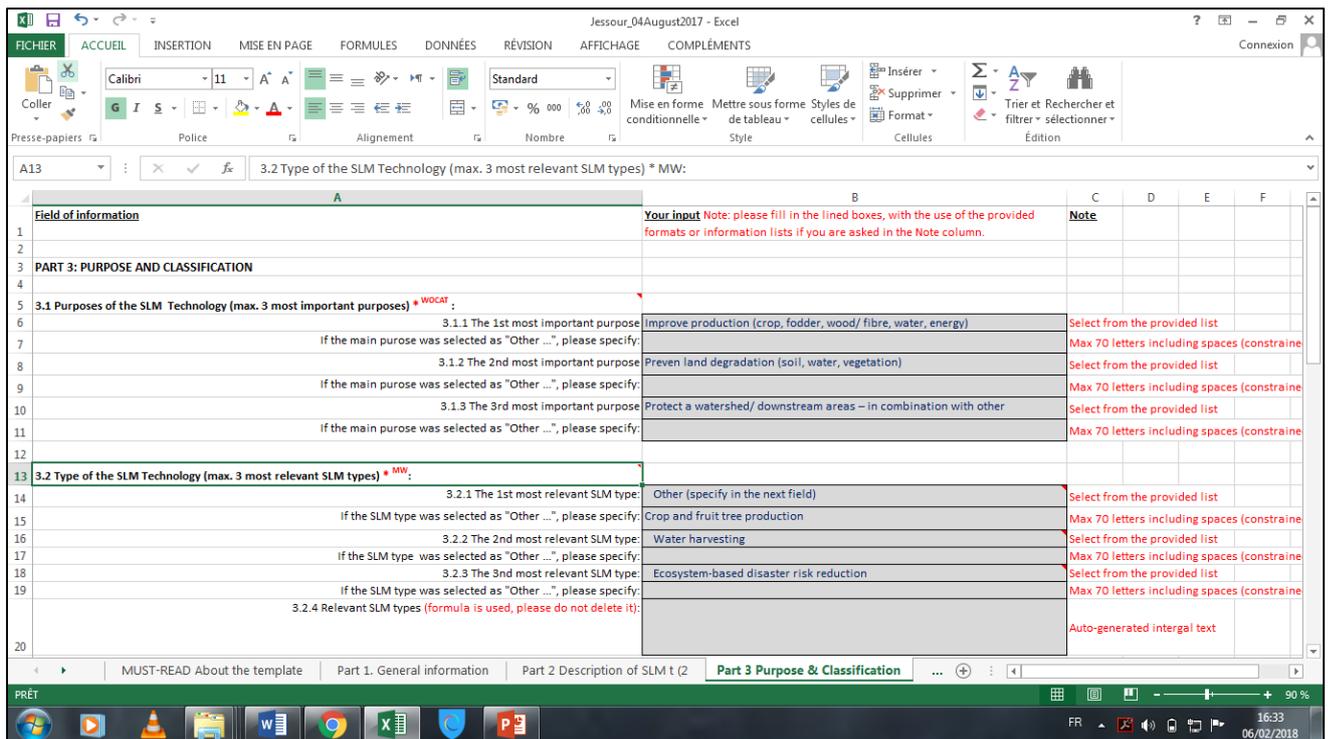


Figure 22: La classification et les objectifs de la technologie des Jessour. Template source : Le & Diwediga (2017)

iv. La localisation géographique de la technologie et son contexte socio-écologique.

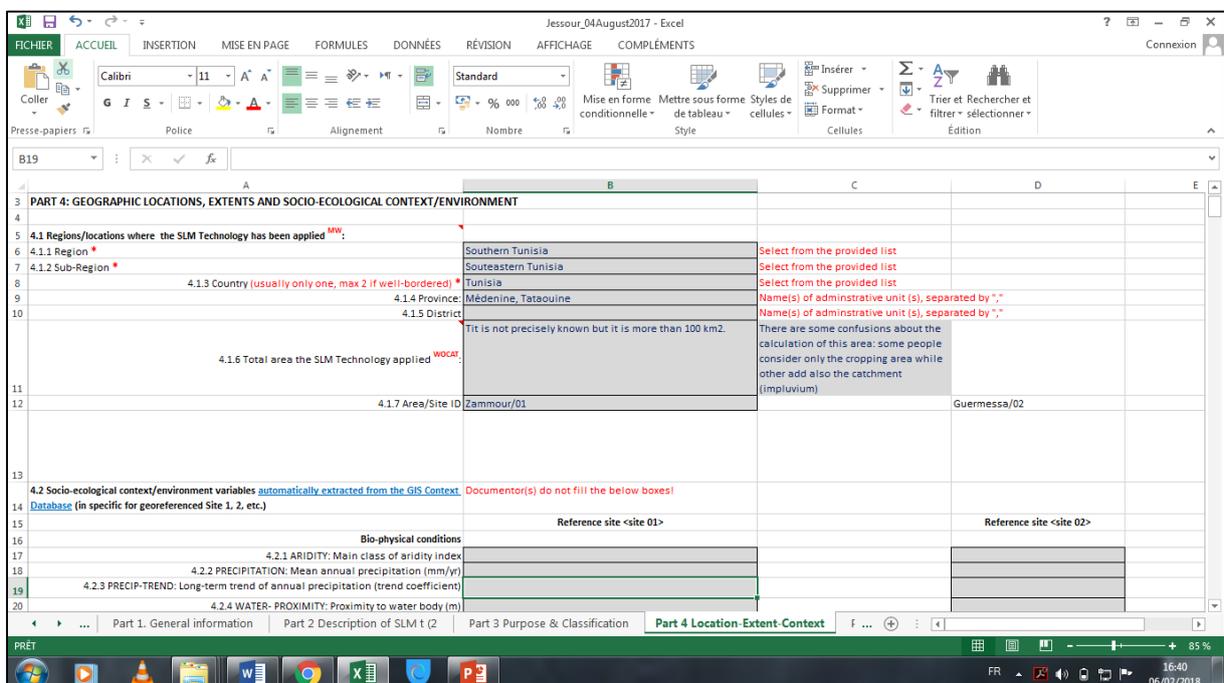


Figure 23: Localisation géographique et contexte socio-écologique des Jessour. Template source : Le and Diwediga (2017)

- v. La spécification technique, le coût d'établissement de la technologie et le coût de la maintenance.

Input (unit)	Quantity	Cost/unit (in USD)	Cost/input
<b>5.2.1 Labor:</b>			
construction of the dike (hours of machine)	16	20	320
construction of spillway (manual)	18	32	576
Digging planting pits	11	2	22
Ploughing	2	10	20
<b>5.2.2 Equipment:</b>			
Tractors of stones	22	20	440

Figure 24: Spécification technique et coût de la technologie des Jessour. Template source : Le and Diwediga (2017)

- vi. Les impacts de chaque technologie, les facteurs d'influence sur le site, la sensibilité aux changements climatiques, ses avantages et ses inconvénients.

Impact Category	Description	Reference	Impact	Reference	Impact
6.1.2 Socio-cultural impacts WOCAT	food security/ self-sufficiency	Sghaier et al. 2002	Positive (+20 - +50%)	Sghaier et al. 2002	Positive (+20 - +50%)
	health situation	Sghaier et al. 2003	Positive (+20 - +50%)	Sghaier et al. 2003	Positive (+20 - +50%)
	land use/ water rights	Sghaier et al. 2003	Positive (+20 - +50%)	Sghaier et al. 2003	Positive (+20 - +50%)
	cultural opportunities (spiritual, religious, recreational opportunities)	Ben Ouedzou et al. 2001	Positive (+20 - +50%)	Ben Ouedzou et al. 2001	Positive (+20 - +50%)
	community institutions	Ben Ouedzou et al. 2001	Positive (+20 - +50%)	Ben Ouedzou et al. 2001	Positive (+20 - +50%)
6.1.3 Ecological impacts WOCAT	SLM/ land degradation knowledge	Schwilch et al. 2012; Taamallah 2010	Positive (+20 - +50%)	Schwilch et al. 2012; Taamallah 2010	Positive (+20 - +50%)
	conflict mitigation	Ouessar et al. 2003	Slightly negative (-5 - -20%)	Ouessar et al. 2003	Slightly negative (-5 - -20%)
6.1.3 Ecological impacts WOCAT	Water cycle/run-off	Ouessar et al. 2009	Negative (-20 - -50%)		
	water quantity				
	water quality				
	harvesting/ collection of water (runoff, dew, snow, etc)	Ben Mechlia and Ouassar 2004; Ouassar et al. 2009; Abdelli 2017; Snane & Mecherqui 1996;	Very positive (+50 - +100%)	Ben Mechlia and Ouassar 2004; Ouassar et al. 2009; Abdelli 2017; Snane & Mecherqui 1996;	Very positive (+50 - +100%)
reduced surface runoff	Ouessar et al. 2009; Abdelli 2017	Positive (+20 - +50%)	Documentor - M. Ouassar; Ouassar et al. 2009; Abdelli 2017	Positive (+20 - +50%)	Positive (+20 - +50%)
excess water drainage					

Figure 25: Les impacts, les avantages et les inconvénients de la technologie des Jessour. Template source : Le & Diwediga (2017)

### 3.4. L’outil Geo-informatique Globale des Options par Contexte

Le “Geo-informatique Globale des Options par Contexte” (GeOC, acronyme en Anglais) est un nouvel outil SIG en ligne permettant aux utilisateurs de définir, contrôler, évaluer et co-générer des connaissances et l’apprentissage sur les options pertinentes de la gestion durable des terres GDT adaptées aux contextes socio-écologique global, régional et national. Cet outil vise à soutenir l’implémentation des pratiques de GDT par les communautés locales et internationales en leur fournissant des informations contextuelles spécifiques indispensables aux choix d’investissement pour un développement agricole et rural (Badabate, et al., 2017)

Le GeOC est conçu dans le cadre du projet de l’ICARDA « Evaluation de l’impact de GDT pour l’atteinte de la neutralité en matière de dégradation des terres » en partenariat avec le Ministère de l’Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche MARHP et l’Institution de la Recherche et de l’Enseignement Supérieur Agricoles IRESA Tunisie. Ce projet est financé par la GIZ.

Le GeOC est développé pour mettre à disposition des utilisateurs fonciers, des programmes et projets de développement, et des décideurs politiques, des choix plausibles, robustes et extrapolables en matière de choix et d’utilisation des stratégies de GDT. Il présente une plateforme libre permettant d’adapter les projets de différentes disciplines en des actions intégrées/holistiques et convergentes en vue de promouvoir la GDT à grande échelle (Badabate, et al., 2017).

Les besoins sont énormes en matière de données spatiales sur la GDT aux échelles nationale, régionale, et locale, constamment capitalisées dans des systèmes globaux de surveillance. Le GeOC est un système innovant contribuant aux efforts globaux en matière de GDT en se basant sur deux composantes fondamentales comme indique la figure 26 :

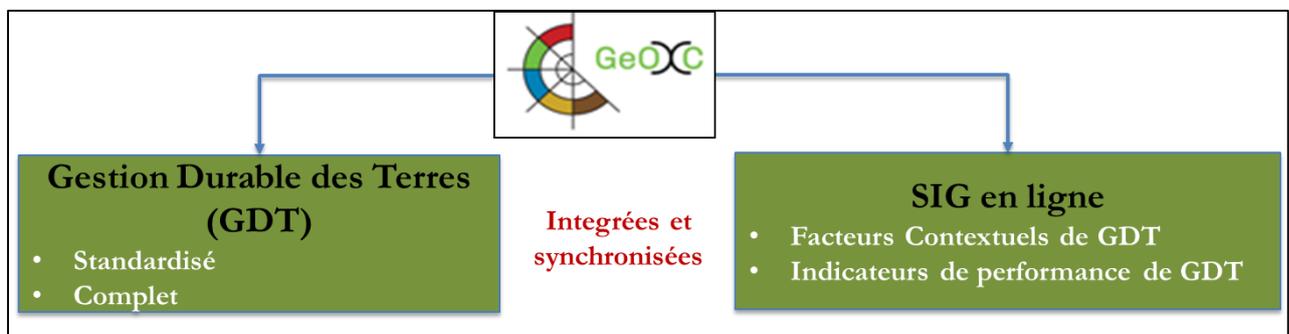


Figure 26: Les composantes de l’outil GeOC. source : (Diwediga, et al., 2017)

L'outil GeOC admet la possibilité d'entrer la base de données nécessaires hors ligne (Excel) et en ligne pour une description standardisée des pratiques de GDT (adapté du WOCAT). Il permet de même la synchronisation entre la base de données multi-variée et l'outil SIG en ligne en vue d'extraire et relier aux variables contextuelles et d'impact à grande échelle au lieu d'une fiche technique statique. Il offre un processus d'évaluation par les pairs pour les options de GDT soumises (Le, et al., 2017)

Des données spatiales sur les pratiques actuelles de GDT en Tunisie ont été produites pour l'évaluation de la GDT et la démonstration de la pertinence de l'outil GeOC.

Les sites pilotes choisis :

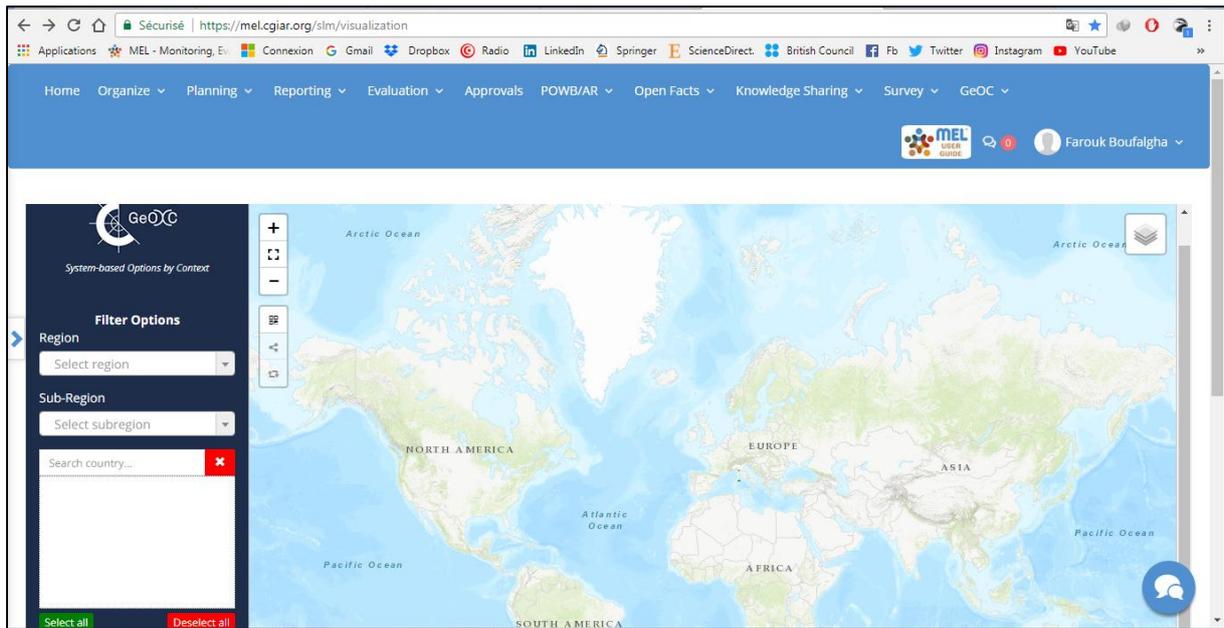
- Gouvernorat de Zaghouan (Centre-nord) ;
- Gouvernorat de Medenine (Sud-Est).

Il est basé sur un cadre scientifiquement solide permettant de s'adapter à la grande diversité des contextes.

- Il améliore les liens entre différentes échelles et types de données nécessaires à l'implémentation, évaluation et extrapolation de la GDT ;
- Il fournit de multiples points d'entrée pour divers besoins et préférences des utilisateurs ;
- Il offre des fonctionnalités facilement accessibles en différentes langues ;
- Il offre une interopérabilité multi-système en ligne ;
- Sa flexibilité favorise l'appropriation et des améliorations continues (Le & Richard, 2017).

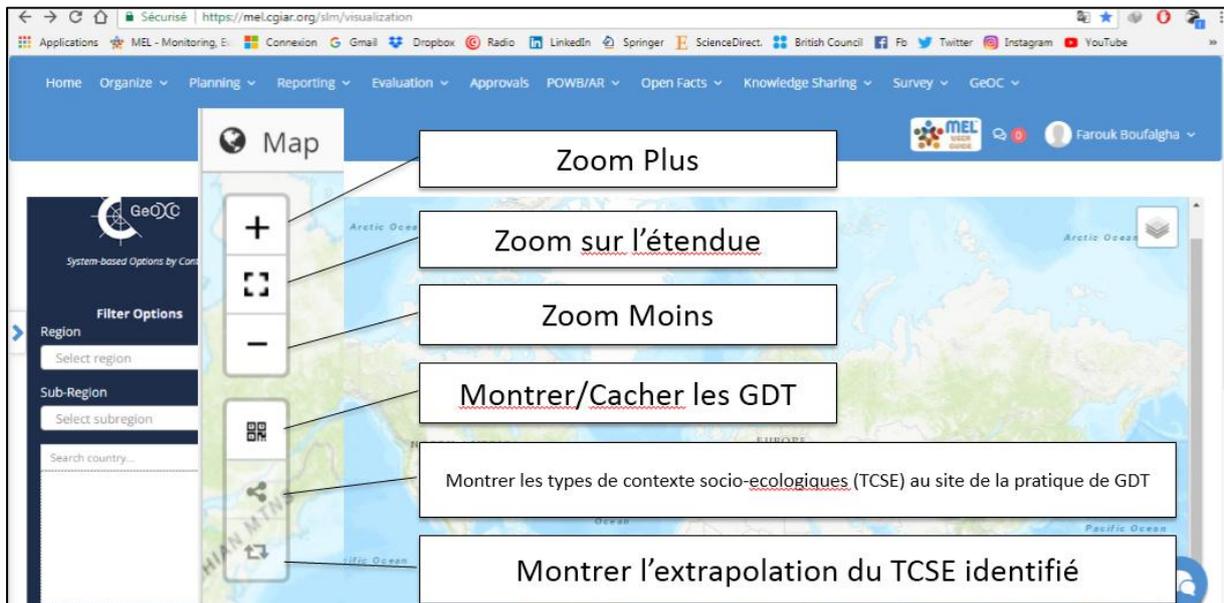
### **3.4.1 Méthodologie de l'utilisation de l'outil GeOC**

L'outil GeOC est un système d'informations géographique SIG en ligne. Passant par plusieurs améliorations dès sa version initiale, l'interface de cet outil est comme la représentent les figures 27 et 28.



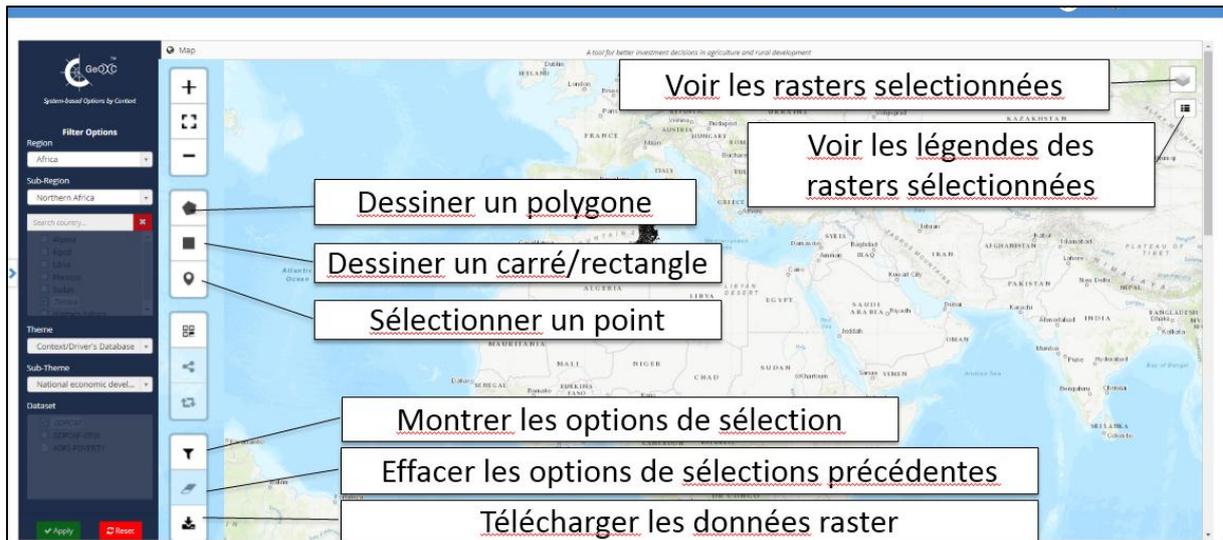
**Figure 27: Interface de l'outil GeOC . Source : (Diwediga, et al., 2017)**

Cette interface offre plusieurs fonctionnalités et outils qui permettent l'étude des impacts et l'évaluation des pratiques de gestion durable des terres.



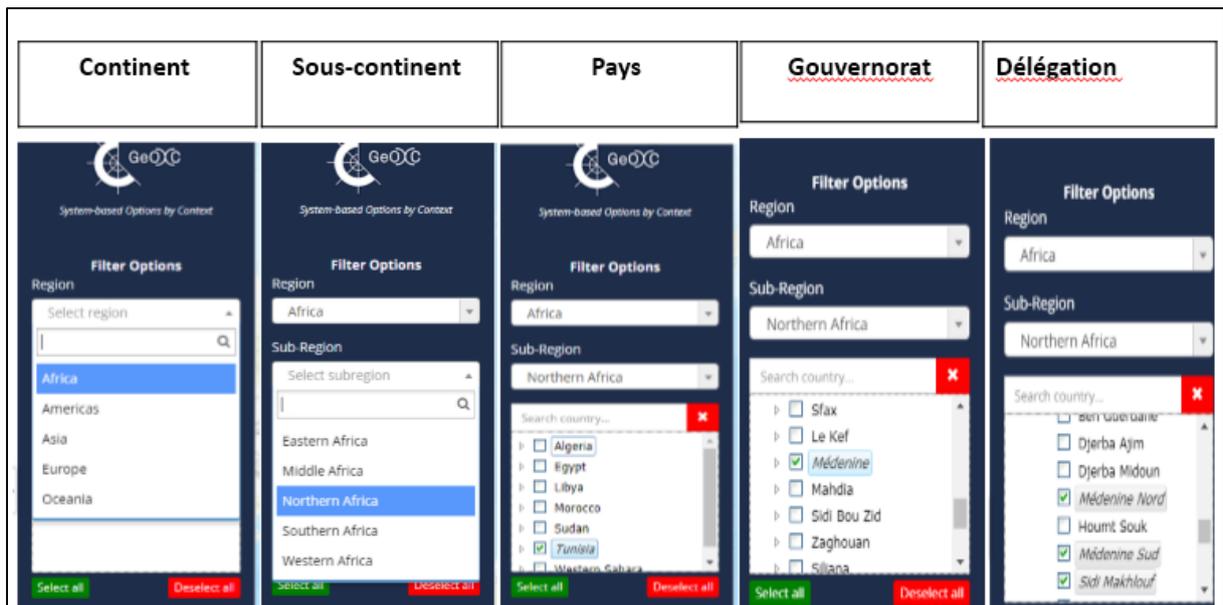
**Figure 28: Les outils et les fonctions cartographiques. Source : (Diwediga, et al., 2017)**

D'autres outils et fonctions cartographiques apparaissent après la sélection de la région d'étude et des termes et sous-termes à étudier comme le montrent les figures 29 et 30.



**Figure 29: Les outils et les fonctions cartographiques2. Source : (Diwediga, et al., 2017)**

L’outil SIG en ligne permet de sélectionner la zone à étudier sous la base des unités administratives passant par sélectionner le continent, le sous-continent, le pays, le gouvernorat et la délégation.



**Figure 30: Sélection de la zone d'étude. Source : (Diwediga, et al., 2017)**

Pour l’évaluation de l’impact des pratiques de GDT, deux principaux thèmes sont à étudier : « contexte/facteurs » et « Indicateurs de performance-Impact ». Chacun de ces deux thèmes possèdent des sous-thèmes sont aussi à étudier. Cela permettra d’introduire les facteurs et le contexte de la région d’étude et de dégager les impacts de ces SLM sur l’écosystème en particulier le sol. L’exécution de cette étape consiste à utiliser les variables fournis par chaque

sous-thème. Le choix des thèmes et des sous-thèmes à étudier et les variables à utiliser se fait comme le montrent les figures 31 et 32.

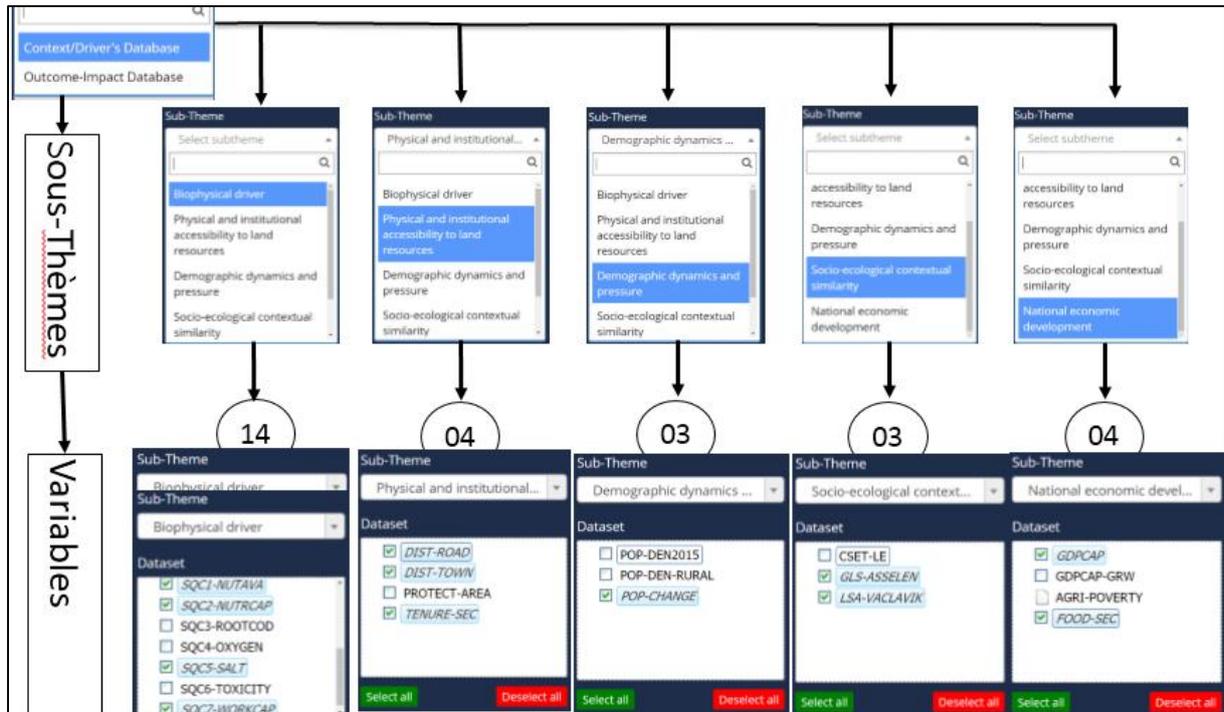


Figure 31: Sélection des variables du Thème «Contexte Facteurs». Source : (Diwediga, et al., 2017)

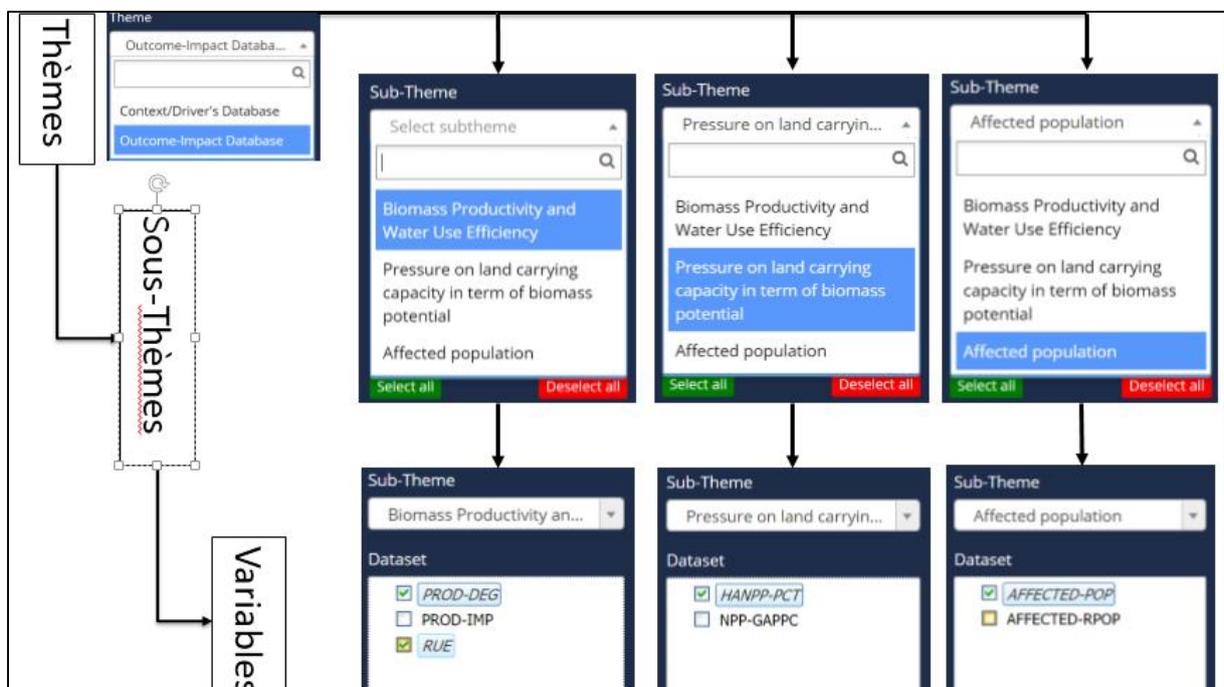
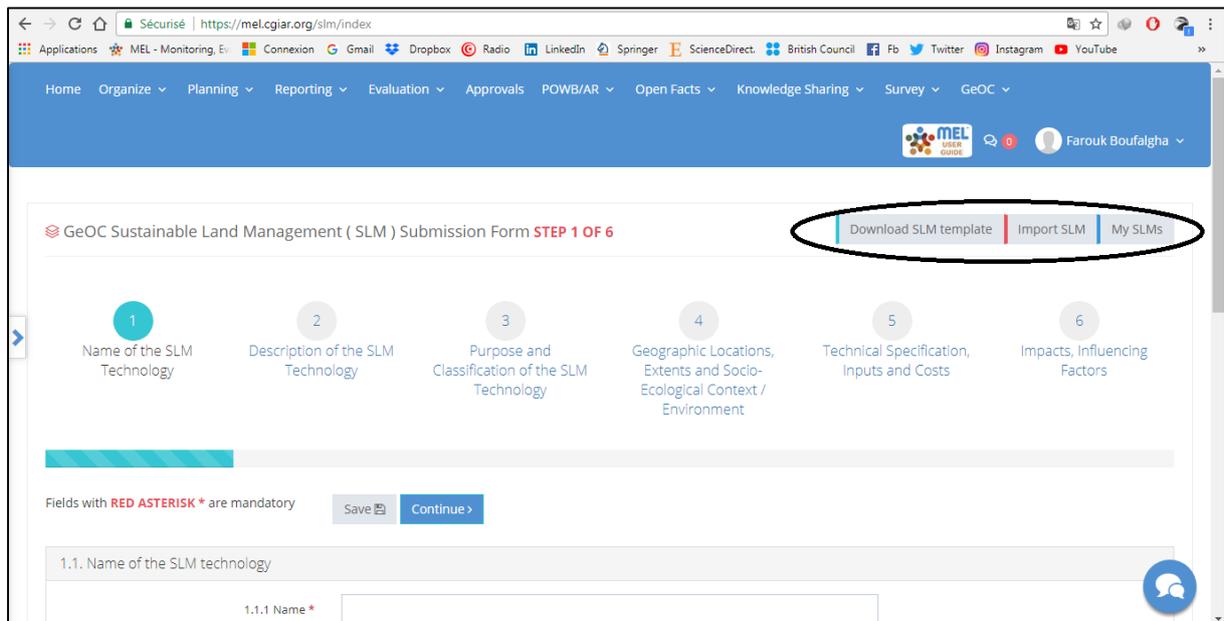


Figure 32: Sélection des variables du Thème «Indicateurs de performance-Impact». Source : (Diwediga, et al., 2017)

### 3.4.2 Insertion de la base des données des GDT

L'insertion des données concernant les pratiques de gestion durable des terres se fait une par une. Soit de remplir le formulaire de GDT sur le SIG en ligne, soit de télécharger le Template sous format Excel et de le remplir puis le soumettre. La figure 33 illustre la méthodologie d'insertion des données des GDT.

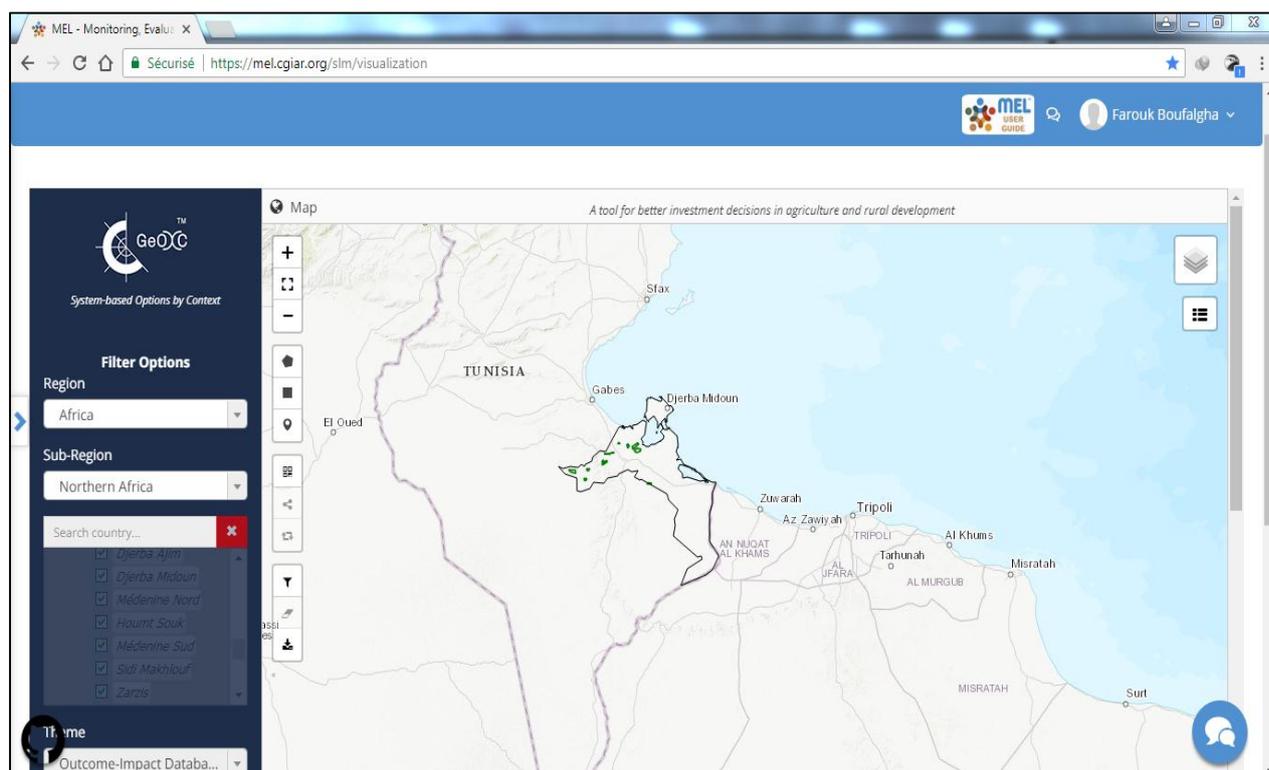


**Figure 33: Insertion des données des GDT. Source : extrait du modèle SLM de GeOC. : <https://mel.cgiar.org/slm/index>**

## Chapitre 4 : Résultats et discussions

Les thèmes cibles de l'outil Ge OC se divisent en deux grands thèmes : le contexte de base de données propres à chaque pratique de gestion durable des terres et les impacts de l'implantation de chaque pratique. Le premier thème s'intéressant le plus au contexte global par le biais des sous thèmes suivants : les conditions biophysiques, l'accessibilité physique et institutionnelle aux ressources foncières, la pression et la dynamique démographique et la similarité du contexte socio-écologique. Le deuxième thème est basé sur trois sous thèmes : la productivité de la biomasse et l'efficacité de l'utilisation de l'eau, la pression sur la capacité de des terres en fonction du potentiel de la biomasse et la population touchée. Ces deux thèmes et sous thèmes peuvent être évalué moyennant des variables définis dont les résultats sont indiqués sur la figure 34.

Les résultats fournis par cet outil sont regroupés sur des figures et des tableaux récapitulatifs.



**Figure 34: L'interface Ge OC après la sélection de la zone d'étude et l'insertion des SLM**  
**Source : extrait du WebGIS de GeOC: <https://mel.cgiar.org/slm/visulization>**

Les principaux résultats dégagés à partir de l’outil Ge OC sont centrés autour de :

- Les conditions biophysiques ;
- Les indicateurs de dégradation/régénération dans les terres ayant connu des pratiques de GDT ;
- Les indicateurs des coûts d’installation et de maintenance des pratiques GDT ;
- Les indicateurs des impacts sur site des pratiques de GDT ;
- Les indicateurs des impacts hors-site des pratiques de GDT.

## 4.1. Résultats des conditions biophysiques

Les statistiques descriptives des conditions biophysiques ont été déterminées sur plusieurs sites où des pratiques de GDT sont implantées dans le but de les comparer à eux et les comparer au même contexte sans GDT. Les variables mises en considération sont l’aridité, la tendance des précipitations et la pente.

### 4.1.1 Conditions biophysiques

La figure 35 montre les conditions biophysiques d’un point de la zone d’étude choisi arbitrairement sur l’interface de l’outil Ge OC et par la suite le tableau 2 qui récapitule les paramètres de la condition biophysique sur chaque site (la détermination de ces résultats est présentée dans la partie **Annexe 2** par des capture d’écran sur l’interface de l’outil).

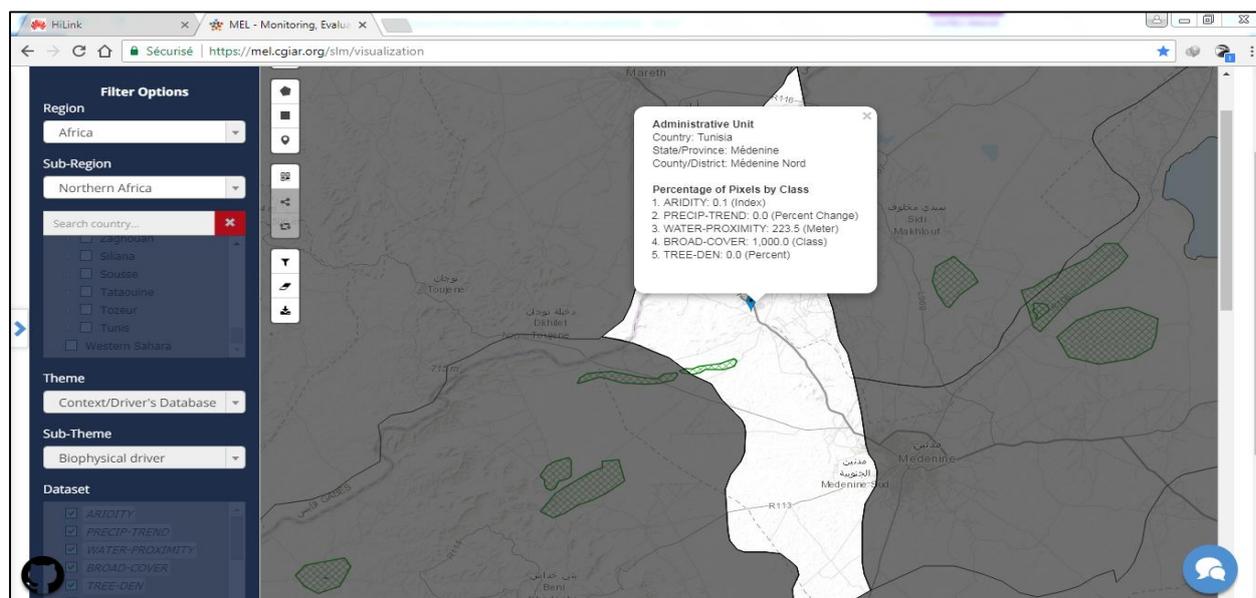


Figure 35: Descriptive des variables de la biodiversité. Source : extrait du WebGIS de GeOC

<https://mel.cgiar.org/slm/visulization>

**Tableau 2: Les conditions biophysiques sur chaque site**

Noms du GDT	Aridité	La tendance des précipitations ( $\Delta$ mm/année)	La pente (%)
Afforestation	0,13	-1	0,1
Les palissades* <sup>1</sup>	0,12	-1	0,24
Les palissades** <sup>2</sup>	0,04	-1	1,1
Mise en défens	0,11	-1	5,5
Citernes* <sup>3</sup>	0,15	-1	7,5
Citernes** <sup>4</sup>	0,08	-1	1,3
Les ouvrages d'épandage	0,1	-1	2,2
Les ouvrages de recharge	0,1	-1	2,3
Les puits filtrants	0,1	-1	4
Les cordons pierreux	0,11	-1	10
Les Jessour* <sup>5</sup>	0,19	-1	7
Les Jessour** <sup>6</sup>	0,18	-1	5,5
Les Tabias* <sup>7</sup>	0,17	-1	2,5
Les Tabias** <sup>8</sup>	0,11	-1	2,9

<sup>1</sup> Palissades\* : Palissades pris à climat aride inférieur doux

<sup>2</sup> Palissades\*\* : Palissades pris à un climat saharien supérieur frais.

<sup>3</sup> Citernes\* : Citernes pour l'abreuvement du cheptel

<sup>4</sup> Citernes\*\* : Citernes pour l'usage domestique, l'abreuvement du cheptel et l'irrigation d'appoint

<sup>5</sup> Jessour\* : Jessour marquant une forte présence du loess

<sup>6</sup> Jessour\*\* : Jessour moins affecté par loess

<sup>7</sup> Tabias\* : Tabias prises à climat aride supérieur tempéré

<sup>8</sup> Tabias\*\* : Tabias prises à un climat saharien supérieur frais

## Interprétation

L'indice d'aridité est défini par (Trabucco, et al., 2008) comme un indice mesurant en sens inverse la sécheresse du climat. Dans le système du GeOC, plus la valeur est faible, plus l'environnement est aride. Les résultats issus de cette comparaison montrent que pour la technique des palissades il y a une nette différence entre les deux indices d'aridités pris pour les deux sites cela est expliqué par la différence entre les deux contextes de deux sites et surtout la variation climatique entre le premier site palissades\*<sup>9</sup> et le deuxième site palissades\*\*<sup>10</sup> pris à un climat saharien supérieur frais. La comparaison montre aussi l'effet de l'implantation de cette technique sur la variation de l'indice d'aridité entre les sites aménagés et ceux non aménagés au même contexte de 0,08 à 0,12 et de 0,02 à 0,04 respectivement. L'afforestation considérée comme un suivi de la fixation des dunes par les palissades avec des moyennes biologiques on distingue une amélioration de la valeur de l'indice d'aridité en le comparant avec celui des palissades et avec un site au même contexte biophysique n'ayant pas connu une intervention par les techniques de GDT.

De même pour la technique des Tabias la différence entre le climat et les deux contextes de deux sites Tabias\*<sup>11</sup> et Tabias\*\*<sup>12</sup> La comparaison montre aussi l'effet de l'implantation de cette technique sur la variation de l'indice d'aridité entre les sites aménagés et ceux non aménagés au même contexte de 0,15 à 0,17 et de 0,0 à 0,08 à 0,11 respectivement.

Les ouvrages d'épandage, les ouvrages de recharge et les puits filtrants ont tous le même indice d'aridité. En fait ils sont tous implantés dans le même contexte à un climat aride supérieur tempéré et ayant le couvert végétal et les mêmes conditions pédologiques puisqu'ils sont tous sur les cours d'eau. Les cordons en pierres sèches ont presque le même indice d'aridité que les autres ouvrages installés au même milieu.

Pour la technique des Jessour, la variation de la pente explique la présence des apports et de la sédimentation. On remarque qu'au premier site Jessour\* ayant une pente de 7% une nette présence des apports solides causant l'envasement du site. Le deuxième site Jessour\*\* avec une pente égale 5,5% est moins affecté.

---

<sup>9</sup> Palissades\* : Palissades pris à climat aride inférieur doux

<sup>10</sup> Palissades\*\* : Palissades pris à un climat saharien supérieur frais.

<sup>11</sup> Tabias\* : Tabias prises à climat aride supérieur tempéré

<sup>12</sup> Tabias\*\* : Tabias prises à un climat saharien supérieur frais

La tendance des précipitations c'est l'ampleur est la variation en mm de précipitations annuelles sur la période 1982-2006 par an ( $\Delta$ mm / an). Cette valeur est généralisée à -1mm/an sur toute la région étudiée.

#### **4.1.2 Couverture des sols**

En plus des paramètres des conditions biophysiques l'outil Ge OC fournit la répartition du couvert végétal sur chaque site ayant connu l'implantation d'une pratique de gestion durable des terres par des figures présentes à la partie **Annexe 3**. Ces résultats sont donnés par le tableau3.

**Tableau 3: Récapitulatif de la répartition du couvert végétal**

Noms du GDT	Végétation	Mosaïque culture-végétation	Mosaïque forêt-arbuste-prairie	Sol nu	Surfaces permanentes
Afforestation	4.7%	0.6%	14.2%	80.3%	0.1%
Les palissades* <sup>13</sup>	2.5%	0.9%	0.3%	96.0%	0.2%
Les palissades** <sup>14</sup>	1.1%	0	0	98.5%	0.3%
Mise en défens	4.6%	0	0	95.4%	0
Citernes* <sup>15</sup>	13.6%	0	0	86.4%	0
Citernes** <sup>16</sup>	0.6%	0	0	99.3%	0
Les ouvrages d'épandage	10.8%	0	0	89.2%	0
Les ouvrages de recharge	8,7%	0	0	91.3%	0
Les puits filtrants	2.4 %	0	0	97,5 %	0
Les cordons pierreux	10,1%	0	0	89.8%	0
Les Jessour* <sup>17</sup>	14.6%	0	0	85.4%	0
Les Jessour** <sup>18</sup>	14.2%	0	0	85.8%	0
Les Tabias* <sup>19</sup>	13.9%	0	0	86.1%	0
Les Tabias** <sup>20</sup>	10.8%	0	0	89.2%	0

<sup>13</sup> Palissades\* : Palissades pris à climat aride inférieur doux

<sup>14</sup> Palissades\*\* : Palissades pris à un climat saharien supérieur frais

<sup>15</sup> Citernes\* : Citernes pour l'abreuvement du cheptel

<sup>16</sup> Citernes\*\* : Citernes pour l'usage domestique, l'abreuvement du cheptel et l'irrigation d'appoint

<sup>17</sup> Jessour\* : Jessour marquant une forte présence du loess

<sup>18</sup> Jessour\*\* : Jessour moins affecté par loess

<sup>19</sup> Tabias\* : Tabias prises à climat aride supérieur tempéré

<sup>20</sup> Tabias\*\* : Tabias prises à un climat saharien supérieur frais

## **Interprétation**

D'après les outputs de l'outil Ge Oc on remarque :

- Une forte corrélation entre l'indice de végétation et les sites ayant connu des pratiques de GDT intégrant l'implantation des espèces forestières et des arboricultures et des cultures maraîchères (fixation biologique, afforestation, Jessour, Tabias.)
- La valeur de l'indice de végétation montre une régénération du couvert végétal au site de la mise en défens en le comparant avec la valeur d'un site proche non protégé (0,2%).
- Les ouvrages de recharge en gabion et les puits filtrants indiquent une valeur de végétation faible par rapport aux autres techniques de GDT. Cela est expliqué par le fait que ces ouvrages sont construits dans le but de la recharge de la nappe phréatique par les eaux de ruissellement et non pas pour l'exploitation à la production végétale.
- Une nette différence de l'indice de végétation de pratique de GDT Citernes sur les deux contextes. Cette différence est due au mode d'usage de cette pratique. En fait, en plus de son rôle pour l'usage domestique, au premier site les citernes sont utilisées pour l'irrigation de certaines espèces forestières (oliviers, figuiers,...) ce qui a engendré une haute valeur d'indice de végétation par rapport à celle au deuxième site là où cette technique est exploitée à l'usage domestique et l'abreuvement du cheptels seulement.
- La différence entre les valeurs de l'indice de végétation sur les deux sites ayant connu l'implantation de la technique de palissade est expliquée par la variation du climat entre ces deux sites.

## **4.2. Impacts de l'implantation des pratiques de GDT**

### **4.2.1 Indicateurs de dégradation et de régénération des terres**

Dans ce qui suit le tableau 4 qui illustre les indicateurs de performance des pratiques de gestion durable des terres aux différents contextes écologiques. Certains indicateurs sont indisponibles sur quelques sites cela est due principalement à deux raisons, soit au manque des statistiques officielles sur quelques paramètres introduits au système de l'outil Ge OC tels que les données démographiques, soit les images satellitaires intégrées au système sont de faible résolution et ne permettent pas l'estimation de quelques indicateurs sur des sites spécifiques.

**Tableau 4: Indicateurs de performance des pratiques de GDT dans la zone d'intérêt**

Noms du GDT	Efficiéce d'utilisation des pluies	Appropriation humaine de la PPN	Ecart entre la PPN actuelle et celle potentielle	Population affectée (personne/ Km <sup>2</sup> )	Population rurale affectée
Afforestation	Indisponible	0,93	0,16	Indisponible	indisponible
Les palissades* <sup>21</sup>	Indisponible	0,93	0,16	Indisponible	Indisponible
Les palissades** <sup>22</sup>	Indisponible		Indisponible	4	4
Mise en défens	Indisponible	0,78	0,14	Indisponible	Indisponible
Citernes* <sup>23</sup>	0,98	0	0	Indisponible	Indisponible
Citernes** <sup>24</sup>	Indisponible	0	0	Indisponible	Indisponible
Les ouvrages d'épandage	0,9	0,7	0,12	Indisponible	Indisponible
Les ouvrages de recharge	Indisponible	0	0	50,3	8,5
Les puits filtrants	Indisponible	Indisponible	Indisponible	Indisponible	Indisponible
Les cordons pierreux	0,95	Indisponible	Indisponible	Indisponible	Indisponible
Les Jessour* <sup>25</sup>	0,92	4,7	0,62	Indisponible	Indisponible
Les Jessour** <sup>26</sup>	0,85	4,5	0,51	Indisponible	Indisponible
Les Tabias* <sup>27</sup>	0,94	Indisponible	Indisponible	50,27	8,5
Les Tabias** <sup>28</sup>	0,93	Indisponible	Indisponible	14,27	7,2

<sup>21</sup> Palissades\* : Palissades pris à climat aride inférieur doux.

<sup>22</sup> Palissades\*\* : Palissades pris à un climat saharien supérieur frais

<sup>23</sup> Citernes\* : Citernes pour l'abreuvement du cheptel

<sup>24</sup> Citernes\*\* : Citernes pour l'usage domestique, l'abreuvement du cheptel et l'irrigation d'appoint

<sup>25</sup> Jessour\* : Jessour marquant une forte présence du loess

<sup>26</sup> Jessour\*\* : Jessour moins affecté par loess

<sup>27</sup> Tabias\* : Tabias prises à climat aride supérieur tempéré

<sup>28</sup> Tabias\*\* : Tabias prises à un climat saharien supérieur frais

## **Interpretation**

L'efficience de la pluie donnée par le système est le rapport moyen de l'indice de végétation par différence normalisé NDVI annuelle par les précipitations annuelles. On remarque que cet indice donne des valeurs sur les sites qui ne sont pas valorisée par des cultures maraîchères ou arboricultures et des valeurs faibles ou indisponibles ailleurs. De même pour les indices de l'appropriation humaine de la production primaire nette (PPN) et l'écart entre la PPN actuelle et celle potentielle.

La plupart des données concernant la population touchée et la population rurale touchée, sont indisponible en raison du manque de statistiques précises sur les données démographiques et sa répartition sur la zone d'étude.

### **4.2.2 Coûts d'installation et de maintenance des pratiques GDT**

Les outputs de l'outil Ge Oc sur l'étude des coûts des ouvrages de conservation des eaux et des sols et les techniques de lutte contre l'ensablement figurent dans l'**Annexe 4**. Le tableau 5 montre le coût de l'exécution et de la maintenance de chaque modèle des pratiques de gestion durable des terres. En fait il s'agit d'une reformulation des valeurs entrées sur le système de l'outil.

**Tableau 5: Coûts d'installation et de maintenance (TND) des pratiques GDT**

Noms de pratiques de GDT	Coûts d'installation					Coût de maintenance
	Main d'oeuvre	Equipment	Matériels/ plantations	Autres	Total	
Afforestation	150	700	550	0	1400	280
Palissades linéaires (1Km)	500	1000	2000	0	3500	700
Palissades carroyages (1ha)	300	600	1200	0	2100	420
Citernes	1500	500	1200	0	3200	---
Les ouvrages d'épandage	8000	2700	10300	0	21000	4200
Les ouvrages de recharge	8000	2000	10300	0	20300	4060
Puits filtrant (40m)		200/m	100/m	50/m	14000	----
Les cordons pierreux (200m)	500	2000	1000	0	3500	700
Jessour (400m <sup>2</sup> )	600	800	400	0	1800	360
Les Tabias (60m)	0	1600	0	0	1600	320

### **4.2.3 Les impacts sur site des pratiques de GDT**

Le tableau 6 récapitule les impacts sur site de l'implantation des pratiques de GDT sur la productivité de la biomasse et l'efficacité de l'utilisation des pluies.

**Tableau 6: Indicateurs des impacts sur site des pratiques de GDT**

Noms du GDT	Baisse de productivité de Biomasse	Hausse de productivité de Biomasse	Efficienc e d'utilisation des pluies
Afforestation	Légèrement positif	Indisponible	Indisponible
Mise en défens	Très positif	Indisponible	Très positif
Fixation biologique des dunes	Très positif	Indisponible	Très positif
Les palissades	Légèrement positif	Légèrement positif	Indisponible
Citernes	Légèrement positif	Légèrement positif	Indisponible
Les ouvrages d'épandage	Légèrement positif	Légèrement positif	Positif
Les ouvrages de recharge	Positif	Légèrement positif	Légèrement positif
Les cordons pierreux	Légèrement positif	Positif	Positif
Les Jessour	Indisponible	Très positif	Très positif
Les Tabias	Indisponible	Très positif	Très positif

Les techniques de lutte contre le phénomène d'ensablement présente des impacts légèrement positifs à très positifs sur la productivité de la biomasse. D'abord, selon (Khatteli, 1993) et (ACSAD , 2017), l'afforestation et la technique des palissades contribuent à l'amélioration de la gestion des terres, influent positivement sur la production agricole et ont des impacts légèrement positifs sur la qualité de la production agricole et sur la production fourragère. Abdelkebir (2005) a prouvé que la fixation biologique des dunes engendre des impacts très positifs sur la production agricole, ce qui soutient les résultats dégagés de l'outil Ge OC.

Les techniques traditionnelles de la collecte des eaux de ruissellement principalement les Jessour et les Tabis montrent des impacts très positifs sur la production de la biomasse et l'efficacité de l'utilisation des pluies. Ce qui est confirmé par Nasri (2004) Boufalgha (2007) (Ouessar, et al., 2009).

Les ouvrages de recharge de la nappe et les ouvrages d'épandage des eaux de ruissellement ont eu des impacts positifs sur la productivité de la biomasse et sur l'efficacité de l'utilisation des pluies selon les résultats de l'outil Ge OC. En fait, d'après Ghiloufi (1997) (Ouessar, et al., 2009) ces ouvrages influent positivement sur la production agricole, Cependant Boufalgha (2007) estime que l'installation de ces ouvrages permet d'améliorer l'aménagement des terres et sur la biodiversité.

(Ben Mechlia, et al., 2004) a estimé que les citernes assurent l'alimentation en eau potable et l'abreuvement du cheptel dans les zones enclavées et l'utilisation des eaux collectées pour l'irrigation d'appoint contribuant ainsi à l'amélioration des conditions de vie de la population. Ceci est en ligne avec les résultats de cette étude en ce qui concerne la productivité de la biomasse.

L'installation des cordons en pierres sèches contribue efficacement à l'amélioration de l'aménagement des terres d'après Boufalgha (2007) et engendre des effets positifs sur la production des bois selon Boufalgha (1995). De même les résultats du SIG en ligne montrent sa fiabilité en termes de la production de la biomasse et de l'efficacité de l'utilisation des pluies.

#### **4.2.4 Les impacts hors-site des pratiques de GDT**

Le tableau 7 présente les impacts sur site de différentes pratiques de gestion durable des terres dans la zone d'étude. Cette partie vise à étudier l'influence de l'implantation de ces pratiques de GDT sur la disponibilité et la qualité de l'eau et ses rôles pour l'atténuation des risques des inondations, de l'envasement, et du phénomène d'ensablement.

**Tableau 7: Indicateurs des impacts hors-site des pratiques de GDT**

Noms du GDT	Disponibilité et qualité de l'eau, et régime d'écoulement des rivières	Réduction des inondations en aval des rivières	Réduction de l'envasement	Réduction du transport des sédiments éoliens	Réduction des dégâts sur les champs et infrastructures environnants
Afforestation	Indisponible	Indisponible	Indisponible	Très positif	Très positif
Mise en défens	Indisponible	Indisponible	Indisponible	Positif	Légèrement positif
Fixation biologique des dunes	Indisponible	Indisponible	Indisponible	Très positif	Très positif
Les palissades	Indisponible	Indisponible	Indisponible	Très positif	Très positif
Citernes	Positif	Positif	Positif	Indisponible	Indisponible
Les ouvrages d'épandage	Positif	Très positif	Légèrement positif	Indisponible	Indisponible
Les ouvrages de recharge	Légèrement positif	Positif	Positif	Positif	Positif
Les puits filtrants	Positif	Très positif	Indisponible	Indisponible	Indisponible
Les cordons pierreux	Légèrement positif	Positif	Très positif	Indisponible	Indisponible
Les Jessour	Positif	Positif	Légèrement positif	Indisponible	Indisponible
Les Tabias	Positif	Très positif	Légèrement positif	Indisponible	Indisponible

Les résultats obtenus de l'outil Ge OC ont montré l'impact très positif des techniques de lutte contre l'ensablement mécanique et biologique sur la réduction du transport des sédiments éoliens et sur les dégâts sur les infrastructures. Ces résultats sont donc soutenus par (Khatteli, 1993) (ACSAD , 2017) (Mekrazi, 2003) ceux qui ont confirmé l'importance de ces pratiques pour la réduction du transport des sédiments, l'atténuation des risques des dégâts sur les champs voisins et par la suite la protection des infrastructures publiques et privées.

La mise en repos des parcours engendre des effets légèrement positifs sur la réduction du transport éolien des sédiments Abdelkebir (2005) et Mekrazi (2003) ce qui soutien nos résultats.

D'après (Tâamallah, et al., 2010) les citernes permettent l'approvisionnement en eau de bonne qualité considérée des populations non raccordées au réseau de la société nationale d'exploitation et de distribution des eaux. Ils contribuent aussi à la protection des infrastructures agricoles et urbaines contre les inondations ce qui est confirmé par nos résultats.

Haddad (2013) a suggéré l'effet positif des ouvrages des recharges sur la disponibilité et la qualité de l'eau ainsi que son rôle menant à la réduction de l'endommagement des infrastructures publiques et privées de même pour les ouvrages d'épandage que (Chniter, 2006). Les résultats obtenus par le Ge OC vont dans le même sens.

Les résultats obtenus pour le puits de recharge montrent des effets positifs sur la disponibilité et la qualité de l'eau et sur réduction des inondations en aval des rivières, résultats qui sont confirmés par (Haddad, et al., 2013).

D'après (Chniter, 2006) et (Boufalgha, 2007) les cordons en pierres sèches réduisent les dégâts par inondation et les risques d'envasement. De même les Jessour et les Tabias contribuent à la réduction des dégâts par inondation et les risques d'envasement selon (Abdelli, 2017) et (Ouassar, et al., 2009).

### **4.3 Les limites de l'outil**

Certes ce nouvel outil offre certaines nouvelles fonctionnalités et présente une nouveauté dans le système d'information géographique mais il présente quelques points de faiblesse qui peuvent être résumés en :

- Les résultats des conditions biophysiques manquent de la précision sur quelques sites, cela est probablement dû à la faible résolution des images satellitaires utilisées par le logiciel ;
- La plupart des outputs du système portant sur les statistiques des impacts des pratiques de GDT sont donnés graduées et non précisées par des valeurs et des indices. Ce type de données peut indiquer le sens de l'impact sans donner une valeur précise qui pourrait aider au choix de la décision ;
- Certains outputs sont indisponibles ce qui exige l'amélioration de la base des données entrée au système de l'outil.

## Conclusion

Cette étude, qui vise à tester le nouvel outil Ge OC dans un cadre de l'évaluation des techniques de GDT, a montré, d'une part, l'utilité de cet outil et, d'autre part, la nécessité de l'améliorer et le rendre plus opérationnel.

Les outputs de l'outil SIG en ligne sont principalement les conditions biophysiques sur les sites étudiés dans la zone d'intérêt (l'aridité, la couverture des sols, la pente,...) et les statistiques des indicateurs de dégradation des terres, les indicateurs de performance des pratiques de GDT et leurs impacts socio-économiques dans la zone d'intérêt.

Les principaux résultats dégagés de cette étude :

- La productivité des sols augmente dans les sites aménagés avec les techniques de GDT et se distinguent des autres sites non aménagées ;
- Les sites ayant connu l'implantation des pratiques de gestion durable des terres témoignent une amélioration de valeur de l'indice de végétation ;
- Les techniques de lutte contre l'ensablement influent positivement sur la productivité de la biomasse surtout pour la fixation biologique qui présente un effet positif sur l'efficacité de l'utilisation de la pluie ;
- Les ouvrages de recharge en gabion et les puits filtrants favorisent la disponibilité qualité, adoucissent le régime d'écoulement des rivières et réduisent le risque des inondations en aval des cours d'eau ;
- Ces diverses pratiques GDT contribuent à la réduction des dégâts sur les champs et infrastructures environnants tels que les inondations en aval des rivières et le transport des sédiments éoliens ;
- Les impacts de ces pratiques sur le milieu physique se différencient d'une pratique de GDT à autre et se différencient aussi avec la même pratique dans des différents contextes socio-écologiques.

Quelques avenues de recherche se dessinent à la suite de la présente recherche pour l'évaluation de la contribution des aménagements de lutte contre la désertification à la neutralité de la dégradation des terres dans le gouvernorat de Médenine. D'abord, il serait intéressant d'étudier d'autres paramètres indicateurs de la neutralité des dégradations des terres tels que la productivité primaire nette NPP, le stock du carbone, le couvert végétal et la variation de

l'occupation des sols sur des périodes bien déterminées. En effet cela est faisable par le biais de la télédétection et l'étude des images satellitaires en consolidation avec les données de terrain.

## Bibliographie

Abdelkebir, T., 2005. *Lutte biologique contre les accumulations sableuses dans le sud tunisien*. MSc. Thesis, INAT, Tunis. s.l.:s.n.

Abdelli, F., 2017. *Fonctionnement hydrologique pour l'aménagement d'un bassin versant aride moyennant l'adaptation du modèle SWAT: cas du bassin versant d'Oued Jir (Gabès)*. PhD thesis, INAT, Tunis, 211 pp.. s.l.:s.n.

Achouri, M., 1995. *La conservation des eaux et du sol en Tunisie : bilan et perspectives*, s.l.: s.n.

ACSAD , 2017. *Encyclopedia of sand dunes in the Arab World (in Arabic)*. ACSAD (in press).. s.l.:(Arab Center for Studies of Arid Zones and Drylands)..

Akhtar, M. et al., 2016. *Designing a new science-policy communication mechanism for the UN Convention to Combat Desertification*, s.l.: Environmental Science & Policy.

Alaya, K., Viertmann, W. & Waibel, T., 1993. *Les tabias 192 p.*, Tunis: Imprimerie arabe de Tunisie.

Alfaro, S. & Gomes, L., 2001. *Modeling mineral aerosol production by wind erosion: Emission intensities and aerosol distributions in source areas*, *J. Geophys. Res.*, 106, 18075-18084.. s.l.:s.n.

Andreeva, O. & Johnson, J., 2017. *Global Database on Sustainable Land Management*, s.l.: s.n.

Aune, J. B. A., 2008. *Agricultural intensification in the Sahel - The ladder approach.*» *Agricultural Systems* 98 (2): 119-125.. s.l.:s.n.

Bachir, M., 2013. *Dynamique des services écosystémiques dans le bassin versant d'Oum Zessar (Sud-Est tunisien)*. Institut National Agronomique de Tunisie. Université de Carthage, p. 96., s.l.: s.n.

Badabate, D. et al., 2017. *Atelier final "Gestion Durable des Terres pour l'atteinte de la Neutralité en matière de Dégradation des Terres: Outils et Approches Options-par-Contexte"*, Tunis: s.n.

- Barbier, E. B. J., 1995. *Economic values and incentives affecting soil and water conservation in developing countries. Journal of Soil and Water Conservation*, s.l.: s.n.
- Barbouchi, A. M. et al., 2013. *Caractérisation de la salinité des sols à l'aide de l'imagerie.*, s.l.: s.n.
- Bellil, M., 1979. *Climat. In : Atlas de la Tunisie.*, Paris: Éditions Jeune Afrique..
- Ben Hassine, H., 2005. *Effets de la nappe phréatique sur la salinisation des sols de cinq périmètres irrigués en Tunisie Direction des sols. Étude et Gestion des Sols, Volume 12, 4, 281-300.* s.l.:s.n.
- Ben Hassine, H. & Jelassi, K., 2002. *Résultats des campagnes de suivi de l'évolution de la salinité des sols dans le périmètre irrigué de Cebala – Borj Touil. Direction des Sols, Ministère de l'Agriculture, Tunisie, 43.* s.l.:s.n.
- Ben Mechlia, N. & Ouessar, M., 2004. *Water harvesting systems in Tunisia. In: Oweis, T., Hachum, A., Bruggeman, A. (eds). Indigenous water harvesting in West Asia and North Africa, ICARDA, pp: 21-41. Aleppo, Syria: s.n.*
- Ben Salem, B., 1974. *La fixation des dunes en Tunisie. Bulletin d'informations. INRF, pp 13-19*, s.l.: s.n.
- Boers, T., 1994. *Rainwater harvesting in arid and semi-arid zones. Publication 55, ILRI, Wageningen.*: s.n.
- Boufalgha, M., 1995. *Les aménagements de CES réalisés dans la zone de Zeuss-Koutine. CRDA. Médenine. 15 p.*, s.l.: s.n.
- Boufalgha, M., 2007. *Contribution à l'évaluation technique et socioéconomique des aménagements CES dans le bassin versant de Zeuss Koutine* , s.l.: s.n.
- Boufaroua, M., 2008. *Evolution des techniques de conservation des eaux et des sols en Tunisie.* s.l.:s.n.
- Buck, L. E. & Bailey, I. D., 2013. *Managing for Resilience: Exploring a landscape approach for improving food and livelihood security. Document de discussion.* Washington.: s.n.
- CENA., 2008. *Etude sur l'état de la désertification pour une gestion durable des ressources naturelles en Tunisie. Rapport de la troisième phase.* s.l.:s.n.

- Chahbani, B., 2004. *Technical innovations to optimize water harvesting, conservation and use for a sustainable development of rainfed agriculture in arid zones. Options Méditerranéennes*, 60: 73-78.. s.l.:s.n.
- Chniter, M., 2006. *Evaluation des effets de la crue de Septembre 2003 sur le bassin versant d'oued Hajar à Médenine. MSc Thesis, INAT, Tunis..* s.l.:s.n.
- CNEA., 2008. *Etude sur l'état de la désertification pour une gestion durable des RN en Tunisie. Rapport de la troisième phase..* s.l.:s.n.
- CNEA., 2007. *Rapport annuel du Centre National des Etudes Agricoles..* s.l.:s.n.
- Coque, R., 1998.. *Géomorphologie. Paris, Armand Colin, 504 p.,* s.l.: s.n.
- Despois, J., 1955. *La Tunisie orientale : Sahel et Basse steppe ; étude géographique p. 453.,* Paris: Presse Université.
- DG/ ACTA, 2017. *Stratégie d'aménagement et de conservation des terres agricoles (ACTA) à l'horizon 2050,* s.l.: s.n.
- DG/ACTA, 2007. *Stratégie pour la conservation des eaux et des sols, 2007-2016. Direction Générale de l'Aménagement et de la Conservation des Terres Agricoles. Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques,* s.l.: s.n.
- Diwediga, B. et al., 2017. *Version révisée du SIG en ligne intégré dans l'Outil "Global Geoinformatics Options by Contexts (GeOC)". Atelier final "Gestion Durable des Terres pour l'atteinte de la Neutralité en matière de Dégradation des Terres: Outils et Approches Options-par-Conte,* Tunis: s.n.
- El Amami, S., 1984. *Les aménagements hydrauliques traditionnels en Tunisie. Centre de recherche en génie rural (CRGR), Tunis, 69 p,* s.l.: s.n.
- Ennabli, N., 1993. *Les aménagements hydrauliques et hydro-agricoles en Tunisie.,* Tunis: Imprimerie officielle de la république tunisienne.
- Ezzdine, A., 2006. *La lutte contre l'ensablement en Tunisie.* s.l.:s.n.
- FAO, 1988. *Manuel de fixation des dunes. Cahiers FAO, conservation n°8, 57p,* s.l.: s.n.

- Floret, C. P. R., 1982. *L'aridité en Tunisie présaharienne : climat, sol, végétation et aménagement. Thèse de doctorat, Université de Montpellier, Travaux et documents de l'ORSTOM, p. 537., s.l.: s.n.*
- Ghiloufi, M., 1997. *Irrigation par épandage des eaux des crues, cas de la plaine de Gammouda et la plaine de Matmata Nouvelle. M.Sc. Thesis, INAT, Tunis, pp 113. s.l.:s.n.*
- Haberl, H. et al., 2007. *Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems. s.l.:s.n.*
- Hachicha, M., 2007. *Les sols salés et leur mise en valeur en Tunisie. Institut national de recherche en génie rural, eaux et forêts (INRGREF), Sécheresse vol. 18 (1) : 45-50.. s.l.:s.n.*
- Haddad, R. et al., 2013. *A Decision Support System to manage the Groundwater of the Zeuss Koutine aquifer using the WEAP-MODFLOW framework, Water Resour Manage, DOI. s.l.:s.n.*
- Hadidi, A., 2008. *Une nouvelle approche de la détermination de taux d'envasement des barrages. Université Abou Bakr Belkaid – Mémoire en ligne.. s.l.:s.n.*
- Henchiri, M., 2016. *Intégration des Données de Télédétection Multi-Capteurs dans l'Evaluation de l'Impact des Changements de l'Occupation de Sol dans la Région de Médenine : Exploration du Web-mapping, s.l.: s.n.*
- Hessel, R., 2017. *WOCAT - World Overview of Conservation Approaches and Technologies, s.l.: s.n.*
- Houérou, L., 1959. *Recherches écologiques et floristiques sur la végétation de la Tunisie méridionale. 1ère partie: le milieu naturel et la végétation. Thèse de doc. Fac. Sci.- Univ. Montpellier, p. 281., s.l.: s.n.*
- Houghton, R. A., 1995. *Changes in the storage of terrestrial carbon since 1850. In: Lal R, Kimble J, Levine E, Stewart BA (Eds): Soils and Global Change., Boca Raton: s.n.*
- ICARDA, 2017. *Geoinformatics Options by Context (GeOC) Tool: WebGIS sub-tool (for users): <https://mel.cgiar.org/slm/visualization>., Amman: s.n.*
- ICARDA, s.d. *Geoinformatics Options by Context (GeOC) Tool: SLM online template (for users): <https://mel.cgiar.org/slm/visualization>., Amman: s.n.*

INS, 2014. *Institut national de la statistique: Recensement général de la population et de l'habitat 2014*, s.l.: s.n.

IPTRID-FAO, 2006. *Conférence électronique sur la salinisation : Extension de la salinisation et Stratégies de prévention et réhabilitation.3-12*. s.l.:s.n.

IUCN, 2015. *Land Degradation Neutrality: implications and opportunities for conservation, Technical Brief 19p.*, Nairobi: s.n.

Jalel, T., 1989. *Guide technique de la lutte contre l'ensablement*, s.l.: s.n.

Kallel, M., 2001. *Hydrologie de la Jeffara Tunisienne. Rapport interne, DG-RE, Tunis, p. 65.*, s.l.: s.n.

Khatteli, H., 1993. *Inventaire et évaluation technique des actions de lutte contre l'ensablement dans les six gouvernorats du Sud-tunisien, Revue des Régions Arides, vol.5, pp.59-90*, s.l.: s.n.

Khatteli, H., 1996. *Erosion éolienne en Tunisie aride et désertique: analyse des processus et recherche des moyens de lutte. Thèse de doctorat. Université Gent-Bélgique*, s.l.: s.n.

Kraveunn, 2007. *Epuisement des sols.* s.l.:Disponible sur internet <<http://www.le-projetolduvai.com>>.

Labiadh, M., Bergametti, G. & Khatteli, H., 2015. *Utilisation des capteurs de saltation pour la détection du seuil d'érosion éolienne dans les zones arides tunisiennes. Revue des Régions Arides n°37; pp :13-26* 13.. s.l.:s.n.

LADA, 2008. *Pour une évaluation de la dégradation des terres en Tunisie. Cadre institutionnel et législatif Information et données disponibles Etat des connaissances*. s.l.:s.n.

Le, B. Q. et al., 2017. *Final Workshop "Sustainable Land Management to Achieve Land Degradation Neutrality: Options-by-Context Approach and Tools.*, Tunis: s.n.

Le, Q. B. & Richard, T., 2017. *Concept et caractéristiques architecturale de l'outil GeOC.*, s.l.: s.n.

Le, Q. B. et al., 2017. *Atelier final "Gestion Durable des Terres pour la réalisation de la Neutralité en matière de Dégradation des Terres: Approches et Outils Options-par-Contexte"*, s.l.: s.n.

- Le, Q. & Diwediga, B., 2017. *Off-line Template for Standardized Description of Sustainable Land Management (SLM) Technologies with a Focus on Field-Landscape Level. International Center for Agricultural Research In the Dry Areas (ICARDA).*, Amman: s.n.
- Le, Q. et al., 2018. *Global Geo-informatics Options by Context (GeOC) Tool for Supporting Better Targeting and Scaling-out of Sustainable Land*, s.l.: s.n.
- Le, Q., Thomas, R. & J., B. E., 2017. *Global Geo-informatics Options by Context (GeOC) Tool for Supporting Better Targeting and Scaling-out of Sustainable Land Management: Designing the System and Use Cases. CGIAR Research Program on Dryland Systems*, s.l.: s.n.
- Longjun, C., 2011. *UN Convention to Combat Desertification. Wanshoushanhou, Haidian, Beijing, China: Chinese Academy of Forestry.*
- MADREF, M., 2001. *Ministère de l'agriculture, du développement rural et des eaux et forêts. Programme d'action national de lutte contre la desertification au Maroc.* s.l.:s.n.
- MARHP, 2014. s.l.:Ministère de l'agriculture, des ressources hydrauliques et de la pêche.
- MEAT., 2010. *Ministère de l'environnement et de l'aménagement du territoire Tunisie :Programme d'action national de lutte contre la désertification.* Tunis: s.n.
- Mekrazi, N., 2003. *Les moyens de lutte contre l'ensablement dans la Jeffara Tunisienne (Sud-est tunisien) : évaluation et impacts sur l'évolution du milieu. Mémoire de DEA en Géologie de l'environnement à La faculté des Sciences Humaines et Sociales de Tunis.* s.l.:s.n.
- Mhiri, Z., 1998. *Activités de lutte contre l'ensablement dans le gouvernorat de Médenine ( Sud Tunisien).*, s.l.: s.n.
- Min. Agr., 1990. *Ministère de l'Agriculture, Tunis, Tunisia. 29 pp.a. La stratégie nationale de la conservation des eaux et du sol (1991 - 2000)..* s.l.:s.n.
- Moussa, M., 2007. *Contribution à l'étude de la dynamique du milieu dans le bassin versant de l'Oued Segui-Mareth sud Tunisien. Thèse de doctorat, Université d'Almeria, Espagne, p. 244.,* s.l.: s.n.
- Mzabi, H., 1988. *La Tunisie du Sud-Est : géographie d'une région fragile, marginale et dépendante. Publication faculté des sciences humaines université de Tunis I, 658 p.,* s.l.: s.n.
- Nahon, D., 2006. *L'épuisement de la terre, épuisement des sols..* s.l.:s.n.

- Nasri, S., Albergel, J., Cudennec, C. & Berndtsson, R., 2004. *Hydrological processes in macrocatchment water harvesting in the arid regions of Tunisia: The traditional system of Tabia*. *Journal of Hydrological Sciences*, 49(2): 261-272.. s.l.:s.n.
- Ouessar, M., 2007. *Hydrological impacts of rainwater harvesting in wadi Oum Zessar watershed (Southern Tunisia)*. *Ph.D. thesis, Faculty of Bioscience Engineering, Ghent University*, 154 pp.. Ghent, Belgium: s.n.
- Ouessar, M. et al., 2009. *Modelling water-harvesting systems in the arid south of Tunisia using SWAT*. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 13 (10), 2003–2021.. s.l.:s.n.
- Ouessar, M., Boufalgha, M., Yahyaoui, H. & Ouled Belgacem, A., 2006. *Aménagements et techniques de lutte contre la désertification: Inventaire et bilan*.. s.l.:s.n.
- Ouessar, M., Tâmallah, H. & Ouled Belgacem, A., 2006. *Entre désertification et développement: La Jeffara tunisienne*, s.l.: s.n.
- Oweis, T., Hachum, A. & Bruggeman, A., 2004. *Indigenous water harvesting in West Asia and North Africa*. ICARDA. Aleppo, Syria.: s.n.
- Reddy, R., 2003. *Land degradation in India: extent, costs and determinants*. *Economic and Political Weekly*, s.l.: s.n.
- Ruellan, A. et al., 2008. *Les sols, des milieux vivants très fragiles, les dossiers thématiques de l'IRD*.. s.l.:s.n.
- Sekrafi, A., 2011. *Suivi de la dynamique de végétation dans le bassin versant d'Oued Smar durant la période 1984- 2002*. *Projet de fin d'études, l'Ecole Supérieure d'Agriculture de Mograne*.. s.l.:s.n.
- Tâmallah, H. & Kehia, H., 2006. *Entre désertification et développement : la Jeffara tunisienne, Les caractéristiques géomorphologiques et les sols*. *IRD-IRA*, p. 31-43., s.l.: s.n.
- Tâmallah, H. et al., 2010. *Gestion durable des terres en Tunisie*, Medenine: Institut des Régions Arides.
- Talbi, M., 1993. *Contribution à l'étude de la désertification par télédétection dans la Jeffara (Tunisie Sud Est), Tome 1 et 2*, Thèse de doctorat de 3ème cycle, s.l.: s.n.

TEEB, 2008. *The Economics of ecosystems and Biodiversity, An Interim Report: . European Communities.*, s.l.: s.n.

Thibault, E., senc, a. & Pleine, T., 2000. *La dégradation des sols : Identifier les causes et trouver des solutions Club Techno-Champ.* s.l.:s.n.

Thomas, R., 2017. La Neutralité en matière de Dégradation des Terres et la nécessité des options de Gestion Durable des Terres.. Dans: s.l.:s.n.

Trabucco, et al., 2008. *Climate. Change Mitigation through Afforestation / Reforestation: A global analysis of hydrologic impacts with four case studies. Agric. Ecosystems and Environment 126: 81-97.* s.l.:s.n.

UN Nations Unies, 2015.. *Transforming Our World: The 2030 Agenda For Sustainable Development. Finalised text for adoption (1 August).*, New York.: s.n.

UN, 1994. *Elaboration of an International Convention to Combat Desertification in Countries Experiencing Serious Drought And/or Desertification, Particularly in Africa.* New York: s.n.

United Nations., 2015. *Integration of the Sustainable Development Goals and targets into the implementation of the United Nations Convention to Combat Desertification UNCCD and the Intergovernmental Working Group report on land degradation neutrality.*, s.l.: s.n.

United Nations, 1994.. *United Nations Convention to Combat Desertification UNCCD.*, Paris.: s.n.

United Nations, 2012.. *Conference on Sustainable Development: The Future We Want. Outcome document adopted at Rio + 20.* Rio de Janeiro, Brazil: s.n.

WOCAT, 2017. *World Overview of Conservation Approaches and Technologies.*, s.l.: s.n.

## Annexes

### Annexe 1 : Fiche d'inventaire

N°.....

Date : .....

Nom et Prénoms de l'enquêteur : .....

Nom du site : .....

Coordonnées GPS (UTM32):      Longitude .....      Latitude

Altitude (m) : .....      Superficie (ha) :

Personnes ressources : (Nom et Prénoms, Fonction, etc..)

Techniques utilisées	
Matériaux utilisés	
Infrastructure protégée	
Longueur (m)	
Densité	
Distance par rapport à la route principale	
Précipitation moyenne annuelle	
Élévation moyenne	
Pente moyenne	
Espacement (m)	
Statut foncier du site	
Année de réalisation	
Occupation des sols	
Occupation des sols avant la réalisation	
Type de sol	
Profondeur de la nappe	
Disponibilité de l'eau	
Accès aux services de santé	
Accès aux services d'enseignement	
Accès aux services d'énergie	

Accès à l'eau potable	
Coût d'établissement	
Coût de maintenance	
Mode de réalisation	
Pourcentage de contribution des utilisateurs land users	
Etat actuel	Très bon Bon Moyen Mauvais
Raisons du mauvais état	Mauvais entretien Absence de protection Autre

Appréciation qualitative du site	Bon Moyen Mauvais		
Indiquer les raisons	Abandon Peu gardé Mauvaise orientation		
Les impacts socioéconomiques sur :	Production		
	Disponibilité de l'eau		
	L'analyse : Coûts et revenus	Court terme	
		Moyenne terme	
Les impacts écologiques sur :	L'eau		
	Le sol		
	La biodiversité		
	La réduction des risques des catastrophes		

Modification de la technique pour s'adapter aux changements climatiques			
---	--	--	--

<b>Recommandations :</b>
--------------------------

**Schéma du site (indiquer le Nord)**

Photos n°	
-----------	--

## Annexe 2 : Les outputs de l'outil : le contexte socio-écologique.

Source : extrait du modèle SLM de GeOC. : <https://mel.cgiar.org/slm/index>

4.2 Socio-ecological context / environment variables automatically retrieved from the Web-GIS dataset

4.2.1 Bio-physical conditions	Short definition	
4.2.1.1 Aridity index (ARIDITY)	0,11	An index reversely measuring the dryness of the climate (in the GeOC, the lower the value, the more arid the environment) (Trabucco and Zomer 2009; <a href="http://www.cgiar.org">http://www.cgiar.org</a> )
4.2.1.2 Mean annual precipitation	<input type="text"/> mm/year	Mean annual precipitation for the period 1982-2006 (mm/year) (Le et al. 2016; <a href="http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-19168-3_4">http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-19168-3_4</a> )
4.2.1.3 Precipitation trend (PRECIP-TREND)	-1,00 Δ mm/yr	Trend of annual precipitation over the period 1982-2006. The magnitude is the change in mm rainfall per year (Δmm/year). The sign -/+ indicates decreasing/increasing trend, respectively (Le/CARDA 2016)
4.2.1.4 Water Proximity (WATER-PROXIMITY)	235,62 km	Distance to the nearest water body (km) (Biradar/CARDA, 2015)
4.2.1.5 Broad land cover (BROAD-COVER)	1000.00	Broad class of land cover (12 classes) aggregated from 22 classes of Globcover data V2 (Bicheron et al., 2008).
4.2.1.6 Tree density (TREE-COVERAGE)	0.00 % tree coverage /km <sup>2</sup>	Percentage of tree canopy coverage on the ground (% of tree coverage/km <sup>2</sup> ) (Glick et al., 2016; <a href="http://dx.doi.org/10.1038/sdata.2016.69">http://dx.doi.org/10.1038/sdata.2016.69</a> )
4.2.1.7 Surface slope (SLOPE-DEG)	0.58 Degrees	Surface slope (degree) (calculated from GTOPO30 data (Le/CARDA, 2016)
4.2.1.8 Elevation above sea level (DEM-GTOPO30)	316,55 m	Altitude above sea level (USGS,1998)

Soil Quality Constraints

Short definition

Soil Quality Constraints

4.2.1.9 Soil quality constraint regarding nutrient availability (SQ1-NUTAVA)	1.00	Soil quality constraint regarding nutrient availability, extracted from Harmonized World Soil Database - HWSD (ordinary classes: 1 = no/slight constraint, 2 = moderate constraint, 3 = severe constraint, 4 = very severe constraint) (Fischer et al., 2008)
4.2.1.10 Soil quality constraint regarding nutrient retention capacity (SQ2-NUTRCAP)	1.00	Soil quality constraint regarding nutrient retention capacity, extracted from Harmonized World Soil Database - HWSD (ordinary classes: 1 = no/slight constraint, 2 = moderate constraint, 3 = severe constraint, 4 = very severe constraint) (Fischer et al., 2008)
4.2.1.11 Soil quality constraint regarding root condition (SQ3-ROOTCOD)	5.00	Soil quality constraint regarding root condition, extracted from Harmonized World Soil Database - HWSD (ordinary classes: 1 = no/slight constraint, 2 = moderate constraint, 3 = severe constraint, 4 = very severe constraint) (Fischer et al., 2008)
4.2.1.12 Soil quality constraint regarding soil oxygen (SQ4-OXYGEN)	1.00	Soil quality constraint regarding soil oxygen, extracted from Harmonized World Soil Database - HWSD (ordinary classes: 1 = no/slight constraint, 2 = moderate constraint, 3 = severe constraint, 4 = very severe constraint) (Fischer et al., 2008)
4.2.1.13 Soil quality constraint regarding salinity (SQ5-SALT)	1.00	Soil quality constraint regarding salinity, extracted from Harmonized World Soil Database - HWSD (ordinary classes: 1 = no/slight constraint, 2 = moderate constraint, 3 = severe constraint, 4 = very severe constraint) (Fischer et al., 2008)
4.2.1.14 Soil quality constraint regarding toxicity (SQ6-TOXICITY)	1.00	Soil quality constraint regarding toxicity, extracted from Harmonized World Soil Database - HWSD (ordinary classes: 1 = no/slight constraint, 2 = moderate constraint, 3 = severe constraint, 4 = very severe constraint) (Fischer et al., 2008)
4.2.1.15 Soil quality constraint regarding work capacity (SQ7-WORKCAP)	0.00	Soil quality constraint regarding work capacity, extracted from Harmonized World Soil Database - HWSD (ordinary classes: 1 = no/slight constraint, 2 = moderate constraint, 3 = severe constraint, 4 = very severe constraint) (Fischer et al., 2008)
4.2.1.16 Bedrock type	<input type="text"/>	Not available from Web-GIS data; only input by user (optional)
4.2.1.17 Soil type	<input type="text"/>	Not available from Web-GIS data; only input by user (optional)

HiLink | MEL - Monitoring, Evalu... | MEL - Monitoring, Evalu... | MEL - Monitoring, Evalu... | <https://mel.cgiar.org/slm/index/webgisid/48/slmid/162/view/1>

### 4.2.2 Physical and institutional accessibilities

Short definition

4.2.2.1 Distance to main road (DIST-ROAD)	51,77	km	Distance to the nearest road (km) (Biradar/ICARDA 2016)
4.2.2.2 Distance to the district capital (DIST-TOWN)	81,13	km	Distance to the nearest district capital (km) (Biradar/ICARDA 2016)
4.2.2.3 Protected area (PROTECT-AREA)	0.00		Protected areas recognized by IUCN (Codes: 0 = not protected, 1 = protected) (UNEP-WCMC 2016; <a href="https://protectedplanet.net/">https://protectedplanet.net/</a> ).
4.2.2.4 Tenure insecurity level (TENURE-SEC)			An ordinary index indicates tenure insecurity level, adapted and modified from USAID (Mirzabaev et al., 2016)

### 4.2.3 Population dynamics and pressure

Short definition

4.2.3.1 Average population density (POP-DEN2015)	33,50	persons/km <sup>2</sup>	Average population density in 2015 (persons/km <sup>2</sup> ) (CIESIN-CIAT, 2005 and 2016)
4.2.3.2 Rural population density (POP-DEN-RURAL)	4,00	persons/km <sup>2</sup>	Rural population density in 2000, downscaled from FGGD database (person/km <sup>2</sup> ) (FAO, 2007)
4.2.3.3 Change in population density (POP-CHANGE)	-2,15	persons/km <sup>2</sup>	Change in population density over the period 1990-2015 (persons/km <sup>2</sup> ) (Le/ICARDA 2016)

Short definition

HiLink | MEL - Monitoring, Evalu... | MEL - Monitoring, Evalu... | MEL - Monitoring, Evalu... | <https://mel.cgiar.org/slm/index/webgisid/52/slmid/119/view/1>

### 4.2.4 National economic development status

Short definition

4.2.4.1 Average GDP per 15 x 15 minutes (GDPCAP)	135,65	\$US/person/km <sup>2</sup>	Average GDP per capita per 15 x 15 minutes in 2008 (Global 15 x 15 Minute Grids of the Downscaled GDP Based on the SRES B2 Scenario) (\$US/person/year) (Gaffin et al., 2004)
4.2.4.2 Mean growth rate of the annual GDP (GDPCAP-GRW)	2,53	%	Mean growth rate of annual GDP during 1990-2025, calculated using gridded downscaled GDP (SRES B2 Scenario) (Gaffin et al., 2004) (% of baseline value in 1990) (Le/ICARDA 2016)
4.2.4.3 Poverty index		%	Poverty index is the proportion of the population below the national poverty line. This is a user input (optional).
4.2.4.4 Food security index(FOOD-SEC)			Global Food Security Index 2016 (Dupont)

### 4.2.5 Socio-ecological context similarity

Short definition

4.2.5.1 Socio-ecological context type	0,00		Context Social-Ecological Types (CSET) (Le et al. 2016).
4.2.5.2 Global land system (GLS)	0		Global Land Systems (GLS) (Van Asselen and Verburg 2012). Here is the <a href="#">Legend</a> . The retrieved value is a textual string indicating GLS types found in the area/polygon of interest. Example: The value of "23-24" means that there are two GLS types in the area of interest: natural grass land (23) and grassland with few livestock (24)
4.2.5.3 Land system archetypes (LSA) (LSAVACLAVIK)	12,00		Land system archetypes (LSA) (Václavík et al. 2013). Here is the <a href="#">Legend</a> . The retrieved value is a textual string indicating land system archetypes (GLS) found in the area/polygon of interest. Example: The value of "7-8" means that there are two GLAs types in the area of interest: Extensive cropping systems (7) and pastoral systems (8).

cropping systems (7) and pastoral systems (8).

4.3 Performance/ impact indicators automatically retrieved from the Web-GIS dataset

4.3.1 Productivity and water use efficiency Short definition

4.3.1.1 Biomass productivity -based land degradation (PROD-DEG)	128.00	Biomass productivity-based land degradation, approximated by inter-annual trend of NDVI with statistical test and correction of confounding effects of rainfall variation, atmospheric and artificial fertilization (dummy scale: 1 = degraded, 0= otherwise) (Le et al., 2016; <a href="http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-19168-3_4">http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-19168-3_4</a> )
4.3.1.2 Biomass productivity -based land improvement (PROD-IMP)	0.00	Biomass productivity-based land improvement, approximated by inter-annual trend of NDVI with statistical test and correction of confounding effects of rainfall variation, atmospheric and artificial fertilization (dummy scale: 1 = improved, 0= otherwise) (Le et al., 2016; <a href="http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-19168-3_4">http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-19168-3_4</a> )
4.3.1.3 Rain use efficiency (RUE)	0,94	The ratio mean of annual sum NDVI / annual rainfall that approximates rain use efficiency (Le/ICARDA 2016)

4.3.2 Pressure on land's carrying capacity Short definition

4.3.2 Pressure on land's carrying capacity Short definition

4.3.2.1 Human appropriation of natural Net Primary Production (NPP) (HANPP-PCT)	0,93	% of natural NPP	the difference between the potential vegetation NPP (i.e. the plant cover that would prevail in the absence of human intervention ) and the NPP remaining in the ecosystems after biomass harvest (i.e. the fraction of NPP remaining in ecosystems after harvest )(Haberl et al.2007)
4.3.2.2 Gap between actual and potential (NPPGAPPC)	0,16	% of potential NPP	Gap between actual and potential Net Primary Production (NPP) (% of potential NPP) (Haberl et al., 2004; Krausmann et al., 2008)

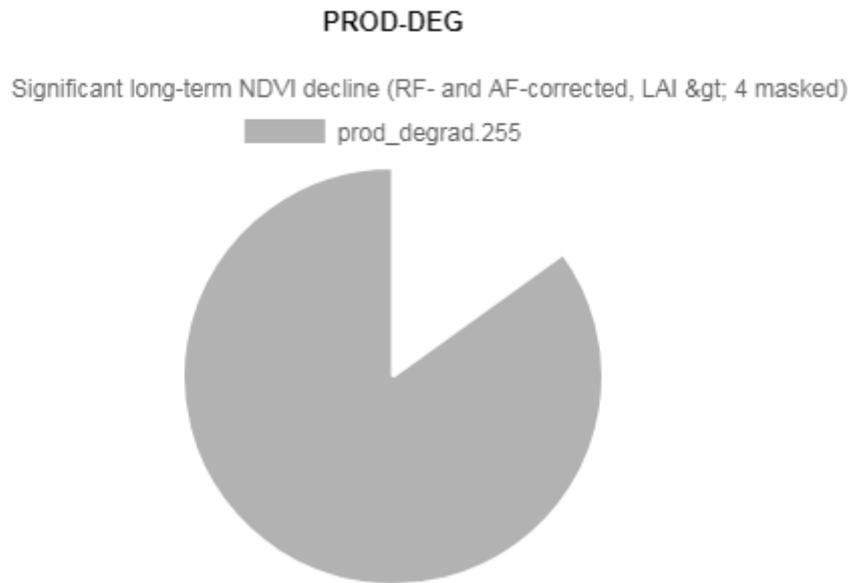
4.3.3 Affected population Short definition

4.3.3.1 Population affected by land degradation (AFFECTED-POP)	50,27	affected persons/km <sup>2</sup>	Approximately population affected by land degradation (affected persons/km <sup>2</sup> ) (Le/ICARDA 2016)
4.3.3.2 Rural population affected by land improvement (affected persons/km <sup>2</sup> ) (AFFECTED-RPOP)	8,50	affected persons/km <sup>2</sup>	Approximately rural population affected by land improvement (affected persons/km <sup>2</sup> ) (Le/ICARDA 2016)

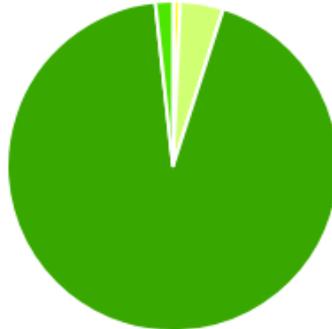
4.4 Field level environmental variables from the SLM project/program (filled in by the user)

### Annexe 3 : Les outputs de l'outil : la couverture des sols

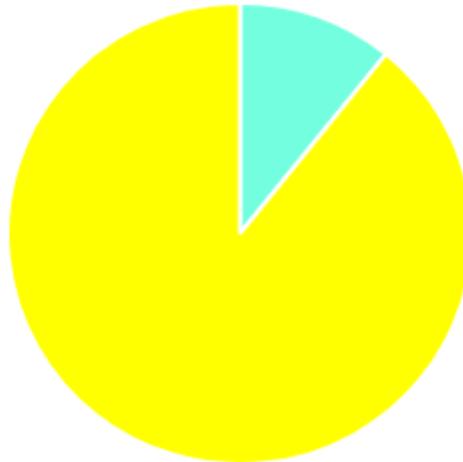
Source : extrait du WebGIS de GeOC: <https://mel.cgiar.org/slm/visulization>.



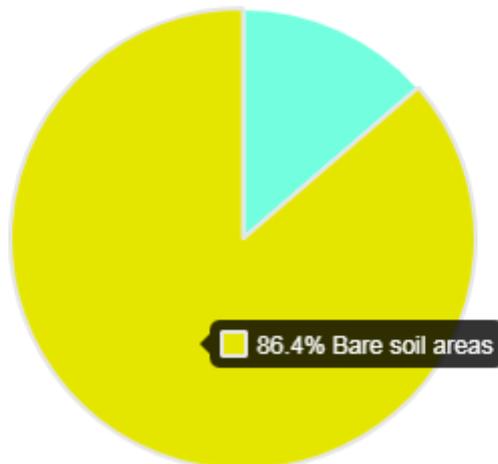
### BROAD-COVER



### BROAD-COVER

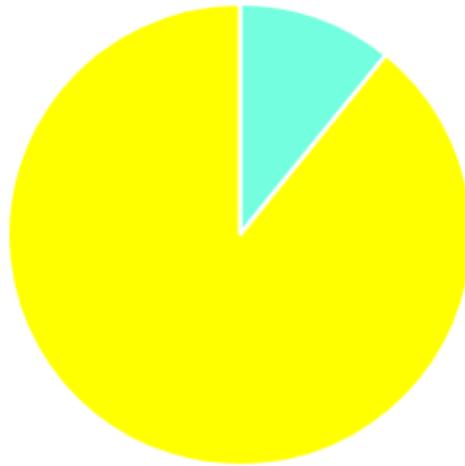


### BROAD-COVER



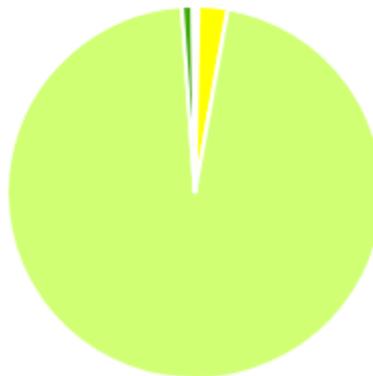
### BROAD-COVER

 Sparse vegetative areas  Bare soil areas



### BROAD-COVER

 Mosaic forest-shrub-grassland  Sparse vegetative areas  
 Bare soil areas  Artificial areas  
 Permernant snow/Ice/Domestic water surfaces



## Annexe 4 : Les outputs de l'outil : les coûts d'installation et de maintenance des GDT

URL du Template SLM en ligne de GeOC: <https://mel.cgiar.org/slm/index>

Cost for SLM's establishment and maintenance

Show 10 entries

SLMs in the area of interest	Establishment cost					Maintenance cost				
	Labor	Equipment	Materials	Other inputs for establishment	Total	Labor	Equipment	Materials	Other inputs for maintenance	Total
Afforestation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Area enclosure	678	678	75.33	0	1431.3333333333	452	452	75.33	0	979.33
Biological fixation of sand dunes	667	675	83.33	0	1425.3333333333	445	450	75	0	970
Buried diffuser	0	0	1351.33	0	1351.3333333333	0	0	0	0	0
Cisterns	2499	0	0	0	2499	0	0	0	0	0
Cisterns	250	0	50	0	300	80	0	16.67	0	96.67
Deficit irrigation	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Floodwater spreading	21154	0	0	0	21154	0	0	0	0	0
Plantation for landscape restoration	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0