



## **Contribution d'un Système d'Information Géographique à l'évaluation de la dégradation du sol et des aménagements anti-érosifs au niveau du bassin versant de Oued Agareb (Contribution of Geographic Information Systems to the evaluation land degradation and anti-erosion management in the watershed of Oued Agareb)**

**R. Majdoub<sup>1</sup>, M. Fourati<sup>1</sup>, N. Sahtout<sup>1</sup>, A. Ben Ammar<sup>1</sup>, R. Bouaziz<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Département du Génie des Systèmes Horticoles et du Milieu Naturel. Université de Sousse, Institut Supérieur Agronomique de Chott Mariem, Sousse, Tunisie.*

<sup>2</sup>*Laboratoire de Cartographie Géomorphologique des Milieux, des Environnements et des Dynamiques Université de Sfax, Faculté des Lettres et des Sciences Humaines de Sfax, Sfax, Tunisie.*

*Received 12 Dec 2015, Revised 09 Feb 2016, Accepted 20 Feb 2016*

*\*Corresponding author. E-mail: [rmajdoub@yahoo.com](mailto:rmajdoub@yahoo.com); Tel : (+216 73 327 546)*

### **Résumé**

Le bassin versant de Oued Agareb, situé sur la côte Sud du gouvernorat de Sfax et soumis à un climat irrégulier, est caractérisé par une topographie faible, une structure tendre et un réseau hydrographique dense. Ces facteurs rendent le bassin fragile et déclenchent ainsi différentes formes de dégradation du sol. Le présent travail a pour objectif d'identifier les différentes formes de dégradation affectant les terres du bassin versant. Le travail porte également sur l'appréciation des aménagements anti-érosifs mis en place afin d'identifier les zones prioritaires à toute intervention. L'étude a été basée sur la manipulation d'un ensemble de données cartographiques (cartes topographiques, images satellitaires à haute résolution, etc.) dans un système d'information géographique et l'élaboration des cartes thématiques. Un bilan critique des interventions anti-érosives a été ainsi présenté, suivi d'une réflexion sur la nature des actions à entreprendre, compte tenu de l'ampleur et de la persistance des phénomènes de dégradation enregistrés dans l'ensemble du bassin versant (physique, chimique et anthropique).

*Mots clés:* SIG, Dégradation, Conservation des eaux et du sol, Bassin versant, Oued Agareb.

### **Abstract**

The watershed of Oued Agareb, located on the southern coast of Sfax and subjected to an irregular climate, is characterized by low topography, a soft structure and a dense river network. These factors make the watershed fragiler and thus trigger various forms of soil degradation. The present work aims to identify the different forms of degradation affecting the land in the watershed. The work also includes the assessment of erosion control works implemented in order to identify priority areas for any intervention. The study was based on the manipulation of a set of map data (topographic maps, satellite images with high resolution, etc.) in a geographic information system and the development of thematic maps. A critical review of anti-erosion interventions was well presented, followed by a reflection on the nature of action to be taken, given the scale and persistence of the degradation phenomenon registered throughout the watershed (physical, chemical and anthropogenic).

*Keywords:* Geographic Information System, degradation, conservation of water and soil, watershed, Oued Agareb.

### **1. Introduction**

Les terres agricoles constituent des ressources fragiles, non renouvelables et limitées [1]. Cette fragilité est causée tant par des phénomènes naturels d'inondations [2], de sécheresse [3] et d'érosion [4], que des phénomènes anthropiques, tel que l'urbanisation [5], lorsqu'elle n'est pas le résultat conjoint des deux comme la

désertification [6]. Elles doivent relever un important défi alimentaire : nourrir 9 milliards d'habitants d'ici 2050. L'exploitation de ces terres par l'homme ne cesse de croître, renforçant ainsi leur dégradation dont l'origine peut-être physique, chimique et/ou biologique. Ce sont ainsi plus de 2 milliards d'hectares de terres agricoles qui sont affectées à l'échelle de la planète, et 10 millions d'hectares de terres arables qui sont perdues chaque année [7].

La Tunisie est l'un des pays méditerranéens les plus menacés par le fléau de la dégradation des terres, du fait de l'aridité du climat et de la vulnérabilité des sols. Cette dégradation des terres est un mal qui est largement répandu puisque 11,5 milliards d'ha sur les 14 milliards d'ha que compte le territoire tunisien connaissent une forte à très forte dégradation. En effet, plus de 80% des terres de la Tunisie sont affectées par une perte annuelle en sol équivalente à 10 000 ha [8]. Les moyens conventionnels utilisés pour l'étude de ce problème demeurent insuffisants [9]. Par conséquent, le recours à des techniques plus évoluées, notamment le Système d'Information Géographique (SIG), représente une opportunité.

Des travaux de recherche ont dévoilé l'importance de l'utilisation du SIG pour l'étude de la dégradation des terres et la Conservation des Eaux et du Sol (CES) en Tunisie. Bouchnak et al. [10] ont identifié les unités lithologiques les plus sensibles au ravinement, en étudiant notamment l'évolution du ravinement dans les régions de la Tunisie centrale. Dans le but de mettre en évidence l'importance des aménagements traditionnels de CES spécifique du sud tunisien, Abdelli et al. [11] ont identifié 94% des Jessours au niveau du bassin versant d'Oued Jir, et 87% de ceux du bassin d'Oued Hallouf. Bouaziz et al., [12] ont utilisé cet outil pour l'élaboration des cartes thématiques notamment la carte d'aménagements anti-érosifs dans le bassin versant de Oued Agareb, alors que Fourati et al. [13] ont constaté la perte de certaines banquettes et la destruction de plusieurs ouvrages en maçonnerie au niveau du bassin versant Sidi Salah.

La situation des terres agricoles dans la région de Sfax et plus précisément dans la délégation d'Agareb, qui constitue l'un des principaux bassins versants de la région de Sfax, est critique. Les facteurs de fragilité et de dégradation du bassin versant de Oued Agareb sont le fait à la fois de l'aridité du climat, des formations tendres formant le terrain (principalement le Mio-pliocène), ainsi que des pressions anthropiques. Il semble donc nécessaire d'intervenir au niveau du bassin versant de Oued Agareb par des moyens antiérosifs impliquant des mesures de protection et de restauration. Ce travail porte sur l'évaluation de la dégradation du sol au niveau du bassin versant de Oued Agareb moyennant l'outil SIG. A cet effet, les objectifs suivants ont été fixés : i) l'identification et la localisation des différentes formes de dégradation ; ii) la localisation et l'appréciation des aménagements de CES déjà établis ; et iii) la détermination des zones prioritaires à l'intervention par des aménagements antiérosifs.

## **2. Matériel et méthodes**

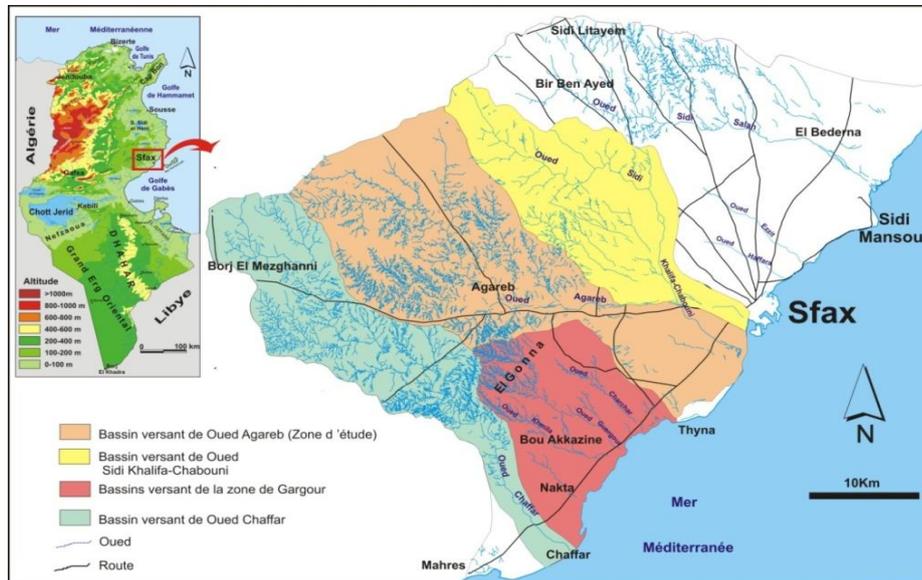
### *2.1. Zone d'étude*

La zone d'étude se trouve sur la côte Nord du Golf de Gabès, et précisément au Sud Ouest de la ville de Sfax (Figure 1). De forme allongée, le bassin d'étude (couvrant une superficie de 380 km<sup>2</sup>) est limité à l'Est par le bassin versant de Oued Chaabouni, au Nord par les collines d'Agareb, à l'Ouest par Oued Chaffar et les oueds du plateau de Gargour, et au Sud par la mer méditerranéenne. De l'amont vers l'aval, l'oued principal prend plusieurs appellations : Oued Lakhouen, Oued Es Sehir, Oued Ben Nehar, Oued Zraa, Oued Kbir, Oued Essghar, Oued Ben Krelif et Oued Agareb. Chacun de ces huit oueds donne son nom à un sous bassin versant.

Sur le plan topographique, le bassin versant d'étude se caractérise par la faiblesse de son relief. En effet, les pentes sont partout faibles et dépassent rarement 0,3%, surtout dans la partie aval du bassin. Cependant, il est possible d'y distinguer de sensibles différences au niveau des altitudes et des formes. Vers l'intérieur, les collines correspondent au relief le plus élevé même si les altitudes restent cependant modestes (situées autour de 160 à 200 m). Certaines collines se caractérisent par des sommets plats et réguliers, mais leurs versants sont pentus et entaillés par une multitude de vallons parfois profonds. Ceci donne à la topographie un aspect très accidenté, comme c'est le cas dans la zone de Oued Zraa et d'El Gonna où existe un paysage de Chebka (Chebket Hadiba) qui signifie, dans la toponymie locale, un terrain de ravinement [14]. Sur le plan structural, la zone d'étude est située sur un pseudo-anticlinal érodé depuis le début du quaternaire. Elle est caractérisée par une géologie jeune et simple dont les formations litho-stratigraphiques existantes sont faites principalement par des roches tendres [15].

Le climat de la région d'Agareb est aride à semi-aride. Il est influencé par différents facteurs spécifiques de la région à savoir : la topographie, les activités socio-économiques, etc. Il est soumis à l'opposition des influences continentales et maritimes [16]. Les précipitations constituent le premier facteur climatique, responsable de la

dégradation des terres affectant le bassin versant. En effet, ce dernier est caractérisé par des pluies irrégulières, parfois exceptionnelles et torrentielles atteignant jusqu'à 600 mm (en 1969). Les hivers sont relativement doux et les étés très chaud. La température moyenne mensuelle est de 19°C avec des extrêmes pouvant atteindre les 45°C en août et 16,8°C en Janvier.



**Figure 1:** Localisation du bassin versant d'étude

## 2.2. Outils et méthodologie

Le matériel utilisé au cours de cette étude (Tableau 1) se base sur un ensemble de logiciels dont chacun d'entre eux est utilisé pour un objectif précis et complémentaire. La méthodologie suivie est basée sur trois étapes : i) la collecte des données, ii) le traitement des données et iii) la création des cartes thématiques.

**Tableau 1 :** Matériel utilisé

Logiciel	Application
ArcGIS	Création du SIG qui permet de visualiser, d'explorer, de combiner et d'analyser les données spatiales
Google Satellite Maps Downloader	Téléchargement des images satellites à très haute résolution à partir de Google Earth et Bing Maps
ERDAS Imagine	Géoréférencement des documents cartographiques
Corel DRAW	Mise en place des illustrations vectorielles et conception graphique

Les données cartographiques et thématiques utilisées consistent en des cartes topographiques à l'échelle 1/50 000 d'Agareb et de Bir Ali Ben Khalifa et de la carte agricole de Sfax issue de la base de données du Commissariat Régional au Développement Agricole (CRDA) de Sfax. Une image Landsat 5-TM (Septembre 2009) de Sfax et des extraits d'images de Google Earth et de Bing Maps 3D ont été, également, téléchargés à l'aide du logiciel Google Satellite Maps Downloader. Pour avoir une vision globale de la zone d'étude, un travail de terrain a été effectué. Ces visites ont permis de compléter et de vérifier les informations manquantes sur les cartes. Elles ont également aidé à détecter les différentes formes de dégradation qui attaquent la zone d'étude, de repérer les travaux antiérosifs appliqués et d'observer les spécificités du secteur d'étude.

Le géoréférencement des cartes topographiques, des images de Bing Maps 3D et de Google Earth a été effectué à l'aide du logiciel ERDAS Imagine par la méthode « image à image ». Pour les cartes topographiques, le géoréférencement a été réalisé par rapport aux données vectorielles de la carte agricole de Sfax. La vérification du géoréférencement a été établie à l'aide de la fonction « Swipe » du logiciel ERDAS Imagine. Cette fonction a permis de vérifier la superposition des cartes et des images satellitaires selon la même projection géographique. Une digitalisation précise des différents thèmes (limite du bassin versant, réseau hydrographique, emplacement

de différentes formes de dégradation, aménagements antiérosifs, sous bassins versants, etc.) a été réalisée à l'aide du logiciel ArcGIS. Cette opération consiste à intégrer, avec une bonne précision, des thèmes vectoriels superposés sur les images préalablement géoréférencées obtenues de Google Earth et Bing Maps 3D.

### 3. Résultats et discussions

#### 3.1. Dégradation physique

L'érosion hydrique est la principale forme de dégradation qui a touché le bassin versant d'Oued Agareb. Ce phénomène a pris des dimensions importantes et a menacé même des pistes, dont certaines sont transformées en des ravins. La classification du réseau hydrographique a montré que les ordres des oueds vont de 1 à 6, ce qui reflète un réseau dense et un milieu fragile et propice à la dégradation des terres par l'érosion en ravine. En effet, plus l'ordre de l'oued est maximal, plus le ravinement qui touche la superficie d'un tel sous bassin versant est élevé.

Le nombre important des ravinements d'ordre 1 (environ 2590 ravins), par rapport aux autres, a montré que le phénomène de recul est très grave et menace d'une manière sérieuse les terrains agricoles. Ces mêmes constatations ont été signalées par Bouaziz et al., [12] qui ont mentionné que le phénomène de sapement des berges est une forme d'érosion bien présente dans le bassin versant Oued Agareb.

Une carte d'érosion hydrique a été élaborée afin de visualiser la répartition spatiale de cette forme de dégradation (Figure 2). Cette carte montre que l'érosion a touché presque toute la partie amont du bassin versant et précisément les sous bassins versants de Oued Zraa et Oued kbir (environ 13,5 et 8,22 km<sup>2</sup> soit 54,36 et 33,10%, respectivement). Les surfaces érodées des sous bassins de Oued Ben Nehar, Oued Es Sehir, Oued Essghar et Oued Lakhoun ne dépassent pas 1 km<sup>2</sup> soit 4% de la surface dégradée. Les sous bassins versants de Oued Agareb et de Ben Krelif ne présentent pas de superficie affectée par l'érosion hydrique étant donné qu'ils sont urbanisés. Cependant, ils présentent des petits cours d'eau peu visibles.

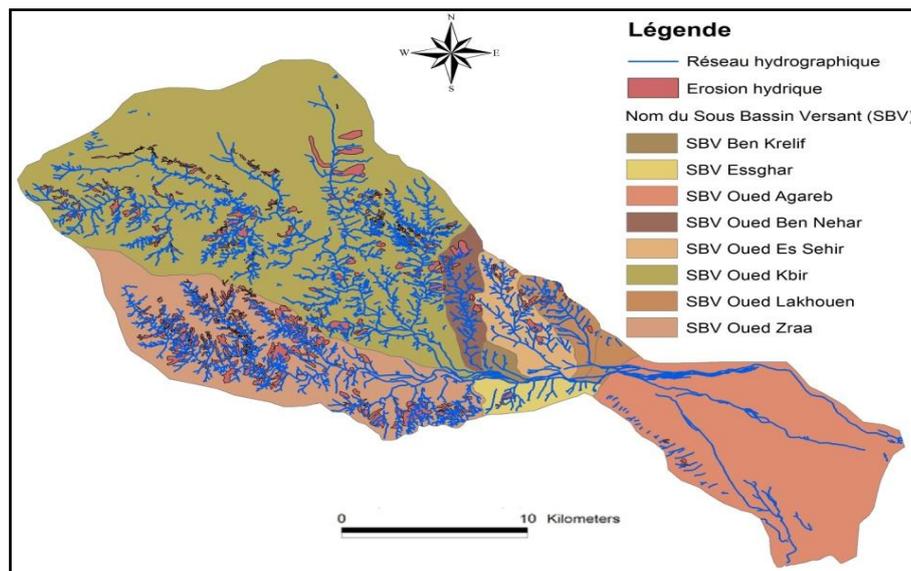
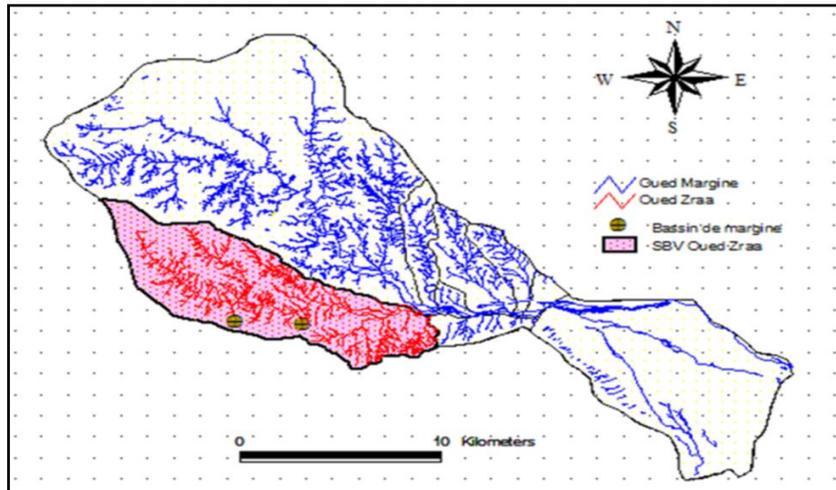


Figure 2 : Carte d'érosion de la région d'étude

#### 3.2. Dégradation Chimique

La partie amont du bassin versant de Oued Agareb, plus précisément le sous bassin versant de Oued Zraa, est caractérisée par la présence des bassins de stockage des margines (Figure 3) afin de favoriser leur évaporation naturelle [17]. Occupant une superficie de 48 ha, le grand bassin de stockage de margine présente le principal collecteur de margine pour la région de Sfax. Il est limité non seulement par une tabia mais aussi par une digue permettant de protéger le lit de l'oued principal en cas de débordement des margines. Toutefois, lors des visites de terrain, des traces de margine ont été identifiées dans les champs juste à côté du bassin de stockage. Ceci montre que la protection adoptée n'est pas toujours efficace. Par conséquent, une dégradation chimique des terres agricoles voisines peut être déclenchée. De plus, une imperméabilisation et une asphyxie des sols sont enregistrées suite à la forte acidité et la salinité élevée des margines [18].



**Figure 3 :** Carte de localisation des bassins de stockage de margine

### 3.3. Dégradation anthropique

La dégradation anthropique enregistrée au niveau du bassin versant de Oued Agareb se manifeste à travers deux phénomènes principalement : l'extension urbaine et industrielle au dépend des terres agricoles et l'extraction des carrières d'argile.

#### 3.3.1. Extension urbaine et industrielle

La région d'Agareb a connu diverses mutations spatiales causées essentiellement par l'extension urbaine et industrielle, et engendrant une fragilité environnementale des terres [16]. La Figure 4 présente des extraits de cartes topographiques des années 1934 et 1955, ainsi qu'une image satellite récente (2013). En 1934, la région d'étude ne présente que quelques habitats dispersés, alors que l'on entrevoit dès 1955 une extension peu remarquable des espaces urbains. Aujourd'hui, la région d'étude représente 12 fois ce qu'elle était en 1934 sous l'effet d'une double extension, urbaine et industrielle, et ce, au détriment des terres agricoles, qu'une perte de fertilité des terres et la pénibilité du travail agricole semblent justifier. L'extension urbaine se fait généralement dans des zones inondables (dans les lits des oueds) sachant que même la ville d'Agareb est installée sur un interfluve entre Oued Zraa et Oued Kbir. Les habitats, situés dans des zones inondables, obligent les oueds à changer leurs trajets suite aux crues exceptionnelles, ce qui accentue la dégradation des terres voisines.

#### 3.3.2. Carrières d'argile

La zone d'Agareb présente des unités industrielles de céramique et de briqueterie connues à l'échelles nationale et internationale pour leurs qualités et leurs quantités de production. Devant cette situation, le bassin versant de Oued Agareb souffre d'une exploitation importante des carrières d'extraction d'argile. Le problème de dégradation, apparu suite à l'abondance d'exploitation des carrières, ne se pose plus dorénavant. En effet, l'image Landsat 2009 de la zone de Sfax montre une transformation des zones de carrière en zones de stagnation d'eau après une inondation. Ainsi, dans certains cas, les carrières abondonnées finissent par constituer des dépressions fermées vers laquelle convergent plusieurs écoulements.

### 3.4. Diagnostic des ouvrages anti-érosifs réalisés

#### 3.4.1. Au niveau des versants

Le bassin versant de la zone d'étude est aménagé essentiellement par des banquettes et des cordons en pierres sèches. Le Tableau 2 présente la répartition de ces aménagements selon les sous bassins versants. Ce dernier montre que Oued Zraa présente une concentration importante des aménagements antiérosifs, répartis sur l'ensemble du sous bassin versant.

Trois types de banquettes ont été enregistrés : les banquettes à rétention, les banquettes d'écoulement et les éléments de banquette. Les banquettes à rétention sont au nombre de 627, étalées sur un parcours linéaire de 181,47 km. Elles sont concentrées sur les sous bassins versants de Oued Zraa (321 banquettes, soit l'équivalent de 78,59 km environ). Le bassin de Oued Kbir vient en deuxième position avec l'implantation de 146 banquettes (une longueur de 31,26 km). Pour les autres sous bassins versants, les banquettes à rétention sont moins présentes.



**Figure 4 :** Evolution de l'extension urbaine et industrielle au cours du temps (a : Carte topographique de 1934, b : Carte topographique de 1955, c : Image satellitaire de 2013)

Le bassin versant d'étude a été aménagé par 261 banquettes d'écoulement formant 45,7 km réparties différemment d'un sous bassin versant à un autre. L'utilisation de ces types de banquettes est expliquée par la présence des pentes supérieures à 8%. Les sous bassins versants de Oued Zraa et Oued Kbir sont les plus aménagés avec 176 et 68 banquettes et des longueurs respectives de l'ordre de 31,5 km et 11,1 km (Tableau 2).

**Tableau 2 :** Caractéristiques des aménagements des versants par sous bassin versant

Sous bassin versant	Banquette à rétention		Banquette d'écoulement		Elément de banquette		Cordon en pierres sèches
	Nombre	Longueur (km)	Nombre	Longueur (km)	Nombre	Longueur (km)	Surface (ha)
Oued Kbir	146	31,26	68	11,1	5	0,38	0
Oued Zraa	321	78,59	176	31,5	56	7,1	169,34
Oued Ben Nehar	42	11,30	5	0,92	0	0	0
Oued Es Sehir	44	23,79	8	1,82	0	0	11,87
Essghar	13	3,52	0	0	0	0	32,60
Oued Lakhouen	38	25,85	0	0	0	0	0
Oued Agareb	23	7,16	4	0,36	0	0	0
Total	627	181,47	261	45,7	61	7,49	213,81

Cependant, ce type de banquettes a été absent dans le reste des sous bassins versants. Les éléments de banquettes ont présenté une longueur moyenne de l'ordre de 7,49 km dans la zone d'étude. Le sous bassin de Oued Zraa possède un maximum d'éléments de banquette (56 éléments), alors que le sous bassin de Oued Kbir présente uniquement 5 éléments de banquettes. Cet aménagement a été absent dans les autres sous bassins versants.

La superficie aménagée par les cordons en pierres sèches est estimée à 213,81 ha (Tableau 2). Ils ont été présents seulement au niveau de trois sous bassins versants, et sont concentrés principalement sur la rive droite de Oued Zraa (169, 34 ha), précisément près de la ligne de partage des eaux entre les deux bassins versants de Oued Agareb et de Oued Chaffar. Le choix de ce type d'aménagement est justifié par la nature caillouteuse du terrain de la zone d'étude. En effet, le plan litho-stratigraphique correspond à des surfaces encroutées.

### 3.4.2. Au niveau des cours d'eau

Les ouvrages anti-érosifs, spécifiques des cours d'eau et présents au niveau du réseau hydrographique du bassin versant de Oued Agareb sont les seuils et les lacs collinaires. La figure 5 résume la répartition des seuils dans la zone d'étude. Dans l'ensemble du bassin versant, 170 seuils ont été aménagés. Ils se répartissent de manière différente entre les sous bassins versants en deux types : des seuils en maçonnerie et des seuils en remblai appelés aussi les tabias. L'examen des images satellitaires a montré que les méandres ne présentent aucune interversion devant le problème du sapement basal, suite à la fluctuation de l'écoulement. Ce problème a été également présent au niveau des méandres du bassin versant de Oued Sidi Salah de la région de Sfax, qui est favorisé par la protection de deux méandres seulement devant un total de 45 [19]. Les sous bassins versants de Oued Kbir, Oued Zraa et Oued Es Sehir sont les plus aménagés. Ceci est expliqué par la forte érosion hyrique qui affecte ces sous bassins versant. Ceux de Oued Ben Nehar, Oued Lakhouen et Oued Agareb sont, respectivement, aménagés par 12, 15 et 9 seuils. Toutefois, cet aménagement est absent dans les autres sous bassins versants.

Le bassin versant de Oued Agareb compte trois lacs collinaires, dont deux se localisent au niveau de Oued Zraa et de Oued Kbir (Figure 6). Ces derniers ont été construits dans le but de recueillir les eaux de ruissellement afin de minimiser l'impact de l'érosion hydrique. La forte concentration des aménagements au niveau du sous bassin versant de Oued Zraa se justifie, également, par l'importance des apports liquides que transporte l'oued. Ces lacs permettent, également, la protection de la ville d'Agareb et de Sfax contre les inondations, ainsi que la recharge de la nappe phréatique, qui est désormais exploitée dans la zone irriguée située plus en aval d'Oued Agareb.

### 3.4.3. Evaluation des aménagements

L'ensemble des aménagements anti-érosifs installés au niveau du bassin versant de Oued Agareb présentent une solution incontournable pour lutter contre le fléau de la dégradation des terres. L'utilisation de la télédétection et des outils du SIG ont montrés une certaine efficacité de ces aménagements. En effet, les sous bassins versants de Oued Zraa et de Oued kbir, les plus affectés par les divers formes de dégradation, ont été favorisés par un nombre important d'aménagements. De plus, dans certains cas, la comparaison entre le tracé des cours d'eau à partir de la carte topographique (1955) et les images satellitaires de Google Earth, montre la disparition des ravinements après installation des seuils en remblai.

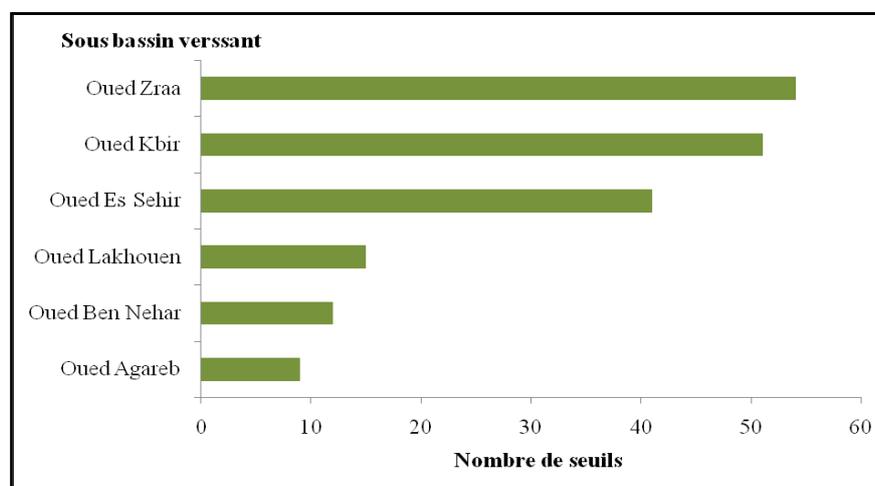
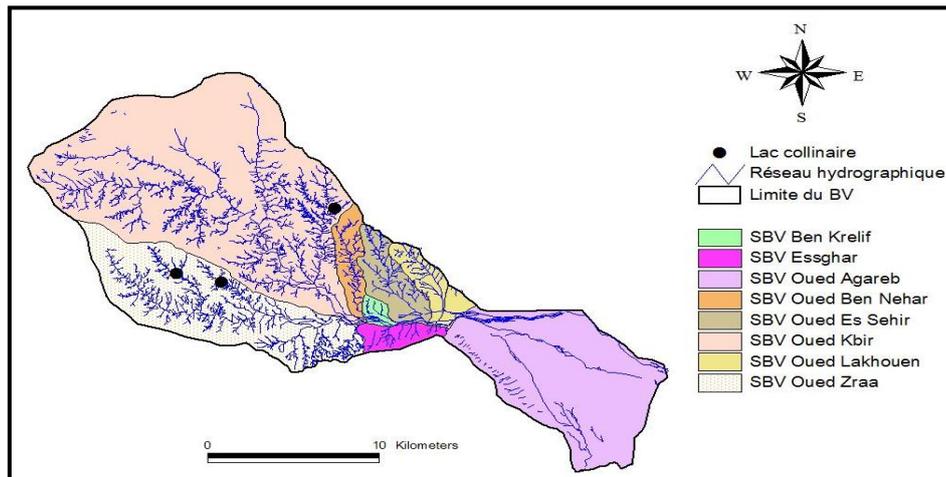
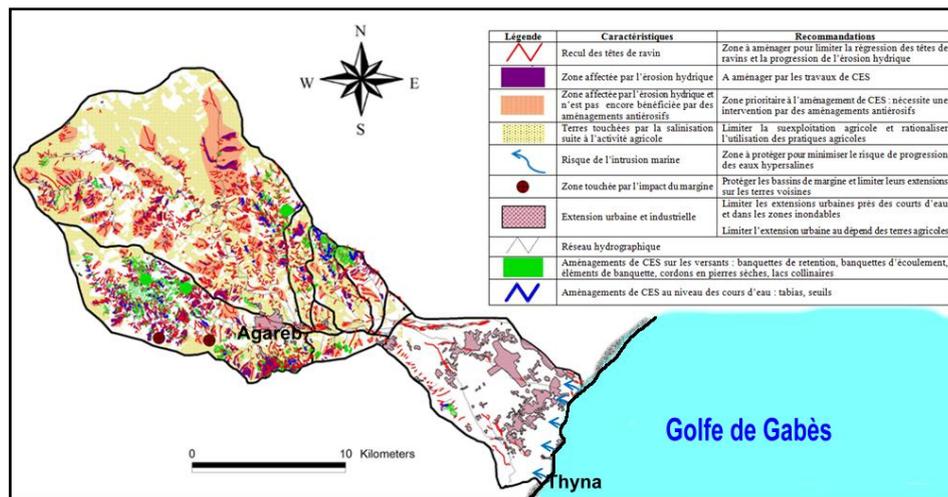


Figure 5 : Répartition des seuils dans la zone d'étude



**Figure 6 :** Répartition des lacs collinaires selon les sous bassins versants

Malgré le grand nombre d'aménagements et leurs diversités, des insuffisances peuvent être signalées. En effet, certaines zones affectées par l'érosion hydrique ne sont pas encore desservies en ouvrages de conservation des eaux et du sol (Figure 7). De même, devant l'ampleur du phénomène de recul des têtes de ravin, une absence totale des aménagements a été signalé. De plus, d'après [20], une salinisation des terres a touché ce bassin versant suite aux intenses activités agricoles. Cette surexploitation des terres n'est pas encore concernée par la rationalisation de l'utilisation des pratiques agricoles.



**Figure 7 :** Carte de synthèse du bassin versant d'Oued Agareb et recommandations

## Conclusion

Le bassin versant de Oued Agareb est caractérisé par un climat irrégulier, une topographie faible et monotone, une structure tendre et un réseau hydrographique dense. Ces facteurs naturels, accompagnés par une pression socio-économique, ont rendu ce bassin fragile et ont déclenché ainsi différentes formes de dégradation des terres. L'érosion hydrique est la forme de dégradation physique la plus répandue dans le bassin versant. Elle a touché, principalement, les sous bassins versants de Oued Zraa et Oued kbir avec des superficies respectivement d'environ 54,36 et 33,10%. L'urbanisation (dégradation anthropique) qui a connue une évolution importante au dépend des terres agricoles, d'environ douze fois entre 1955 et 2014, est le fait d'un déversement urbain du surplus démographique et de la dynamique industrielle dans la région d'Agareb. Quant à la dégradation chimique, cette dernière se manifeste, principalement, par la pollution des sols à cause des bassins de stockage de margine installés dans le sous bassin versant de Oued Zraa.

La photo-interprétation des images satellitaires a permis de localiser l'ensemble des ouvrages anti érosifs aménagés dans le bassin d'étude. Les zones d'intervention prioritaire ont été également identifiées. A ce propos,

une efficacité des aménagements a été détectée, en tenant compte pour cela de la concentration des aménagements vis-à-vis du taux de dégradation. En effet, le sous bassin versant de Oued Zraa, le plus affecté par les formes de dégradation, présente une concentration importante des aménagements antiérosifs. Toutefois, ces aménagements ont été absents au niveau des méandres et des têtes de ravins.

## Références

1. Comité Scientifique Français de la Désertification (CSFD), *Les dossiers thématiques du CSFD*. 8 (2010) 51.
2. Ballais, J.L., *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord*. 64 (1973) 99-127.
3. Lei Y., Wang J., Yue Y., Yin Y., Sheng Z., *Res. Art. Lan. Use Pol.* 36 (2014) 577-584.
4. Duchemin M., Lachance M., Lagacé R., Majdoub R., *Vect. env.* 38 (2005) 42-50.
5. Bougherara A., *Rev. Télé.* 9 (2010) 225-243.
6. Genin D., Guillaume H., Ouessar M., Ouled Belgacem A., Romagny B., Sghaier M., Taamallah H., *Coll. du CERES*. (2006) 351.
7. Direction Générale de la Mondialisation (DGM), du développement et des partenariats, *L'action extérieure de la France contre la dégradation des terres et la désertification*. (2011) 10.
8. Najeh D., *Enquêtes mondiales sur la dégradation des sols, les Nations Unies*. (2011)
9. El Garouani A., Chen H., Lewis L., Tribak A., Abahrour M., *Rev. Télé.* 8 (2008) 193-201.
10. Bouchnak H., Sfar Felfoul M., Boussema M.R., Snane M.H., *Rev. Télé.* 4 (2004) 75-93.
11. Abdelli F., Ouessar M., Khatteli H., *Rev. Sci. Eau.* 25 (2012) 237-254.
12. Bouaziz M., Bouaziz S., Mahjoub M.R. et Serbaji M.M., *Conf. franc. ESR, 11-12 Octobre, Issy les moulineaux*. (2006).
13. Fourati M., Bouaziz R., El Amri A., Majdoub R., *Inter. J. Innov. App. Stud.* 10 (2015) 428-434.
14. Bouaziz R., *Université de Tunis I*. (2001) 138.
15. Bouaziz R., *Faculté des Sciences Humaines et Sociales de Tunis*. (2008) 275.
16. Akacha S., *Faculté des Lettres et Sciences Humaines de Sfax Tunisie*. (2011) 136.
17. Yousfi R., *Faculté des sciences de Sfax, Tunisie*. (2012) 48.
18. Boudoukhana H., *Faculté des Sciences et des Sciences de l'Ingénierat, Algérie*. (2008) 82.
19. Baccari N., Boussema M.R., Lamachere J.M., Nasri S., *Rev. Télé.* 7 (2007) 405-417.
20. Dzizri R., *Faculté des Sciences de Sfax, Tunisie*. (2012) 78.

(2016) ; <http://www.jmaterenvironsci.com/>