



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الشاذلي بن جديد-الطارف

Université Chadli Bendjedid-El Taref

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIE

Mémoire présenté en vue de l'obtention d'un Diplôme de Master II

Spécialité :

Toxicologie industriel et environnement

THEME

Impact de la pollution sur la biodiversité et l'équilibre des écosystèmes marins côtiers. Approche par télédétection. Cas de la zone d'el Kala

Réalisé par : Mansouri Randa

Membres du jury :

Présidente : Dr. M. Tiar Ghoulem	MCA	Université C. Bendjedid-El Tarf
Encadreur : Dr. M. Samar Mohamed Faouzi	MAA	Université C. Bendjedid-El Tarf
Examineur : Dr. M. Malkia Rabia	MCA	Université C. Bendjedid-El Tarf

2019-2020

Remerciements

Je remercie tout d'abord, Dieu le tout puissant qui nous a donné la santé et la force pour réaliser ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à mon directeur de mémoire Mr. Samar pour tout le temps qu'il m'ont consacré, leur directive précieuse et pour la qualité de leur suivi tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Je tiens à remercier également l'ensemble des professeurs du département Biologie.

Mes remerciements vont enfin, à toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail

Dédicace

A mon encadreur **Mr. Samar Faouzi** qui mon soutenu au long de mes travaux (je vous remercié).

Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, le symbole d'amour et de tendresse qui s'est sacrifiée pour mon bien être, ma réussite et mon bonheur, à **ma Mère(Houria)**.

Amon Père(Masaoud) école de mon enfance, celui qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager et à me protéger, celui qui a tant donné pour nous assurer une vie décente

Je dédie ce travail à la personne la plus chère de mon cœur à **mon mari (saif)** Dieu garde pour moi

A mes chers frères **Ayoub** et **Rami** qui m'ont toujours soutenu.

A ma chérie sœur **Aya** la prunelle de mes yeux la douce, au cœur.

A mes petites cousines et surtout **maya**

A mes cher(e)s ami(e) **Sousou, Salma, CHahra, Amira, Hamida, Ahlam, Salima, Reheb, Wafa, Ismahane, Manel, Nour, Ayda, Azhar, Amina, Karima, Silya...** avec qui j'ai partagé les meilleurs moments durant ces années d'études

A mes chers camarades de la promo toxicologie industriel et environnement En témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble.

A tous ceux qui me sont chers

A tous ceux que j'aime et à tous ceux qui m'aiment

A vous tous, je dis qu'aucune dédicace ne saurait exprimer à sa juste valeur l'amour que je porte pour vous.

Résumé :

Le présent travail a pour objectif d'évaluer les menaces liées au risque d'érosion au bassin versant du lac Oubeira en adoptant le principe du modèle USLE en combinaison avec les outils SIG et Télédétection. Cette approche innovante est une voie prometteuse dans le domaine de la gestion des écosystèmes

Les résultats obtenus ont été les suivants :

-À partir d'une image MNT de la zone d'étude nous avons extrait sept (07) principaux sous bassins versant (SBV) entourant le lac Oubeira (Djebel ben Malek, Demnet er Rehan, Boumerchen, dey Degrah, El Frin, foret l'Oubeira, Djebel Bouljediane) selon la longueur de périmètre et la surface des SBV.

-Les caractéristiques hydrologiques de ces SBV donnent une idée sur les possibilités d'aménagement pour améliorer les risques d'érosion.

-Le bassin est caractérisé par plusieurs classes de pentes.

-Le BV possède un réseau hydrographique lâche, déversant tous leurs eaux au lac. La faible valeur du rapport de confluence (1,95) indique une érosion et une torrencialité moyenne au niveau du BV

-Le réseau hydrographique est divisé en 05 classes de cours d'eau

- Le BV et le Bassin du lac Oubeira sont drainés par plusieurs segments assurant l'évacuation et le renouvellement de l'eau.

Mots clés : Erosion, Bassin versant, carte d'érosion, Système d'information Géographique, équation universelle de pertes en sol "USLE".

الملخص:

الهدف من هذا العمل هو تقييم التهديدات المرتبطة بمخاطر التعرية في مستجمعات مياه بحيرة أوبيرا من خلال اعتماد مبدأ نموذج **USLE** بالاقتران مع أدوات نظام المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد. هذا النهج المبتكر هو وسيلة واعدة في مجال إدارة النظام البيئي

وكانت النتائج المجنية عليها فيما يلي:

-من صورة نموذج رقمي للتضاريس (**DEM**) لمنطقة الدراسة ، قمنا باستخراج مستجمعات المياه الفرعية الرئيسية في سبت (07) من مستجمعات المياه الفرعية المحيطة ببحيرة أوبيرا (جبل بن مالك ، ودمنت الريحان ، ويومرشن ، وداي دجلة ، الفرين ، غابة أوبيرا ، جبل بولجيديان) حسب طول محيط و سطح مستجمعات المياه الفرعية.

-تعطي الخصائص الهيدرولوجية لمستجمعات المياه الفرعية هذه فكرة عن إمكانيات التطوير لتحسين مخاطر التآكل.

-يتميز الحوض بعدة فئات من المنحدرات.

- تمتلك مستجمعات المياه شبكة هيدروغرافية فضفاضة ، تصريف كل مياهها إلى البحيرة. تشير القيمة المنخفضة لنسبة التقاء (1.95) إلى متوسط التعرية والسيول في مستجمعات المياه.

-تنقسم الشبكة الهيدروغرافية إلى 05 فئات من الأنهار

-يتم تصريف مستجمعات المياه و حوض بحيرة أوبيرا بعدة أقسام لضمان تفريغ المياه وتجديدها.

الكلمات المفتاحية: التعرية، مستجمعات المياه، خريطة التعرية، نظام المعلومات الجغرافية، معادلة فقدان التربة العالمية. "**USLE**"

Abstract:

The present work aims to evaluate the threats related to the erosion risk in the watershed of Lake Oubeira by adopting the principle of the USLE model in combination with GIS and Remote Sensing tools. This innovative approach is a promising path in the field of ecosystem management.

The results obtained were as follows:

From a DTM image of the study area we extracted seven (07) main sub-watersheds (SBV) surrounding Lake Oubeira (Djebel ben Malek, Demneter Rehan, Boumerchen, dey Degrah, El Frin, Oubeira Forest, DjebelBouljediane) according to the perimeter length and surface area of the SBV.

-The hydrological characteristics of these SBVs give an idea of the possibilities of development to improve the risks of erosion.

-The basin is characterized by several classes of slopes.

-The BV have a loose hydrographic network, discharging all their water to the lake. The low confluence ratio value (1.95) indicates moderate erosion and torrentiality at the BV

-The hydrographic network is divided into 05 classes of watercourses

- The BV and the Lake Oubeira Basin are drained by several segments ensuring the evacuation and renewal of water.

Keywords: Erosion, Catchment area, Erosion map, Geographic Information System, Universal Soil Loss Equation "USLE".

Liste des figures

Figure N°	Titre	Page
01	Zone d'étude : carte des limites administratives de la wilaya d'El-Tarf (Algérie) avec les limites du parc national d'El-Kala	04
02	Position phytogéographique du Parc National d'El-Kala (carte phytogéographique de l'Algérie et de la Tunisie, Maire 1926 in sarri 2017).	06
03	Carte de végétation du Parc National d'El-Kala	08
04	Lac Oubeira avec les deux espèces rares a: lac Oubeira. b : Châtaigne d'eau. c : Nénuphar jaune	10
05	Délimitation du bassin versant du lac Oubeira	12
06	format raster des donnés spatiales	15
07	forme vectoriel des donnés spatiales source	15
08	Les composants d'un SIG	17
09	Localisation du Lac Oubeira dans le Parc National d'E-Kala	21
10	Interface de logiciel ArcGIS 10.2	22
11	L'interface de site OpenTopography	24
13	Les données sur la texture et la matière organique	25
14	Organigramme méthodologique du modèle USLE appliqué.	28
15	Délimitation des sous bassins du Lac Oubeira (a : MNT de la Zone d'étude, b : Cartes des principaux sous bassins versant du lac Oubeira, c : Image Google earth représentant principaux sous bassins versant du lac Oubeira)	33
16	Carte longueur du périmètre des SBV	34
17	Carte des surfaces des SBV	35
18	Caractéristiques hydrologiques des SBV	36
19	Carte des pentes	37
20	Direction des Flux	37

21	Représentation 3D de la topographie de la zone du lac	37
22	Image Google Earth du réseau hydrographique du BV du lac Oubeira	39
23	carte du chevelu hydrographique du BV du lac Oubeira	39
24	Réseaux de drainage	40
25	Longueur des segments du réseau de drainage	40
26	Evolution de l'occupation du sol de la région de la wilaya d'El-Tarf entre (2015-2019)	41
27	graphes d'évolution de l'occupation du sol (km ²) de la région de la wilaya d'El-Tarf entre (2015-2019) (Buchhorn et al ,2020)	42
28	occupation du sol autour du bassin versant du lac Oubeira	43

Liste des tableaux

Tableau N°	Titre	Page
01	Les valeurs du facteur C correspondant à chaque utilisation du sol	31
02	Facteur de pratiques anti-érosives P adopté selon RUSLE	32
03	Classes de cours d'eau du réseau hydrographique	39
04	longueur des segments du réseau de drainage	40
05	Caractéristique géométrique	45
06	Paramètres du relief	45

SOMMAIRE

Remerciements

Résumé

Abstract

Liste des figures

Liste des tableaux

INTRODUCTION.....I

Chapitre I - Description du cadre globale la zone d'étude

1. Le Park Nationale d'el-kala	4
1.1. Le bioclimat	4
1.2. Les caractéristiques du PNEK	5
1.3. Végétation	5
1.3.1. Phytogéographie.....	5
1.3.2. Formations végétales	6
• Forêt rupicole	6
• Les Ripisylves (formation ripicoles).....	7
• Le maquis de chêne kermès (Cocciferaie)	7
• Le maquis à chêne liège (Subéraie)	7
• Le maquis arboré de chêne liège	7
• La forêt de chêne liège	7
• La Zeenaie	7
• Pinaies à Pin Maritime	7
• Pinaies à Pin D'Alep	8
• Eucalyptaie	8
1.4. Diversité écosystémique du PNEK.....	8
• Un écosystème marin.....	8
• Un écosystème dunaire.....	8
• En ce qui concerne l'écosystème forestier	9
• Un écosystème lacustre.....	9
2. Lac Oubeira	9
2.1. Propriétés physico-chimiques de l'eau	10
2.2.- Délimitation de bassin versant du lac Oubeira	11
3. Les zones humides	11
3.1. Définition des zones humides (écosystème lacustre)	11
3.2. Importances et fonctions des zones humides.....	12

Chapitre II - Système d'Information Géographique

1. Définition d'un SIG	13
2. Les données d'un système d'information géographique	13
• Les données géométriques	13
• Les données descriptives.....	13
• Les données graphiques.....	13
• Les métadonnées associée	13

a. Objet géographique ou données spatiales	13
Le format raster	13
Le format vectorielle	14
• Les points	14
• Les lignes	14
• Les polygones	14
b. Données attributaires	15
3 . Composantes d'un SIG	15
• Matériel	15
• Logiciel	15
• Données	15
• Ressources humaines	15
• Processus	15
✓ L'acquisition des données	16
✓ Traitement des données	16
✓ Stockage des données	16
✓ L'analyse spatial	16
✓ La sortie des résultats	17
4- SIG dans les gestions de l'environnement	17
4.1. Comment le SIG peut vous aider ?	17
4.2. SIG dans la gestion des catastrophes	17
4.3. SIG dans la surveillance de la qualité de l'air	18
4.4. SIG dans la gestion des feux de forêt	18
4.5. SIG dans la gestion des ressources naturelles	18

Chapitre III –Matériel et Méthode

Objectifs de l'étude	20
1. Présentation de la zone d'étude	20
2. Matériels	21
• Logiciel Arcgis 10.2	21
• Le package Arc hydro du logiciel Arcgis	22
• Un MNT (modèle numérique du terrain)	22
• Les données sur la pédologie de la région	24
3 Méthodologie	25
3.1. Le modèle USLE Le climat	25
3.2. Le modèle empirique RUSLE	25
3.3. Etape de réalisation du Modèle USLE	26
3.4. Détermination des différents facteurs influençant le processus d'érosion hydrique	26
• Agressivité des précipitations (R)	26
• Rodabilité des sols (K)	27
• Facteur topographique (LS)	28

• Occupation des sols (C)	29
• Facteur P	30

Chapitre IV- Résultats et discussions

1. Caractérisation du Bassin et Bassin Versant du lac Oubeira	32
1.1.Délimitation des sous bassin du Lac Oubeira	32
• La Longueur du périmètre des SBV	33
• La surface des SBV	34
1.2.Caractéristique hydrologique	35
• Réseau Hydrographique	38
• Réseau de drainage	39
2.Occupation du sol autour du bassin versant du lac Oubeira	40
2.2.Evolution de l'occupation du sol de la wilaya d'EITarf.....	40
Discussions	43
CONCLUSION.....	45

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXE

Introduction

L'érosion des sols est un processus majeur de dégradation qui est considéré comme priorité essentielle dans les stratégies nationales de protection de l'environnement et du développement durable. De nombreux organismes nationaux et internationaux de protection de l'environnement ont classé ce phénomène comme étant une perturbation grave.

L'érosion des sols est un processus naturel responsable de la géomorphologie des paysages actuel. L'érosion des sols n'est considérée comme menace que si elle dépasse des taux modérés, sous l'effet des facteurs anthropiques, engendrant la perte d'une ou de plusieurs fonctions du sol.

L'utilisation intensive des terres agricoles favorise la dégradation de la fertilité naturelle des sols et la diminution progressive de leur productivité. Cet effet direct et important, n'est pas le seul ni le plus destructible, économiquement et écologiquement. Les matériaux déplacés par l'érosion comportes des nutriments, des pesticides et autres produits chimiques nocifs qui polluent les rivières et les réservoirs artificiel et naturels. Les quantités de matières érodés sont déposés dans les systèmes lotiques et lentiques engendrent des perturbations liées à l'envasement qui causent la réduction drastique des volumes des réserves d'eau, suivi d'un éventuel envasement et assèchement des rivières, des réservoirs d'eau et des barrages. La persistance des apports massifs entraine la disparition de la biodiversité. L'érosion des sols peut également entrainer des glissements de terrain ou des coulées de boues dont les dégâts matériels et/ou humains sont souvent désastreux.

Le climat en Afrique du Nord est caractérisé par des précipitations irrégulières et fluctuantes tant sur le plan géographique que sur le plan saisonnier. Ces pluies engendrent une érosion hydrique importante au sein des bassins versants et concourent à l'envasement des retenues de barrages (Remini, 1997). En Algérie, l'étude d'impact des changements climatiques sur les ressources en eau réalisée par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH, 2009) a mis en évidence une sécheresse persistante depuis le milieu des années 1970. Le Ministère des Ressources en Eau de la République Algérienne Démocratique et Populaire (MRE) a enregistré en 2010, dans le cadre d'une étude d'actualisation du Plan National de l'Eau, une réduction de la pluviométrie de 20 % à 40 % dans le nord du pays. Cette irrégularité spatiale et temporelle très importante des pluies constitue ainsi une menace constante pour le remplissage des barrages réservoirs et la recharge des nappes d'eau souterraines.

Les modestes ressources en eau et en sols de l'Algérie, subissent ainsi aujourd'hui les effets d'un climat de plus en plus contraignant avec des années sèches prolongées et des pluies qui surviennent à des périodes où la couverture végétale est réduite ou bien lorsque les sols sont ameublés par les labours, mais également fragilisés par une pression anthropique croissante (MRE, 2010). L'érosion des sols et de la dégradation des terrains agricoles alimentent un important transport solide à travers les affluents atterrissement au niveau des retenues de et barrage, ce qui constitue un énorme problème de gestions hydrauliques. En 2011, le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural et de la Pêche (MADRP, ex MADR) a estimé qu'environ 14 millions d'hectares de zones de montagne dans le nord du pays étaient dégradées par l'érosion hydrique. Les différents levés bathymétriques, effectués sur la période 1986-2008 par l'Agence Nationale des Barrages et Transferts sur l'ensemble des 59 barrages en exploitation, ont montré que le volume perdu par envasement était de 898 Mm³ soit 13,4 % du volume total des retenues (MRE, 2010).

il existe plusieurs modèles de prédiction des risque d'érosion .Certains sont à base empirique tel que l'**USLE** de Wischmeier et Smith (Universel Soil Loss Equation) et ses versions modifiées, d'autres à base physique tels que la WEPP (Water Erosion Prédiction Project) de Foster et Lane , l'**ANSWERS** (Areal Non point Source Watershed Environnement) de Beasley et al., et d'autres semi empiriques tel que **SWAT** (Soil and Water Assessment Tools) d'Arnold et al., Pour la presente étude nous avons préconisé le modèle USLE .

La télédétection et les SIG sont devenus très utilities dans les études d'hydrologie Il permettent l'assemblage, le traitement, l'analyse et la superposition de l'informations spatiales qui décrivent l'environnement d'un bassin versant. Ces techniques ont facilité l'évaluation de l'érosion du sol et sa répartition spatiale à un coût raisonnable, un temps réduit et une meilleure précision sur de grandes superficies. L'approche SIG / USLE est fortement recommandé comme outil de modélisation rapide et peu coûteux pour estimer l'érosion des bassins versants où les données sont publiquement disponibles.

Nous avons préconisé cette approche afin de répondre à la principale question de la problématique qui se préoccupe de la gestion de l'écosystème lacustre lié à l'influence des apports du bassin versant à travers :

- Une recherche bibliographique justifiant les principaux choix méthodologiques
- Une méthodologie relative aux question qui ont généré les hypothèses

- Une discussion pour justifier les résultats obtenus.

Chapitre I :

**Description du cadre globale la
zone d'étude**

I.1. Le Park Nationale d'el-kala :

Parmi les huit Parcs nationaux du Nord, le Parc National d'El-Kala (PNEK) est le plus vaste. Il couvre une superficie de 79500 ha (CNEAP 2011-2012 in sarri, 2017), Situé à l'extrême est de l'Algérie. Il comporte quelques collines, ne dépassant pas 600 m d'altitude et trois lacs dans les parties nord, ouest et est. La partie la plus méridionale est parsemée de djebels qui culminent avec le djebel El-Ghorra, 1202 m (sarri et al, 2014) (Fig. 1).

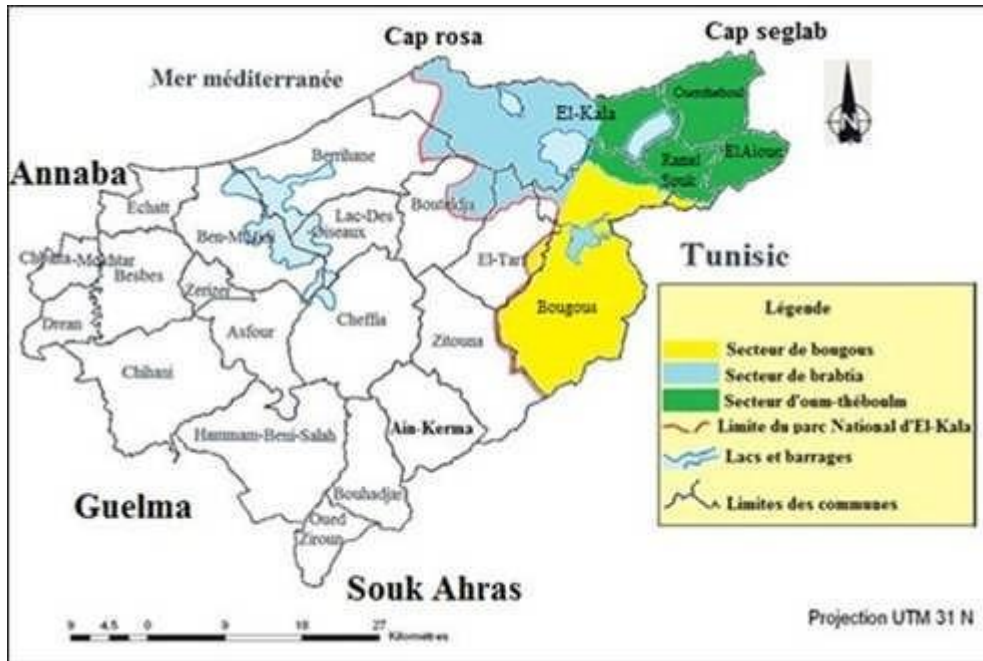


Figure. 1 : Zone d'étude : carte des limites administratives de la wilaya d'El-Tarf (Algérie) avec les limites du parc national d'El-Kala (sarri et al, 2014 in sarri, 2017).

I.1.1. Le bioclimat :

Est du type humide doux avec une chaleur sub-humide, la moyenne annuelle des températures minimales atteint 9°C alors que la moyenne annuelle maximale est de 30°C. Les précipitations annuelles moyennes varient de 800 à 900 mm, atteignant souvent un maximum de 1300 mm (Aouadi, 1989 in Sarri et al., 2014). Selon (Belouaham et al., 2009 in Sarri et al, 2014), l'humidité de la région d'El-Kala atteint 72,4%, ce qui est relativement important en raison de la proximité du littoral, des immenses forêts et de toute la surface des zones humides qui sillonnent le territoire du parc. Le vent, généralement fréquent, déplace les dunes, en créant des endroits entièrement dénudés. C'est le cas de la décharge du lac Mellah et de la plage de Messida.

I.1.2. Les caractéristiques du PNEK :

Se caractérise par deux formations géologiques : le quaternaire, représenté principalement par des dépôts marins et fluviaux, l'Éocène moyen correspondant aux argiles et aux grès de Numidie (principalement localisés dans les fonds des vallées), et le Miocène correspondant aux sables conglomératiques et aux argiles rouges principalement localisés dans le sud-est. Les sols du parc sont ceux de la forêt, de couleur brune, lavés avec une variante de l'humus forestier mull acide Moder. Le parc national d'El-Kala a été créé en 1983 par le décret n° 83-462 du 23 juillet 1983, classé "Réserve de la biosphère", par l'UNESCO, le 17 décembre 1990.

L'objectif essentiel du parc est la protection et la conservation des composantes floristiques et fauniques ainsi que de l'environnement naturel et du patrimoine historique et culturel. (Sarri et al.,2014)

I.1.3. Végétation :

I.1.3.1. Phytogéographie :

Le Parc National d'El-Kala est situé dans le secteur numidien du domaine mauritanien méditerranéen de la région méditerranéenne (Figure 2), (Maire, 1926 in sarri, 2017).

Selon LAPIE (1909) et MAIRE (1926), les sols sont siliceux, frais et profonds. Ils sont caractérisés par le développement énorme de la subéraie. Il est caractérisé par la présence de très nombreuse plantes appartenant à l'élément atlantique : *Rhamnus frangula*, *Salixatrocinerea*, *Erica cinerea*, *Rorippaamphibia*, *Trapanatans*, *Rumex palustris*, *Vallisneriaspiralis*, *Scabiosasuccisa*, *Luzula campestris* jointes à d'autres plantes appartenant à l'élément tropicale *Crhynobodporalaxa*, *Fimbristylisdichotoma*, *Dactylocteniumaegyptianum* *Dryopterisunita*...

- **Les formations rupicoles** : Elle occupe les escarpements rocheux à accès difficile de toute la cote du parc et renfermant un cortège floristique constitué surtout d'espèces rare et même endémiques qui résistent et s'adaptent à l'influence marine.
- **Les Ripisylves (formation rupicoles)** : Ces formations végétales peuplent les cours d'eau du parc. On rencontre selon les caractéristiques du cours d'eau (permanence, débit de l'écoulement, longueur et largeur des lits majeur et mineur, altitude et latitude) des formations d'importance et de composition différente, marquées surtout par l'aulne (*Alnus glutinosa*) le peuplier (*Populus alba*, *Populus nigra*) et laurier noble (*Laurus nobilis*).
- **Le maquis de chêne kermès (Cocciferaie)** : C'est les formations végétales atteint 07m qui sont localisé sur le cordon dunaire consolidé du littoral, ils fixé du sable côtier.
- **Le maquis à chêne liège (Subéraie)** : Il se présente sous forme d'une nappe buissonnante dont la hauteur est de 4 m à 7 m localisés entre les massifs forestiers non dégradés, sont les plus contraignantes comme ce de Kef Seglab, Ain Khair et Mexa au Nord de Bougous.
- **Le maquis arboré de chêne liège** : C'est un maquis avec une strate buissonnante de 2 m de haut en moyenne et d'une strate arborée de chêne liège généralement de faible hauteur. C'est le type la plus important du parc, il occupe une étendue qui couvre près de 20000 hectares. On le retrouve dans le massif des Djebels Koursi et Brabtia à l'ouest du Parc et le massif de Bougous d'une superficie d'environ 9000 hectares au sud-ouest du Parc.
- **La forêt de chêne liège** : à trois strates (strate arborée, strate arbustive et strate herbacée), dans le PNEK on distingue deux type de forêt de chêne liège : la forêt des basses montagnes dont la strate arborée composée de *Quercus suber* dont les sujets peuvent atteindre 8 m de hauteur avec un sous-bois haut et dense et caractérisé par la présence de *Phillyrea angustifolia*, *Pistacia lentiscus*, *Erica arborea*, *Erica scoparia*... Et dont la strate herbacée est relativement rare, et la forêt de montagne qui se caractérise par l'absence partielle ou totale du sous-bois. La strate arborée est composée essentiellement de chêne liège parfois en mélange avec le chêne zeen formant une ambiance forestière primitive.
- **La Zeenaie** : La forêt de chêne zeen (*Quercus canariensis*) occupe les expositions Nord à Nord- Ouest, vers 800 jusqu'à 1200 m d'altitude. Elle se présente sous forme de

futaie, sans sous-bois, âgée, rarement jeune, accessible, et dans un état sanitaire bon à moyen.

- **Pineraies à Pin Maritime :** Le Pin maritime forme des peuplements naturelle comme ce de la frontière algéro- tunisienne au Nord de Haddada et artificiels, dont les principaux sont localisés au Nord du lac Tonga sur sol dunaire.
- **Pineraies à Pin D'Alep :** Les peuplements du Pin d'Alep du parc national d'El-Kala sont naturels et de deux types : les peuplements du littoral sur dune, ils se localisent à l'Ouest du lac Mellah et les peuplements sur grès de Numidie provenant de la dégradation de la subéraie des basses montagnes.
- **Eucalyptaie :** Est une formation artificielle non entretenue, dense et broussailleuse, plantée dans des maquis ou des subéraies dégradées. Elle a gardé relativement la structure et la composition du sous-bois initiale caractérisé par la présence de *Calycotome villosa*, *Genista fero*, *Pistacia lentiscus*, *Myrtus communis*,

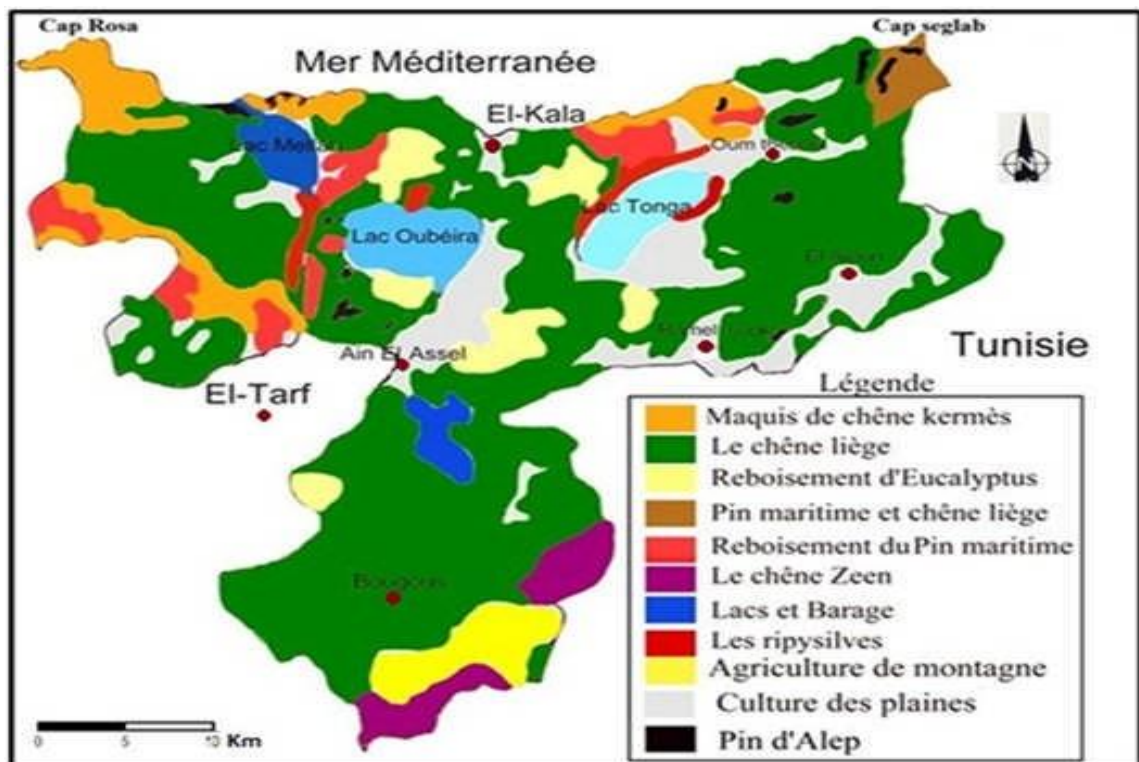


Figure 3 : Carte de végétation du Parc National d'El-Kala du BNEF 1984, modifiée (Sarri, 2017).

I.1.4. Diversité écosystémique du PNEK :

Ce parc est constitué d'une mosaïque d'écosystèmes qui ont une grande importance biologique et écologique. Ici, on distingue (Sarri et al., 2014) :

- **Un écosystème marin** (longueur de 50 km), contenant une flore et une faune particulières (par exemple : le corail rouge) peu perturbé (habitats sous-marins variés et absence de pollution).
- **Un écosystème dunaire** : constitué d'un cordon dunaire littoral encore stable (20 à 120 m d'altitude), le maquis du chêne kermès avec quelques témoins du cortège floristique tels que : *Quercus coccifera* L., *Juniperus phoenicea* L., *J. oxycedrus* L., *Pistacialentiscus* L., *Retamamonosperma* (L.) Boiss., *Ephedra fragilis* Desf. etc...
- **En ce qui concerne l'écosystème forestier** : peuplant la zone montagneuse, d'altitude moyenne, entrecoupée de dépressions intérieures et dominée par d'importants reliefs, le chêne-liège représente la forêt climatique sur sol siliceux. Il est remplacé en altitude (700 m) par le chêne vert (*Quercus fagi-nea* Lam.).
- **Un écosystème lacustre** : constitué par les basses plaines marécageuses et les lacs dont certains sont classés "sites Ramsar" : lac Oubeira, (2200 ha), lac Tonga (2600 ha), lac Mellah (860 ha, seule lagune d'Algérie qui communique avec la mer), Marais de Bourdim (11 ha), lac Bleu (3 ha) et lac Noir (6 ha).

Ces réservoirs d'eau appréciés constituent un véritable trésor de richesse biologique et sont d'un grand intérêt pour les habitats du parc.

I.2. Lac Oubeira :

Le lac Oubeira (latitude 36° 50' N, longitude 08° 23' E), situé dans le Parc en zone Nord-Ouest, à 3 km de la mer à vol d'oiseau, est classé réserve intégrale et site Ramsar d'importance internationale depuis 1982. Il est alimenté par le ruissellement d'un bassin versant de 125 km² environ, dont 40 km² en terrain plat et 85 km² en collines.

Ce lac de 2200 ha, en forme de cuvette presque circulaire de faible profondeur (2 m au centre), de 6 km sur l'axe Nord-Sud et de 5 km sur l'axe Est-Ouest, a l'Oued Messida comme émissaire et exutoire. Sa profondeur varie de 2 à 3 m à la fin de la saison hivernale. Son bassin versant couvre une 98Km² y compris la cuvette du lac. En plus de son intérêt économique (pêche) le lac Oubeira est aussi important sur le plan ornithologique.

Deux formations palustres dominant au lac Oubeira : la Scirpaie occupant la zone Sud-Ouest et la Thyphaie occupant la zone Nord-Est. Sa zone limnétique est colonisée par un

important herbier flottant composé de Myriophylle, de Ceratophylle, de divers Potamots et de Châtaigne d'eau (*Trapanatans*) considérée comme espèce très rare. Il abrite une station de Nénuphar jaune (*Nupharlutea*) mise en évidence en 1993 (Photos b et c)



Photos 4 : Lac Oubeira avec les deux espèces rares

{(a : lac Oubeira. Sarri 2011, b : Châtaigne d'eau. Sarri 2001, c : Nénuphar jaune. Sarri 2001) in Sarri, 2017}

Le lac Oubeira est le site de nidification de plusieurs espèces aviaires : le Grèbe huppé, le Grèbe castagneur, la Poule sultane, le Blongios nain, le Héron pourpré, la Poule d'eau.

Sa richesse avi-faunistique s'élèverait à 8 espèces d'oiseaux d'eau nicheurs, dépassant les 11, si l'on retient l'ensemble des espèces nicheuses, notamment les Passereaux aquatiques. Il abrite des poissons (Barbeau, Anguille, Mulet, Carpe, Gambusie), des mollusques (Unios,

Sangsue), des vertébrés (Grenouille, Tortue d'eau), des Insectes (Libellule agrion) (Sarri,2017).

I.2.1. Propriétés physico-chimiques de l'eau :

Le lac présente un taux de salinité faible et des fluctuations régulières du niveau d'eau. Les suspensions charriées par l'oued Kebir et l'action des vents qui se conjugue à la faible profondeur du lac, rendent les eaux turbides la majorité de l'année et particulièrement en hiver. Les informations encore assez fragmentaires sur la qualité des eaux des lacs (MORGAN, 1982 ; MIRI, 1996 in Brahmia, 2002) donnent un pH neutre à légèrement alcalin et une salinité de 0,1 à 0,3 g/l.

I.2.2. Délimitation de bassin versant du lac Oubeira :

Est situé à 5 km au Sud-Ouest d'El Kala et 54 km à l'Est d'Annaba. Il se trouve dans le Parc National d'El Kala qui est localisé à l'extrême Nord-Est du pays faisant frontière avec la Tunisie (Boumaraf, 2010).

Le bassin versant du lac Oubeira fait partie de la zone lacustre d'El Kala. Sa limite Nord s'étend d'Est en Ouest de l'altitude 170 m à 182 m.

La bordure Ouest du bassin versant progresse avec le Sud en longeant les sommets du Djebel Oubeira (100 m) jusqu'au voisinage de FedjZana (91 m) avant d'être relayés dans la partie Sud par les Djebels AchLahmar (138 m) et Hellilif (189 m) qui constituent les flancs Ouest de l'oued Messida. A l'Est, le bassin versant est formé d'une bordure plane qui s'étale au pied du Djebel Bou Merchène (184 m) au Nord Est.



Figure.5 : Délimitation du bassin versant du lac Oubeira (source : http://cfwet.byethost24.com/lac_oubeira/lac_oubeira.html?i=1)

I.3. Les zones humides :

I.3.1. Définition des zones humides (écosystème lacustre) :

Selon la définition de la Convention de Ramsar, les zones humides reconnue comme une grande diversité d'habitats : marais, tourbières, plaines d'inondation, cours d'eau et lacs, zones côtières telles que les marais salés, les mangroves et les lits de zostères, mais aussi récifs coralliens et autres zones marines dont la profondeur n'excède pas six mètres à marée basse et zones humides artificielles telles que les bassins de traitement des eaux usées et les lacs de retenue. **(Ramsar, 2010 in Bouriche,2018).**

I.3.2. Importances et fonctions des zones humides :

L'importance des zones humides a longtemps été méconnue. Elle n'est prise sérieusement en compte que depuis l'adoption de la Convention de Ramsar en 1975 et elle a fait l'objet d'un colloque international qui s'est tenu en Espagne en 2005. Les zones humides sont des écosystèmes remarquables qui remplissent des fonctions essentielles. Selon Ramsar ce sont des réservoirs de biodiversité qui renferment des espèces animales et végétales souvent rares et de grand intérêt, par exemple au point de vue biogéographique. Elles interviennent dans le régime hydrologique en stockant d'importantes quantités d'eau, en freinant les inondations et en restituant lentement cette eau lors des périodes de sécheresse. Elles assurent l'épuration des eaux courantes et souterraines. Leurs dégradations ou leur disparition est un phénomène mondial dont les causes sont nombreuses : assèchement, prélèvement exagérés d'eau pour l'agriculture, pollution diverses (thermique, atmosphérique, urbain, industrielle et agricole par les pesticides et les engrais) **(Dajoz, 2008 in Bouriche 2018).**

Une fonction, pour un écosystème « zone humide », peut être définie comme un ensemble d'interactions naturelles mettant en jeu des organismes et l'environnement physique en vue de répondre à un besoin particulier de cet écosystème. La fonction « production primaire » est complexe mais, par approximation, nous pouvons dire qu'elle fait intervenir les végétaux, le sol et l'eau. Chacun de ces éléments fait appel à des processus fonctionnels : la photosynthèse chez les végétaux donc le soleil et d'autres facteurs atmosphériques, les nutriments dans le sol avec les mécanismes de minéralisation, d'absorption, des mécanismes hydrologique... La distinction des fonctions et des processus n'est pas aisée.

L'espace et dans le temps. Pour des raisons de simplification, nous avons adopté les distinctions suivantes :

Les fonctions sont distribuées dans trois grands groupes de fonctions : hydrologique, biogéochimique et écologique. Les processus fonctionnels sont des subdivisions dans chaque fonction (**Bouzillé, 2014 in Bouriche 2018**).

Chapitre II :

**Importance des méthode SIG dans le
domaine de l'environnement**

II. Système d'information géographique (SIG) :

II.1. Définition d'un SIG :

Les SIG sont des logiciels qui utilisent la capacité des ordinateurs dans le domaine du stockage, de l'analyse et de la représentation des données qui sont associées à la distribution géographique (Goodchild et al., 1990 in Moultazem, 2010)

« Un SIG est un ensemble de matériels, de logiciels et de procédures permettant de collecter, de gérer, de manipuler, d'analyser, de modéliser, d'afficher de données à référence spatiale afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion »

II.2. Les données d'un système d'information géographique :

Les données géographiques possèdent quatre composantes (Rammas, 2014 in Boudiba A et Maalem H, 2016) :

- **Les données géométriques** : renvoient à la forme et à la localisation des objets ou phénomènes.
- **Les données descriptives** : (qui font partie des données attributaires) renvoient à l'ensemble des attributs descriptifs des objets et phénomènes à l'exception de la forme et de la localisation ;
- **Les données graphiques** : renvoient aux paramètres d'affichage des objets (type de trait, couleur...)
- **Les métadonnées associées** : c'est-à-dire les données sur les données (date d'acquisition, nom du propriétaire, méthodes d'acquisition...).

a./ **Objet géographique ou données spatiales :**

Les données spatiales se définissent sous forme de couches d'information issues de carte thématique, qui peuvent décrire entre autres : la topographie, la disponibilité en eau, la nature du sol, le couvert végétal, le climat, la géologie, la population, etc. (FAO, 1998 in Boudiba A et Maalem H, 2016). L'objet géographique peut être représenté soit en format raster soit en format vectoriel (Habert, 2000 in Boudiba A et Maalem H, 2016).

Le format raster

Ici la réalité est décomposée en une grille régulière et rectangulaire, organisée en lignes et en colonnes, chaque maille (Pixel) de cette grille ayant une intensité de gris ou une couleur. La juxtaposition des points recrée l'apparence visuelle du plan et de chaque information. Une forêt sera "représentée" par un ensemble de points d'intensité identique.

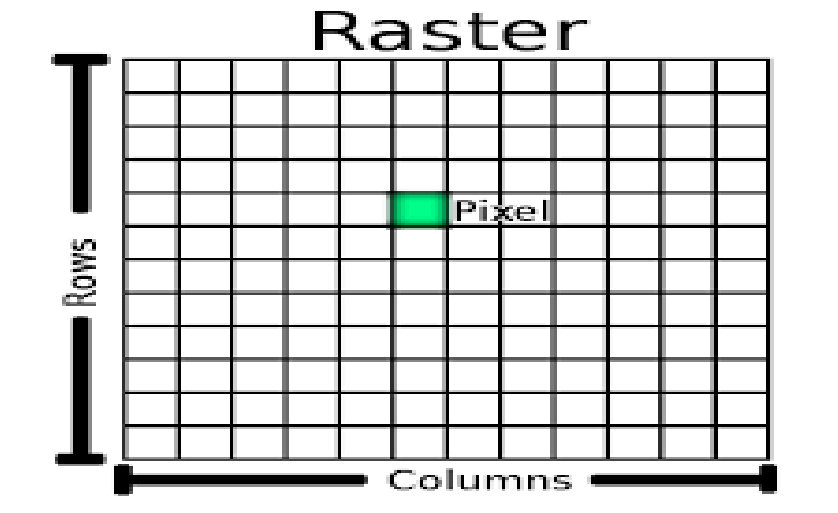


Figure 06 : format raster des donnée spatial (source : https://docs.qgis.org/3.4/fr/docs/gentle_gis_introduction/raster_data.html)

Le format vectoriel

Les limites des objets spatiaux sont décrites à travers leurs constituants élémentaires, à savoir les points, les arcs, et les arcs des polygones. Chaque objet spatial est repéré par des coordonnées (X, Y) et doté d'un identifiant qui permet de le relier à une table attributaire.

- **Les points :** Ils représentent des localisations d'éléments séparés pour des phénomènes géographiques trop petits pour être représentés par des lignes ou des surfaces qui n'ont pas de surface réelle comme les points cotés.
- **Les lignes :** Ils représentent les formes des objets géographiques trop étroits pour être décrits par des surfaces (ex : rue ou rivières) ou des objets linéaires qui ont une longueur mais pas de surface comme les courbes de niveau.
- **Les polygones :** Ils définissent la localisation et la forme d'objets homogènes telle que des parcelles, des pays, des types de sols...

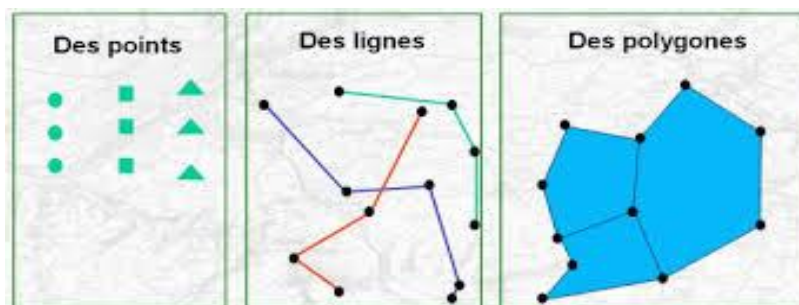


Figure07 : forme vectoriel des donnée spatial

Source : (<http://igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2013/MapInfo/sig.html>)

b./ Données attributaires :

La donnée attributaire se présente sous forme de statistiques telles que la pente, le couvert végétal, le type de sol etc. Cette information est structurée sous forme de table attributaire (FAO,1998 in Boudiba et Maalem, 2016).

II.3. Composantes d'un SIG :

- **Matériel** : le développement de l'informatique graphique a permis d'utiliser les SIG dans une grande variété d'ordinateurs connectés en réseau ou autonomes.

- **Logiciel** : plusieurs fonctionnalités sont offertes par les logiciels SIG.

- **Données** : les SIG manipulent des données géographiques et des données tabulaires associées pouvant être constituées en interne, ou acquises depuis les producteurs de données. Elles sont de type :

Données factuelles : un SIG doit permettre la manipulation des données de nature alphanumérique liées aux concepts géographiques, des noms de lieux, des valeurs numériques comme la population, les surfaces etc.

Données géométrique : liées à la spécialisation des concepts dans un univers réel `a deux ou trois dimensions, et sa représentation devient tributaire d'un système de coordonnées (référentiel) et de son environnement (relation spatiale), grâce `a des primitives de représentation des informations géométriques.

- **Ressources humaines** : Les SIG s'adressent à une très grande communauté d'utilisateur depuis ceux qui créent et maintiennent les systèmes jusqu'aux personnes qui utilisent quotidiennement la dimension géographique. Avec l'avènement des SIG sur Internet, la communauté des utilisateurs de SIG s'agrandit de façon importante chaque jour. Il est raisonnable de penser à une brève échéance nous serons tous à des niveaux différents d'utilisateurs de SIG.

- **Processus** : Le succès de la mise en application d'un SIG est fonction de la bonne conception du plan de sa mise en œuvre selon des méthodes et des pratiques propres à chaque organisation (Yann, 2006 in Boudiba et Maalem, 2016).



Figure 08 : Les composant d'un SIG (Boudiba et Maalem, 2016)

Dans les cinq composants principaux, les différentes combinaisons de système des logiciels et modèles d'analyse, rendent le SIG aux différentes applications caractéristiques dans les divers domaines, sur les fonctions principales, les objectifs sont dans les domaines suivants :

- ✓ **L'acquisition des données** : Les cartes numériques, les données numériques et le codage manuel.
- ✓ **Traitement des données** : La vérification des données obtenues, le formatage et conversion des données.
- ✓ **Stockage des données** : Stocker les données d'attribut différent dans une base de données pour la requête et l'analyse facile.
- ✓ **L'analyse spatiale** : Par la requête spatiale et l'analyse spatiale en faisant les conclusions pour décision. L'analyse spatiale standardise rarement, ceci est un

processus complexe. Les typiques d'analyse spatiale sont : topologique requête spatiale, l'analyse de tampon, l'analyse de superposition.

- ✓ **La sortie des résultats** : Faire les cartes, les images ou les tableaux pour représenter les résultats des étapes.

II.4. SIG dans les gestions de l'environnement :

II.4.1. Comment le SIG peut vous aider ? :

Les activités humaines et le réchauffement climatique contribuent rapidement à la dégradation de l'environnement. Ces questions nécessitent un suivi et une supervision en temps opportun. Une surveillance efficace de l'environnement et une meilleure compréhension de celui-ci nécessitent des informations et des données précieuses qui peuvent être extraites grâce à l'application de technologies géospatiales telles que la télédétection et les SIG (Shimonti, 2018).

Le SIG peut être utilisé le plus efficacement pour l'analyse et la planification des données environnementales. Il permet de mieux visualiser et comprendre les caractéristiques physiques et les relations qui influent sur une condition environnementale critique donnée. Les facteurs, tels que la pente des pentes, les aspects et la végétation, peuvent être visualisés et superposés pour déterminer divers paramètres environnementaux et une analyse d'impact (Shimonti, 2018).

Le SIG peut également afficher et analyser des photographies aériennes. Les informations numériques peuvent être superposées sur des photographies pour fournir aux analystes de données environnementales des vues plus familières des paysages et des données associées. Le SIG peut fournir une vue rapide et comparative des dangers (zones très sujettes) et des risques (zones à haut risque pouvant survenir) et des zones à protéger (Shimonti, 2018).

Le SIG peut contribuer à l'atténuation des risques et à la planification future, à la pollution et au contrôle, à la gestion des catastrophes, à la gestion des incendies de forêt, à la gestion des ressources naturelles, à la gestion des eaux usées, etc.

II.4.2. SIG dans la gestion des catastrophes :

Qu'il s'agisse de modéliser au moyen de systèmes d'alerte précoce ou d'utiliser des systèmes d'aide à la décision pour comprendre quelle catastrophe va affecter ou affecte le plus la région, le SIG peut aider à atténuer les risques d'une catastrophe dans une large mesure.

Grâce au SIG, les préparatifs peuvent être meilleurs, les efforts peuvent être plus dirigés et la réponse peut être plus rapide. Le SIG permet aux équipes d'intervention d'acquérir une connaissance de la situation, de dialoguer avec le public et de comprendre l'impact de l'événement. Le SIG permettant une meilleure identification des zones et des personnes touchées (Shimonti, 2018).

II.4.3. SIG dans la surveillance de la qualité de l'air :

La surveillance de la qualité de l'air est devenue un élément important d'un mode de vie sain, et le SIG peut également jouer un rôle très important ici. Une plate-forme intégrée SIG en tirant parti des capteurs pour la surveillance, l'analyse et la planification de la qualité de l'air peut prédire avec précision les niveaux de particules dans diverses zones d'une ville. Il peut également vous indiquer les zones les plus dangereuses ou les plus dangereuses pour tout le monde, plus particulièrement pour les patients asthmatiques. Cette analyse peut aider les agents de terrain à prendre des mesures correctives à temps pour améliorer la qualité de l'air (Shimonti, 2018).

II.4.4. SIG dans la gestion des feux de forêt :

Les incendies de forêt entraînent d'énormes pertes pour la flore et la faune. La toute première stratégie pour défendre les forêts contre les incendies de forêt est de les éviter. Le SIG a prouvé son potentiel dans la gestion des feux de forêt. Il existe différentes applications du SIG dans la gestion des feux de forêt, parmi lesquelles les plus importantes sont la production de cartes des dangers, la simulation des feux de forêt et la gestion des ressources. La simulation en elle-même joue un rôle majeur dans la gestion des feux de forêt. Le SIG utilise diverses couches d'informations telles que le modèle numérique d'élévation (DEM) et l'indice d'inflammabilité ainsi que différents modèles aux fins de la gestion des incendies de forêt (Shimonti, 2018).

II.4.5. SIG dans la gestion des ressources naturelles :

Le SIG aide à identifier l'impact du comportement humain sur les ressources naturelles et conduit à une utilisation plus efficace de celles-ci. Les données sur les ressources naturelles pourraient être collectées par télédétection, photographie aérienne ou imagerie satellitaire, puis cartographiées à l'aide de la technologie SIG. La principale application du SIG dans la gestion des ressources naturelles consiste à faire face aux problèmes environnementaux tels que les inondations, les glissements de terrain, les érosions du sol, la sécheresse, les

tremblements de terre, etc. Il aborde également les problèmes actuels de changement climatique, de pollution, etc. et fournit des informations sur le changement de superficie terrestre entre les périodes. Les informations obtenues à partir du SIG aident à étudier des zones spécifiques et un suivi peut être effectué dans et autour de ces zones. Il fournit des informations pertinentes sur l'état et la politique de l'environnement, y compris les programmes de conservation. Les cartes dans le SIG fournissent des informations sur l'emplacement et les ressources actuelles (**Shimonti, 2018**).

Chapitre III :

Matériel et Méthode



Objectifs :

L'objectif de ce travail était d'évaluer les menaces liées au risque d'érosion au bassin versant du lac Oubeira en adoptant le principe du modèle USLE en combinaison avec les outils SIG et Télédétection. Cette approche innovante est une voie prometteuse dans le domaine de la gestion des écosystèmes

III.1. Présentation de la zone d'étude :

Le lac Oubeira est un plan d'eau douce d'une superficie de 2200 ha, qui fait partie du complexe de zones humides l'important du Maghreb le Parc National d'El-Kala (Miri, 1996 in Ouarti M, 2018). Il est limité par les crêtes septentrionales, au Nord-Est Djebel Boumerchen, à l'est les monts d'El Kala, à l'Ouest le bassin versant du lac El Mellah et en fin, au Sud-Est la forêt de l'Oubeira (Merzoug A, 2008 in Ouarti M, 2018).

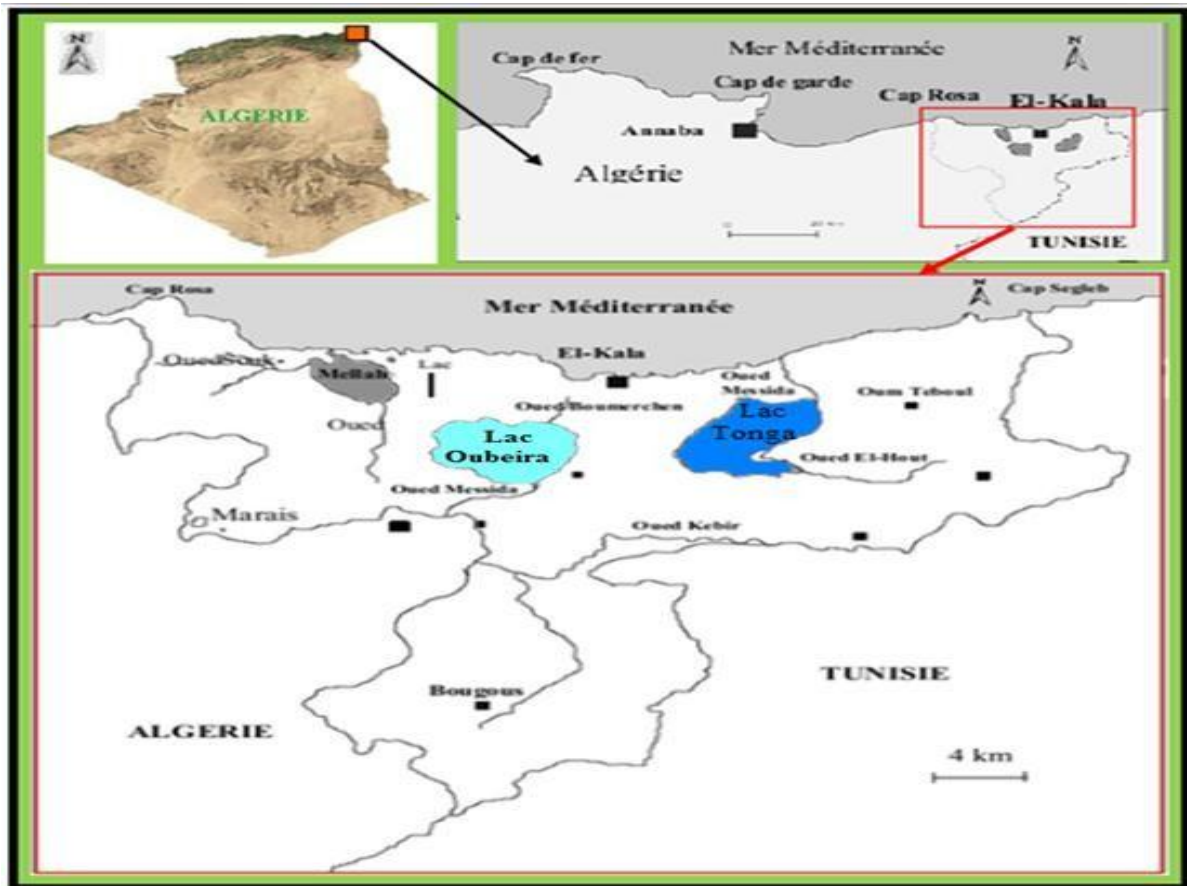


Figure 09 : Localisation du Lac Oubeira dans le Parc National d'E-Kala (Landcap Amenagement, 1998 in Ouarti M, 2018)

III.2. Matériels :

Pour la réalisation de ce travail nous avons eu recours aux outils suivant :

➤ **Logiciel Arcgis 10.2 :**

Le logiciel ArcGIS 10.2 est l'un des Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) les plus utilisés. Ce logiciel offre de nombreuses potentialités pour la manipulation, la gestion, l'analyse et l'édition des données spatiales (**Benchamidcha, 2019**).

Différentes couches d'informations spatiales peuvent être manipulées offrant la possibilité d'analyser une ou plusieurs couches sous le contrôle des autres. Le seul lien entre ces différentes couches est le lien spatial, c'est-à-dire, l'appartenance au même espace géographique et ayant le même système de coordonnées (**Benchamidcha, 2019**).

Les différentes couches d'informations sont descriptives d'un espace géographique terrestre déterminé. Elles peuvent correspondre à des documents cartographiques représentant des objets thématiques géographiquement identifiés (carte de type IGN, photographies aériennes, images satellitaires, etc.) ou issus des analyses et des procédures de spatialisation (carte de la teneur en eau du sol, carte topographique, carte de la hauteur des arbres dans un peuplement forestier, etc.) (**Benchamidcha E, 2019**).

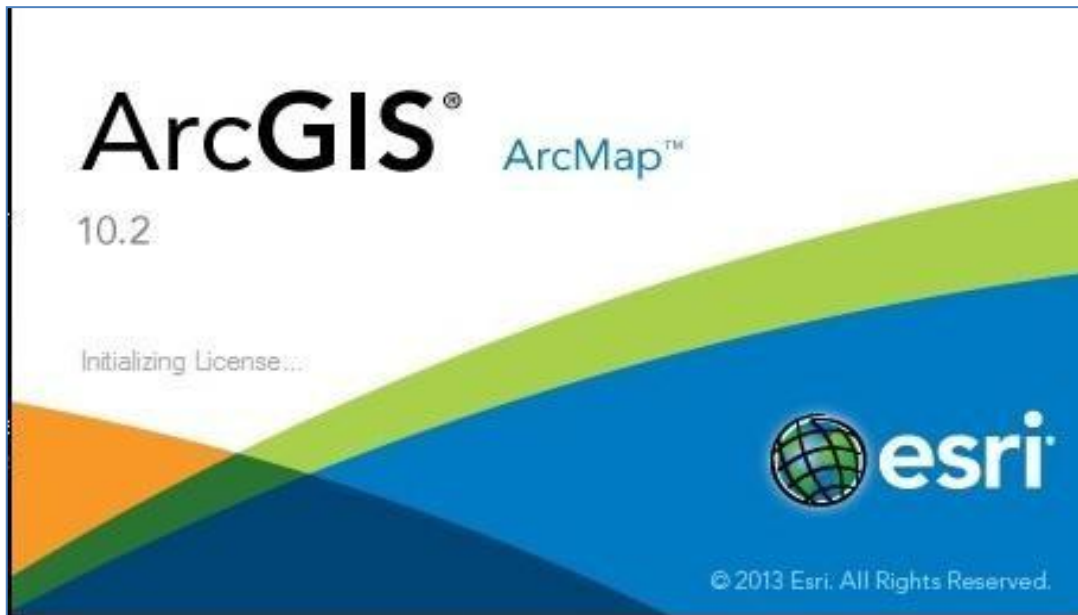


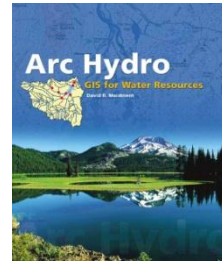
Figure 10 : Interface de logiciel ArcGIS 10.2(**Benchamidcha E, 2019**).

➤ **Le package Arc hydro du logiciel Arcgis :**

Arc Hydro est un ensemble de modèles de données et d'outils qui fonctionnent sous ArcGIS pour prendre en charge les analyses de données sur les ressources hydriques superficielles.

Arc Hydro se compose de deux éléments clés :

- Le modèle de données Arc Hydro ;
- Les outils Arc Hydro.



Ces deux composants structurent une base de données et un ensemble d'outils qui facilitent les analyses effectuées dans le domaine des ressources hydrologiques. Arc Hydro est destiné à fournir les fonctionnalités initiales qui peuvent ensuite être étendues par l'ajout de structures de base de données et de fonctions requises par une tâche ou une application spécifique.

Les outils Arc Hydro fonctionnent dans l'environnement ArcGIS. Certaines des fonctions nécessitent l'extension Spatial Analyste. La majorité des outils sont accessibles via la barre d'outils Arc Hydro, où ils sont regroupés par fonctionnalité en six menus et neuf outils. D'autres outils ont été développés dans l'environnement de géotraitement et sont disponibles dans la boîte à outils Arc Hydro utilisables à la fois dans ArcMap et dans ArcCatalog.

➤ **Un MNT (modèle numérique du terrain) :**

Un modèle numérique de terrain (MNT) est une représentation en 2,5D de la surface d'un terrain ou d'une planète, créée à partir des données d'altitude du terrain. Le MNT ne prend pas en compte les objets présents à la surface du terrain tels que les plantes et les bâtiments. Un modèle numérique d'élévation (MNE) est une représentation des élévations sur un terrain comprenant les plantes et les bâtiments.

Pour les besoins de notre étude nous avons utilisé les produits du site :



Figure11 : L'interface de site OpenTopography (source : <https://opentopography.org/about>)

OpenTopography facilite l'accès à des données topographiques à haute résolution, axées sur les sciences de la Terre, ainsi qu'à des outils et ressources connexes.

L'OpenTopography Facility est basé au San Diego Super computer Center de l'Université de Californie à San Diego et est géré en collaboration avec des collègues de la (School of Earth and Space) Exploration de l'Université d'État de l'Arizona et de l'UNAVCO.

➤ **Les données sur la pédologie de la région :**

Les données sur la texture et la matière organique sont tirés des travaux de l'ISRIC (International Soil Reference and Information Centre <https://www.isric.org/about>).

L'ISRIC est une organisation à vocation scientifique prestataire de services pour les communautés scientifiques internationales, les communautés politiques et le secteur privé qui s'occupent de questions telles que la production alimentaire, la gestion des terres et de l'eau, le changement climatique, la qualité de l'environnement, la justice sociale, l'aménagement du territoire et la biodiversité. L'ISRIC fournit des données sur la qualité des sols par une compréhension approfondie de l'évaluation des sols, de l'analyse des sols et du traitement des données pédologiques. L'ISRIC est une organisation à vocation scientifique, ce qui signifie que les approches et les méthodes utilisées pour construire ses produits sont basées sur des données scientifiques solides. Elle participe à la recherche scientifique dans le domaine de la cartographie des sols, du podomètre et des normes d'information sur les sols, dans le but de générer des connaissances pour innover les méthodes.

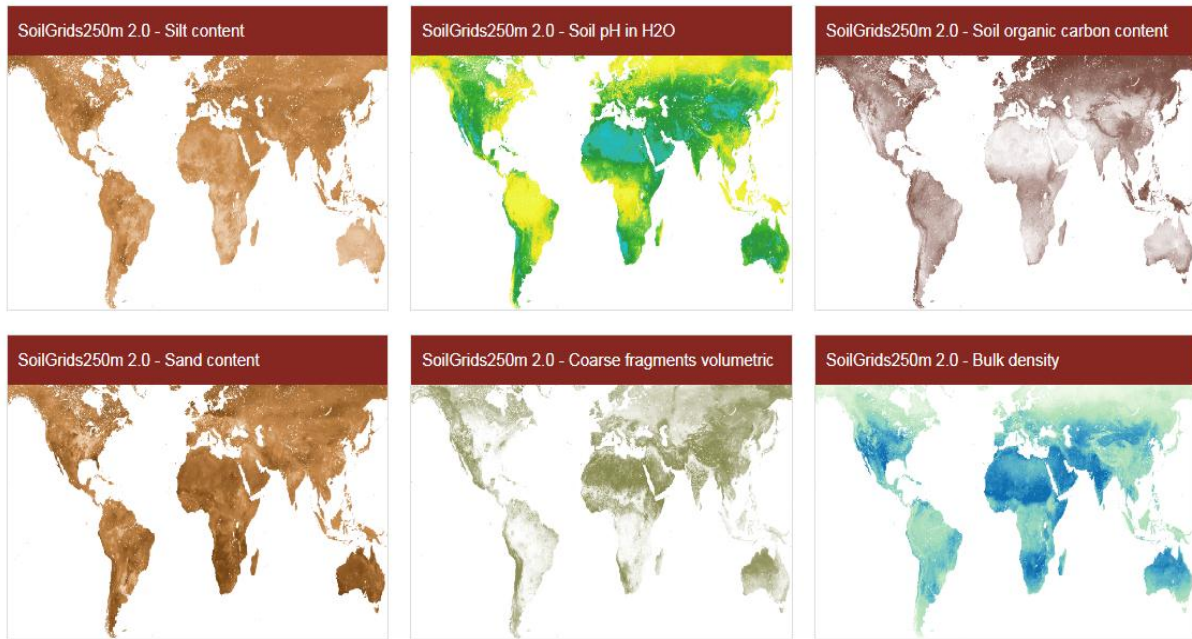


Figure 13 : Les données sur la texture et la matière organique (source : <https://data.isric.org/geonetwork/srv/fre/catalog.search#/home>)

III.3. Méthodologie :

III.3.1. Le modèle USLE

Au début de la modélisation de l'érosion des sols, l'estimation de la perte à long terme de la couche de sol productive, d'un point de vue agronomique, représentait la principale motivation des recherches sur l'érosion. Cette préoccupation a donné lieu au développement de l'équation universelle de pertes de sol (USLE) de **(Wischmeier et Smith, 1978)**. Comme cette équation a été développée pour estimer les pertes de sols d'un champ sur une base annuelle (à partir de paramètres caractérisant le climat, le sol, la topographie, la couverture

Végétale et le contrôle de l'érosion), elle ne tient pas directement compte de l'aspect dynamique de la composante hydrique de l'érosion. Elle est considérée comme étant le modèle qui demande le moins de données sources et elle a été appliqué largement à toutes les Échelles. L'USLE est un modèle empirique simple, basé sur des analyses de régressions de taux de perte en sol, en différents lieux d'érosion, tout d'abord aux USA puis dans le monde entier. Le modèle est conçu pour estimer des taux annuels d'érosion sur le long terme dans les zones agricoles à l'échelle de la parcelle cultivée.

Bien que l'équation ait beaucoup de défauts et de limites, elle est très utilisée à cause de sa Simplicité relative et sa fiabilité **(Desmet et Govers, 1996)**. Elle représente aussi une approche standardisée d'estimation de l'érosion des sols.

III.3.2. Le modèle empirique RUSLE

Le modèle empiriques RUSLE est basé sur l'Equation universel des pertes de sols de Wischmeier et représente une amélioration de l'ancienne. L'équation de Wischmeier révisée était combinée avec les techniques de SIG pour analyser le taux de perte de sol brute et pour évaluer la distribution spatiale des taux de perte de sol sur les différentes occupations des sols **(HyeonSik Kim, 2006 in Akili,2018)**. Il permet d'estimer les pertes en terres pour des prédictions à long terme (>20 ans) et concernant l'érosion en nappe et en rigole des parcelles agricoles. Il s'agit d'un modèle empirique qui réunit les facteurs ayant une incidence sur la vitesse de l'érosion par l'eau, à savoir l'énergie cinétique des pluies intenses, les propriétés dusol, les caractéristiques du terrain, la protection du sol par la couverture végétale et les pratiques anthropiques.

Le modèle se base sur 5 facteurs explicatifs de l'érosion hydrique. Ces facteurs sont l'agressivité climatique, l'érodabilité des sols, le facteur topographique intégrant la pente et la longueur.

III.3.3. Etape de réalisation du Modèle USLE :

- Déterminer le facteur R partir des données climatiques
- Déterminer le facteur K. Si une zone comporte plus d'un type de sol et que ceux-ci ne sont pas très différents, utiliser le type de sol dominant. Répéter cette étape, au besoin, pour les autres types de sol.
- Diviser le champ en sections d'inclinaison et de longueur de pente uniformes. Attribuer une valeur LS à chaque section.
- Trouver les éléments type de culture et méthode de travail du sol propres à la culture envisagée. Multiplier ces deux éléments afin d'obtenir le facteur C.
- Trouver le facteur P en fonction des pratiques de conservation utilisées.
- Multiplier les cinq facteurs afin d'obtenir la perte de terre.

III.3.4. Détermination des différents facteurs influençant le processus d'érosion hydrique :

➤ Agressivité des précipitations (R) :

Le R est un indice d'érosive des pluies. Il caractérise le pouvoir érosif par l'intensité de la pluie ; Plus la pluie est intense et plus elle dure longtemps, plus elle endommage le sol. (Arnoldus ,1980 in El Hafid D, Akdim B, 2018) a développé une formule empirique qui n'implique que les pluies mensuelles et annuelles pour estimer le facteur R

$$\text{LogR} = 1,74 \cdot \text{Log} (P_i^2/P) + 1.29$$

i= 1 ,2,3.....12= mois

P_i : précipitation mensuelles

P : précipitation annuelles.

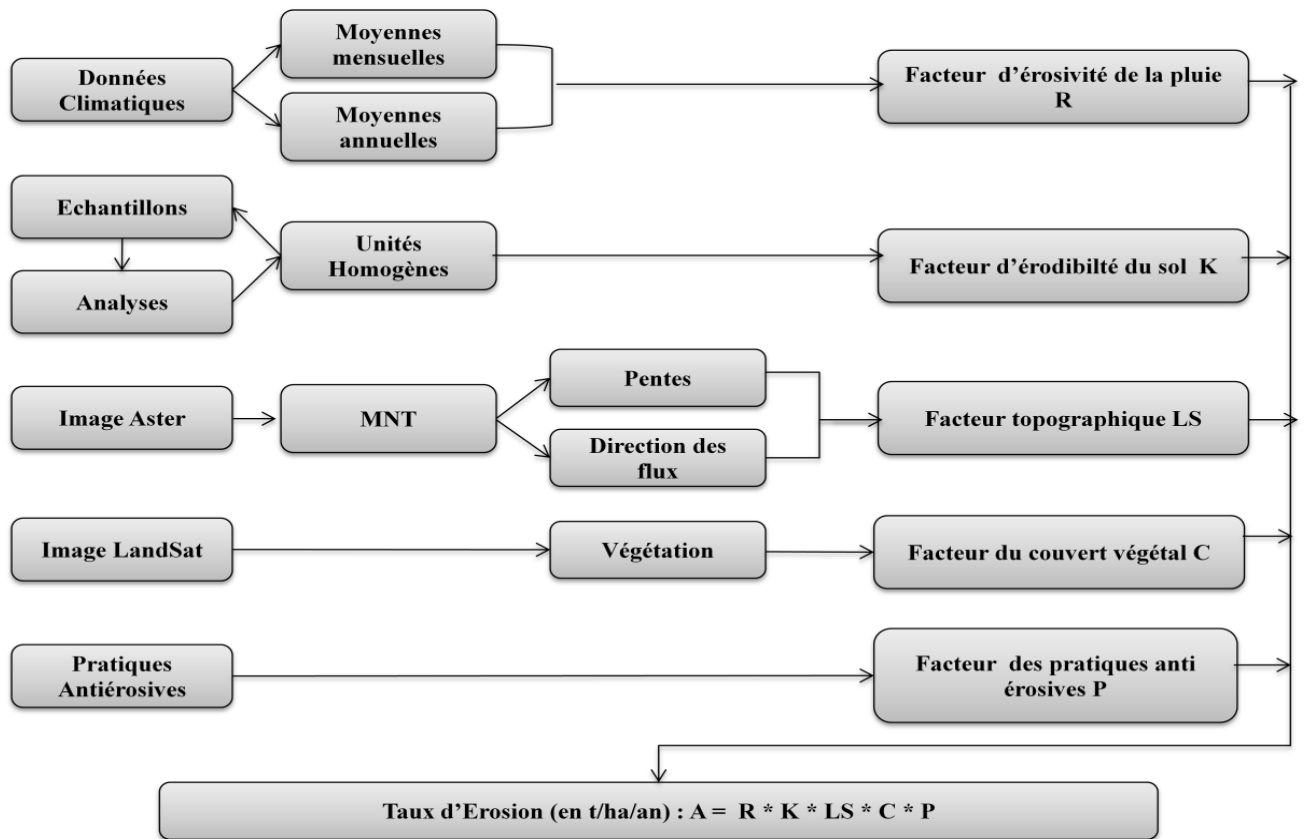


Figure 14 : Organigramme méthodologique du modèle USLE appliqué. (Khali Issa et al.,2016)

➤ **Rodabilité des sols (K)**

Le facteur K indique la susceptibilité du sol à l'érosion mesurée dans le cas de conditions de parcelles standard. Le modèle EPIC (Sharpley et Williams, 1990 in Yuanyuan Y et al., 2018) a été utilisé pour estimer K sur la base de la teneur du sol en carbone organique, argile, sable et limon. Le facteur K a été estimé à 283 endroits au Tibet. La carte de distribution des emplacements est présentée à la figure 12. Nous avons calculé K à ces points en utilisant l'approche suivante

$$K = 0,1317 * \left(0.2 + 0.3 * e^{\left[-0.0256 * SAN \left(1 - \frac{SIL}{100} \right) \right]} * \left(\frac{SIL}{CLA + SIL} \right)^{0.3} \right) * \left[1 - \frac{0.25 * TOC}{TOC + e^{(3.72 - 2.95 * TOC)}} \right] * \left[1 - \frac{0.7 * SN1}{SN1 + e^{(22.9 * SN1 - 5.51)}} \right]$$

Où K est le facteur d'érodabilité du sol ($t\ ha\ h\ ha^{-1}MJ^{-1}mm^{-1}$) ; SAN est la teneur pondérale en sable (%) ; SIL est la teneur pondérale en limon (%) ; CLA est la teneur pondérale en argile (%) ; TOC est la teneur en carbone organique du sol (%) ; $SN=1 -SAN /100$.

✚ Déférent méthode de calculer le facteur d'érodabilité K :

➤ **$K = 311.63 - 4.48 * (SG\% + S\%) + 613.4 * EC + 6.45$ (khali issa et al,2016)**

Avec

SG% : pourcentage du sable grossier ;

S% : pourcentage du sable total

EC : conductivité électrique

➤ **$100 k = 2,1*10^{-4} *(12 - A) M1.14 + 3.25* (S - 2) + 2,5* (P-3)$ (Koudded M,2013)**

Où :

K : le facteur d'érodabilité

A : le pourcentage de matière organique

S : le code de structure

P : la classe des perméabilités

➤ **$k = [2,1*10^{-4} *(12 - MO) M1.14 + 3.25* (S-2) + 2,5*(P-3)]/100$ (El Hafid Driss, Akdim Brahim, 2018).**

K : le facteur d'érodabilité

M : (% sable fin + % limon) (100 - % argiles)

MO : le pourcentage de matière organique

S : le code de structure

P : la classe des perméabilités

➤ **Facteur topographique (LS)**

Le facteur LS est un indice topographique qui représente la morphologie du terrain. Il est calculé à partir du Modèle Numérique du Terrain (MNT) par superposition des cartes des longueurs des pentes et les gradients de pentes. La pente a une influence importante sur le processus de l'érosion hydrique (Hafid et Akdim, 2018).

Le facteur LS est calculé suivant la formule de (Moore and Burch (1985))

$$LS = (\text{Slope Length} / 22.13)^{0.4} * (0.01745 \sin \theta / 0.0896)^{1.4} * 1.4$$

slope length: is flow accumulation * cell resolution

is slope in degree

- La longueur de la pente (SlopeLength) est le flux l'accumulation * la résolution de la cellule
- θ est la pente en degré

Pour calculer le facteur LS à l'aide du MNE dans Arc Map, suivez les étapes suivantes :

1. calculer les puits de remplissage
2. calculer la dérivation suivante en utilisant les données des puits de remplissage comme trame d'entrée
3. calculer l'accumulation suivante en utilisant les données de flux direct comme trame d'entrée
4. calculer la pente du bassin versant en degrés en utilisant le MNE (modèle numérique d'élévation comme couche d'entrée (Arc Map → outils d'analyse spatiale → surface → pente)
- 5- écrire la formule du facteur LS ci-dessous dans Arc Map → outils d'analyse spatiale → Carte Puissance ("accumulation de flux "*" "résolution cellulaire"/22,13, 0,4) * puissance (sin ("pente en degré "*"0,01745) /0,0896, 1,4) *1,4
Puissance ("fac "*" 30/ 22,13, 0,4) *puissance (sin ("pente en degré ») *0,01745/0,0896, 1,4) *1,4

➤ **Occupation des sols (C) :**

Ce facteur sert à exprimer l'effet du couvert végétal présent dans les bassins versants. Ce facteur tient compte de la nature et de la densité du couvert végétal. L'occupation du sol et le couvert végétal ont été obtenu en utilisant un NDVI. Les valeurs du facteur C correspondant à chaque utilisation du sol sont déterminées par le tableaux extrait des travaux de ROOSE 1994 au Nord d'Afrique, (Sadiki et al 2004 et El Garouani et al 2009 in Koudded, 2013) au Maroc.

Tableau01 : Les valeurs du facteur C correspondant à chaque utilisation du sol (**Sadiki et al 2004 et El Garouani et al (2009) in Koudded, 2013**)

Grand type de couverture des terres	Sous type de couverture de terres	Facteur C	Taux probable de matière organique
Céréalière, fourragère et oléagineuse	Non différenciée	0.7	0.2
Agriculture maraichère (légume, tubercules)	En serre	0.1	2
	Traditionnelle	0.5	2
Prairie et pâturage (parcours)	Naturelle	0.03	1
	Anthropique	0.05	1
Arboriculture	Non différenciée	0.4	4
Matorral	Non différencié	0.07	0
Maquis et garrigue	Ouvert < 20% de couvert ligneux	0.06	1
	Moyennement dense 20-60%	0.03	1
	Dense > 60%	0.02	1
Plantation forestière résineuse	Faible densité < 50%	0.04	1
Foret feuillue	Faible densité < 50%	0.04	1
Foret feuillue	Moyennement dense 50-75%	0.02	1
Foret résineuse	Faible densité < 50%	0.04	1
	Moyennement dense 50 – 75%	0.02	1
	dense > 75%	0.005	2
Sans végétation	Sol nu dégradé	0.9	0.2
	Jachère	0.9	0.2
Agglomération	Peu à faiblement boisées	0.08	0.2

➤ **Facteur P :**

Paramètre sans dimension, qui représente le niveau de protection du sol et les pratiques antiérosives réduisant la vitesse de ruissellement et diminuant ainsi le risque de

l'érosion hydrique, à savoir les cultures en courbe de niveau, en bandes alternées ou en terrasse, les reboisements en banquettes, le buttage et le billonnage. Les valeurs du facteur de pratique antiérosif sont suivant les méthodes de culture et de la pente et sont déterminées à partir de deux éléments existants. Les valeurs de P sont comprises entre 0 et 1, dans lequel la valeur 0 représente un très bon milieu de résistance à l'érosion d'origine humaine et la valeur 1 montre une absence de pratique anti érosive.

Tableau2 : Facteur de pratiques anti-érosives P adopté selon RUSLE

type d'aménagement	pente%	Indice
Banquette de rétention	0-5	0,1
Banquette de rétention	5-15	0,12
Banquette de rétention	15-25	0,16
Banquette de rétention	25-35	0,18
Banquette de rétention	>35	0,28

Chapitre IV :

Résultats et Discussion

IV. Caractérisation du Bassin et Bassin Versant du lac Oubeira :

1. Délimitation des sous bassin du Lac Oubeira :

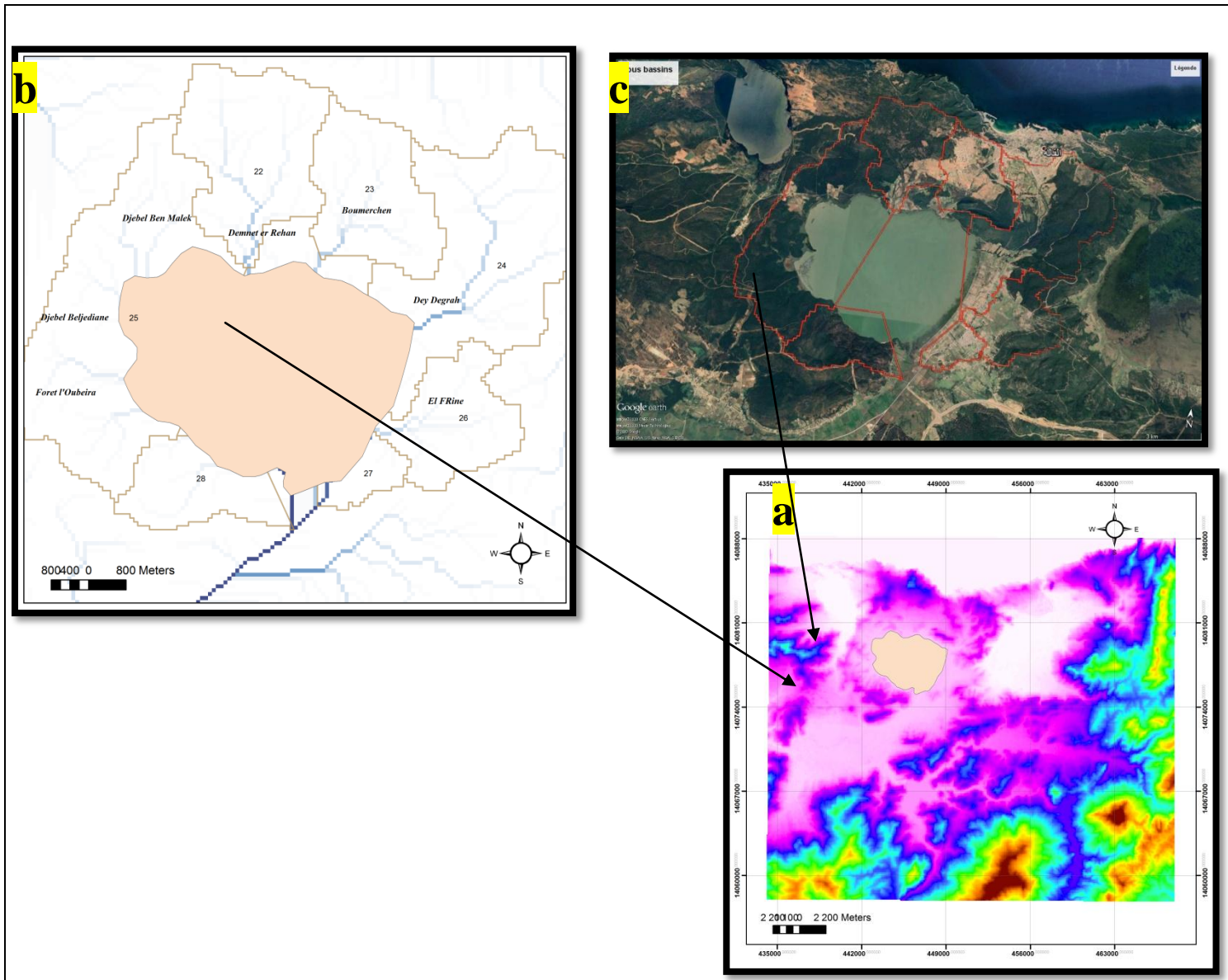


Figure 15 : Délimitation des sous bassin du Lac Oubeira (a : MNT de la Zone d'étude, b : Cartes des principaux sous bassins versant du lac Oubeira, c : Image Google earth représentant principaux sous bassins versant du lac Oubeira)

À partir d'une image MNT de la zone d'étude nous avons extrait sept (07) principaux sous bassins versant (SBV) entourant le lac Oubeira. Ces SBV se distinguent par :

➤ La Longueur du périmètre des SBV :

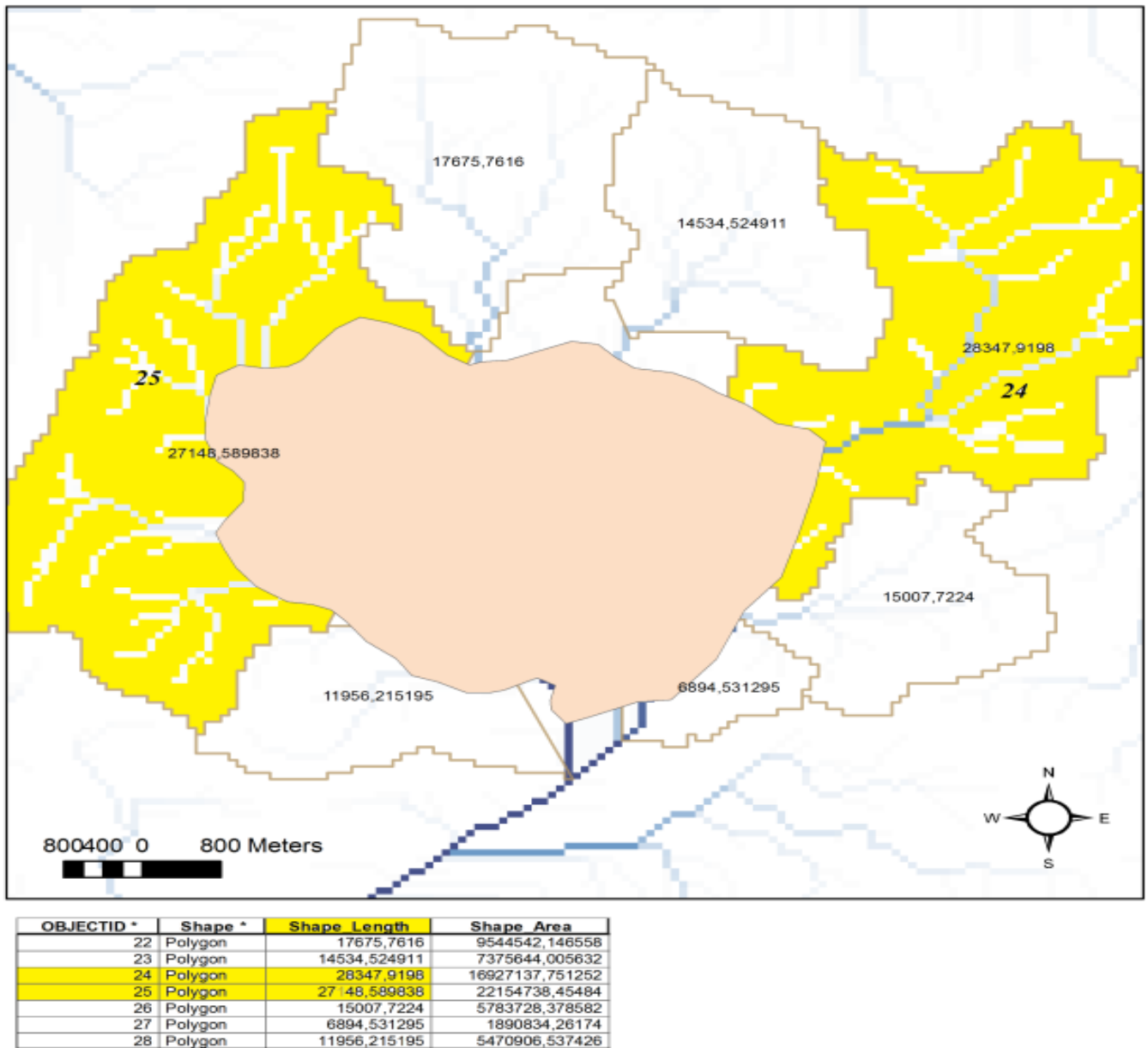
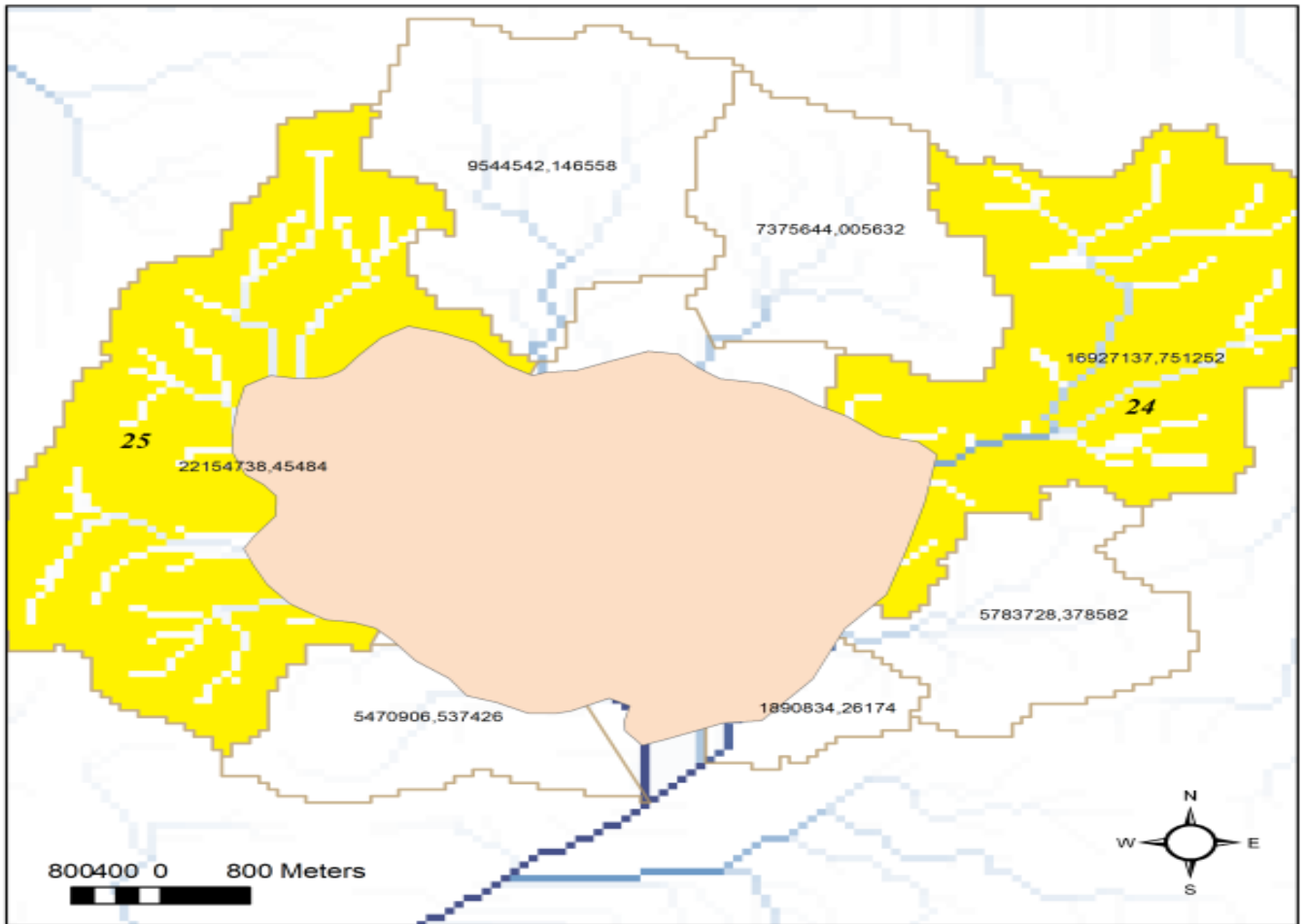


Figure16 : Carte longueur du périmètre des SBV

De point de vue périmètre nous distinguons

- le SBV (24) déversant dans la zone Nord -Est (Degrah) 28347.9198 m
- Le SBV (25) déversant dans la zone Ouest 27148.60 m

➤ La surface des SBV :



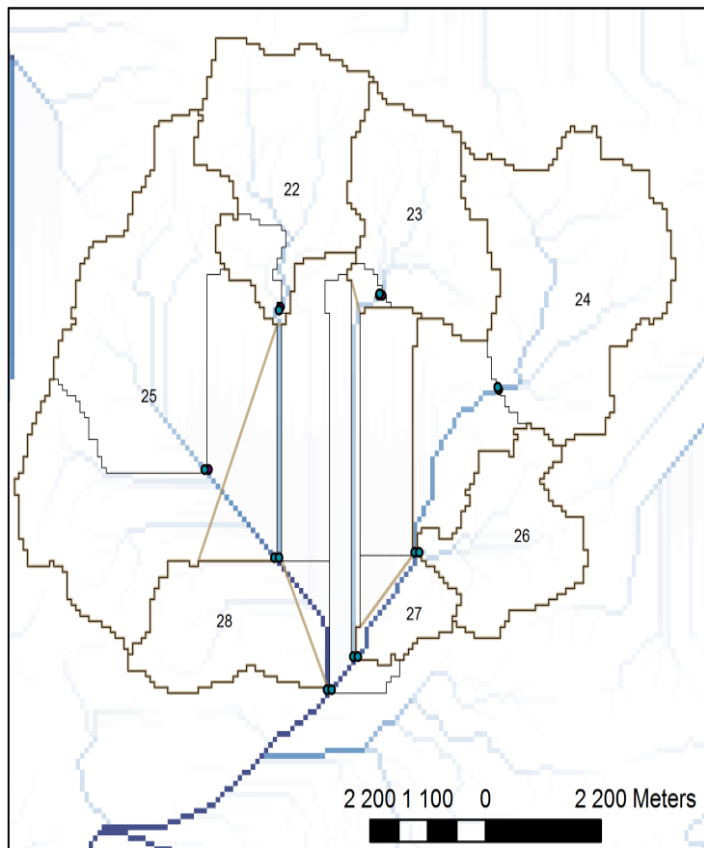
OBJECTID *	Shape *	Shape Length	Shape Area
22	Polygon	17676,7616	9544542,146558
23	Polygon	14534,524911	7375644,005632
24	Polygon	28347,9198	16927137,751252
25	Polygon	27148,589838	22154738,45484
26	Polygon	15007,7224	5783728,378582
27	Polygon	6894,531295	1890834,26174
28	Polygon	11956,215195	5470906,537426

Figure17 : Carte des surfaces des SBV

De point de vue surface nous distinguons

- le SBV (24) situé dans la zone Nord -Est (Degrah)
- Le SBV (25) situé dans la zone dans la zone Ouest

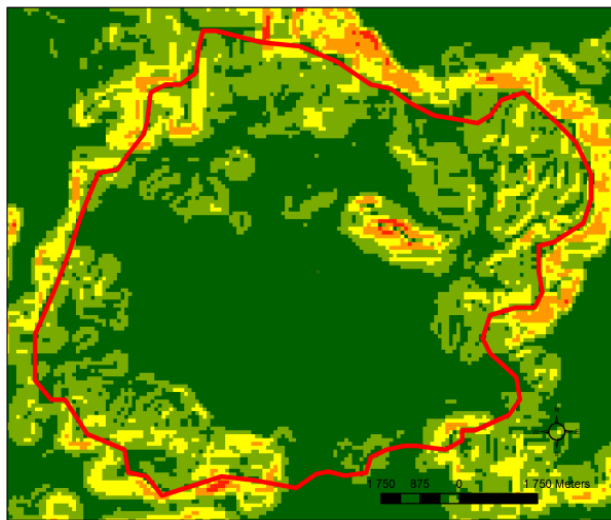
2. Caractéristique hydrologique :



OBJECTID *	BottomElev	TopElev	SlcElev	CumArea	CumVolume
22	178,2	195	186,6	7382595,584685	843763940,002188
23	22	22	22	340628,233192	0
24	22	36,5	29,25	3441040,314896	30173405,023847
25	36,5	51	43,75	5199794,25362	90468078,097073
26	51	65,5	58,25	7153192,897025	179695296,201804
27	65,5	80	72,75	9426364,983835	298786573,281872
28	80	94,5	87,25	11963697,741283	453470024,932173

Figure18 : Caractéristiques hydrologiques des SBV

Les caractéristiques hydrologiques des SBV représentées à la figure précédente font ressortir l'importance de certaines SBV. Ces éléments donnent une idée sur les possibilités d'aménagement pour améliorer les risques d'érosion.

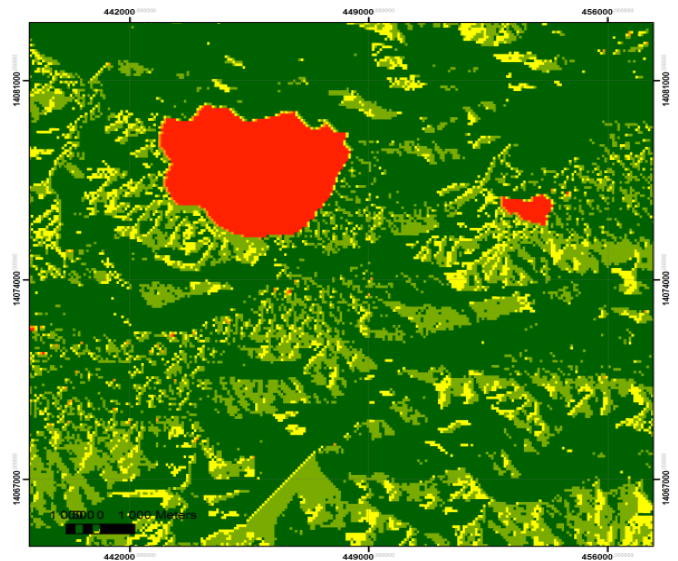


Legende

Reclass_Slop1 Value	Color
1	Green
2	Light Green
3	Yellow
4	Orange
5	Red

OBJECTID *	Shape *	Id	gridcode	Shape_Length
1	Polygon	1	1	214733.963207
2	Polygon	2	2	307325.183132
7	Polygon	7	3	113399.965897
4	Polygon	4	4	21907.276773
193	Polygon	193	5	3126.589279

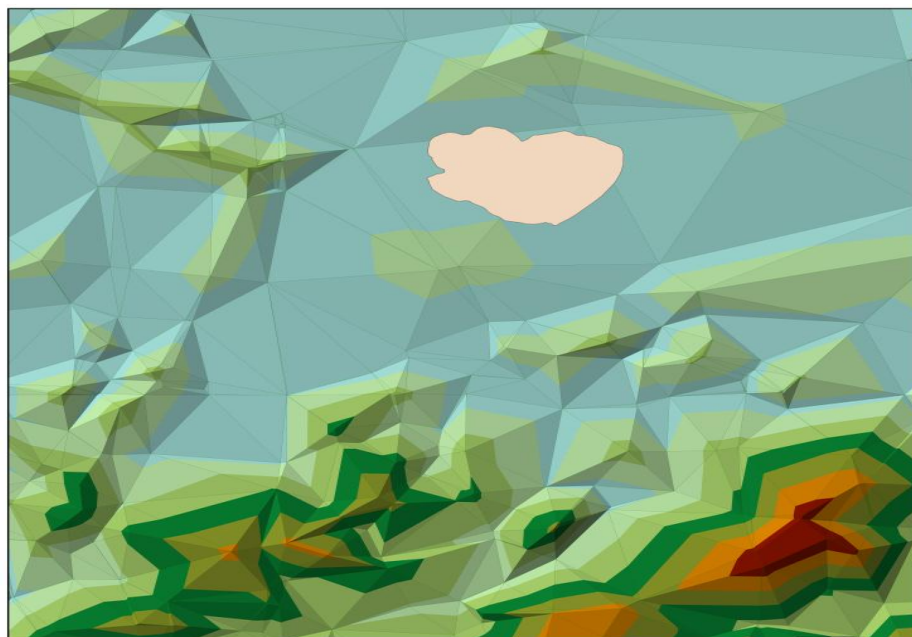
Figure19 : Carte des pentes



Legend

Fdr VALUE	Color
1 - 36	Green
36.1 - 96	Light Green
96.1 - 168	Yellow
169 - 231	Orange
232 - 255	Red
laccc2	Light Orange

Figure20 : Direction des Flux



Legend

Edge type	Color
Regular Edge	Green
Soft Edge	Light Green
Outside Edge	Yellow

Elevation	Color
1291 - 1408	Red
704 - 821	Orange
587 - 704	Yellow
469 - 587	Light Green
352 - 469	Green
235 - 352	Light Green
117 - 235	Yellow
0 - 117	Green

Figure 21 : Représentation 3D de la topographie de la zone du lac

Le bassin est caractérisé par plusieurs classe de pentes. La première catégorie (C1 : 0 à 5%) correspond à la zone de fluctuation des eaux du lac (cas du versant sud). Les pentes de la classe C1 et C2 (C2 : 5 à 10%) (Figure19) occupent 50% de la surface du BV. Les terrains situés dans les pentes > à 25% ne représente que 8% de la superficie totale. Les terrains à fortes pentes correspondent aux zones d'affleurement du complexe argilo-gréseux du numidien. Il s'agit des versants des forêts domaniales d'El Oubeira, de Khanguet Aoun et de la calle. La valeur de l'indice des pentes ($D_s=61,55m$) et la dominance des faibles pentes révèlent un relief modéré avec de faible incision qui ralentissent la vitesse du ruissellement de surface et diminuent les forces érosives qui se développent en surface lors des précipitations. Le BV possèdent un réseau hydrographique lâche, déversant tous leurs eaux au lac. La faible valeur du rapport de confluence (1,95) indique une érosion et une torrentialité moyenne au niveau du BV (Messrer ,1999).

➤ Réseau Hydrographique :



Figure22 : Image Google Earth du réseau hydrographique du BV du lac Oubeira

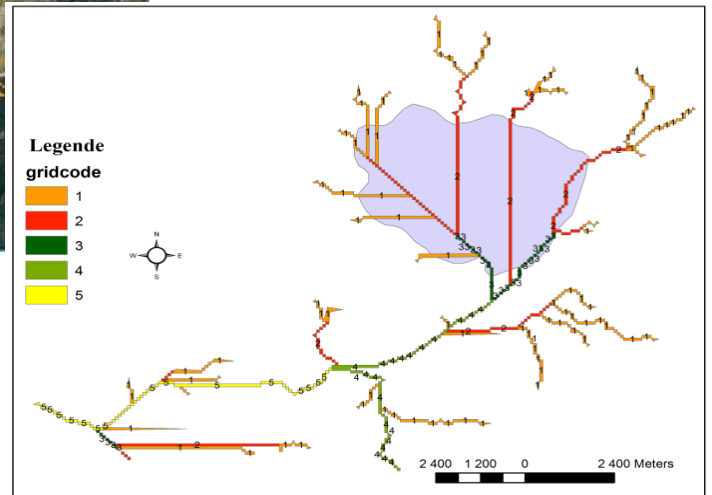


Figure 23 : carte du chevelu hydrographique du BV du lac Oubeira

Tableau3 : Classes de cours d'eau du réseau hydrographique

classes	longueur	surface
1	124664,991609	3862009,432013
2	68955,040246	2226432,236436
3	15674,732217	389289,409363
4	22977,89896	709668,051956
5	22937,374829	672532,60218

Le réseau hydrographique est devisé en 05 classes de cours d'eau. Les deux premières classes dominant le BV du lac

➤ Réseau de drainage



Figure24 : Réseaux de drainage (Image Google earth)

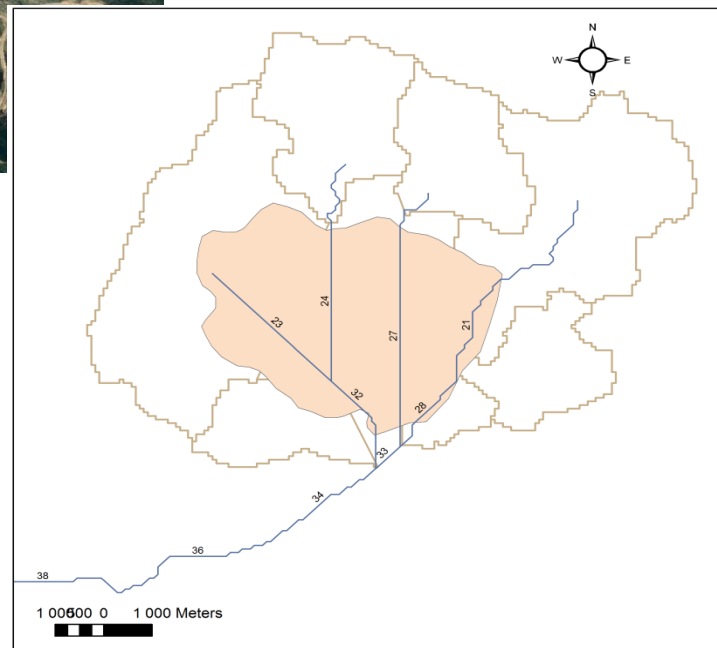


Figure25 : Longueur des segments du réseau de drainage

Tableau4 : longueur des segments du réseau de drainage

Réseau	Couche	arcid	from node*	to node*	Longueur
21	Polyline	21	21	28	5539,61107
23	Polyline	23	25	29	3478,398122
24	Polyline	14	18	29	5337,814594
27	Polyline	27	20	34	6182,919294
28	Polyline	28	28	34	2067,646376
32	Polyline	32	29	37	2380,920876
33	Polyline	33	34	37	707,4708
34	Polyline	34	37	39	1630,534747
36	Polyline	36	39	40	3568,418588
38	Polyline	38	40	43	5201,407682

Le BV et le Bassin du lac Oubeira sont drainé par plusieurs segments assurant l'évacuation et le renouvellement de l'eau. Le réseau de drainage du lac a la particularité de fonctionner dans deux sens

2. Occupation du sol autour du bassin versant du lac Oubeira :
2.1. Evolution de l'occupation du sol de la wilaya d'ElTarf :

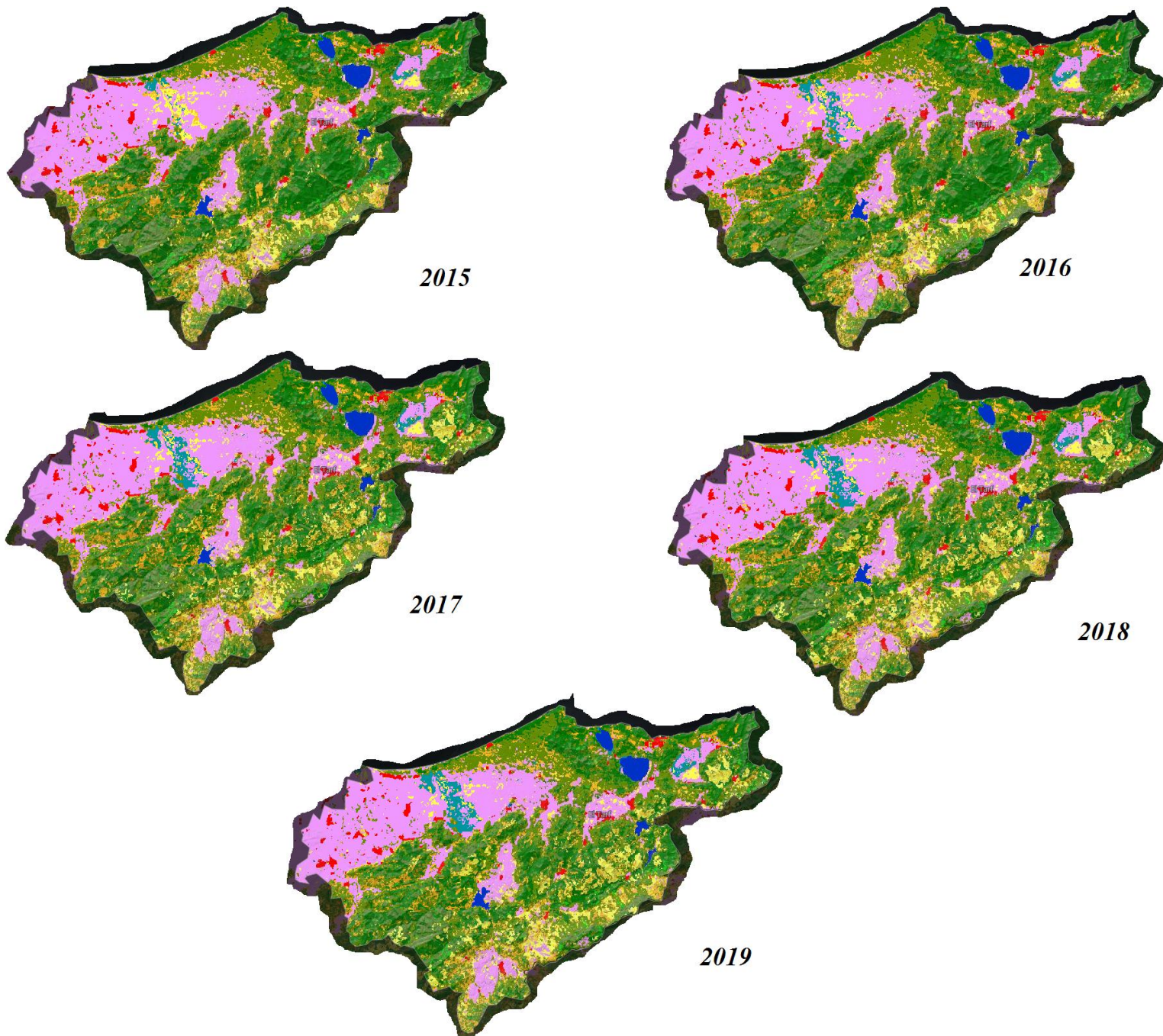
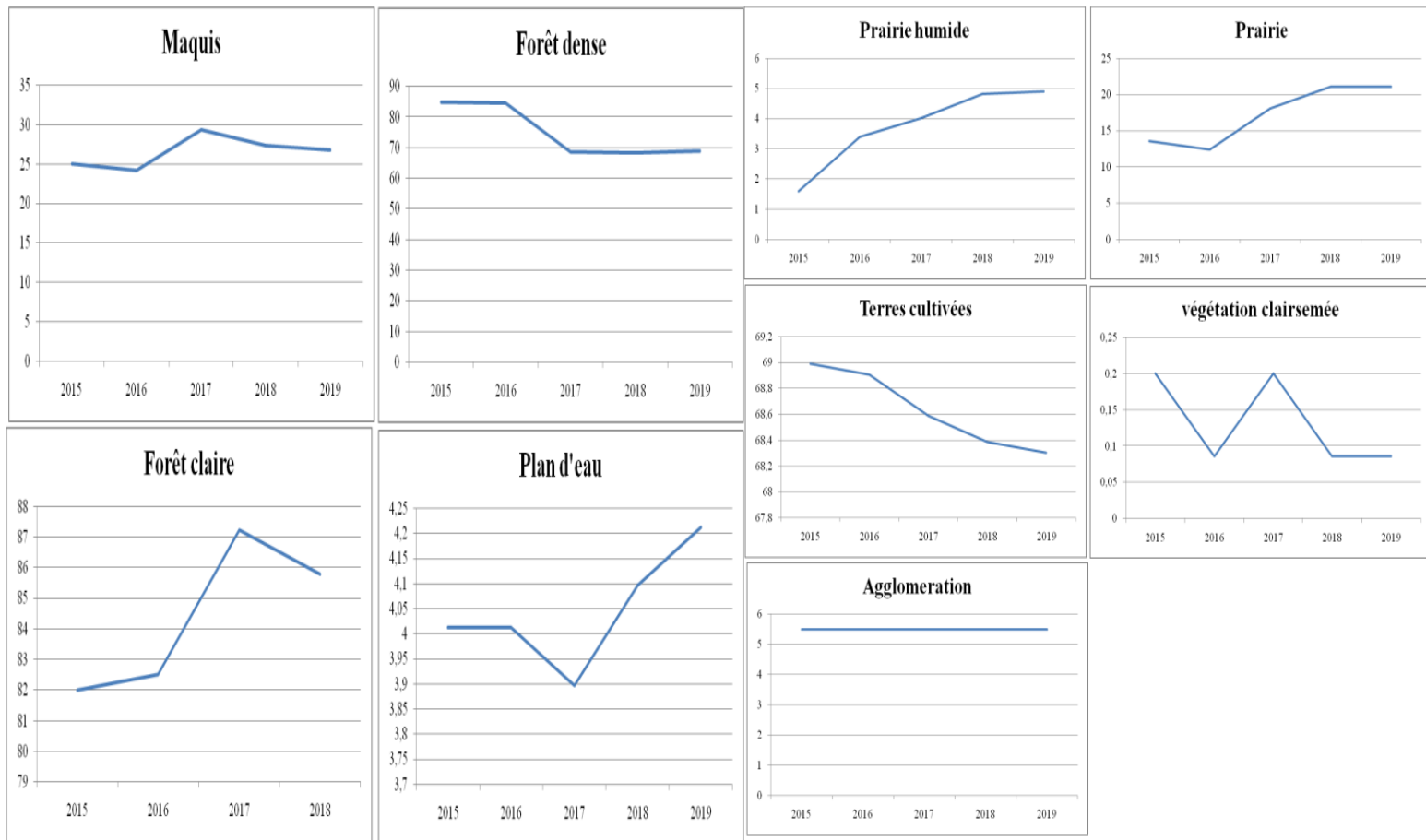


Figure 26 : Cartes évolution de l'occupation du sol de la région de la wilaya d'El-Tarf entre (2015-2019) (Buchhorn et al ,2020).



Figures 27 : graphes d'évolution de l'occupation du sol (km²) de la région de la wilaya d'El-Tarf entre (2015-2019) (Buchhorn et al ,2020)

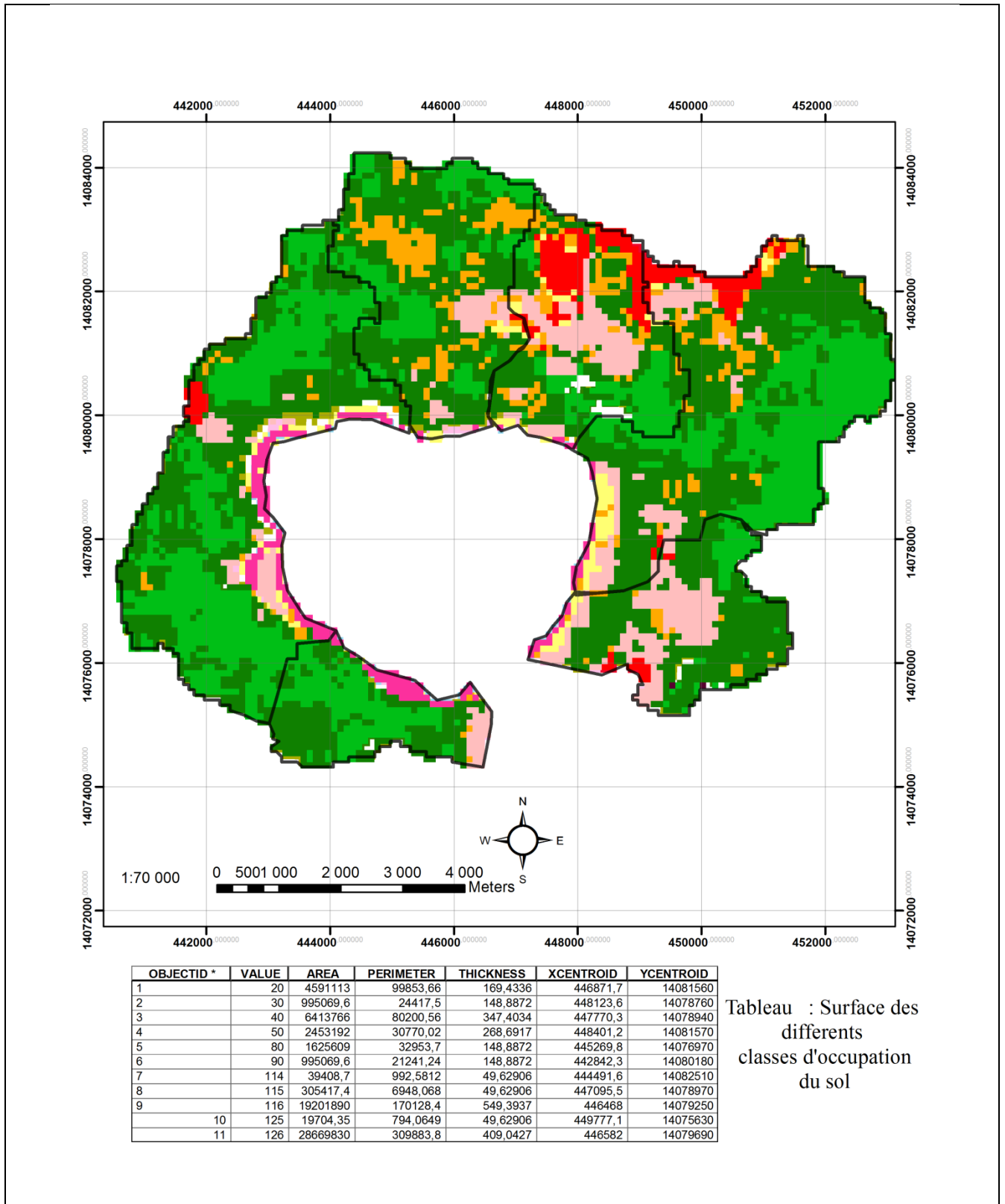


Figure28 : Occupation du sol autour du bassin versant du lac Oubeira.

Discussion :

L'intensité de l'érosion dépend de plusieurs facteurs climatiques géomorphologiques, hydro-climatiques et socio-économiques. Les investigations nécessaires pour caractériser cette dynamique et les facteurs de causalité sont souvent lourdes à mettre en œuvre et coûteuses. Elles permettent cependant de cerner les zones les plus sensibles, prioritaires pour l'investigation et l'aménagement.

L'utilisation d'une approche basée sur le système d'information géographique (SIG) nous a permis :

- la détermination des sous bassins qui présentent une liaison directe avec le plan d'eau permanent du lac. Ces SBV représentent, en principe, l'unité géographique sur laquelle se base l'analyse du cycle hydrologique et de ses effets. Toutefois, la délimitation topographique nécessaire à la détermination en surface du bassin versant naturel n'est pas suffisante. Lorsqu'un sol perméable recouvre un substratum imperméable, la division des eaux selon la topographie ne correspond pas toujours à la ligne de partage effective des eaux souterraines. Le bassin versant est alors différent du bassin versant délimité strictement par la topographie. Il est appelé dans ce cas bassin versant réel. Les sept SBV retenus ont un impact différent sur la qualité et l'intégrité de l'eau du lac. Cette différence est le reflet de plusieurs facteurs.

- Les caractéristiques géométriques sont représentées par le périmètre et la surface. Le SBV versant étant l'aire de réception des précipitations et d'alimentation des cours d'eau, les débits vont être en partie reliés à sa surface. La forme d'un SBV versant influence l'allure de l'hydrogramme à l'exutoire du bassin versant. Par exemple, une forme allongée favorise, pour une même pluie, les faibles débits de pointe de crue, ceci en raison des temps d'acheminement de l'eau à l'exutoire plus importants. Ce phénomène est lié à la notion de temps de concentration.

Tableau 5 : Caractéristiques géométriques

	KG	Surface	Périmètre
22	1,602	9,545	17,676
23	1,499	7,376	14,535
24	1,929	16,927	28,348
25	5,107	2,215	27,149
26	1,747	5,784	15,008
27	1,404	1,891	6,895
28	1,431	5,471	11,956

De ce point de vue géométrique trois SBV présentent des caractéristiques qui peuvent rendre leur influence importante sur la qualité de l'eau du lac.

- L'influence du relief sur l'écoulement se conçoit aisément, car de nombreux paramètres hydrométéorologiques varient avec l'altitude (précipitations, températures, etc.) et la morphologie du bassin. En outre, la pente influe sur la vitesse d'écoulement. Le relief se détermine lui aussi au moyen

Tableau 6 : Paramètres du relief

	Min élévation	Max Elévation	Elévation moyenne
22	178,2	195	186,6
23	22	22	22
24	22	36,5	29,25
25	36,5	51	43,75
26	51	65,5	58,25
27	65	80	72,75
28	80	94,5	87,25

- Les SBV se distinguent également par leur situation par rapport au relief. Les SBV de basse altitude (23,24, 25) avec une dominance des pentes de C1 et C2 d'une part et les SBV de moyenne altitude (22,28,27). La vitesse d'écoulement et en conséquence l'intensité de l'érosion seront plus intense pour le cas du deuxième groupe.



Conclusion

La qualité de l'eau du lac et le risque de sa dégradation face à l'eutrophisation repousse l'effort d'investigation au-delà des limites du bassin en remontant l'historique de la provenance de l'eau à travers le bassin versant. La caractérisation des éléments déterminants l'influence du bassin versant permet d'entamer des aménagements correctifs.

Dans cette première phase nous avons réussi à extraire des informations de bases pour le calcul de paramètres géomorphologiques, hydrologique, et anthropique en se base sur un support de données spatiales. Le nombre et les caractéristique géomorphologique des sous bassins et une information importante pour la prise de décision en matière d'aménagement sachant que la taille du bassin versant est un paramètre qui joue un rôle important dans l'efficacité et la réussite des interventions de gestion.

L'étude de La relation entre les utilisateurs de l'eau en amont et en aval, est importante afin d'établir un tableau clair des impacts possibles de l'utilisation des terres tant sur le régime hydrologique (disponibilité en eau) que sur la qualité de l'eau, et des échelles auxquelles ces impacts exercent leur incidence. L'occupation du sol dans le cas des SBV du lac Oubeira est d'après nos résultats peut avoir une incidence néfaste dans le cas de certaine situation qu'il faudrait prendre en considération dans la prise de décision d'intervention.

Perspective :

Ce modeste travail est très ambitieux va permettre la poursuite de l'étude de la relation bassin - bassin versant. La composante pédologique est importante et nécessaire pour la détermination de l'objectifs principale qui est évaluation le risque d'érosion. Dans la deuxième phase de cette étude il va falloir s'attaquer aux composantes du sol afin de pouvoir complété l'expression de l'équation du modèle d'érosion.

Référence bibliographique

1. **Benchamidcha E, 2019** : Modélisation hydrologique du bassin versant de l'oued Saf Saf par HEC-HMS. Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master dans Domaine : sciences et technologie, p28.
2. **Boudiba et Maalem, 2016** : Une nouvelle approche Web SIG pour la gestion et suivi des projets d'investissement Cas d'étude : Wilaya de Tébessa. MEMOIRE Pour l'Obtention du Diplôme DE MASTER de DOMAINE : Mathématique et Informatique,20-21p.
3. **Boumaraf W.,2010** : Cartographie et impact de la qualité des eaux du lac Oubeira sur la relation sol-végétation (Parc National d'El Kala). Mémoire Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magistère en Ecologie Végétale,10-12p
4. **Bouriche S.,2018** : Contribution à la comparaison des deux milieux lacustres (cas d'étude lacs Mézaia et Tamelaht). Mémoire de Fin de Cycle En vue de l'obtention du diplôme master,3p
5. **Brahmia Z., 2002** : Rôle fonctionnel du lac Oubeira et du lac Mellah (parc national d'El-Kala) pour les oiseaux marins. MEMOIRE Présenté en vue de l'obtention du diplôme de MAGISTERE, 20p
6. **Buchhorn, M.; Smets, B.; Bertels, L.; Lesiv, M.; Tsendbazar, N.-E.; Masiliunas, D.; Linlin, L.; Herold, M.; Fritz, S. (2020)**. Copernicus Global Land Service: Land Cover 100m: Collection 3: epoch <YEAR>: Globe (Version V3.0.1) [Data set]. Zenodo. DOI:<DOI>
7. **El Hafid D, Akdim B**. Quantification De L'érosion Hydrique En Utilisant Le Modèle Rusle Et Déposition Intégrée Dans Un Sig. Cas Du Bassin Versant De L'oued Isly (Maroc Oriental). European Scientific Journal, European Scientific Institute, 2018, 14 (5), p377.
8. **Khali Issa1, K. Ben Hamman Lech-Hab1, A. Raissouni1, A. El Arrim1**.Cartographie Quantitative du Risque d'Erosion des Sols par Approche SIG/USLE au Niveau du Bassin Versant Kalaya (Maroc Nord Occidental).Quantitative Mapping of Soil Erosion Risk Using GIS/USLE Approach at the Kalaya Watershed (North Western Morocco),2016, 7 (8), 2785p. disponible sur <http://C:/Users/ECT/Downloads/291-JMES-2151-Khali%20Issa.pdf> >. Date de consultation 10 Fevrier 2016.
9. **Koudded M,2013** : Cartographie des risques d'érosion hydrique des sols au moyen du Système d'Information Géographique Cas du bassin versant de l'oued Fergoug. Mémoire de fin d'études En vue de l'obtention du diplôme de Magister dans Spécialité

: Sciences Agronomiques dans option : Gestion conservatoire des eaux, des sols et de l'environnement, p66-

10. **Moultazem G.,2010** : Contribution à la gestion des données géographiques : Modélisation et interrogation par croquis. THESE En vue de l'obtention du DOCTORAT DE L'UNIVERSITE DE TOULOUSE Délivré par l'UNIVERSITE DE TOULOUSE III – Paul SABATIER,17p
11. **Ouarti M, 2018** : contribution à l'étude de la biodiversité phytoplancton que dans le lac Oubeira- el-kala (nord-est algérien). Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master dans Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie, p19.
12. **Sarri DJ. Djellouli Y. and Alatou DJ. 2014:** Biological diversity of the National park of El-Kala (Algeria) - valorization and Protection-Biodiversity Journal. Italy. 5(4) :526-527.
13. **Sarri D.,2017** : Développement durable au sein des aires protégées algériennes, cas du Parc National d'El-Kala et des sites d'intérêts biologique et écologique de la région d'El-Tarf. Thèse pour l'obtention du diplôme de doctorat en science, 15-17p.
14. **Shimontipaul.** Managing the environment using GIS (en linge) (07/04/2018). <https://www.geospatialworld.net/blogs/managing-the-environment-using-gis/#:~:text=GIS%20can%20be%20used%20most%20effectively%20for%20environmental%20data%20analysis%20and%20planning.&text=GIS%20can%20aid%20in%20hazard,and%20its%20remedial%20actions%20etc>
15. **Yuanyuan Y, Ruiying Z, Zhou S, Raphael A. ViscarraRosselb, Dan Wanc, ZongzhengLianga.** Catena. Integrating multi-source data to improve water erosion mapping in Tibet, China, p35. Disponible sur <file:///C:/Users/ECT/Downloads/yang2018.pdf>. date de consultation 17 May 2018.
16. **Wischmeier, W.H., et D.D. Smith, 1978,** « Predicting Rainfall Erosion Losses - À Guide to Conservation Planning ». *Agriculture Handbook*, n° .537, Department of Agriculture Science and Education Administration, Washington, District of Columbia USA. U.S.
17. **Desmet, P.J.J., et Govers, G.1996.** A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *Journal of Soil and Water Conservation* Septembre 1996, 51 (5) 427-433.

➤ **Site web:**

- ❖ <https://opentopography.org/about>
- ❖ <https://data.isric.org/geonetwork/srv/fre/catalog.search#/home>
- ❖ http://cfwet.byethost24.com/lac_oubeira/lac_oubeira.html?i=1
- ❖ https://docs.qgis.org/3.4/fr/docs/gentle_gis_introduction/raster_data.html
- ❖ <http://igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2013/MapInfo/sig.html>
- ❖ [https://www.geospatialworld.net/blogs/managing-the-environment-using-gis/#:~:text=GIS%20can%20be%20used%20most%20effectively%20for%20environmental%20data%20analysis%20and%20planning.&text=GIS%20can%20aid%20in%](https://www.geospatialworld.net/blogs/managing-the-environment-using-gis/#:~:text=GIS%20can%20be%20used%20most%20effectively%20for%20environmental%20data%20analysis%20and%20planning.&text=GIS%20can%20aid%20in%20)

Annexe

Copernicus Global Land Service

<https://land.copernicus.eu/global/index.html>

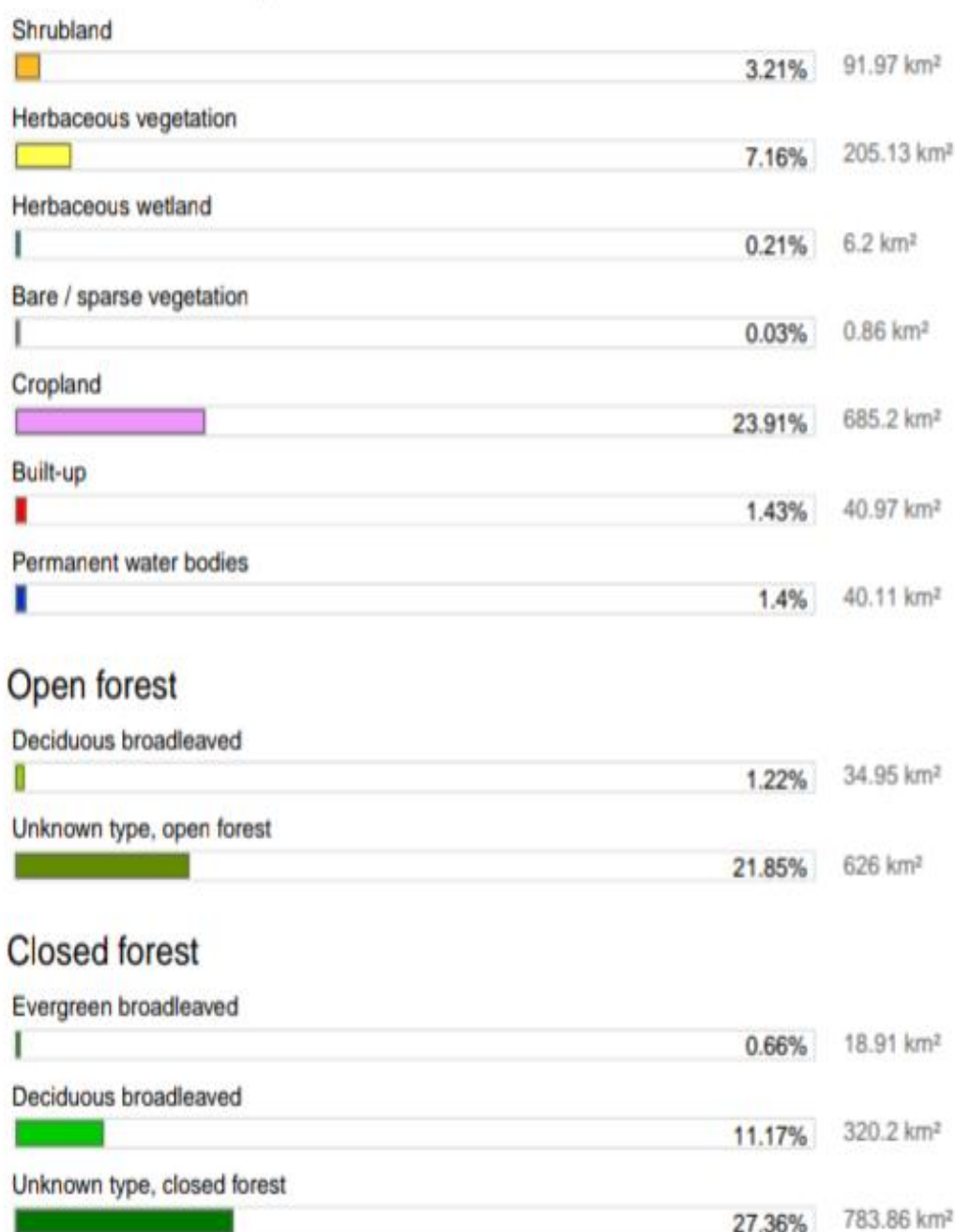
(Buchhorn et al ,2020)

El-Tarf

Year: 2015
Total area: 2,865km²
Country: Algeria



Land Cover composition

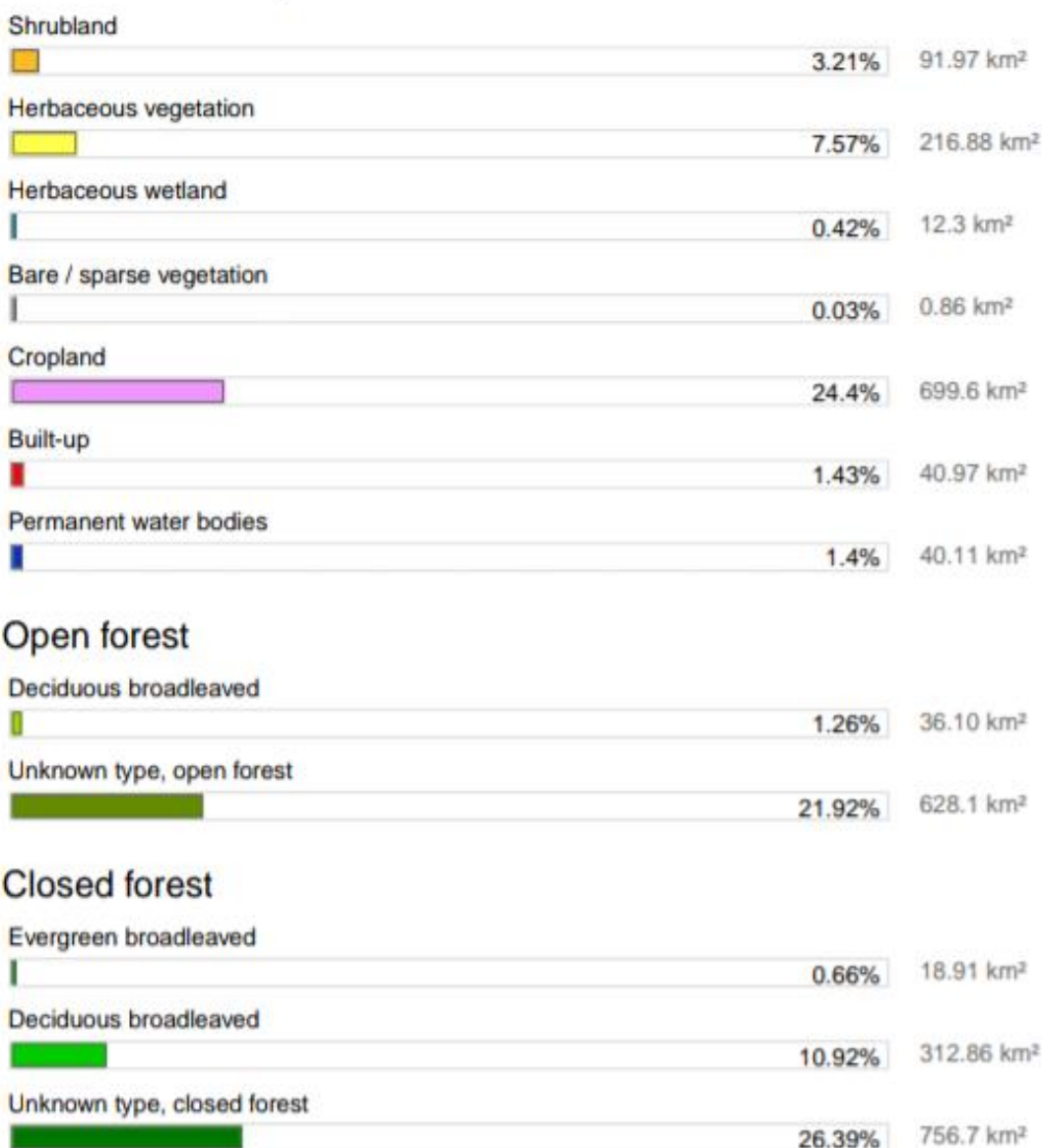


El-Tarf

Year: 2016
Total area: 2,865km²
Country: Algeria



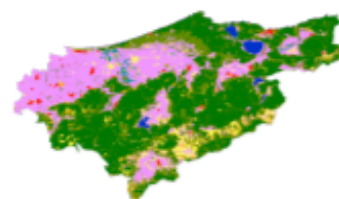
Land Cover composition



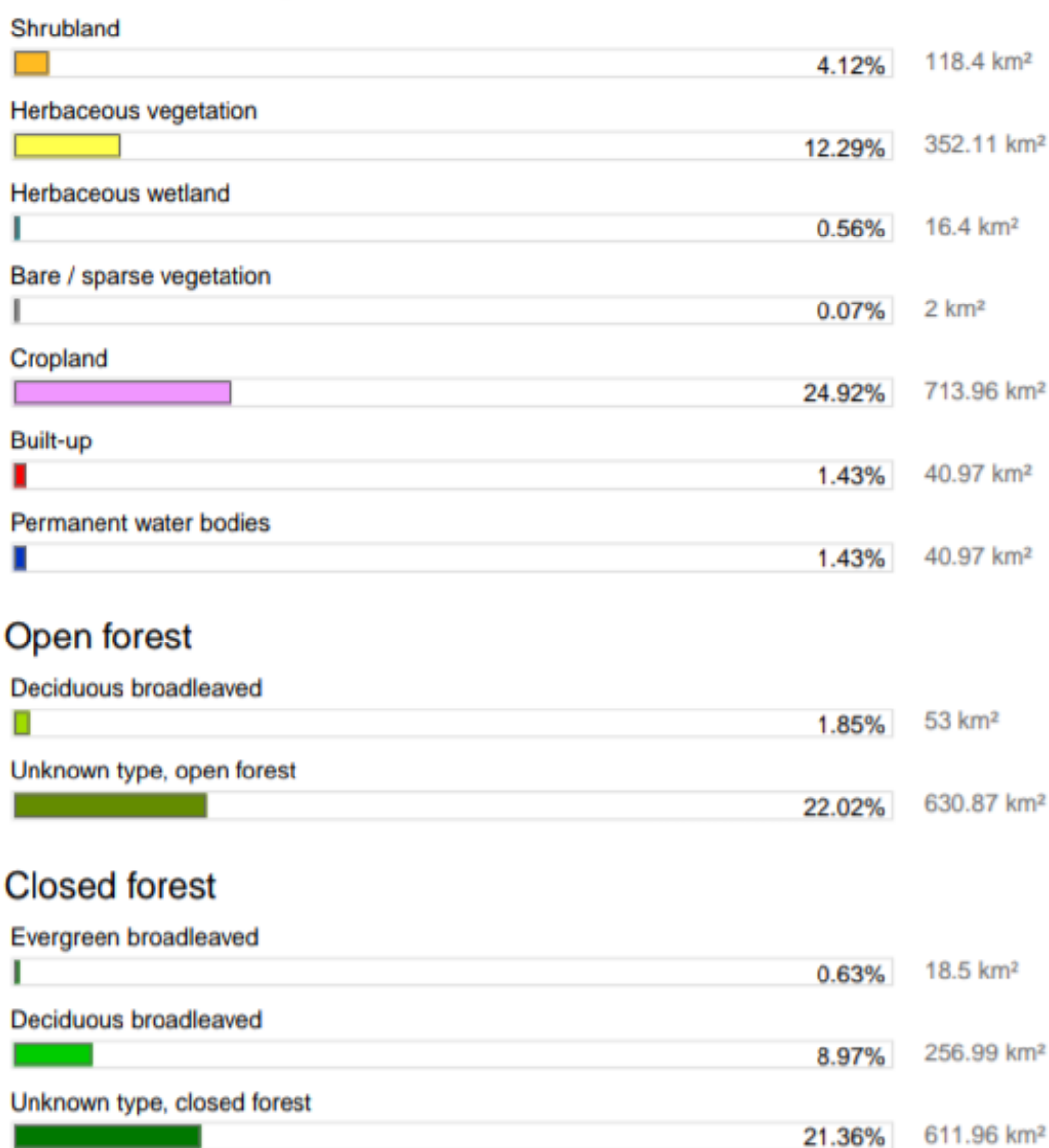
(Buchhorn et al ,2020)

El-Tarf

Year: 2018
Total area: 2,865km²
Country: Algeria



Land Cover composition



El-Tarf

Year: 2019
Total area: 2,865km²
Country: Algeria

Land Cover composition

