

الجمهورية الشعبية الديمقراطية الجزائرية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة الجيلالي بونعامة خميس مليانة
Université Djilali Bounâama de Khemis Miliana
كلية علوم الطبيعة و الحياة و علوم الأرض
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre
Département des Sciences Biologique



Mémoire pour l'obtention du diplôme de master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité: Protection des Ecosystèmes

**Détermination de la sensibilité des couches de surfaces des sols
à l'érosion hydrique dans le bassin versant de HARRAZA par
l'approche SIG-téledétection**

Soutenu publiquement le : 08/07/2019

Par : Mr. HAMDOUN Benyoucef

Mr. KELKOULI Noureddine

Devant le Jury :

Mr. Abdelkader DOUAOUI	Professeur C. U. Tipaza	Président
Mr. Ibrahim YAHIAOUI	MCB UDBKM	Promoteur
Mr. Athmane AMOKRANE	MAA UDBKM	Examineur
Mme. Samra HARKAT	MCB ENSH de Blida	Examinatrice

Année universitaire :

2018/2019

Remerciements

Avant tout, nous remercions « ALLAH », le tout puissant, de nous avoir donné le courage, la patience et la chance d'étudier et de suivre le chemin de la science, afin de réaliser ce modeste travail.

*Nous tenons particulièrement à remercier notre professeur monsieur **DOUAOUI Abdelkader**, Professeur au centre universitaire de Tipaza pour avoir accepté de diriger ce travail, pour sa patience, l'encouragement, l'orientation et les conseils précieux.*

*Nous tenons à remercier sincèrement monsieur **YAHIAOUI Ibrahim**, notre promoteur qui a extrêmement aidé dans nos recherches, son soutien et son encouragement, nous été très précieux.*

*Nous tenons ainsi à remercier les membres de jury pour avoir accepté d'affecter un Temps à ce modeste travail, monsieur **DOUAOUI Abdelkader** Professeur au centre universitaire de Tipaza, pour avoir accepté de nous honoré par sa présence comme président de notre jury. Nous remercions aussi monsieur **AMOKRANE Athmane** et madame **HARKAT Samra** pour avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Nos remerciements également à monsieur **RATTA yassine** chef station d'observatoire nationale d'environnement et de développement durable qui nous a aidés beaucoup. et de nous avoir acceptés en stage dans son aimable station.*

*Nous sommes très reconnaissantes à madame **HARKAT Samra** qui a toujours été là qu'on avait besoin de lui, un grand merci pour votre dévouement et votre sympathie.*

*Nos remerciements vont aussi à monsieur **BELOUAZNI Ahmed**. Maître Assistant classe A à l'université de Khemis-Miliana, qui nous ont encadrés durant nos années d'étude.*

*Nous tenons également à exprimés tout nos remerciement à monsieur **ZAAFANE Djelloul**
Nous aimerons bien remercier tous les étudiants de notre promotion Protection des écosystèmes (2018-2019).*

Enfin, nous tiendrons à présenter nos remerciements a ceux qui ont contribué de près ou de loin que ce soit physiquement ou moralement par leurs connaissances dans les différents domaines a la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Avant tous, je remercie "ALLAH" de m' avoir donné le courage et la volonté nécessaire à l'élaboration de ce modeste travail. Ainsi que les personnes qui ont contribué de près ou de loin qu'ils trouvent ici le témoignage de ma gratitude.

Je dédie ce modeste travail à:

A mes parents qui sont toujours sacrifiées pour mon éducation, qui m'ont entourées de leurs amours et de leurs affections, je les remercie et je n'oublierai jamais leurs soutiens moral dans les moments les plus difficiles, qu'Allah les accorde la santé et le bonheur, et l'héberge dans ses vastes paradis.

A mes chers frères et sœurs.

A mes chers enfants : Abderaouf, Nour el houda et Malak

A toute ma famille

À mon cher ami et frère, mon cher jumeau, Nouredine qui m'a toujours soutenu, qui a partagé avec moi la réalisation de ce travail.

A mes chers Amis: Abdelkader, Billal, El hadj et Houcine.

A Ma chère amie, ASMA, qui m'encouragé durant tous les périodes Difficiles de ma scolarité et ma vie.

A tous mes collègues de ma promotion du master Protection des Écosystèmes et bioclimatologie 2018 -2019

A ceux qui m'ont connue de près ou de loin.

Youssef

Dédicaces

Tout d'abord, je remercie 'ALLAH' Le tout puissant qui m'a donné la force, le courage, la santé et la volonté durant tout le temps pour bien finir ce travail.

Je dédie ce travail à, celle qui m'a donné tout ce que je veux et plus depuis ma naissance à mon chère mère qui toujours sacrifiée pour me donnée le plus soutient possible avec son amour et sa confiance pour être se que je suis

A mon cher père qui na jamais été absent pour m'aider et me conseillé dans les plus moment difficile de ma vie, qu'Allah lui accorde la santé et le bonheur, durant toute sa vie

A mes frères et ma sœur, de m'avoir toujours soutenue et d'avoir toujours cru en mes capacités, tout au long de mes années d'études.

Mon binôme et mon chère collègue, Yousef pour son soutient durant toutes les périodes de réalisation de ce projet.

A Tout mes collègues de ma promotion Protection des écosystèmes (2018/2019).

A mes chère amis ; El hadj ,Abdelkader , Hocine , Bilal , Abdelhakim ,Toufik , Karim , Mohamed ,Tarek , Ahlem , et tout les personnes que j'ai connues,

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à la réalisation de ce travail,

Noureddine

المخلص

تبلغ مساحة الحوض الهيدروغرافي لوادي حرازة الواقعة في منطقة شبه قاحلة حوالي 1423 كيلومتر مربع ، وكانت موضوع دراستنا لتقدير كمية تآكل المياه وتحديد حساسية طبقات التربة بواسطة نهج الاستشعار عن بعد لنظم المعلومات الجغرافية لموسم 2018 - 2019 حيث يتكون الجزء الأول من تحليل عينات المياه المأخوذة من موقع دراستنا ، من أجل تحديد معدل تركيز المواد العالقة وكذلك التدفق الصلب والتدفق السائل والعلاقة بينهما ما يسمح لنا بتحديد معدل التآكل من أربع LANDSAT 8 المحدد في حوض واد حرازة ، الجزء الثاني هو استخدام سلسلة زمنية وذلك من أجل استنتاج صور للأقمار الصناعية من نوع و كشف هذه التغيرات المكانية في المنطقة.

ان النتائج التي تم الحصول عليها من دراستنا من الجزء التجريبي والتحليل العددي باستخدام البيانات المكتسبة تستنتج وتبين أن هناك تدهور محدد للتربة

في الواقع ، تبلغ قيمة التآكل النوعي للتربة في مستجمع وادي حرازة حوالي 12.45 طن / هكتار في السنة ، وهي قيمة منخفضة للغاية مقارنة بالقيم الأخرى في شمال الجزائر.

الكلمات المفتاحية: الحوض الهيدروغرافي ل واد حرازة ، تآكل المياه ، الاستشعار عن بعد لنظم المعلومات الجغرافية ،

Résumé

Le bassin versant de l'Oued Harraza situé en zone semi-aride possède une superficie d'environ 1423 Km², a fait l'objet de notre étude de quantification de l'érosion hydrique et la détermination sensibilité des couches des surfaces de sol par l'approche SIG-téledétection pour la saison 2018-2019.

La première partie consiste à faire des analyses sur les échantillons d'eaux prélevés dans notre site d'étude, afin de déterminer le taux de concentration de la matière en suspension ainsi que le débit solide, le débit liquide et la relation entre eux.

Ces derniers nous permettent de quantifier le taux d'érosion spécifique dans le bassin versant de HARRAZA

La deuxième partie correspond à utiliser une série chronologique de quatre images satellitaires de type LANDSAT 8 pour déduire et détecter ces changements spatiaux dans la région.

Les résultats obtenus de notre étude d'après la partie expérimentale et l'analyse numérique à l'aide des données acquise déduire et montrent qu'il y a une dégradation spécifique de sol

En effet, la valeur de la quantité d'érosion spécifique du sol dans le bassin versant de l'oued Harraza est de l'ordre de **12,45 t/ha/an**, valeur nettement faible comparée aux autres valeurs de l'Algérie du Nord.

Mots clés : bassin versant de l'oued HARRAZA, l'érosion hydrique, SIG-téledétection.

Abstract

The Oued Harraza watershed located in a semi-arid zone has an area of about 1423 Km², was the subject of our study of quantification of water erosion and the determination of the sensitivity of the layers of soil surfaces by the GIS-remote sensing approach for the 2018-2019 season.

The first part consists of analyzing the water samples taken from our study site, in order to determine the concentration rate of the suspension vessel as well as the solid flow, the liquid flow and the relationship between them.

These allow us to quantify the specific erosion rate in the HARRAZA watershed

The second part is to use a time series of four LANDSAT 8 satellite images to infer and detect these spatial changes in the region.

The results obtained from our study from the experimental part and the numerical analysis using the data acquired deduces and shows that there is a specific soil degradation

In fact, the value of the amount of soil specific erosion in the Oued Harraza watershed is around 12.45 t / ha / year, which is a very low value compared to other values in Algeria. North.

Key words: HARRAZA wadi watershed, water erosion, GIS-remote sensing,

Liste des abréviations

Liste des abréviations

% : Pourcentage.

°C : Degré Celsius.

ANRH : agence nationale des ressources hydraulique.

ENVI: Environnement for visualising image.

FAO : organisation des nations unis pour l'alimentation et l'agriculture.

H: heure.

Ha: hectare.

IC : indice de couleur.

IR : indice de rougeur.

KM: Kilomètre.

LAND SAT: land satellite.

Mm: Milimètre

MNT : Modèle Numérique de Terrain.

NDVI : Indice de Végétation par Différence Normalisée.

NDVI : Indice de Végétation par Différence Normalisée.

NDWI : Indice de l'eau par Différence Normalisée

P : Précipitation.

PIR : proche infrarouge.

RVB : rouge ; vert ; bleu.

RVI : Ratio Végétation Index.

SIG : système d'information géographique.

SWIR: Short Wave Infra Red.

T : Température.

t: temps

TSAVI : indice de végétation ajusté au sol transformé.

USGS: United States Geological Survey.

UTM: Universal Transverse Mercator.

WGS 84: World Geodetic System (revision de 1984).

Liste des figures

Liste des figures

page

Figure N° 01 : Méthodologie de cartographie de la sensibilité des sols à l'érosion	13
Figure N° 02 :-présentation du bassin d'étude	15
Figure N° 03 : situation de barrage HARRAZA	16
Figure N° 04 : Variation des précipitations mensuelles.	17
Figure N° 05 : représentation graphique de la température moyenne mensuelle (2005-2014).	18
Figure N° 06 : Variation de vitesse de vent mensuelle.....	19
Figure N° 07 : représentation graphique de l'évaporation moyenne mensuelle (2005-2014). 19	
Figure N° 08 : Diagramme Ombrothermique de Gaussen 2005-2014.....	20
Figure N°9 : carte des réseaux hydrographiques de bassin versant de HARRAZA (HARKAT.2018).....	23
Figure N°10 : Carte digitalisé de l'occupation du sol (Source : DSA).....	24
Figure N° 11 : prélèvement des échantillons de l'eau dans l'oued de HARRAZA	25
Figure N° 12 : méthode de filtration avec une pompe à vide manuelle (cliché par Hamdoud et kelkouli,2019).....	26
Figure N° 13 : Les 4 images satellitaires Landsat Oli 8 utilisées.....	29
Figure N° 14 : modèle numérique de terrain brute.....	34
Figure N° 15 : organigramme de l'approche méthodologique.....	35
Figure N° 16 : nuage de point et l'ajustement logarithmique	39
Figure N °17 : nuage de point et l'ajustement exponentiel	40
Figure N° 18 : nuage de point et l'ajustement puissance	40
Figure N° 19 : nuage de point et l'ajustement parabolique	40
Figure N° 20 : droite de régression et Relation entre le débit solide et le débit liquide	41
Figure N° 21 : graphe de tendance de débit solide avec le débit liquide.....	42
Figure N° 22 : histogramme exprime la variation des débits solide et liquide en fonction des saisons.....	43

Figure N° 23 : la variation de MES par rapport à la précipitation durant les crues	44
Figure N° 24 : Classification supervisée de l'image LANDSAT 8 (17/01/2018).....	47
Figure N° 25 : Classification supervisée de l'image LANDSAT 8 (23/04/2018).....	48
Figure N° 26 : Classification supervisée de l'image LANDSAT 8 (12/07/2018).....	49
Figure N° 27 : Classification supervisée de l'image LANDSAT 8 (08/11/2018).....	50
Figure N° 28 : histogramme représente les superficies en hectare des classes de l'image classée janvier-novembre 2018	54
Figure N° 29 : l'évolution des indices de végétation pour les 9 classes image avril 2018	55
Figure N° 30 : des indices de sol pour les 9 classes image avril 2018	56
Figure N° 31 : des indices de l'eau pour les 9 classes image avril 2018.....	57
Figure N° 32 : Extraction la zone d'étude sur MNT.	57
Figure N° 33 : carte d'altitude sous bassin de HARRAZA 2018.	58
Figure N° 34 : carte des pentes sous bassin de HARRAZA.....	59
Figure N° 35 : Carte d'exposition de sous bassin de HARRAZA 2018	61
Figure N° 36 : Carte d'ombrage et oscillation de HARRAZA 2018.	62
Figure N° 37 : Carte de visibilité d'érosion HARRAZA 2018.	63

Liste des tableaux

Liste des tableaux

page

Tableau N° 01 : précipitation moyenne mensuelle en (mm) période (2005-2014) (ANRH)..	17
Tableau N° 02 : Moyennes mensuelles des températures de la station de barrage HARRAZA (2005/2014)	18
Tableau N° 03 : vitesse de vent moyenne mensuelle en (Km/h) période (2005-2014) ANRH	18
Tableau N° 04 : Moyennes mensuelles de l'évaporation de la station de barrage HARRAZA (2005/2014)	19
Tableau N° 05 : caractéristique de l'image satellitaire Landsat 8.....	30
Tableau 06 : la variation de débit liquide en fonction des dates d'échantillonnage.....	36
Tableau N° 07 : les résultats de concentration de MES après la filtration	37
Tableau N° 08 : les résultats de la variation de débit solide	38
Tableau N° 09 : Les valeurs du coefficient de détermination (R^2) pour chaque modèle.	41
Tableau N° 10 : les données des précipitations et de la matière en suspension durant les crues	43
Tableau N° 11 : quelques résultats des études d'érosion spécifique sur différents région	46
Tableau N° 12 : matrice de confusion pour les dix classes d'image LANDSAT 8	51
Tableau N° 13 : matrice de confusion d'image classée LANDSAT 8 De printemps (23 avril 2018).....	51
Tableau N° 14 : matrice de confusion pour les dix classes d'image LANDSAT 8	52
Tableau N° 15 : matrice de confusion pour les dix classes d'image LANDSAT 8	52
Tableau N° 16 : Coefficient kappa des images Landsat 8 utilisées	52
Tableau N° 17 : Superficie en hectare de différentes classes de l'image classée janvier-novembre 2018	53
Tableau N° 18 : moyenne des indices de végétations pour les 09 classes.	54
Tableau N° 19 : des indices de sol pour les 09 classes	55
Tableau N° 20 : moyenne des indices de l'eau pour les 09 classes	56
Tableau N° 21 : superficies des classes de carte de visibilité de HARRAZA 2018.....	64

Table des matières

Table des matières

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Table des matières	
Introduction	

CHAPITRE I : Aperçu bibliographique	page
I.1. Erosion	3
I.1.1 Définition	3
I.1.2. Différents types d'érosion	3
I.1.2.1.L'érosion éolienne.....	3
I.1.2.2.L'érosion aratoire ou mécanique sèche.....	3
I.1.2. 3.L'érosion thermique.....	3
I.1.2.4.L'érosion chimique	3
I.1.2.5.L'érosion causée par les êtres vivants.....	3
I.1.2.6. l'érosion hydrique	4
I.1.3. Origine et mécanisme	4
I.1.4.Formes d'érosion hydrique	4
I.1.4.1.Érosion en nappe.....	4
I.1.4.2.L'érosion linéaire.....	4
I.1.4.3.Érosion en masse.....	4
I.1.4.4.L'érosion par ravinement (gully érosion)	5

I.1.5. les facteurs de l'érosion hydrique.	5
I.1.5.1.Le climat	5
I.1.5.2.Le couvert végétal.....	5
I.1.5.3. Le sol.....	6
I.1.5.4.La topographie	6
I.1.5.5.Les facteurs liés aux activités agricoles	7
I.1.5.5.1.a- Les cultures	7
I.1.5.5.2.Les machines agricoles	7
I.1.5.6. Le facteur anthropique	7
I.1.6. Quantification de l'érosion hydrique	7
I.1.6.1.Formule de Henin 1950	7
I.1.6.2.Formule de Fournier (1960).....	8
I.1.6.3.Formule de L'A.N.R.H (1970)	8
I.1.6.4.Formule de Wischmeier et Smith (1978).....	8
I.1.7.La lutte contre l'érosion des sols	9
I.1.8.Rappel Bibliographique des travaux entrepris sur l'érosion et le transport solide En Algérie	9
I.2.SIG et télédétection.....	11
I.2.1. Définition de SIG et télédétection.....	11
I.2.2 domaine d'application.....	11
I.2.3. Relation entre SIG-Télédétection et la sensibilité de sol	12
I.2.3.1- L'utilisation d'un SIG dans le sol	12
I.2.3.2.Application de Télédétection optique dans l'étude d'érosion.....	12

CHAPITRE II : Présentation de la zone d'étude	page
II.1 Situation géographique de la wilaya d'Ain Defla	14
II.2 Situation du bassin d'étude :.....	14
II.3 Présentation de Barrage de Harraza:	15
II.4. le cadre climatique :.....	16
II.4.1. Pluviométrie :	17
II.4.2. Température :.....	17
II.4.3. Le vent :	18
II.4.4 .Evaporation :.....	19
II.5. Analyses climatiques :.....	20
II.5.1.Diagramme Ombrothermique :.....	20
II.5.2.Indice d'aridité de De Martonne.....	20
II.6.le cadre hydrographique	21
II.6.1.Relief	21
II.6.2 Le couvert végétal:	21
II.7. Cadre géologique :.....	22
II.8.Ressources en eaux.....	22
I.9. L'occupation du sol.....	23

CHAPITRE III : Matériels et méthodes	page
III.1.objectif de l'étude.....	25
III.2.Les données utilisées.....	25
III.3 Données de terrain.....	25
III.3.1-Technique d'échantillonnage	25
III.3.2-méthode d'analyses	26
III.3.2.1. Détermination des matières en suspension (La méthode par filtration).....	26

III.3.2.2. Mode opératoire	27
III.3.2.3. Application des formules.....	27
III.4.Données cartographiques	28
III.4.1. Acquisition des images satellitaires	28
III.4.2. Caractéristique d'image satellitaire LANDSAT 8	30
III.4.3. Composition colorée en trichromie	30
III.5.Logiciels utilisée	31
III.6.Traitement des images satellitaire	31
III.6.1. Classification des images satellitaires	31
III.6.2. Classification supervisée	31
III.6.3. Evaluation de la classification selon la méthode (algorithmes de Minimum de vraisemblance)	32
III.6.3.1. Matrice de confusion et Coefficient Kappa.....	32
III.6.3.2. Statistique des classes.....	32
III.6.4. Délimitation de la zone d'étude	32
III.7. Calcul des indices.....	32
III.7.1. Les indices de végétation	32
III.7.2. Les indice de sol.....	33
III.7.3. Indice de l'eau NDWI (ESRI, 2009).....	33
III.8.Élaboration du modèle numérique de terrain (MNT).....	33
III.8.1. Obtention du MNT et ces dérivés	34

CHAPITRE IV : Résultats et discussion **page**

IV. 1. Partie expérimentale.....	36
IV. 1. 1. Estimation de Débit liquide (M ³ /s).....	36
IV .1.2. Calcule de concentration de MES (g/l)	36
IV .1.3. Calcule de débit solide	37

IV .1.4. La relation entre le débit solide (Q.s.) et le débit liquide (Q.l.)	38
IV.1.4.1.MISE EN FORME DES DONNEES	38
IV.1.4.2. Relation : débit liquide – débit solide instantané	39
IV.1.4.3. Etude de la variation saisonnière des débits solide et liquide	42
IV.1.5. Etude de la variation des concentrations de MES par rapport à la précipitation par crue	43
IV.1.6. Quantification des apports solides et l'érosion spécifique pour la saison 2018-2019	44
IV.1.7. Comparaison de quantité d'érosion spécifique dans Oued HARRAZA 2018 avec d'autres études dans différents régions	45
IV.2.Traitement des images satellitaires	46
IV.2.1.Résultats de la Classification des images satellitaire	47
IV.2.1.1.Image classé d'hiver (17 janvier 2018)	47
IV.2.1.2.Image classé de printemps (23 avril 2018)	48
IV.2.1.3.Image classé d'été (12 juillet 2018)	49
IV.2.1.4.Image classé d'automne (8 novembre 2018)	50
IV.2.2.Pertinence de la classification	51
IV.2.3.Coefficient de KAPPA.....	52
IV.2.4.Calcul des superficies des classes	53
IV.2.5.Calcul des indices.....	54
IV.2.5.1.Indice de végétations.....	54
IV.2.5.2.Indice de sol	55
IV.2.5.3.Indice de l'eau.....	56
IV.2.6.Modèle numérique de terrain	57
IV.2.6.1. Carte d'altitude.....	58
IV.2.6.2. Carte des pentes	59
IV.2.6.3. Carte d'exposition	60
IV.2.6.4. Carte d'ombrage et oscillation	61

IV.2.6.5. Carte de visibilité d'érosion.....	63
IV.2.6.5.1. visibilité de l'érosion dans le sous bassin de HARRAZA 2018	64
IV.3.Discussion générale.....	64
CONCLUSION.....	66

Introduction

Introduction

L'érosion hydrique est un phénomène géologique naturel qui a façonné la surface de la terre au cours des âges géologiques (White 1986), les changements climatiques et des paysages sous l'influence de la pression démographique et l'extension des cultures d'exploitation, ont contribué à l'augmentation de l'exposition des terres au processus de ruissellement, et par conséquent, à la dégradation des sols par l'érosion (Vezena et Bonn 2006).

Diverses sortes d'activités humaines, pratiques agricoles, exploitations forestières, pâturages, construction des routes et bâtiments tendent à modifier les phénomènes d'érosion, en l'accéléralant souvent de façon considérable (Wachal 2007).

Elle résulte du détachement, sous l'effet de l'énergie cinétique des gouttes de pluie, et du transport de fragments ou de particules de sol ou de roches de leur emplacement initial par l'eau, dégradant la qualité des eaux et la fertilité des sols et réduisant la capacité des réservoirs. (Samir Toumi, Mohamed Meddi, Gil Mahé & Yao Téléphore Brou .2013).

Ce phénomène est très complexe par son caractère irrégulier, aléatoire et par sa discontinuité spatio-temporelle. En raison de son ampleur et son agressivité, elle constitue une contrainte majeure au développement de l'agriculture et à la promotion des activités rurales.

En Algérie du Nord, particulièrement l'Ouest du pays, les dispositions socioéconomiques, comme d'ailleurs les conditions hydroclimatiques sont naturellement réunies pour intensifier et favoriser le déclenchement de ce mécanisme néfaste qui potentiellement menace l'équilibre de l'environnement tant à l'échelle régionale que locale (Dekiche et al., 1997).

L'érosion hydrique affecte 28 % des terres de l'Algérie du Nord. Ce sont les terres à fortes pentes des massifs telliens qui sont les plus touchées. L'érosion se manifeste par la formation de rigoles et de ravines sur tout le versant avec affleurement de la roche-mère et une évolution en bad-lands (Hadjiat, 1997).

En général, l'érosion spécifique varie entre 2000 et 4000 t/km².an (Demmak, 1982), L'Algérie est de ce fait l'un des pays les plus menacés dans le monde par l'érosion. L'intensité de l'érosion hydrique varie d'une zone à l'autre. La partie Ouest, où l'érosion touche 47 % de l'ensemble des terres, est la région la plus érodée du pays ; viennent ensuite les régions du Centre (27%) et de l'Est (26%) (Ministère de l'environnement et l'aménagement du territoire, 2000).

Introduction

Plusieurs études de transports solides ont été menées sur le territoire National et régional tel que celles de Hallouz en 2013; Bouaichi en 2008.

C'est dans ce contexte que s'insère notre travail de fin d'étude où nous avons fixé comme objectif d'étudier la sensibilité des couches de surface des sols à l'érosion hydrique dans le sous bassin versant de l'oued Harraza qui est situé dans la région Ouest de l'Algérie dans une zone semi-aride de la méditerranée, caractérisée par des régimes pluviométriques irrégulier dans le temps et dans l'espace. Ce bassin s'étend sur une superficie d'environ 1423 km².

Ce mémoire s'organise en quatre chapitres, le premier chapitre « Aperçu bibliographique» présentant les différentes notions de base de SIG et télédétection ainsi que les définitions, les formes, les facteurs, les mécanismes et les formules nécessaires qui permettent la quantification de l'érosion hydrique.

Le deuxième chapitre « présentation de la zone d'étude » est consacré au site d'étude, les contextes géographique, climatique, géologique, et topographique, ainsi que les caractéristiques morpho métriques du bassin versant.

Le troisième chapitre concerne matériels et méthodes nous avons effectué des analyses pour les échantillons d'eau afin de prévoir le transport solide dans l'oued Harraza, ainsi que le traitement des images satellitaire pour déterminer la sensibilité des couches de surface de sol à d'érosion hydrique par l'approche SIG et télédétection.

Dans le dernier chapitre « résultats et discussions » nous exposerons les résultats de l'étude expérimentale et cartographique que nous avons effectuée ainsi que les différentes interprétations.

Chapitre I
Aperçu bibliographique

I.1. Erosion

I.1.1 Définition

Le terme érosion vient du latin « ERODERE » qui signifie « Ronger », donc l'érosion est le détachement des particules du sol de leur emplacement initial pour les transportés en aval. Malgré que l'érosion a un effet néfaste sur les zones amonts, sauf qu'elle enrichit les plaines qui constituent les principaux terrains agricoles. (Ammari ,2012)

I.1.2. Différents types d'érosion

I.1.2.1.L'érosion éolienne

L'érosion éolienne est le phénomène de dégradation de sol sous l'action de vent, transporte et déposé des quantités importantes de terre. Elle s'installe quand :

- Il existe du vent violent et régulier durant de longues période dans la même direction (vents dominants) ;
- Il s'agit d'un sol a' texture grossière, sableuse notamment ;
- Le climat a un saison sèche entrainent la dessiccation des horizons superficiels du sol et la disparition du couvert végétal (Hadidi.A, 2008).

I.1.2.2.L'érosion aratoire ou mécanique sèche

Ce phénomène d'érosion n'est pas dû à l'intervention de l'eau, c'est le travail du sol qui arrache les particules, les transporte et les dépose soit en bas parcelle, soit en talus.

I.1.2. 3.L'érosion thermique

La différence de température peut dégrader le sol et effriter les roches.

I.1.2.4.L'érosion chimique

L'attaque chimique est un facteur essentiel d'érosion, comme c'est le cas pour les roches calcaires.

I.1.2.5.L'érosion causée par les êtres vivants

Parmi les êtres vivants qui causent le plus de dégâts c'est bien l'homme, en dégradant directement le sol ou en favorisant d'autres fac.

I.1.2.6. l'érosion hydrique

L' érosion hydrique est compose d' un ensemble de processus complexe et interdépendant qui provoquent le détachement des particules de sol, c' est la perte du sol due a' l' eau qui arrache et transporte la terre vers un lieu de dépôt (Roose, 1977).

I.1.3. Origine et mécanisme

La pluie et le ruissellement superficiel sont à l'origine de l'arrachage, du transport et du dépôt de la terre enlevée. L'arrachage est due à la fois aux gouttes d'eau (par rejaillissement) et aux eaux de ruissellement, dont le transport est assuré par elles. (Hadidi,2008).

I.1.4. Formes d'érosion hydrique

I.1.4.1. Érosion en nappe

L'érosion en nappe est le stade initial de la dégradation des sols par l'érosion. Elle entraîne la dégradation du sol sur l'ensemble de sa surface. De ce fait, elle est peu visible d'une année à l'autre, L'importance de l'érosion en nappe dépend à la fois :

- de l'intensité maximale des pluies qui déclenchent le ruissellement,
- de l'énergie des pluies qui détachent les particules susceptibles de migrer,
- de la durée des pluies et de l'humidité du sol avant les pluies. (HADIR, 2010).

I.1.4.2. L'érosion linéaire

Un micro-filet ou une rigole est une dépression suffisamment petite pour pouvoir être supprimée par les façons culturales. Sur un bassin versant ou une parcelle, l'érosion en rigole succède à l'érosion en nappe par concentration du ruissellement dans les creux. A ce stade, les rigoles ne convergent pas mais forment des ruisselets parallèles. (Ammari ;2012)

I.1.4.3. Érosion en masse

Alors que l'érosion en nappe s'attaque à la surface du sol et le ravinement aux lignes de drainage du versant, l'érosion en masse déplace un volume de sol à l'intérieur de la couverture pédologique. On attribue à l'érosion en masse tout déplacement de terre selon des formes telles que les mouvements de masse, les coulées de boue et les glissements de terrain ; c'est un phénomène qui a lieu sur les terrains en pente forte.

La cause des mouvements de masse provient du déséquilibre entre d'une part la masse sol, de l'eau stockée et des végétaux qui le couvrent et d'autre part, les forces de frottement qui permettent la stabilisation de ces matériaux sur la roche altérée, en pente. Les mouvements de masse constituent la manifestation d'un processus appelé solifluxion.

Les glissements de terrain caractérisent les mouvements de masse de grande ampleur et les coulées boueuses des mouvements de masse, pour lesquels les sols atteignent leurs limites de

liquidité. Les coulées boueuses sont en général associées à des événements pluvieux exceptionnels. (HADIR, S., 2010.)

I.1.4.4.L'érosion par ravinement (gully érosion)

Les formes de ravinement peuvent être observées suite au surcreusement des rigoles ou lorsque plusieurs rigoles se réunissent pour former un seul canal plus large et plus profond (FAO, 2000). Une pluie importante peut transformer une petite rigole en un ravin considérable en quelques heures. Lorsque que le ravinement est enclenché, il est très difficile de l'empêcher de s'agrandir et les correctifs peuvent être coûteux. (Gray et al.,1982).Précisent cependant que si le ravinement est plus spectaculaire et plus difficile à contrôler, l'érosion en rigoles demeure plus néfaste en termes de quantité de sédiments transportés.

I.1.5. les facteurs de l'érosion hydrique.

I.1.5.1.Le climat

Le climat est un facteur important qui conditionné d'une façon directe le mécanisme de l'érosion. Certaines influences climatiques constituent une partie des processus d'altération. (Witte,1986).La fréquence et l'intensité des précipitations sont les deux caractéristiques importantes du facteur climatique de l'érosion hydrique des sols Ces caractéristiques sont à l'origine de la formation du ruissellement quand la quantité des pluies dépasse la capacité d'absorption de l'eau par le sol(Bergsma.E et al .,1996).Le potentiel érosif de la pluie est désigné par le terme général d'*érosivité* Ce paramètre est lié à l'intensité des averses se taux caractéristiques des gouttes de pluie (taille, vitesse, forme, angle d'impact) qui déterminent leur énergie cinétique(Riezebos.H et al .,1985).

I.1.5.2.Le couvert végétal

Il s'agit du facteur primordial de protection du sol contre l'érosion. Un couvert végétal est d'autant plus efficace qu'il absorbe l'énergie cinétique des gouttes de pluie, qu'il recouvre une forte proportion du sol durant les périodes les plus agressives de l'année, qu'il ralentit l'écoulement du ruissellement et qu'il maintient une bonne porosité. (Roose, 1977).

Le rôle du couvert végétal :

Les plantes cultivées ou naturelles protègent le sol contre l'érosion hydraulique et éolienne ;

En effet :

- La partie aérienne des plantes joue le rôle d'un parapluie producteur du plant ;
- Les plantes ralentissent les eaux de ruissellement et les vents par la rugosité qu'elles donnent au terrain ;
- Les racines des plantes maintiennent la structure du sol et augmentent sa capacité d'infiltration des eaux et donc sa résistance à l'érosion, Malheureusement, le défrichage des forêts.

I.1.5.3. Le sol

L'eau des précipitations qui parvient à l'interface sol-atmosphère entre en contact d'abord avec la végétation ; puis avec le sol. Quand la pluie atteint le sol nu, elle le bat provoquant l'effet de battance et de rejaillissement qui dépendent de la nature du sol (texture, granulométrie, matière organique, stabilité de la structure) ; puis l'eau s'infiltré dans le sol qui intervient par ces propriétés hydrodynamiques pour régir l'infiltration (état hydrique du sol, réserve en eau, coefficient d'infiltration). Cette infiltration varie en fonction des conditions d'humectation qui sont fonction de :

- Etat hydrique du sol avant la pluie qui dépend des pluies précédentes
 - L'intensité de la pluie, sa durée, l'état de surface et son évolution au cours de la pluie.
- (Baloul.D, 2012).

I.1.5.4.La topographie

La topographie fait avant tout référence à la pente des terres : la pente accélère l'érosion car elle augmente la vitesse d'écoulement de l'eau (CNEA, 2007). La pente intervient dans les phénomènes d'érosion en fonction des forme, des on inclinaison et de sa longueur (Roose .E et al., 1994).

I.1.5.6.Les facteurs liés aux activités agricoles

I.1.5.6.1.a- Les cultures

Si on garde à l'esprit qu'il est important de maintenir le sol couvert le mieux et le plus longtemps possible, il devient aisé en principe de classer les types de cultures et les rotations culturales en catégories favorables ou défavorables. On pourra apprécier aussi l'intérêt de mesures agissant dans le sens d'une couverture maximale des sols. (Ammari ;2012)

I.1.5.6.2. Les machines agricoles

Les traces de roues inhérentes au passage des machines agricoles peuvent favoriser la concentration des rigoles d'eau de ruissellement et accentuer ainsi le problème de l'érosion et des boues. (Ammari ;2012)

I.1.5.7. Le facteur anthropique

L'homme peut être à l'origine du déclenchement et de l'accélération de l'érosion par les actions suivantes :

- Défrichement de la forêt ;
- Incendies et surpâturages ;
- Façon culturales ;
- La croissance démographique et l'urbanisation.

I.1.6. Quantification de l'érosion hydrique

I.1.6.1. Formule de Henin 1950

Cette formule symbolise la relation existante entre l'érosion pluviale et les facteurs susceptibles de la favoriser ou de la limiter. La quantification de l'érosion spécifique « Es » est donnée par la formule suivante :

$$Es = (Ip * Is) / (K * Ve)$$

Avec

Ip : Intensité des précipitations (mm/h).

I : Pente du bassin versant; Les facteurs "IP" et "I" favorisent l'érosion

S : Susceptibilité des sols.

K : Perméabilité (m/s).

Ve : Végétation.

I.1.6.2. Formule de Fournier (1960)

$$Ass = (1/36) (Pm/Pam)^2 (2.65)(h/S)^2 (0.46)$$

Avec

Ass : apport solide spécifique (T/Km²/an).

Pm : précipitations moyennes mensuelles du mois le plus pluvieux (mm).

Pam : précipitations moyennes annuelles (mm).

h : dénivelée moyenne (m).

S : superficie du bassin versant (Km²).

I.1.6.3. Formule de L'A.N.R.H (1970)

$$T_{ss} = 26,62 I_e + 5,071 I_p + 9,77 C_t - 593,59$$

Avec :

T_{ss} : transport solide spécifique moyen annuel (T/Km²/an).

I_e : indice lithologique (%).

I_p : indice des précipitations (%).

C_t : coefficient de torrencialité.

Cette formule est applicable dans les conditions suivantes : I_e > 10% et I_p > 300.

I.1.6.4. Formule de Wischmeier et Smith (1978)

La moyenne annuelle des pertes de terres par hectare (A) est déterminée à partir de cinq facteurs :

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

A : perte en sol moyenne annuelle (T/Ha.an).

R : indice d' érosivité des précipitations (N/h).

K : indice d' érodibilité du sol, fonction de la texture, du taux d' humus, de la structure de la couche superficielle du sol ainsi que de sa perméabilité (T.h/N.Ha).

LS : indice topographique, fonction de la longueur (L) et de l' intensité (S) de la pente.

C : indice de couverture végétale et des pratiques culturales.

P : indice d' aménagement antierosif.

I.1.7. La lutte contre l'érosion des sols

Pour limiter efficacement l'érosion des sols dans une région agricole les grands principes à retenir sont les suivants :

- identifier d'abord les différentes zones suivant les processus dominants, tant du point de vue de la formation du ruissellement que l'érosion elle-même (travail à l'échelle du bassin versant, unité spatiale de base).
- protéger le sol de l'impact de la pluie
- retarder et réduire la formation d'un écoulement superficiel : augmenter la capacité d'infiltration et la capacité de stockage - accroître la protection et la résistance des zones où les conditions morphologiques peuvent favoriser l'incision

- réduire les capacités de détachements et de transport du ruissellement en limitant sa vitesse et sa concentration.

La mise en place d'un programme de lutte contre l'érosion nécessite l'intervention de nombreux partenaires (agriculteurs, ingénieurs, élus, techniciens, chercheurs...). Dans les parcelles agricoles, les solutions sont à mettre en oeuvre par les agriculteurs eux-mêmes, conseillés par les organismes professionnels. Hors des parcelles agricoles, elles relèvent d'une gestion collective, mise en oeuvre avec l'aide des directions départementales de l'agriculture et de la forêt, s'il s'agit du domaine rural, et des directions départementales de l'équipement, s'il s'agit de protéger le domaine urbain. (BUSSIÈRE M.1996)

I.1.8.Rappel Bibliographique des travaux entrepris sur l'érosion et le transport solide En Algérie

Touaibia.B (2003) : la couverture végétale, le coefficient d'écoulement, la surface et la densité de drainage sont autant d'éléments qui influent directement sur l'érosion hydrique sur les bassins versants, un modèle a été établi dans ce sens dans le cas du bassin versant de l'oued Mina dont la formulation est donnée par la formule I.24

$$Es = 34,12 * S_0^{0,164} * Dd^{-0,284} * Ce^{0,573} * Cv^{-0,329}$$

Avec un coefficient de corrélation multiple de 0,95.

Achite (2007) a défini différentes approches l'extension des données à partir de celles des hauteurs d'eau instantanées convertis en débits liquides en utilisant la relation débit solide-débit liquide développée à l'échelle des crues paraît meilleure que les autres approches proposées .

Bouaichi (2008) a contribué à la modélisation de l'érosion hydrique dans le bassin Versant de l'Oued Cheliff, afin de quantifier la variable étudiée au droit des sous-bassins non jaugés de la région d'étude. L'action érosive est différente d'un site à un autre. Les principales zones productrices de sédiments se situent dans le haut et moyen Cheliff, ainsi que dans la partie sud de l'Oued Mina. En moyenne, elle varie de **0,483** T/ha.an au droit du barrage de Boughzoul à **71,61** T/ha.an à la station de Bir Ouled Tahar (Oued Zeddine) pour des surfaces respectives de **20500** et **435** Km². Au vu du résultat de la 1^{ère} approche ($R_2 = 0,43$), la variabilité interannuelle de l'érosion en fonction de la surface n'est pas significative car l'effet de "surface" est très manifeste et sa lecture pour une superficie donnée n'est guère précise. Le

recours à la 2^{ème} approche améliore la relation, avec un coefficient R₂ de **0.65** le résultat obtenu est appréciable.

la régression à 2 variables Explicatives est donc significative. La formulation du modèle est

$$\text{Ln } E_s = 3,88 - 0,16 \text{ Ln } (S) + 0,68 \text{ Ln } (D_d) \text{ soit : } E_s = \mathbf{48,43 S^{-0,16} * D_d^{0,68}}$$

(**R₂ = 0,77**) sera utilisée pour quantifier l'érosion spécifique au droit des exutoires supplémentaires détectés.

Mekerta (2008) l'étude porte sur la caractérisation de la résistance au cisaillement des sédiments d'envasement de la retenue du barrage fergoug situé au nord – ouest de l'Algérie. Les données des précipitations annuelles fournies par l'institut hydrométéorologique de formation et la recherche d'oran pour une période de 34ans (1970 à 2003), pour les deux stations de Ghriss et de Matemore proche du SBV ,ont permis d'estimer l'érosion spécifique effectuée sur le sous bassin versant de l'Oued Fergoug, a confirmé la grande irrégularité de l'érosion.la représentation graphique de la cohésion non drainée Cu montre une certaine variabilité mécanique pour les tranches de profondeurs choisies.

Zaibak (2008), a contribué à élaborer une approche à la fois analytique et synthétique du transport des sédiments en suspension dans les deux régions suivants : le Bas Cheliff et le bassin versant de l'Oued Mina ainsi que le Haut et Moyen Cheliff, afin de réaliser une cartographie de l'érosion spécifique qui mettra en exergue les zones les Pius productives des sédiments.

Hallouz, Meddi et Mahé(2013)

le travail est basé sur les données du bassin versant de l'Oued Mina. Les auteurs ont entamé une étude pour mieux comprendre le phénomène des exportations de matière solide en suspension véhiculées par les affluents du bassin de l'Oued Mina (Oued Cheliff), et de quantifie le flux des sédiments susceptible de se dépose dans le barrage de Sidi M'Hamed Ben Aouad (capacité de stockage de 153 millions de m³ (mise en service en Février 1978). Les transports solides en suspension dans le bassin versant de l'Oued Mina se déroulent essentiellement en automne, et secondairement au printemps, avec une plus faible ampleur.la charge spécifique Moyenne de l'oued Mina est de 21 lt /Km² /an

I.2.SIG et télédétection.

I.2.1. Définition de SIG et télédétection

Définition de SIG

Système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler et d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace. (**IRD – 2000.**)

Définition de la télédétection

« Ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci.» (**Kergomard, 2004.**)

I.2.2 domaine d'application

Domaine d'application de SIG

Selon (Habert, 2000) les domaines d'application d'un SIG est nombreux, citons.

- Tourisme (gestion des infrastructures, itinéraires touristiques) ;
- Marketing (localisation des clients, analyse du site);
- Planification urbaine (cadastre, POS, voirie, réseaux assainissement);
- Protection civile (gestion et prévention des catastrophes);
- Transport (planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires);
- Hydrologie;
- Forêt (cartographie pour aménagement, gestion des coupes et sylviculture);
- Géologie (prospection minière);
- Biologie (études du déplacement des populations animales);
- Télécommunication (Implantation d'antennes pour les téléphones mobiles).

Domaine d'application de télédétection.

- Le premier grand domaine d'application de la télédétection a été l'étude de l'atmosphère (météorologie et climatologie). L'intérêt de la télédétection dans ce domaine est d'assurer une couverture globale et très fréquemment répétée de la planète entière ; par contre la résolution spatiale n'est pas primordiale pour les applications météorologiques ;

- En océanographie, la télédétection offre l'avantage de permettre une vision synoptique de vastes régions qu'il est impossible d'obtenir par les moyens traditionnels (bateaux). Pour certaines études à petite échelle, les données des satellites météorologiques sont largement utilisées en océanographie (températures de surface de l'océan) ;

- Les applications terrestres de la télédétection sont extrêmement variées, et le champ des utilisations ne cesse de s'élargir : cartographie, géologie et prospection minière, mais aussi surveillance des cultures ou du couvert forestier, urbanisme, aménagement, génie civil, etc...

Le traitement de l'imagerie satellitaire numérique est une discipline en constant développement, et la baisse du coût des matériels informatiques a entraîné une augmentation rapide du nombre des utilisateurs. (Kergomard, 2004)

I.2.3. Relation entre SIG-Télédétection et la sensibilité de sol

I.2.3.1- L'utilisation d'un SIG dans le sol

Le logiciel SIG offre des fonctionnalités dédiées à la gestion et à l'analyse de données spatialisées sur les sols. Il permet la saisie, la numérisation, l'édition et le stockage des données acquises sur le terrain. Ce système prend en compte différents modèles de données (raster/vecteur, points/lignes/surfaces, volumes), données attributaires, connectivités et métadonnées.

Ils nous servent à analyser, combiner les couches d'information entre elles et à spatialiser par différentes méthodes (interpolation, zone tampons, clustérisations, géostatistique, etc.) les données recueillies sur les sols. Le SIG constitue une plateforme qui nous permet d'implémenter, et de faire tourner des modèles de fonctionnement des sols et d'évolution du paysage, dans le cadre des différents projets de recherche de l'Unité.

I.2.3.2. Application de Télédétection optique dans l'étude d'érosion

La télédétection permet de représenter et de visualiser des cartes thématiques. Nous sommes par ailleurs équipés d'un traceur couleur grand format qui nous permet de produire des documents cartographiques jusqu'au format A0 voire plus.

L'intérêt de cette démarche réside et s'appuie sur l'apport des données numériques par l'exploitation d'un SIG, permettant de spatialiser et caractériser le degré de sensibilité des sols à l'érosion sur l'ensemble de la zone d'étude. La méthode employée consiste à intégrer les

données précédemment mentionnées sous forme de couches d'informations dans un SIG. Ces couches sont ensuite reclassées qualitativement sous forme d'un indicateur de sensibilité en fonction de leur contribution au phénomène d'érosion (Chevalier *et al.*, 2001 ; Soti, 2003).

La méthodologie de modélisation et cartographie de l'aléa érosion est schématisée par la figure

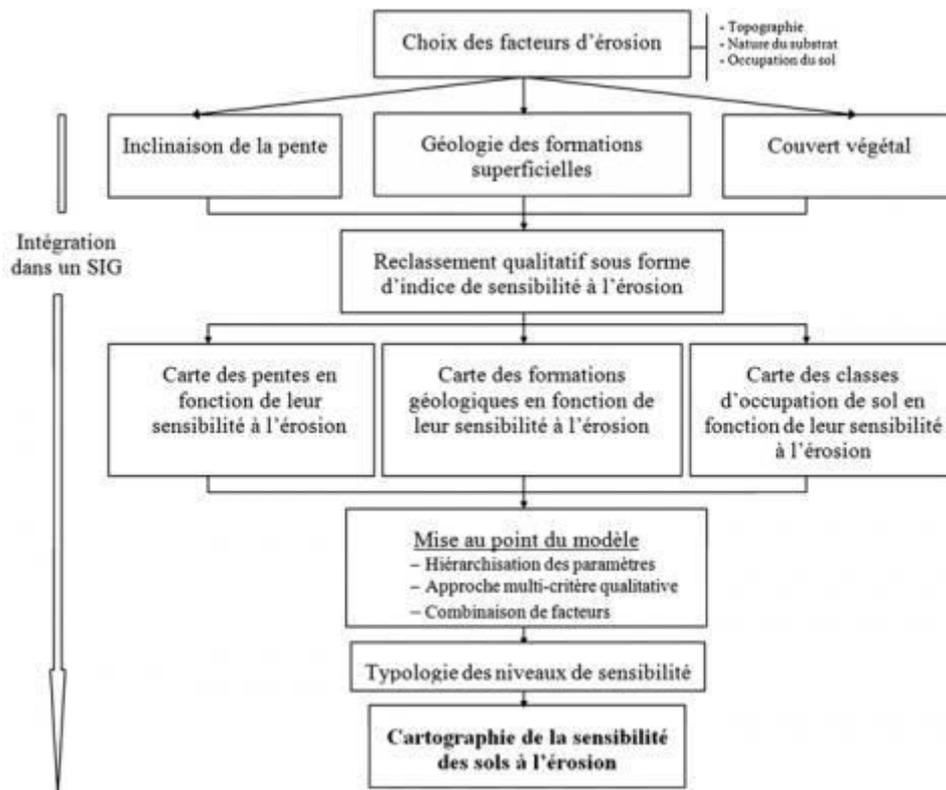


Figure N° 01 : Méthodologie de cartographie de la sensibilité des sols à l'érosion (Chevalier *et al.*, 2001 ; Soti, 2003).

Chapitre II
Présentation de la zone
d'étude

II.1 Situation géographique de la wilaya d'Ain Defla

Elle est située à 150 km au Sud- Ouest d'Alger. Elle est limitée au Nord par la wilaya de Tipaza, à l'Est par celles de Médéa et Blida, à l'Ouest par celle de Chleff, au Sud par la wilaya de Tissemsilt. Elle compte 14 Daïras et 36 communes.

II.2 Situation du bassin d'étude

Le bassin versant de l'oued Harraza fait partie du bassin de l'oued Cheliff. Il se situe à 120 Km à l'Ouest d'Alger, La région d'étude se situe dans la région Ouest de l'Algérie, elle appartient au haut Cheliff plus précisément dans le bassin de Oued Harraza codé 01-17, il couvre une superficie de l'ordre de 1423 km².

L'oued Harraza parcourt une distance de 40,5 Km suivant une orientation Nord-Ouest. Au Sud du bassin, le relief atteint une altitude de 765 mètres, tandis que le point le plus bas est à l'exutoire avec une altitude de 313 mètres. Le bassin versant est drainé par l'oued Harraza et ses affluents. Du côté Est, l'oued Dar Emial prend sa source dans le relief de Beni Zougzoug et vient se jeter dans l'oued Harraza. L'oued Slimane se joint à l'oued principal en drainant la partie Ouest du bassin versant. Le bassin versant de Harraza est situé dans la zone géologique comprise entre le massif schisteux de Boumaad et les premiers contreforts de l'Ouarsenis.

Cette zone comprend les massifs montagneux des Zaccar, la partie orientale du Doui, la plaine de Cheliff et les collines occidentales des Beni-Menacer. Les reliefs, d'une altitude supérieure à 1.500 mètres, sont formés de calcaire, de schistes métamorphisés et de roches éruptives profondément entaillées par les ravins abrupts. Ils sont couverts de chênes verts et de quelques boisements et pins localisés. Les marnes offrent de plus larges collines qui constituent, avec la plaine du Cheliff, les régions cultivées. Dans la vallée, on trouve des limons argileux ainsi que des marnes et de l'argile. (Mohammedi et Mayou.2015).

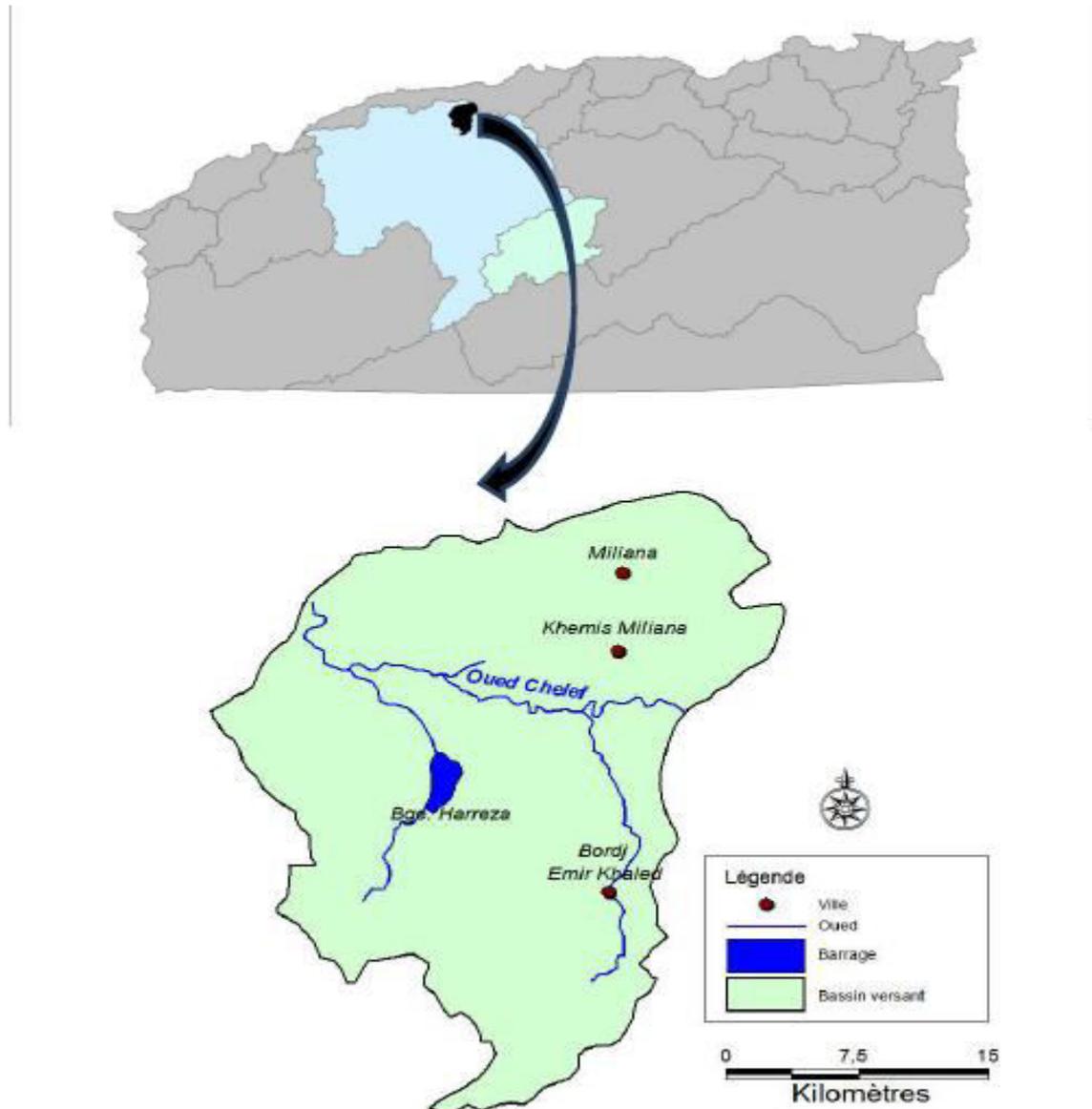


Figure N° 02 :-présentation du bassin d'étude (Mohammedi et Mayou.2015)

II.3 Présentation de Barrage de Harraza

Le barrage est implanté sur l'oued Harraza à environ 14 Km de la ville d'Ain Defla. Il est destiné à satisfaire partiellement les besoins en eau d'irrigation de la Haute plaine de la rive gauche du Cheliff, parstockage des eaux de l'oued Harraza etles eaux pompées à partir de l'oued Deurdeur par la station de Khemis II (ONID).

Les caractéristiques du barrage de Herraza sont présentées comme suit :

- Superficie du bassin versant : 1 423 Km²
- Apport moyen interannuel du bassin versant : 30,8 Hm³
- La capacité initiale du barrage : 70 Hm
- La capacité estimée (2003) du barrage : 69,20 Hm³
- Volume régularisé : 23,00 Hm³/an
- Apport réel au barrage : 3,52 Hm³/an (période 1997 - 2003)
- Taux d'envasement : 1%

Destination : il est destiné à renforcer l'irrigation du périmètre du Haut Cheliff avec un volume affecté annuellement de l'ordre de 23 Hm³.

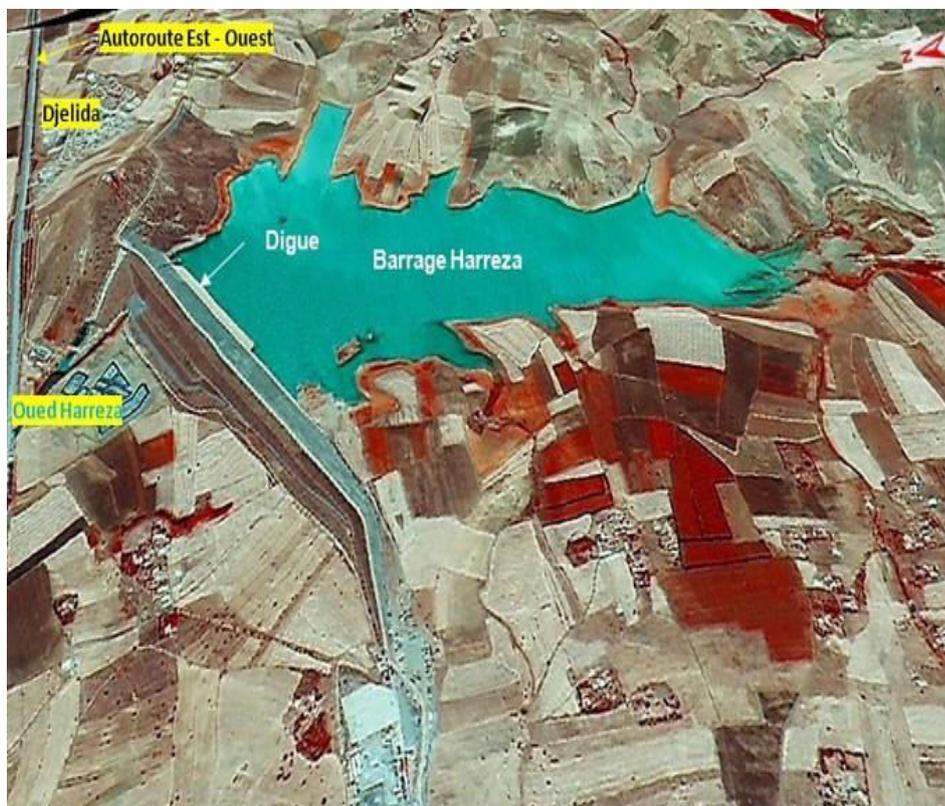


Figure N° 03 : situation de barrage HARRAZA.source (Google Earth 2018)

II.4. le cadre climatique

Le bassin versant de Herraza est caractérisée par un climat semi-aride au climat tempéré. L'examen de la carte des précipitations du bassin Cheliff-Harraza mis en évidence deux zones distinctes: l'une dans le Nord comprend la vallée du Cheliff où la pluviométrie moyenne est comprise entre 400 mm dans les basses plaines

Dans la suite de l'année hydrologique (septembre-août) les précipitations sont reçues dans les mois d'octobre à mai et sont insignifiantes en juillet et août, juin et septembre étant des mois de transition.

II.4.1. Pluviométrie

La pluviométrie est parmi les principales composantes du climat qui contribue à la désertification des zones arides. En fait, l'aridité est une conséquence d'un déficit de précipitation par rapport à l'évapotranspiration durant une période plus ou moins longue de l'année (Arrignon, 1987).

Tableau N° 01 : précipitation moyenne mensuelle en (mm) période (2005-2014) (ANRH).

mois code de station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
011718	49,57	57,08	53,25	41,25	23,11111	9,48	5,71	9,1	25,54	37,46	55,84	53,25

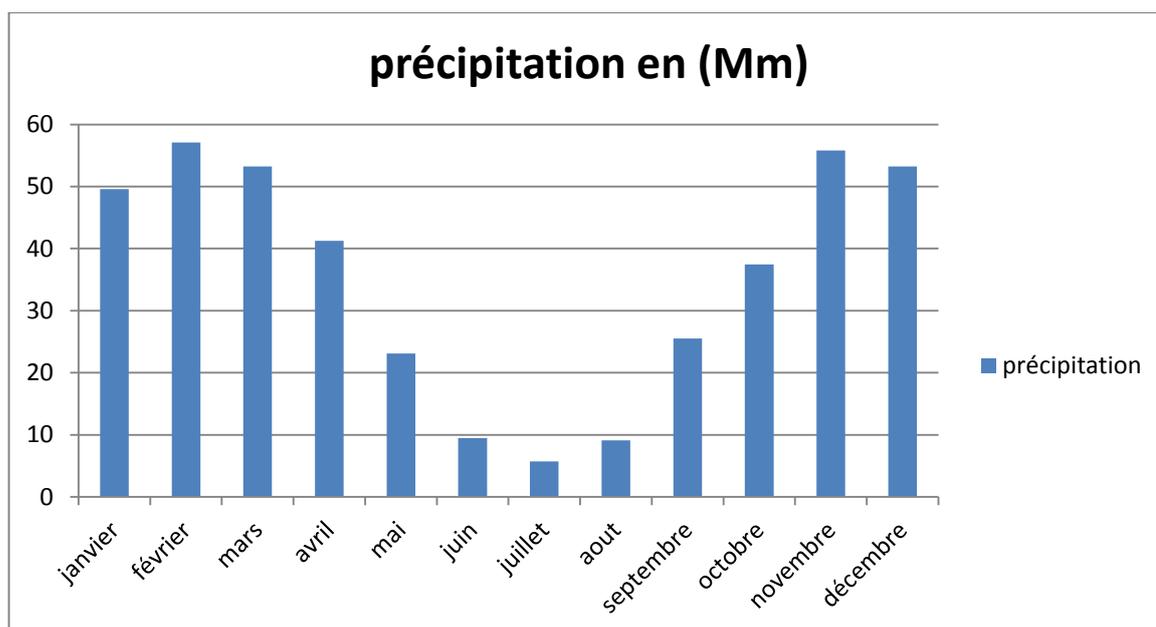


Figure N°04 : Variation des précipitations mensuelles.

II.4.2. Température

La température, deuxième facteur constitutif de climat qui influe sur le développement des végétations. Ce sont les températures extrêmes plus que les moyennes qui ont influence sur la végétation sauf si elles sont exceptionnelles et de courte durée (Greco, 1966).

Le tableau 1 exprime les moyennes de températures de la station météorologique de

Barrage de HARRAZA sur la période de 2005 à 2014.

Tableau N° 02: Moyennes mensuelles des températures de la station de barrage HARRAZA (2005/2014)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
011718	9.5	9.8	12.9	15.96	20.7	23.2	24.8	28.64	25,3	20.5	13.8	11.5

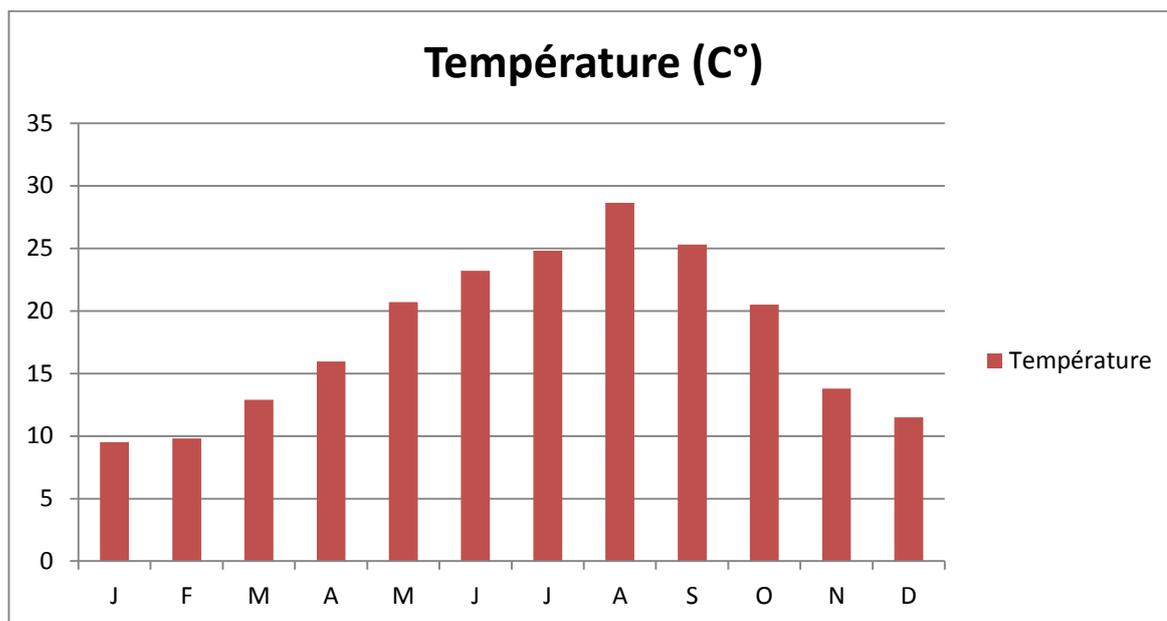


Figure N° 05 : représentation graphique de la température moyenne mensuelle (2005-2014).

II.4.3. Le vent

Le vent est un paramètre climatique qui agit sur le transport des fines particules de sable. En plus il est considéré comme un facteur provoquant de l'évaporation de l'eau.

Les vents qui viennent du Nord, bien chargés en air humide venant de la méditerranée, sont empêchés de passer vers la partie intérieure du bassin par la barrière constituée de l'Atlas qui s'allonge d'Ouest en Est.

Tableau N° 03 : vitesse de vent moyenne mensuelle en (Km/h) période (2005-2014) ANRH

mois	janv	fév	mars	avril	mai	juin	juil	aout	sept	oct	nov	déc
Vitesse	4,53	3,73	3,28	2,94	3,4	4,44	4,62	4,32	4,48	4,07	3,9	3,5

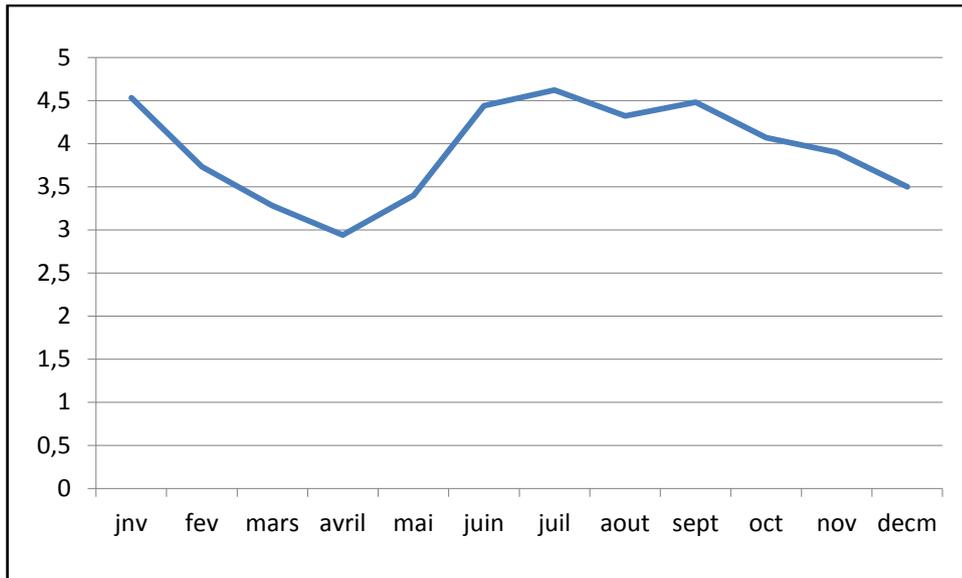


Figure N° 06 : Variation de vitesse de vent mensuelle

II.4.4 .Evaporation

Tableau N° 04: Moyennes mensuelles de l'évaporation de la station de barrage HARRAZA (2005/2014)

mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
011718	14,05	15,045	21,72	28,21	32,91	47,94	50,21	51,64	41,53	30,5	22,65	17,73

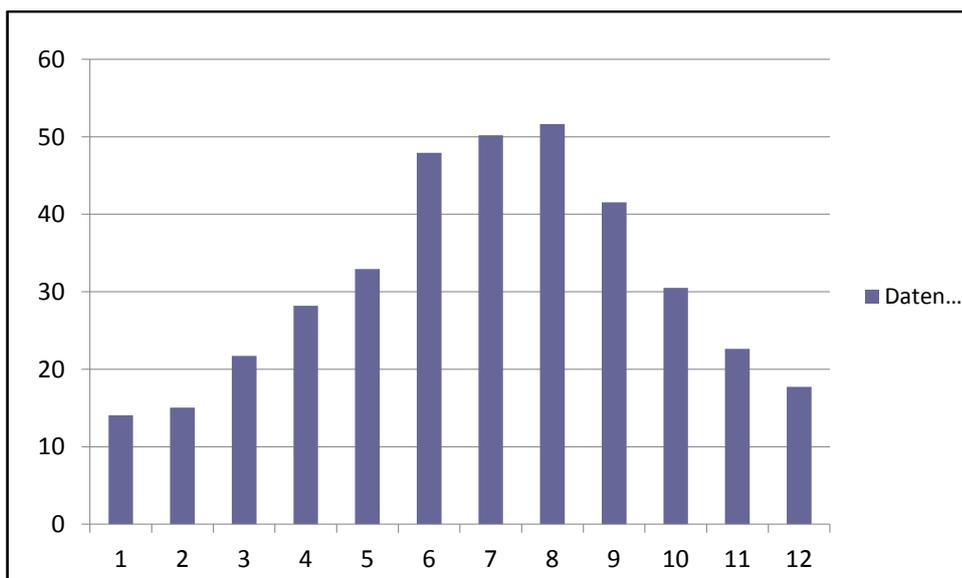


Figure N° 07 : représentation graphique de l'évaporation moyenne mensuelle (2005-2014).

II.5. Analyses climatiques

II.5.1. Diagramme Ombrothermique

Le Diagramme Ombrothermique de Gaussen (1953) ou le diagramme pluviométrique de Gaussen est une représentation graphique de variation de précipitation et de température en fonction du temps (mois) qui nous permet de déterminer la période sèches et humides d'une région (figure 8).

Bagnouls et Gaussen (1953) ont caractérisé un mois sec par la relation $P \leq 2T$, avec :

P : moyenne mensuelle des précipitations en (mm)

T : moyenne mensuelle des températures en (°C) avec $T = (M+m)/2$.

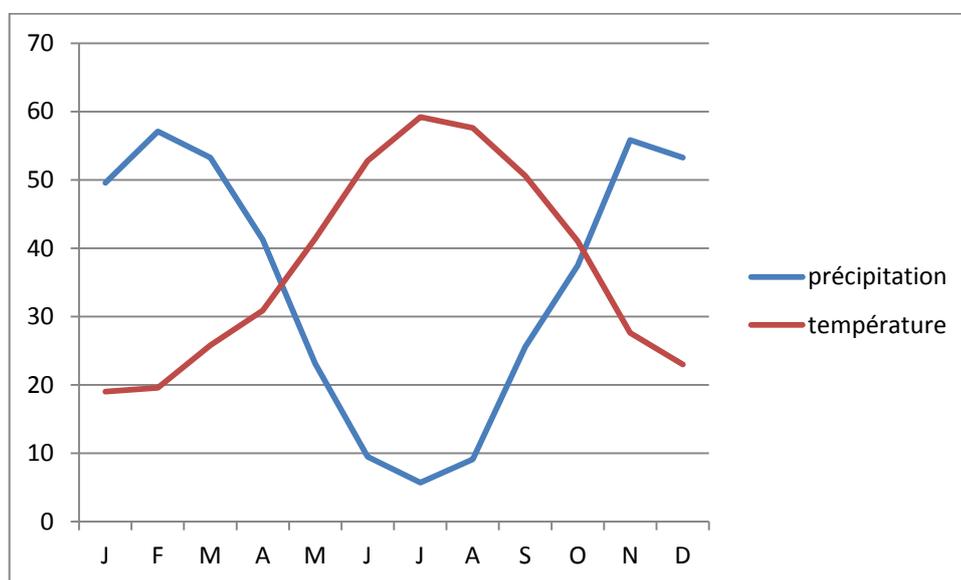


Figure N° 08 : Diagramme Ombrothermique de Gaussen 2005-2014.

D'après les résultats de Diagramme Ombrothermique de Gaussen et Bagnouls de la Station d'ANRH entre 2005 et 2014, on remarque une longue période de Sécheresse. Elle s'étale sur six mois allant du mois de mai au mois d'octobre.

II.5.2. Indice d'aridité de De Martonne

DE Martonne (1926) a défini un indice d'aridité utile pour évaluer l'intensité de la sécheresse exprimé par la relation suivante : $I = P / (T+10)$

P : Précipitation moyenne annuelle en (mm).

T : Température moyenne annuelle en (°C).

Il est d'autant plus grand que le climat est humide.

Pour notre étude on a :

La précipitation moyenne annuelle en (mm) : 414.96 mm

La température moyenne annuelle en (°C) : 18.05°C

Expression de résultat :

$$I = P/(T+10) = 414.96/(18.05+10) = 14.97$$

II.6.le cadre hydrographique

II.6.1Relief

Les limites du bassin du Cheliff-Harraza sont très nettes sur la partie tellienne où elles suivent rigoureusement les lignes de crête; elles sont souvent très floues en ce qui concerne la ligne de partage des eaux le séparant du bassin du Sahara, au Sud, car la limite endoréisme Exoréisme est localement imprécis. De ce fait, le calcul de la superficie de la RHCZ diffère souvent d'un opérateur à un autre.

II.6.2 Le couvert végétal

Un très grand périmètre irrigable se situe dans notre région d'étude c'est le périmètre du Haut chellif ; ce dernier couvre une superficie de 37000 Ha divisée en deux plaines séparées par le Massif du Doui :

*La plaine d'El Khemis Miliana soit 25700 Ha.

*La plaine d'Amra-El-Abadia soit 11300 Ha.

La couverture végétale est assez importante, elle est estimée à 45 % de l'ensemble du bassin.

La végétation se trouve au Nord et au Sud de la plaine

La plaine de haut Chélif est à vocation essentiellement agricole, les arbres fruitiers en rive droite de l'oued Chélif et céréaliculture en rive gauche. Une irrigation intensive est nécessaire pendant 6 mois de l'année (Mars à Août).

On note que le bassin manque d'un couvert végétal forestier dense, seuls subsistent les forêts au sud du bassin, mais souvent dégradées, Cette absence d'une couverture végétale arbustive dense, favorise le phénomène de l'érosion et provoque des dégâts tels que, les pertes des terres cultivables et l'envasement des ouvrages hydrauliques existants au niveau de ce bassin.

II.7. Cadre géologique

Le Haut Cheliff, situé au Nord de l'Ouarsenis, est allongé grossièrement d'Est en Ouest sur plus de 60 Km de long et une moyenne de 25 Km de large (Benmeridja, 2004).

Notre zone d'étude située dans le Haut Cheliff (plaine de Khemis-Miliana) correspond à une dépression subsidant constituée essentiellement par des alluvions primaires et jurassiques de Zaccar et du Doui oriental.

Le sous sol géologique de la région étudiée est divisé en :

- calcaires jurassiques
- Les aquifères du miocène
- Les aquifères du Pliocène
- Les aquifères alluvionnaires du Quaternaire

I.8. Ressources en eaux

Les ressources en eaux superficielles sont constituées principalement des eaux de surface du bassin versant d'oued Harraza. Les principales ressources qui convergent vers cet bassin versant sont :

Oued Harraza est également un oued du sud (Ouarsenis). Il est caractérisé par un débit élevé du fait de l'importance de sa surface d'impluvium. Dans sa partie avale, il s'écoule dans la plaine où il présente un inféro flux en relation avec la nappe alluviale et rejoint, plus en aval, l'oued Cheliff. (Nefidsa. K ; 2013).

Oued Deurdeur : qui prend sa source dans les amonts d'Ouarsenis au sud du secteur d'étude. Il traverse la plaine sur plusieurs Km avant de confluer avec l'oued Cheliff.

Barrage de HARRAZA : le barrage est implanté sur l'oued Harraza à environ 14 Km de la ville d'Ain Defla. Il est destiné à satisfaire partiellement les besoins en eau d'irrigation de la Haute plaine de la rive gauche du Cheliff, par stockage des eaux de l'oued Harraza étales eaux pompées à partir de l'oued Deurdeur par la station de Khemis II(ONID).

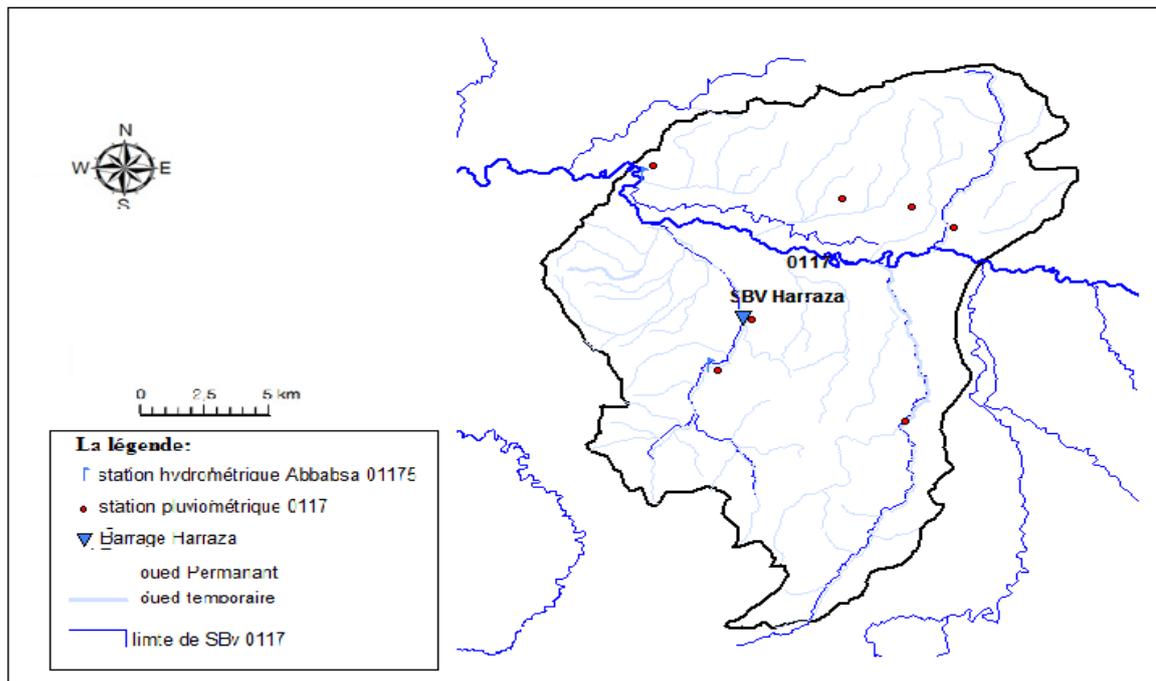


Figure N°9 : carte des réseaux hydrographiques de bassin versant de HARRAZA
(Harkat..2018)

I.9. l'occupation du sol

La région du Haut Cheliff en général, est à vocation agricole. La prédominance de L'arboriculture fruitière couvre environ 47% de la superficie cultivée totale sur les plaines et les terrains à faible pente. Les cultures céréalières et maraîchères (principalement pomme de terre), arboriculture fruitière et oléiculture, cultures industrielles occupent en plaine, et dans les zones de montagnes, occupent par les cultures en sec (céréales et fourrages) et l'élevage ovin et caprin. Le pourcentage plus élevée de la superficie forestière de la plaine du Haut Chéiff occupent par des arbres pin d'Alep, Chêne lièges et de chêne verts.(Ratta.2012).

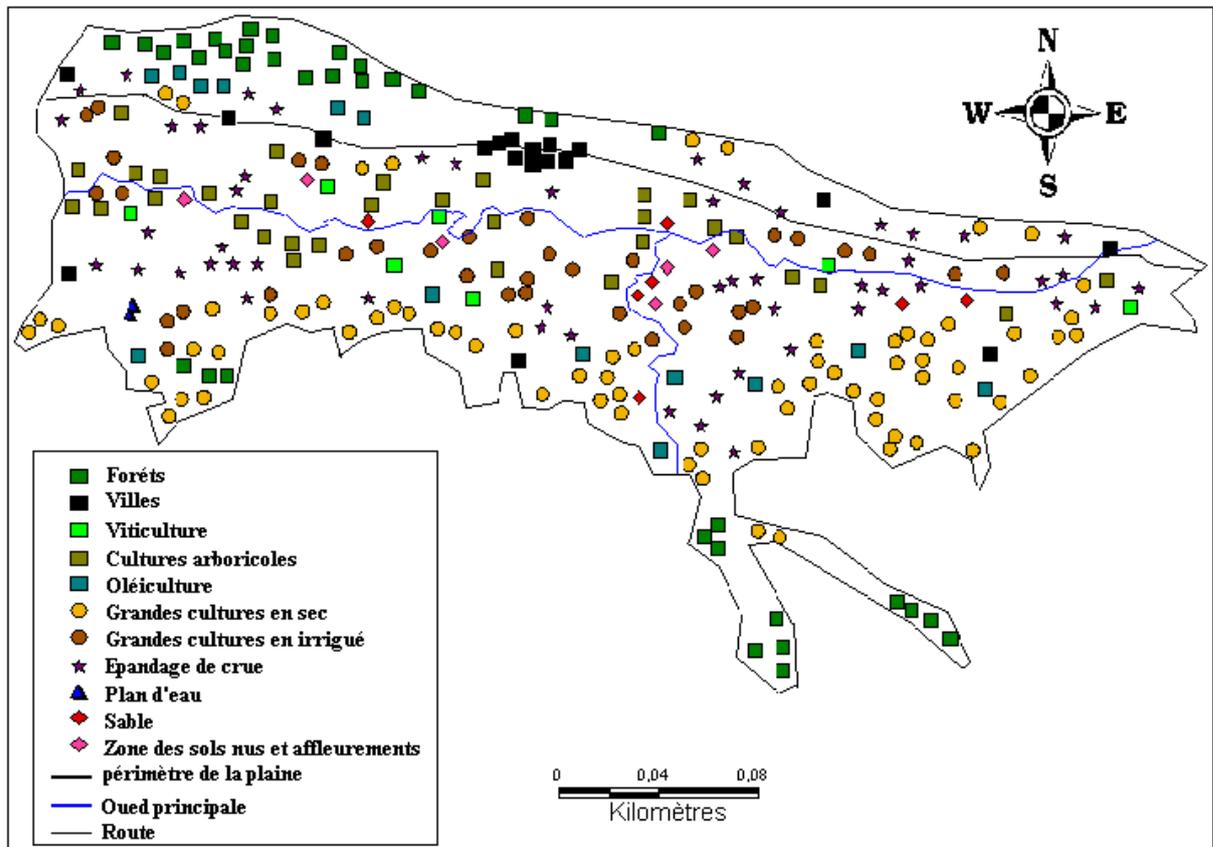


Figure N°10 : Carte digitalisé de l'occupation du sol (Source : DSA :2013)

Chapitre III

Matériels et Méthodes

III.1.objectif de l'étude

L'objectif de notre étude est l'estimation d'érosion hydrique dans le sous bassin de HARRAZA , à l'aide d'un SIG et télédétection, afin de pouvoir le cartographier au cours du temps.

III.2.Les données utilisées

Pour atteindre les objectifs de ce travail, on a utilisé 2 types des données :

Les données de terrain. et les données cartographiques.

III.3 Données de terrain

La démarche méthodologique s'est basée sur les axes de travail fixé au début et qui se révèlent principale objectif identifier l'estimation d'érosion hydrique dans l'Oued Harraza ; une campagne d'échantillonnage a été réalisée en fonction de climat.

En total, 27 échantillons d'eau ont prélevés (le premier prélèvement effectué durant le mois de novembre 2018, ces derniers ont été prélevés sur le site d'oued de HARRAZA durant le mois d'Avril 2019.

III.3.1-Technique d'échantillonnage

La technique d'échantillonnage détermine la fiabilité des résultats .les échantillons des eaux ont été prélevés à partir d'un point - de l'oued Harraza .

Ces eaux prélevées étaient stockées dans des bouteilles en plastique bien fermées, nommées par des codes et conservées dans un réfrigérateur jusqu'au moment d'analyse.



Figure N° 11 : prélèvement des échantillons de l'eau dans l'oued de HARRAZA

III.3.2-méthode d'analyses

III.3.2.1. Détermination des matières en suspension (La méthode par filtration)

-principe

Un échantillon représentatif est filtré à travers une membrane filtrante en fibre de verre , préalablement pesé. Les matières retenues sur le filtre sont séchées à 105° C pendant 2 heures puis pesées avec le filtre. La masse de matières en suspension est obtenue en faisant la différence entre la masse du filtre incluant les résidus séchés et la masse initiale du filtre, tout en tenant compte du volume filtré.



Figure N° 12: méthode de filtration avec une pompe à vide manuelle (cliché par Hamdoud et kelkouli,2019)

Appareillage

- Balance analytique dont la sensibilité est d'au moins 0,1 mg
- Étuve réglée à $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$
- Rampe de filtration munie d'entonnoirs magnétiques de filtration en polysulfone de 47 mm de diamètre ou l'équivalent
- Dessiccateur contenant du gel de silice (6.2) ou tout autre matériel dessiccatif
- Filtres en fibre de verre de $1,5\ \mu\text{m}$ de porosité, 47 mm de diamètre Whatman 934-AH
- Plats jetables en aluminium, 60 mm de diamètre, 40 ml de capacité
- Pompe à vide

- Pipette volumétrique à large ouverture de 3 mm, de 10 ml à 100 ml

- Cylindre gradué en plastique
- Pince en acier inoxydable
- Pince longue en acier inoxydable, 45 cm

III.3.2.2. Mode opératoire

- Dans des eaux d'une faible concentration en MES, on utilise des filtres.
- Mouiller le filtre avec de l'eau distillée.
- Mettre dans l'étuve pendant quelques minutes.
- Sortir le filtre, puis le mettre dans le dessiccateur pour le refroidissement.
- Puis peser le filtre sur la balance jusqu'à obtention d'un poids stable.
- Prendre une fiole de 250 ml, laver abondamment avec de l'eau du robinet, puis avec de l'eau distillée.
- Prendre une prise d'essai d'un volume filtrée (200 ml), placer le filtre dans la rampe de filtration.
- Verser le volume d'eau (200 ml) jusqu'à filtration complète.
- Récupérer le filtre et le mettre à l'étuve à 105°C pendant 2 heures.
- Mettre le filtre dans le dessiccateur pendant 15 minutes jusqu'à refroidissement total.
- Peser le filtre, (Rodier, 2009).

III.3.2.3. Application des formules

La teneur de l'eau en matières en suspension (mg/l) est donnée par l'expression :

$$\text{MES (mg/l)} = \frac{\text{poids plein de filtre après séchage en } 105^{\circ}\text{C} - \text{poids vide de filtre} * 1000}{\text{Le volume filtré}}$$

Estimation de Débit liquide (M³/s)

Dans notre site d'échantillonnage oued de HARRAZA il y a un canal qui nous aider à estimer le débit liquide avec les mesures suivants :la longueur, la largeur ,profondeur d'oued, et le temps (estimé avec le flottement d'une bouteille à partir de début jusqu'à la fin de canal)

Débit liquide est estimé par formule suivant:

Débit liquide (m³/s) = volume de canal (m³) / le temps (s).

Volume de canal (m³) : la largeur (m) * la longueur (m) * le profondeur d'oued(m).

Le temps (s) : le temps de passage de bouteille à travers le canal.

Calcule de débit solide

Nous avons calculé le débit solide selon la formule suivante :

$$Q_s = C \cdot Q_l$$

Avec Q_s: Débit solide en suspension (kg/s) ; Q_l: Débit liquide (m³/s) ; C : Concentration ou turbidité (g/l).

III.4.Données cartographiques

III.4.1. Acquisition des images satellitaires

L'image satellitaire est un document riche en informations relatives à des objets tel que la végétation, le sol et l'eau, Lors de cette étude, nous avons utilisés 4 images satellitaires différentes Landsat 8 OLI/TIRS issues des satellites Landsat,ont été prise le : 19-03-2019 par la NASA est éditée par la NASA Earth Explorer (proposées gratuitement au public). Référencées selon la projection UTM WGS 84 zone 31.

La résolution spatiale des images analysées est de 30 m. En effet cette résolution est jugée acceptable pour la méthodologie adoptée dans cette étude.

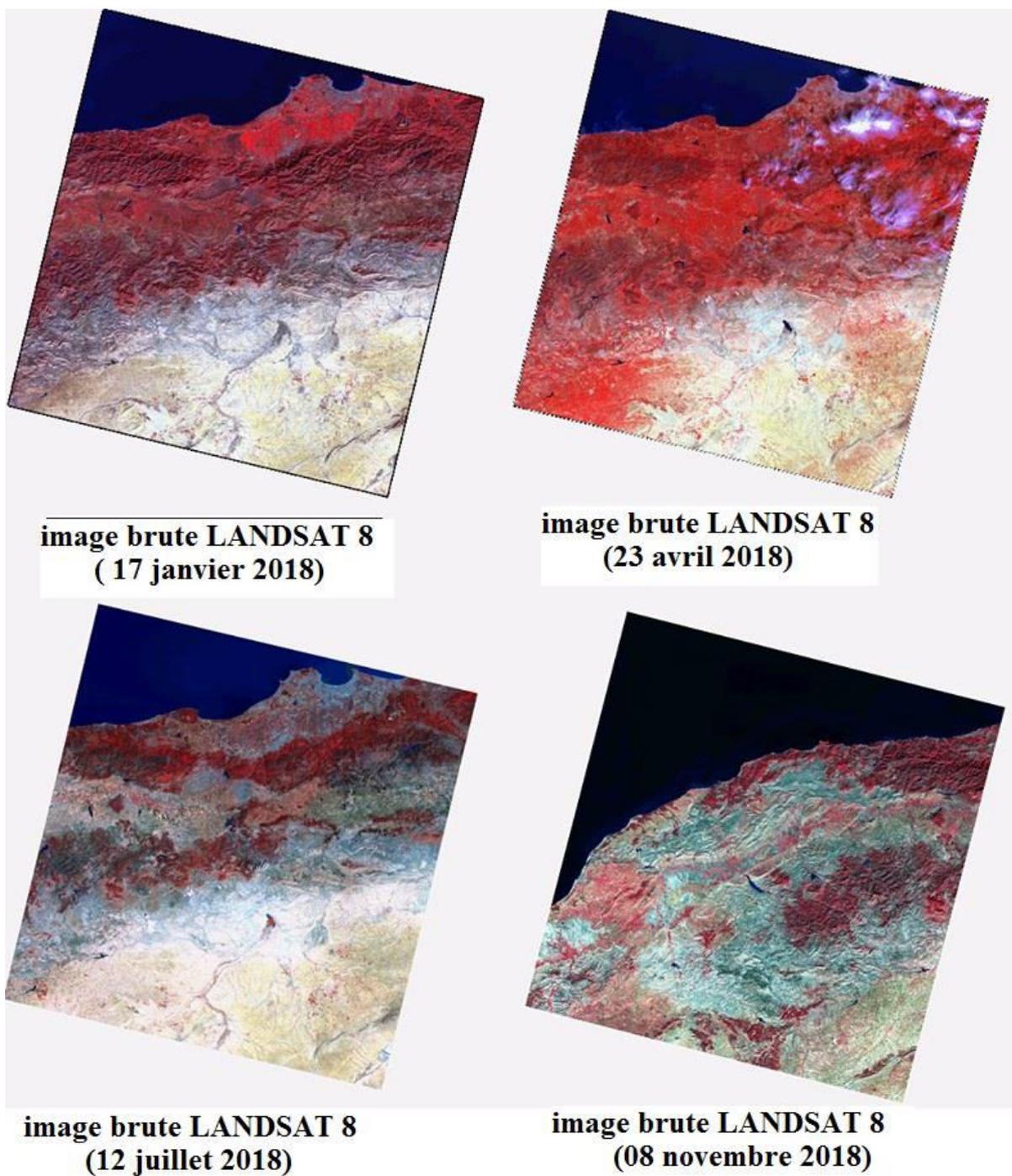


Figure N° 13 : Les 4 images satellitaires Landsat Oli 8 utilisées. **Source** : (USGS, 2019)

III.4.2. Caractéristique d'image satellitaire LANDSAT 8

Bande	Nom de bande	Domaine spectrale (microns)	Résolution spatiale
Bande 1	Aérosol	0.433-0.453 um (Aérosols)	30m
Bande 2	Bleu	0.450-0.515 um (Bleu)	30m
Bande 3	Vert	0.525-0.600 um (vert)	30m
Bande 4	Rouge	0.630-0.680um (rouge)	30m
Bande 5	NIR	0.845-0.885 um (infrarouge proche)	30m
Bande 6	SWIR 1	1.560-1.660 um infrarouge moyen 1)	30m
Bande 7	SWIR 2	2.100-2.300 um (infrarouge moyen2)	30m
Bande 8	Panchromatique	0.500-0.680 um (panchromatique)	15m
Bande 9	Cirrus	1.360-1.390 um (cirrus)	30m
Bande 10	Thermique 1	10.30-11.30µm (infrarouge moyen)	100m
Bande 11	Thermique 2	11.50-12.50µm (infrarouge moyen)	100m

Tableau N° 05: caractéristique de l'image satellitaire Landsat 8

Source : <http://landsat.usgs.gov/>.

III.4.3. Composition colorée en trichromie

Pour la visualisation de l'image, on a attribué une fausse coloration (R : rouge V : vert B : bleu) aux bandes d'image à fin de mieux visualiser les trois types de surface (sol, végétation et eaux).

On a opté pour la trichromie suivante (celle qui différencie le mieux les types de Végétations) :

– Le canal proche in fra rouge (PIR) à la bande B5.

- Le canal vert correspond à la bande B4.
- Le canal bleu correspond à la bande B2.

III.5. Logiciels utilisés

- **Le logiciel Google Earth pro** : pour la localisation des points.
- **logiciel Arc gis 10.2.** : Pour L'établissement du MNT, la cartographie des états de surface ont été faits avec le
- Par le **logiciel ENVI 4.7** : on a effectué les traitements des images satellitaires (choix de la meilleure trichromie, le choix des zones d'entraînement pour la classification supervisée, la pertinence de la classification supervisée, l'extraction des comptes numériques).
- La saisie, le filtrage et la codification des données ont été faits par **le Microsoft Excel.2007.**

III.6. Traitement des images satellitaire

III.6.1. Classification des images satellitaires

La notion de classification d'une image est définie comme le regroupement des pixels qui appartiennent à la même unité de surface, peut être non supervisé ou supervisé. notre connaissance préalable de terrain nous permet d'appliquer une classification supervisée d'où l'algorithme (maximum de vraisemblance) représente le meilleure expression spectrale (Soudani,2006).

III.6.2. Classification supervisée

En se basant sur nos connaissances préalables du terrain, nous avons adopté une classification supervisée pour l'ensemble des images satellitaires.

Après la détermination des aires d'entraînement (Region Of Interest) les plus représentatives, on a utilisé l'algorithme de "Maximum des vraisemblances". L'évaluation de la pertinence de cette classification, se fait directement avec le logiciel ENVI 4.7 par la matrice de confusion, à partir de laquelle nous avons calculé le coefficient kappa.

Pour notre travail on choisit les classes des végétations suivantes :

Classe 1 : arboriculture.

Classe 2 : maraichage.

Classe 3 : céréale.

Classe 4 : jachères.

Classe 5 : sol nu.

Classe 6 : sol labouré.

Classe 7 : sol cultivé.

Classe 8 : sol nu cultivé.

Classe 9 : oued.

Classe 10 : barrage.

III.6.3. Evaluation de la classification selon la méthode (algorithmes de Minimum de vraisemblance)

III.6.3.1. Matrice de confusion et Coefficient Kappa

Le coefficient part 0 à 1, cela indique s'il y a de confusion entre les classes ou non. Pour la Validation l'acceptabilité de la classification.

III.6.3.2. Statistique des classes

Pour calculer les superficies et les pourcentages des classes.

III.6.4. Délimitation de la zone d'étude

Après avoir déterminé les principales classes, il nous faut de les délimiter dans le contour de la zone d'étude, à l'aide du logiciel ENV 5.0 on a délimité l'image classé.

III.7. Calcul des indices

III.7.1. indices de végétation

Les deux indices de végétation présentés dans ce travail exploitent essentiellement la différence de réponse spectrale de la végétation et des sols dans la bande rouge (R) qui est liée à l'absorption de lumière par la chlorophylle et la bande proche infrarouge (PIR) qui est liée à la densité de végétation verte. Les indices de végétation doivent donc être sensibles à la partie verte du couvert végétal sans pour autant être influencés par le sol. (Mokhtari, 2008). Ces deux indices de végétation sont les suivants :

□ **Le RVI (Ratio Vegetation Index, Pearson and Miller, 1972)**

$$\mathbf{RVI = PIR/R}$$

PIR : compte numérique dans la bande proche infrarouge.

R : compte numérique dans la bande rouge.

Le NDVI (Normalized Difference Vegetation Index, Roose et al. 1974)

$$\mathbf{NDVI = (PIR-R) / (PIR+R)}$$

PIR : compte numérique dans la bande proche infrarouge

R : compte numérique dans la bande rouge.

III.7.2. indice de sol

Le (IC), l'indice de couleur (Pouget et al, 1989 in Omari, 2005) Cet indice est très sensible à la couleur du sol. Sa formule est la suivante :

$$\mathbf{IC = (R-V)/(R+V)}$$

Le (IR), l'indice de rougeur (Mannière et al, 1993 ; Pouget et al, 1991), préconisé pour les zones méditerranéennes arides, et très sensible à la couleur du sol. (Madeira et al, 1991). Dont la formule est la suivante :

$$\mathbf{IR = (R - V)/(R+V) \text{ ou } IR = R^2/V^2}$$

III.7.3. Indice de l'eau NDWI (ESRI, 2009)

$$\mathbf{NDWI = (V-PIR)/(V+PIR)}$$

III.8.Élaboration du modèle numérique de terrain (MNT)

Un modèle numérique de terrain (MNT) ou modèle numérique d'altitude (MNA) est défini comme étant une représentation numérique d'une surface continue. L'acquisition des données altimétriques a été faite par l'intermédiaire des cartes D'élévation gratuite d'Earth explorer de NASA. Nous avons utilisés un modèle de terrain utilisé téléchargé de même site de la NASA, de type ASTER avec une résolution 30 mètres et géo référencement UTM WGS 84 zone 31.

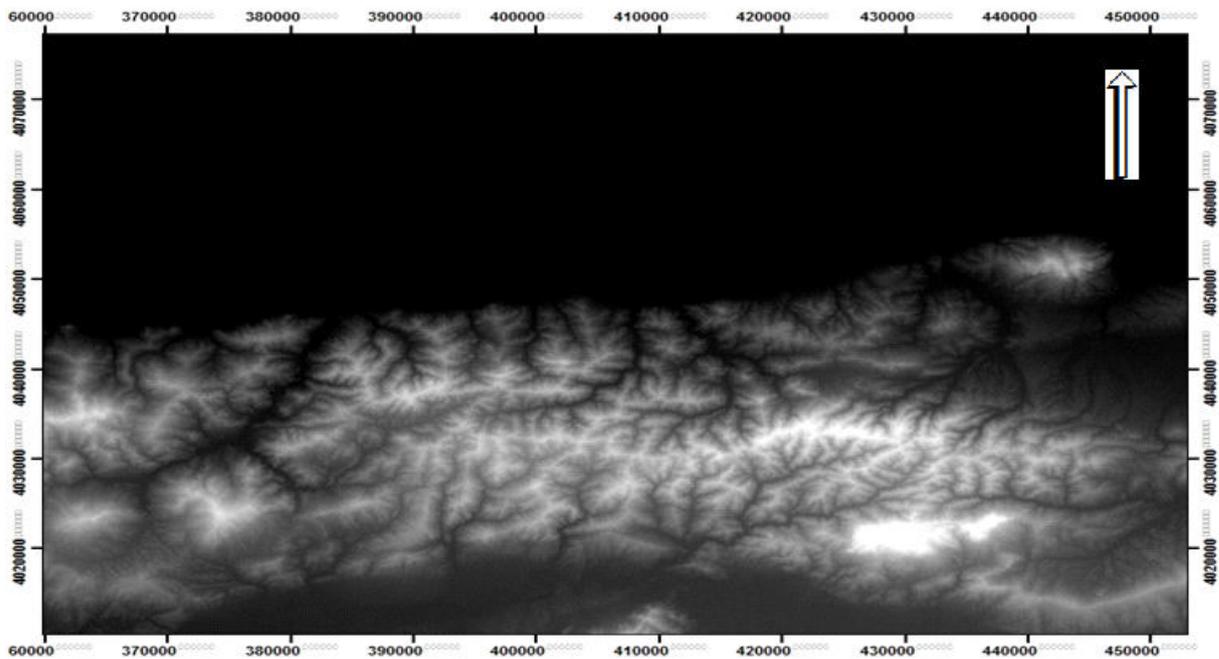


Figure N° 14 : modèle numérique de terrain brute. Source : (USGS, 2019)

III.8.1. Obtention du MNT et ces dérivés

Le Modèle Numérique du Terrain MNT téléchargé le 20-04-2019 nous a permis d'établir la **carte des classes d'altitude**, les « **carte des pentes** », « **carte des expositions** », « **carte d'ombrage** », « **la carte de visibilité** » et par l'intermédiaire du module " Slope & Aspects, hillsahde, visibilité, " du menu "spatial analysis" de l'application ArcMap logiciel **Arcgis 10.2**.

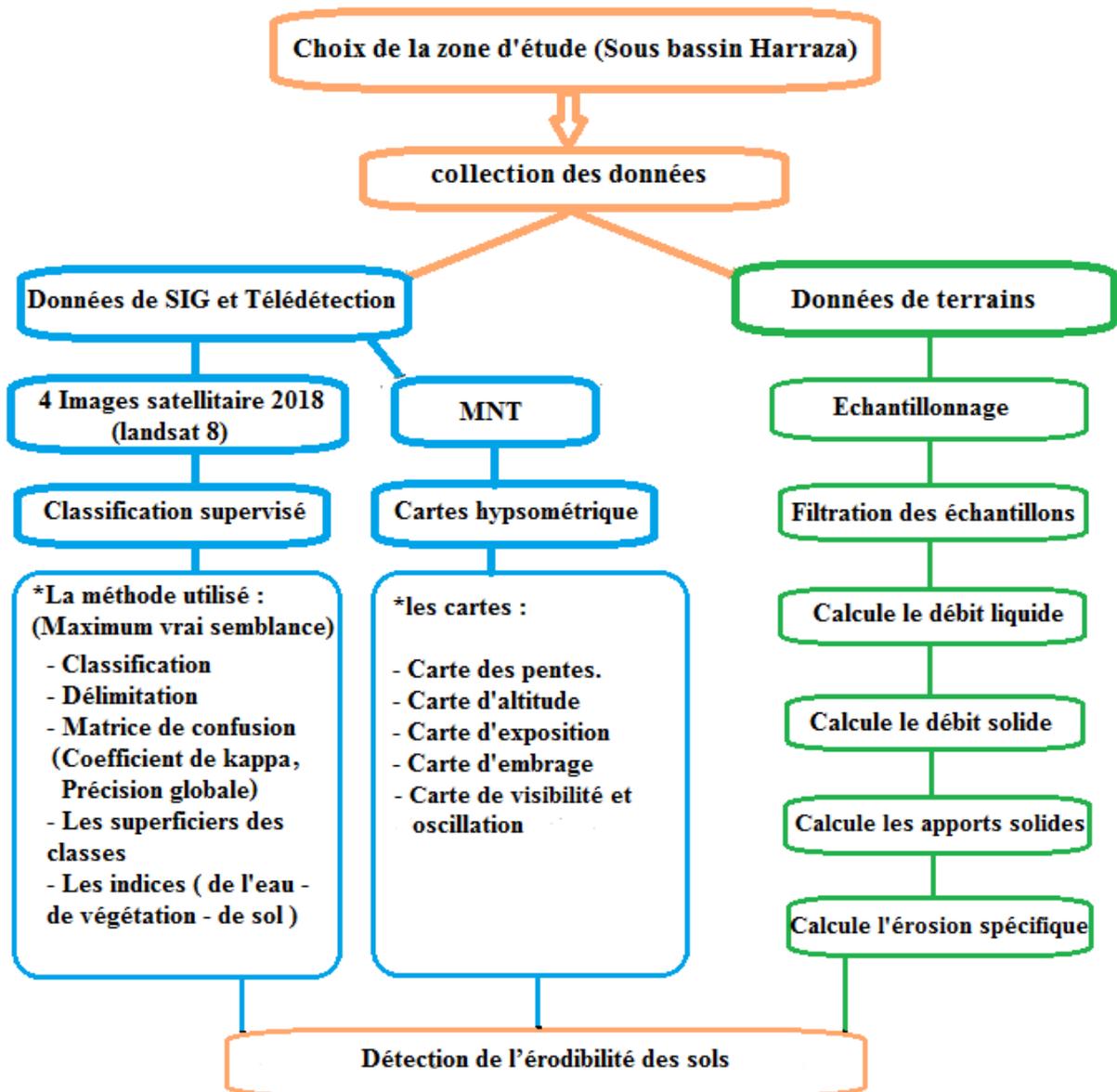


Figure N° 15 : organigramme de l'approche méthodologique.

Chapitre IV
Résultats et discussions

IV.1.Partie expérimentale

IV. 1. 1. Estimation de Débit liquide (M³/s)

Débit liquide (m³/s) = volume de canal (m³) / le temps (s).

Volume de canal (m³) : la largeur (m) * la longueur (m) * le profondeur d'oued(m).

Le temps (s) : le temps de passage de bouteille à travers le canal.

Les résultats sont présentés dans le tableau si dessous:

Tableau 06 : la variation de débit liquide en fonction des dates d'échantillonnage

date	Profondeur (Cm)	Temps (s)	La largeur de canal (Cm)	La longueur de canal (M)	débit en m ³ /s
03/11/2018	20	19	135	5 m et 90 Cm	0,083842105
04/11/2018	19	17	135	5 m et 90 Cm	0,089020588
05/11/2018	14	13	135	5 m et 90 Cm	0,085776923
25/11/2018	21	23	135	5 m et 90 Cm	0,072723913
26/11/2018	21	24	135	5 m et 90 Cm	0,06969375
01/12/2018	17	47	135	5 m et 90 Cm	0,028809574
14/12/2018	38	5	135	5 m et 90 Cm	0,60534
16/12/2018	24	7	135	5 m et 90 Cm	0,273085714
17/12/2018	25	10	135	5 m et 90 Cm	0,199125
19/12/2018	21	22	135	5 m et 90 Cm	0,076029545
10/01/2019	18	16	135	5 m et 90 Cm	0,08960625
11/01/2019	19	15	135	5 m et 90 Cm	0,10089
13/01/2019	18	17	135	5 m et 90 Cm	0,084335294
15/01/2019	17	18	135	5 m et 90 Cm	0,075225
20/01/2019	23	12	135	5 m et 90 Cm	0,1526625
22/01/2019	28	7	135	5 m et 90 Cm	0,3186
24/01/2019	37	7	135	5 m et 90 Cm	0,421007143
29/01/2019	27	10	135	5 m et 90 Cm	0,215055
01/02/2019	23	7	135	5 m et 90 Cm	0,261707143
04/02/2019	32	7	135	5 m et 90 Cm	0,364114286
07/02/2019	24	10	135	5 m et 90 Cm	0,19116
20/03/2019	20	21	135	6 m et 90 Cm	0,075857143
21/03/2019	20	22	135	5 m et 90 Cm	0,072409091
23/03/2019	15	20	135	5 m et 90 Cm	0,0597375
26/03/2019	15	20	135	5 m et 90 Cm	0,0597375
06/04/2019	17	19	135	5 m et 90 Cm	0,071265789
07/04/2019	16	21	135	5 m et 90 Cm	0,060685714

IV .1.2. Calcule de concentration de MES (g/l)

MES (g/l)= $\frac{\text{poids plein de filtre après séchage en } 105\text{ }^{\circ}\text{C} - \text{poids vide de filtre} * 1000}{\text{Le volume filtré}}$

Le volume filtré

Nous avons obtenu les résultats suivants :

Tableau N° 07 : les résultats de concentration de MES après la filtration

Date	Filtre	Poids vide	Poids après 105°	MES (g/l)
03/11/2018	F1	0,1345	0,2176	0,4155
04/11/2018	F2	0,1352	0,1442	0,045
05/11/2018	F3	0,1337	0,1404	0,0335
25/11/2018	F4	0,1297	0,146	0,0815
26/11/2018	F5	0,1315	0,1353	0,019
01/12/2018	F6	0,1298	0,1308	0,005
14/12/2018	F7	0,1368	0,2181	0,813
16/12/2018	F8	0,1329	0,1455	0,126
17/12/2018	F9	0,1327	0,137	0,0215
19/12/2018	F10	0,1323	0,1335	0,006
10/01/2019	F11	0,1363	0,1459	0,048
11/01/2019	F12	0,1308	0,1322	0,007
13/01/2019	F13	0,1304	0,1316	0,006
15/01/2019	F14	0,1311	0,1322	0,0055
20/01/2019	F15	0,1323	0,1488	0,165
22/01/2019	F16	0,1323	0,1892	0,569
24/01/2019	F17	0,1329	0,1985	0,662
29/01/2019	F18	0,1354	0,1639	0,285
01/02/2019	F19	0,1345	0,1687	0,342
04/02/2019	F20	0,1375	0,2132	0,757
07/02/2019	F21	0,1356	0,1786	0,043
20/03/2019	F22	0,1388	0,1412	0,0096
21/03/2019	F23	0,1398	0,1413	0,006
23/03/2019	F24	0,1384	0,1489	0,042
26/03/2019	F25	0,1373	0,1474	0,0404
06/04/2019	F26	0,1392	0,143	0,0152
07/04/2019	F27	0,1407	0,1435	0,0112

IV .1.3. Calcule de débit solide

$$Q_s = C \cdot Q_l$$

Avec Q_s : Débit solide en suspension (kg/s) ; Q_l : Débit liquide (m³/s) ; C : Concentration ou turbidité (g/l).

Les résultats sont présentés dans le tableau si dessous :

Tableau N° 08 : les résultats de la variation de débit solide

date	débit en (m ³ /s)	MES (g/l)	Qs (kg/s)
03/11/2018	0,083842105	0,4155	0,03483639
04/11/2018	0,089020588	0,045	0,00400593
05/11/2018	0,085776923	0,0335	0,00287353
25/11/2018	0,072723913	0,0815	0,005927
26/11/2018	0,06969375	0,019	0,00132418
01/12/2018	0,028809574	0,005	0,00014405
14/12/2018	0,60534	0,813	0,49214142
16/12/2018	0,273085714	0,126	0,0344088
17/12/2018	0,199125	0,0215	0,00428119
19/12/2018	0,076029545	0,006	0,00045618
10/01/2019	0,08960625	0,048	0,0043011
11/01/2019	0,10089	0,007	0,00070623
13/01/2019	0,084335294	0,006	0,00050601
15/01/2019	0,075225	0,0055	0,00041374
20/01/2019	0,1526625	0,165	0,02518931
22/01/2019	0,3186	0,569	0,1812834
24/01/2019	0,421007143	0,662	0,27870673
29/01/2019	0,215055	0,285	0,06129068
01/02/2019	0,261707143	0,342	0,08950384
04/02/2019	0,364114286	0,757	0,27563451
07/02/2019	0,19116	0,043	0,00821988
20/03/2019	0,075857143	0,0096	0,00072823
21/03/2019	0,072409091	0,006	0,00043445
23/03/2019	0,0597375	0,042	0,00250898
26/03/2019	0,0597375	0,0404	0,0024134
06/04/2019	0,071265789	0,0152	0,00108324
07/04/2019	0,060685714	0,0112	0,00067968

IV .1.4. La relation entre le débit solide (Q.s.) et le débit liquide (Q.l.)

IV.1.4.1.MISE EN FORME DES DONNEES

Dans le but de l'homogénéisation des données, nous avons entamé cette partie par l'établissement des modèles régressifs entre deux paramètres de mesure (**débit liquide –débit solide**). A cet effet les données sont mises en graphes et leur allure peut faire sortir une relation mathématique et nous indiquera le modèle régressif le plus adéquat.(Harkat,2010)

Cinq modèles régressifs sont utilisés :

- Linéaire : $Y = A + B.X$ (01)
- Logarithmique : $Y = A + B.log x$ (02)
- Parabolique : $Y = A + BX + CX^2$ (03)
- Puissance : $Y = A.X^B$ (04)
- Exponentiel : $Y = A.e^{BX}$ (05)

Cette approche consistera à traiter les valeurs des débits liquides instantanés (Ql inst) et des débits solides instantanés (Qs, inst). Le traitement se fera à différentes échelles temporelles (annuelles et saisonnière). (Harkat, 2010)

IV.1.4.2. Relation : débit liquide – débit solide instantané

Les couples ‘débit liquide et débit solide’ sont mis en graphe (Ql inst, Qs inst) (figure.09), en vue de la recherche d’un modèle de régression le plus adéquat. Le tableau () présente les valeurs du coefficient de détermination R^2 . (Harkat, 2010)

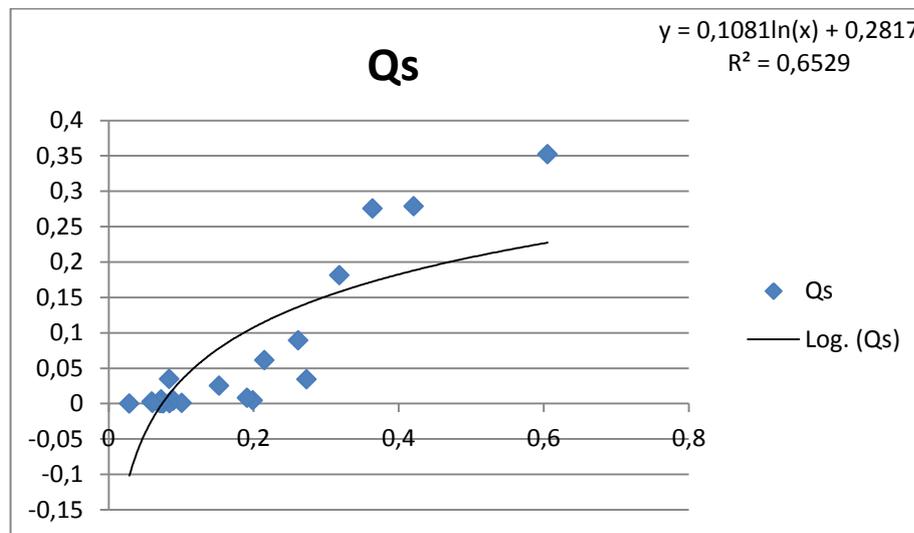


Figure N° 16: nuage de point et l’ajustement logarithmique

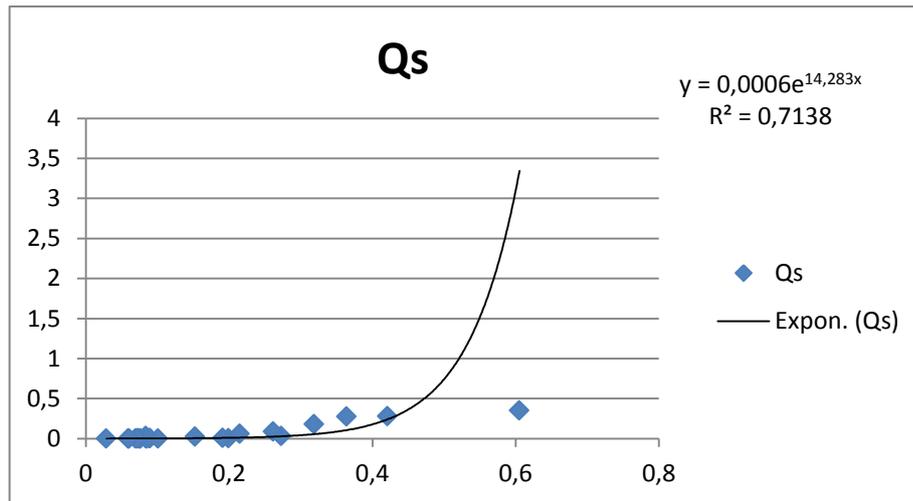


Figure N°17: nuage de point et l'ajustement exponentiel

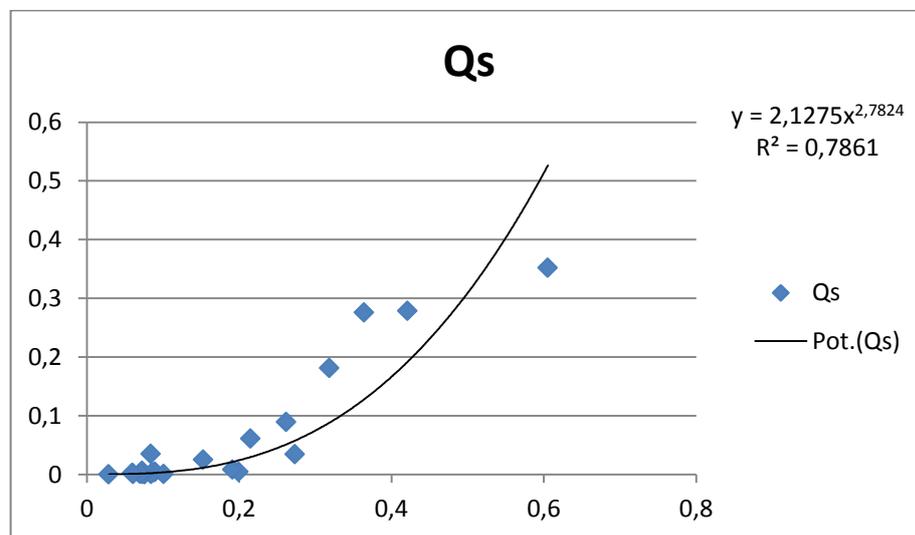


Figure N° 18 : nuage de point et l'ajustement puissance

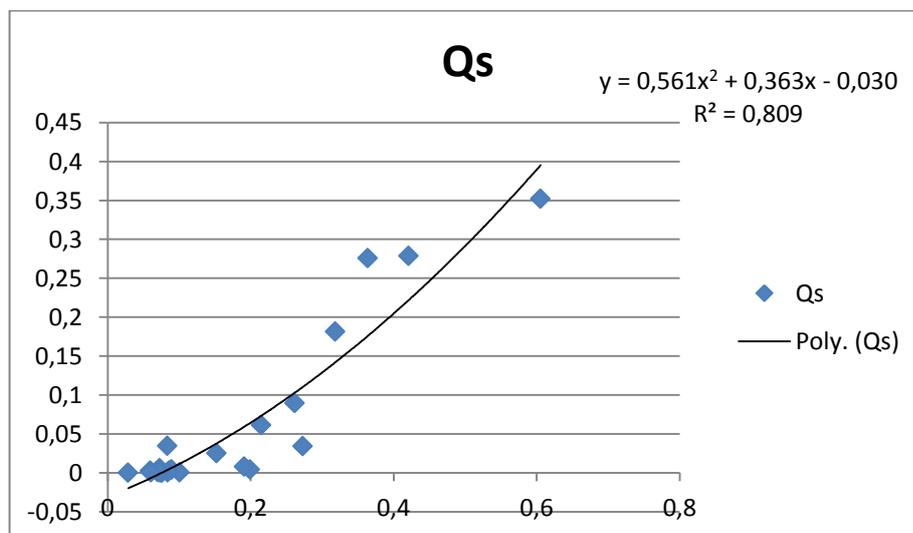


Figure N° 19 : nuage de point et l'ajustement parabolique

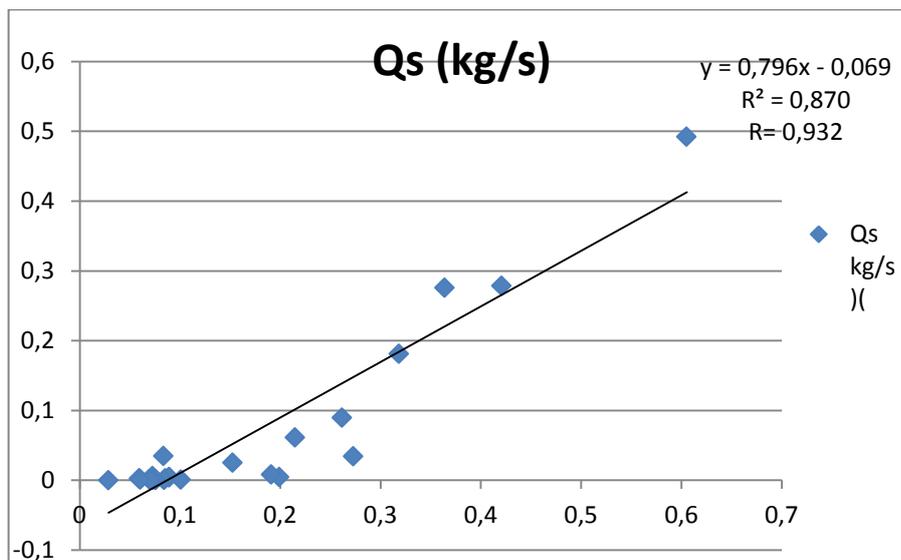


Figure N° 20 : droite de régression et Relation entre le débit solide et le débit liquide

Tableau N° 09 : Les valeurs du coefficient de détermination (R^2) pour chaque modèle.

Type de modèle	Linéaire	logarithme	parabolique	puissance	exponentiel
saison d'automne	0,855	0,538	0,892	0,728	0,654
saison d'hiver	0,901	0,761	0,856	0,92	0,853
saison de printemps	0,561	0,456	0,577	0,445	0,443
Annuelle	0,870	0,652	0,862	0,786	0,713

Selon le tableau et les graphes si dessus qui représente les coefficients de corrélation des modèles pour chaque saison, on a conclue que le modèle régressif le plus adéquat entre le débit liquide (Ql) et le débit solide(Qs) c'est le modèle linéaire selon la formule suivante : $y = 0,796x - 0,069$.et de coefficient de corrélation (R^2) = 0,870

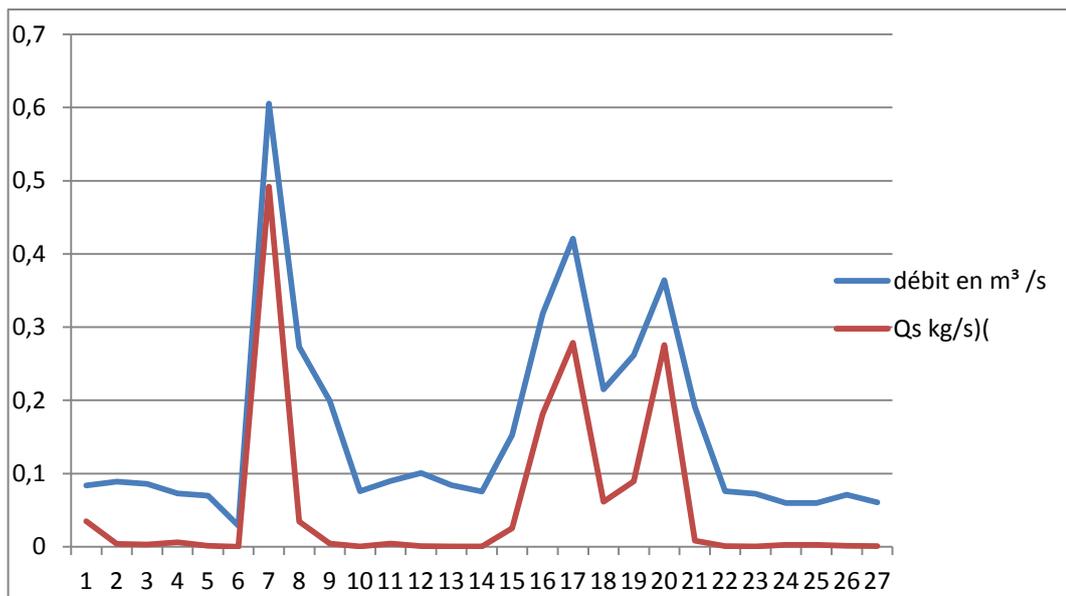


Figure N° 21 : graphe de tendance de débit solide avec le débit liquide

L'observation a montré qu'il y a une forte corrélation entre le débit solide (Q.s.) et le débit liquide (Q.l.), Donc nous concluons que plus le débit liquide est augmenté plus le débit solide augmente.

IV.1.4.3. Etude de la variation saisonnière des débits solide et liquide

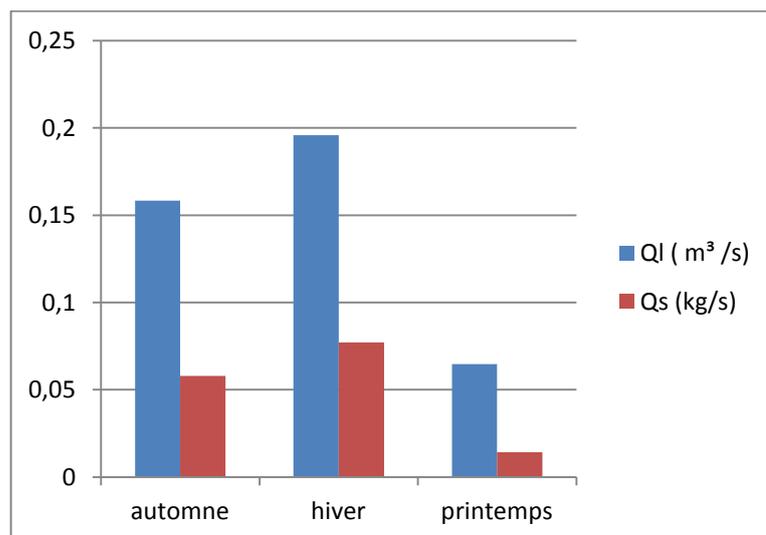


Figure N° 22 : histogramme exprime la variation des débits solide et liquide en fonction des saisons

Discussion

Le graphe se dessus représente la variation de débit liquide et débit solide en fonction de saison , on remarque que quand le débit liquide augmente , le débit solide augmente aussi se qui signifie dans la saison d’hiver , et quand le débit liquide diminue , le débit solide diminue cela est signifie dans la saison du printemps , dans cette saison non seulement le débit liquide qui a contrôlé la diminution de débit solide mais aussi la répartition de la végétation qui entoure le passage de l’oued , cette présence empêche l’érosion du sol dans le oued et donc diminue la quantité de débit solide dans l’oued.

IV.1.5. Etude de la variation des concentrations de MES par rapport à la précipitation par crue

Les résultats établis dans le tableau ci-dessous représente la variation des concentrations de MES en (g/l) durant 7 crues par rapport à la précipitation (donnés quillier par l’ANRH).

Tableau N° 10 : les données des précipitations et de la matière en suspension durant les crues

les crues	les durées des crues	précipitation (mm)	Moyenne de MES (g/l)
C1	03/11/18/ - 06/11/18	50,2	0,164667
C2	25/11/18 - 01/12/18	31,6	0,035167
C3	14/12/18/ - 19/01/19	37,9	0,154325
C4	10/01/19 - 14/01/19	19,6	0,016625
C5	20/01/19/ - 07/02/19	82,1	0,403286
C6	20/03/19 - 23/03/19	33,9	0,0192
C7	26/03/19 - 07/04/19	35,2	0,02267

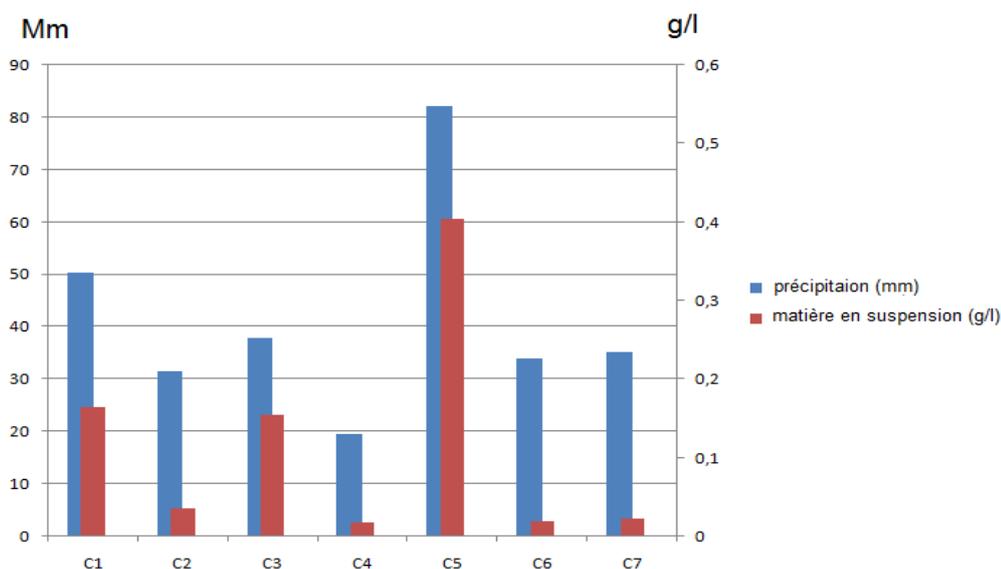


Figure N° 23 : la variation de MES par rapport à la précipitation durant les crues

Discussion

Le graphe établie montre qu'il y a une corrélation entre la précipitation et la quantité de la matière en suspension (g/l) , le taux de la matière en suspension (g/l) augmente par l'augmentation de la quantité de la précipitation durant la même périodes, ce qui signifié dans la crue 4 et 5 , quand la précipitation été faible dans la crue 4 , le taux de MES été faible aussi , et quad la quantité de la précipitation augmente dans la crue 5 le taux de MES augmente .

Remarque

la crue 3 et la crue 7 ont presque la même quantité de précipitation alors que le taux de MES dans ces crues été différent , cette différenciation a survenir a cause de la variation morpho spatiale des sols qui entoure le passage du oued , le taux de MES dans la crue 3 été fort a cause de la présence des sols nus et l'absence de la végétation qui entoure le chemin de oued dans cette périodes ,se qui facilite l'érosion du sol vers l'oued et donc augmente le taux de MES dans le oued , alors que le MES été faible dans la crue 7 a cause de la présence de la végétation a travers l'entourage du oued qui empêche l'érosion des sols .

IV.1.6. Quantification des apports solides et l'érosion spécifique pour la saison 2018-2019

Nous utilisons les relations établies $Q_s = f(Q_l)$, à différentes échelles temporelles. Nous déterminons les apports solides de toute la période d'observation. La méthode de la régression est utilisée pour l'homogénéisation des données. (Harkat, 2010)

Nous posons :

$$A_{sj} = Q_{smj} \cdot T$$

Tel que :

A_{sj} : Apport solide moyen journalier (Tonne) ;

Q_{smj} : Débit solide moyen journalier (Kg /s) ;

T : Temps (s) ;

$$A_{sj} = Q_{smj} \cdot T$$

$$A_{sj} = 0,05607415 * (60*60*24)$$

$$A_{sj} = 4844,80656 \text{ kg/J}$$

$$A_{sj} = 4.84 \text{ T/J}$$

- L'apport solide mensuel est : $A_{sm} = A_{sj} \cdot N$

Tel que :

A_{smj} : Apport solide mensuel (tonne) ;

A_{sj} : Apport solide journalier (tonne) ;

N : Nombre de jours dans le mois;

$$A_{sm} = A_{sj} \cdot N$$

$$A_{sm} = 4.844 \cdot 30$$

$$A_{sm} = 145,32 \text{ T/MOIS}$$

- La quantité totale transportée chaque année est:

$$A_{sann} = \sum_{i=1}^{12} A_{sm}$$

$$A_{sann} = 12 \cdot 145,32$$

$$A_{sann} = 1743,84 \text{ T/An}$$

Cependant l'érosion spécifique moyenne (E_s) d'un bassin versant est définie comme étant le rapport entre l'apport solide « A_s » et la surface « S » du bassin versant. Soit :

$$E_s = \frac{A_s}{S}$$

$$E_s = 1743,84 / 142,3$$

$$E_s = 12,45 \text{ T/Ha/an}$$

Les calculs correspondants de l'apport solide moyen annuel et de l'érosion spécifique moyenne annuelle donnent une idée sur l'importance du transport solide et l'état de dégradation du sol dans le bassin.

IV.1.7. Comparaison de quantité d'érosion spécifique dans Oued HARRAZA 2018 avec d'autres études dans différents région

Tableau N° 11 : quelques résultats des études d'érosion spécifique sur différents région

Bassin versant	Bassin versant de Harraza 2019	bassin de l'Oued Mina (2013)	Bir Ouled Tahar Oued Zeddine (2008)	l'Oued Tafna à Beni Bahdel (2003)	Le bassin versant de l'Oued Harraza 2014
Es	12,45 T/Ha/an	21,1t /Ha /an.	71,61 T/ha.an	4,12 T/ha.an	13.2 T/ha.an

Les résultats obtenue montre que la valeur de la dégradation spécifique du sol dans le bassin versant de l'oued Harraza est de l'ordre de = 12,45 T/Ha/an , cette valeur est nettement faible comparée aux autres valeurs de l'Algérie du Nord.

IV.2. Traitement des images satellitaires

Les images retenues consistent à une succession saisonnière annuelle qui commence par l'hiver de l'année 2018 (Mois de janvier) jusqu'au automne passant par le printemps et l'été de la même année. L'étape du traitement est importante pour pouvoir comprendre la dynamique saisonnière des unités de surfaces de notre région d'étude.

IV.2.1. Résultats de la Classification des images satellitaire

IV.2.1.1. Image classé d'hiver (17 janvier 2018)

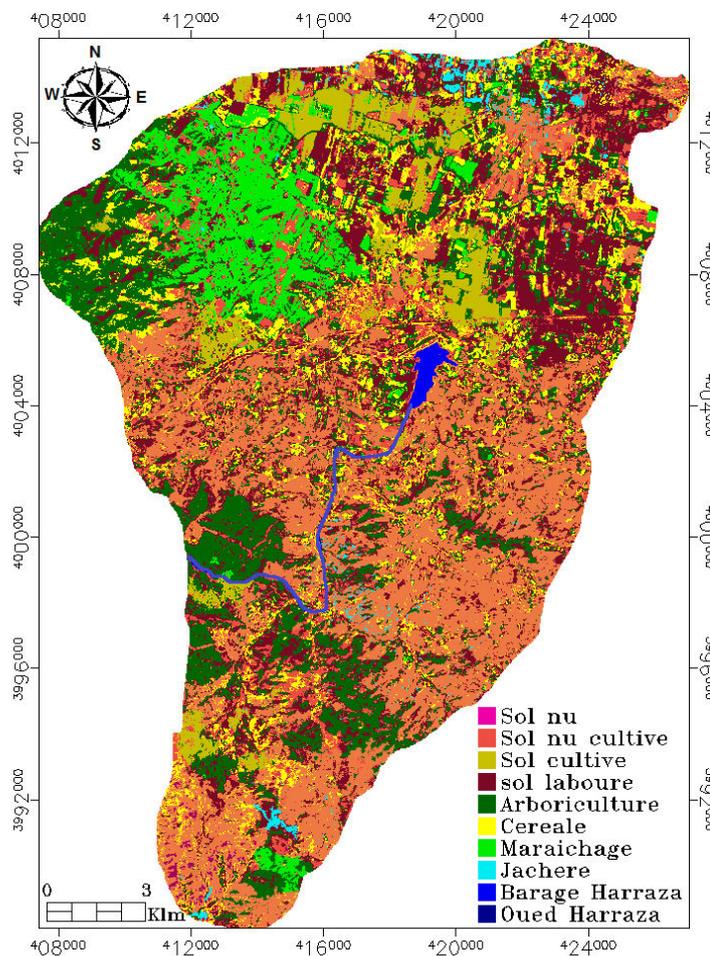


Figure N° 24: Classification supervisée de l'image LANDSAT 8

La carte établie représente la zone de notre étude en saison d'hiver du date 17/01/2018, cette carte montre une variabilité morpho-spatiale en terme de paysages où on observe une moyenne répartition du couvert végétal (Arboriculture, céréale, jachère, maraichage ...).

Ou elle est dense au dessus de barrage Harraza et faible dans les autre régions,

Pour les sols il y a une domination du sol nu cultivé a travers presque tout la zone de notre étude, il y a aussi une répartition variable d'une région à l'autre des sols labourés et cultivés alors qu'il y a une faible répartition des sols nus dans cette période. Le raison de la présence d'un couvert végétale dense dans cette périodes parce qu'elle est la saison favorable des végétations pour la naissance et la croissance et des plantes.

IV.2.1.2. Image classé de printemps (23 avril 2018)

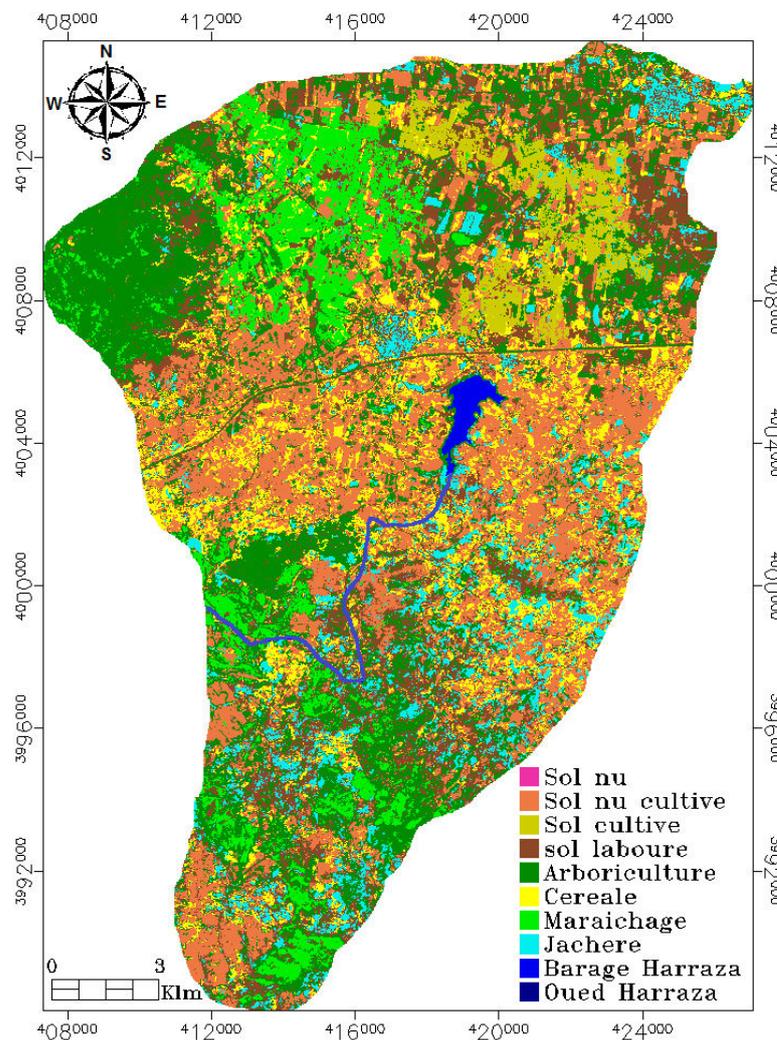


Figure N° 25 : Classification supervisée de l'image LANDSAT 8

La carte du la saison de printemps du date 23/04/2018 montre qu'il y a une augmentation du densité de la couvert végétale a travers tous les régions de la zone .les facteurs biotiques et abiotiques optimale de cette saison aide le couvert végétale pour la

maturation et l'expansion des végétations. Donc contrairement on va trouve une diminution du surface des sols nus et les sols labourés. Pour les sols cultivés et les sols nus cultivés, les répartitions de ces sols sur le territoire reste presque le même.

IV.2.1.3. Image classé d'été (12 juillet 2018)

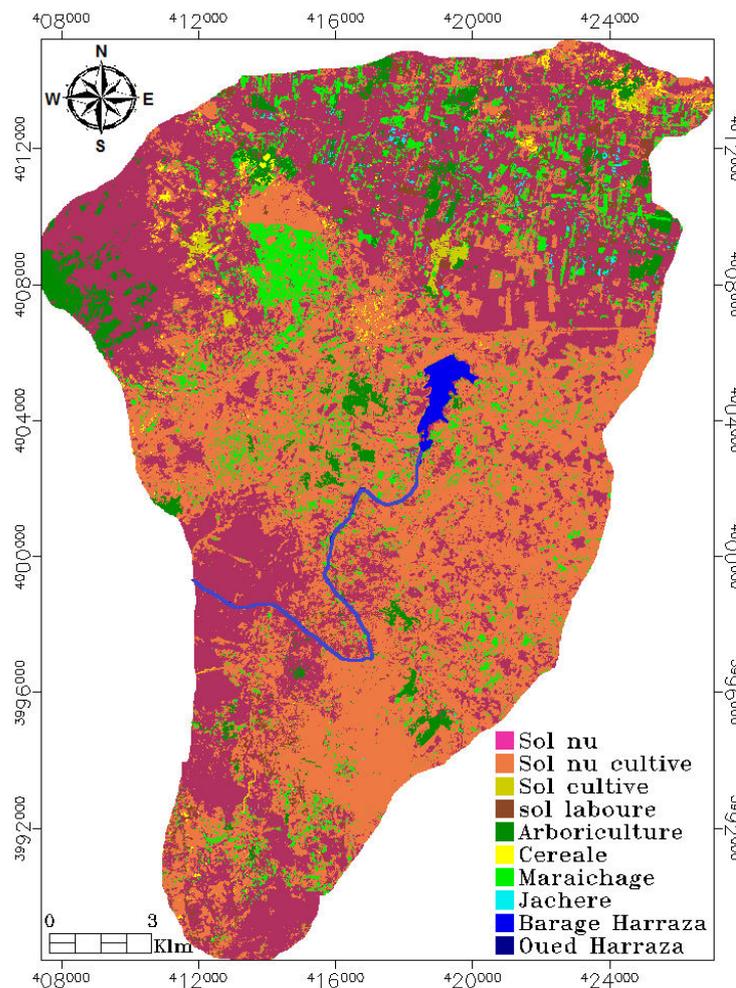


Figure N° 26: Classification supervisée de l'image LANDSAT 8

La carte de la saison d'été du date 12/07/2018 exprime qu'il y a une forte diminution de la densité du couvert végétale dans toutes les régions, car c'est la saison la plus défavorable pour la plupart des espèces végétales telles que les maraichages et les jachères qui sont perturbés, et que les céréales ont été mûres et récoltées dans presque tous les terrains, sauf les arboricultures qui restent dans cette période. Et donc par conséquent, il y a une augmentation forte des surfaces des sols nus et des sols nus cultivés.

IV.2.1.4. Image classé d'automne (8 novembre 2018)

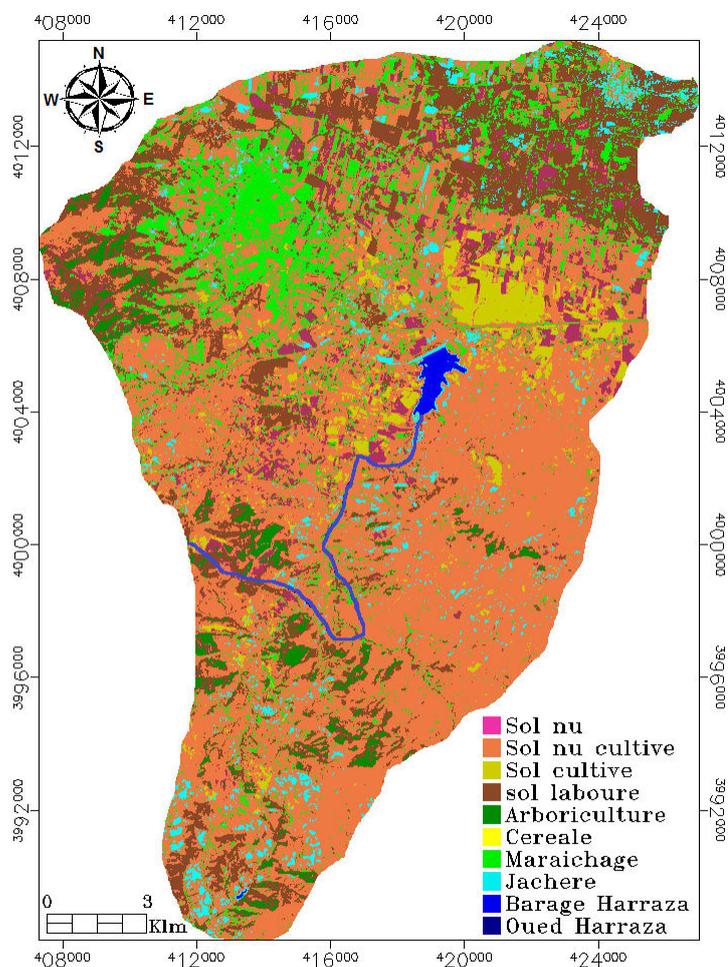


Figure N° 27 : Classification supervisée de l'image LANDSAT 8

La carte de la saison d'automne du date 08/11/2018 montre qu'il y a quelque variabilités en terme de paysage par rapport de la saison d'été ,où on observe une faible répartition du couvert végétal plus faible que la saison précédente à cause de la chute des feuilles des arboricultures dans cette périodes. pour les sols , le sol nu cultivé est le plus dominé, alors que les surfaces des sols nus ont été diminué à cause de l'augmentation encore une fois des surfaces des sols cultivés et labourage des terrains pour une nouvelle saison agricole .

IV.2.2. Pertinence de la classification

Pour confirmer l'efficacité de notre classification des images satellitaires, nous avons établis la matrice de confusion de chaque image classée qui nous permet de calculer le coefficient de Kappa pour les 04 images LANDSAT 8.

Les matrices sont présentées dans les tableaux ci-dessous :

Tableau N° 12 : matrice de confusion pour les dix classes d'image LANDSAT 8

D'hiver (17 janvier 2018).

Classe	barrage	sol nu	sol nu cultivé	sol labouré	sol cultivé	arboriculture	maraichage	jachère	céréale	oued
barrage	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sol nu	0	100	0	0,02	0	0	0	0	0	0
sol nu cultivé	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0
sol labouré	0,2	0	0	97,68	1,09	0,3	0	0,5	0	0
sol cultivé	0	0	0	1,69	92,9	0	0	2,8	0,72	0
arboriculture	0	0	0	0,03	0,1	99,7	0,12	1	0,62	0
maraichage	0	0	0	0	0	0	97,4	1	0	0
jachère	0	0	0	0,58	5,87	0	2,45	95	1,03	0
céréale	0	0	0	0	0,07	0	0	0,1	97,6	0
oued	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tableau N° 13 : matrice de confusion d'image classée LANDSAT 8 De printemps (23 avril 2018)

Classe	barrage	sol nu	sol nu cultivé	sol labouré	sol cultivé	arboriculture	maraichage	jachère	céréale	oued
barrage	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sol nu	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0
sol nu cultivé	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0
sol labouré	0	0	0	98,8	4,67	0,43	0	0	0	0
sol cultivé	0	0	0	1,2	95,3	0	0	0	0	0
arboriculture	0	0	0	0	0	99,6	0	0	0	0
maraichage	0	0	0	0	0,06	0	100	0,4	0	0
jachère	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0
céréale	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0
oued	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tableau N° 14: matrice de confusion pour les dix classes d'image LANDSAT 8

D'été (12 juillet 2018).

Classe	barrage	sol nu	sol nu cultivé	sol labouré	sol cultivé	arboriculture	maraichage	jachère	céréale	oued
barrage	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sol nu	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0
sol nu cultivé	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0
sol labouré	0	0	0	98,8	4,67	0,43	0	0	0	0
sol cultivé	0	0	0	1,2	95,3	0	0	0	0	0
arboriculture	0	0	0	0	0	99,6	0	0	0	0
maraichage	0	0	0	0	0,06	0	100	0,4	0	0
jachère	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0
céréale	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0
oued	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tableau N° 15: matrice de confusion pour les dix classes d'image LANDSAT 8

D'automne (08 novembre 2018).

Classe	barrage	sol nu	sol nu cultivé	sol labouré	sol cultivé	arboriculture	maraichage	jachère	céréale	oued
barrage	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sol nu	0,1	100	0,23	0	0	0	0	0	0	0
sol nu cultivé	0	0	99,8	0	0	0	0	0	0	0
sol labouré	0	0	0	99,68	0	0	0	0	0	0
sol cultivé	0	0	0	0	97,7	0,09	1,29	0,3	0,21	0
arboriculture	0	0	0	0	0	97,2	0,18	0	0	0
maraichage	0	0	0	0	1,83	1,95	96,5	0	0	0
jachère	0	0	0	0	0,26	0,09	0,55	99	0,64	0
céréale	0	0	0	0,32	0,26	0,65	1,47	1	99,1	0
oued	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

IV.2.3.Coefficient de KAPPA

Tableau N° 16: Coefficient kappa des images Landsat 8 utilisées

Image LANDSAT 8	17 janvier 2018	23 avril 2018	12 juillet 2018	18 novembre 2018
Coefficient kappa	0.9592	0.9236	0.9931	0.9951
Précision globale	96.6562%	93.6362%	99.4404%	99.9820%

IV.2.4. Calcule des superficies des classes

Le tableau 17 montre l'extension spatiale de chaque classe le long des quatre saisons. Une dynamique saisonnière est facilement détectable de l'occupation des sols dans le sous bassin. Les pratiques agricoles traduites par les systèmes de cultures de maraichage et d'abro sont abondante le long d'année avec un taux d'occupation varie de 30 à 50% de la superficie totale, du moment que le reste de la superficie est occupé par une alternance de sols nus, sols nus cultivés et parfois de la jachère. nos enquêtes sur le terrains n'ont permis malheureusement d'interroger les agriculteurs sur leurs recours en termes de pratique et la diversité au sein du bassin qui alimenté par les eaux du barrage de herraiza.

Tableau N° 17: Superficie en hectare de déférentes classes de l'image classée janvier-novembre 2018

Les dates	17/01/2018		23/04/2018		12/07/2018		08/11/2018	
	Superficie Ha	Surface total (%)						
Sol nu	0,8681	2,84082728	0,4188	1,37050854	9,4581	30,9513057	2,2882	7,4880555
Sol nu cultivé	12,8981	41,2268473	10,6081	33,4056548	10,1981	34,6819164	14,6992	48,1026245
Sol cultivé	4,9696	17,2628444	4,7314	15,4833432	1,2696	4,15472217	3,5344	11,566202
Sol labouré	4,2104	13,7783886	2,3716	7,76097912	1,5104	4,94273185	5,4478	17,8277374
Arboriculture	2,8067	10,4755547	4,8038	16,0292558	4,2067	12,4755547	0,7324	2,39675371
Maraichage	2,9254	8,26428431	5,6153	18,3758754	2,6554	8,26428431	2,6054	8,52608155
Céréale	1,2561	4,11054388	1,3467	4,40702926	0,7661	2,47431115	0,6568	2,14935532
Jachère	0,4532	1,48308135	0,4976	2,50085037	0,3232	1,05766084	0,4245	1,38916159
Barrage Herraiza	0,1704	0,55762812	0,1652	0,5406113	0,1704	0,55762812	0,1654	0,54126579
Total	30,558	100	30,558	100	30,558	100	30,558	100

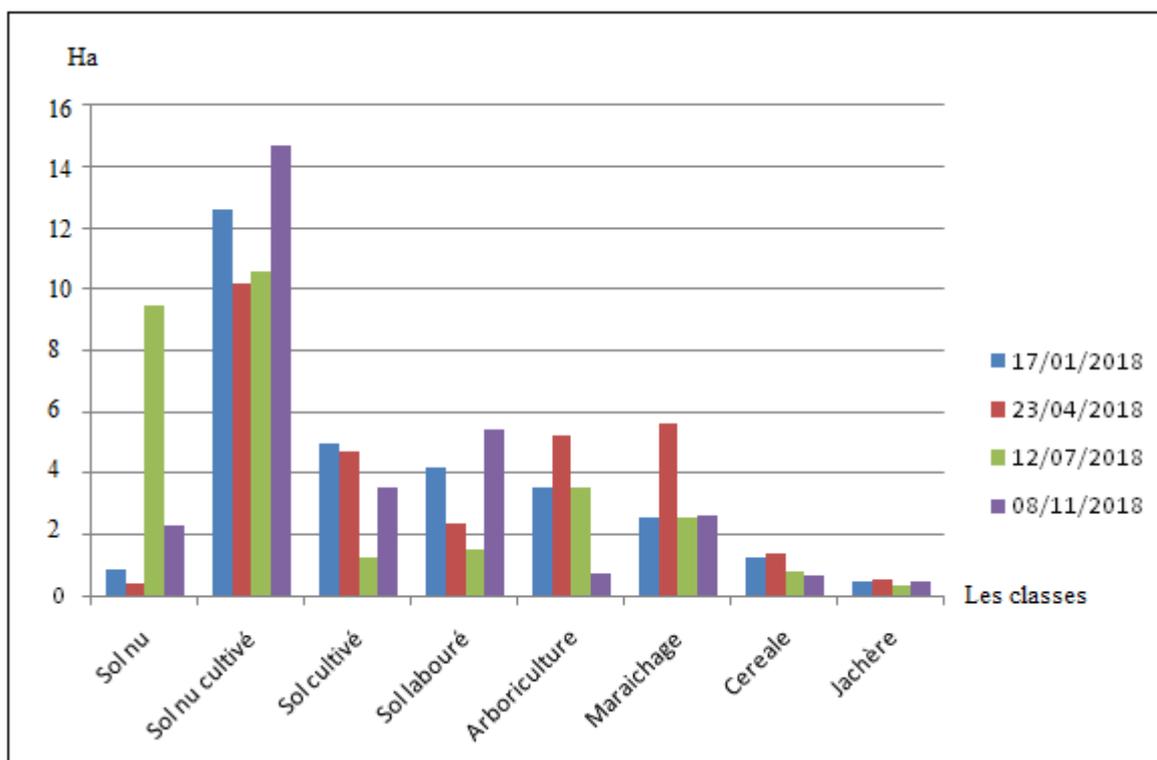


Figure N° 28 : histogramme représente les superficies en hectare des classes de l’image classée janvier-novembre 2018

IV.2.5. Calcule des indices

IV.2.5.1. Indices de végétations

Tableau N° 18 : moyenne des indices de végétations pour les 09 classes.

Indices	NDVI	RIV
Sol nu cultivé	0,22112003	1,569579
Sol nu	0,09205377	1,20317356
sol labouré	0,52946666	3,48070602
sol cultivé	0,53696672	3,36319101
arboriculture	0,70076791	5,8766197
maraichage	0,84455703	8,6605358
céréale	0,71430858	6,47010541
jachère	0,40222489	5,48073201
Barrage	0,12308676	1,28302041

Le tableau ci-dessus montre la valeur des deux indices calculé (NDVI, RVI) pour l'ensemble des classes, d'une part, ces indices montre que les premier deux classes (sol nu et sol nu cultivé) ont une faible densité du couvert végétal , d'une autre part ces indices indiquent que les autres classes ont une forte densité du couvert végétal par rapport les premiers classes.

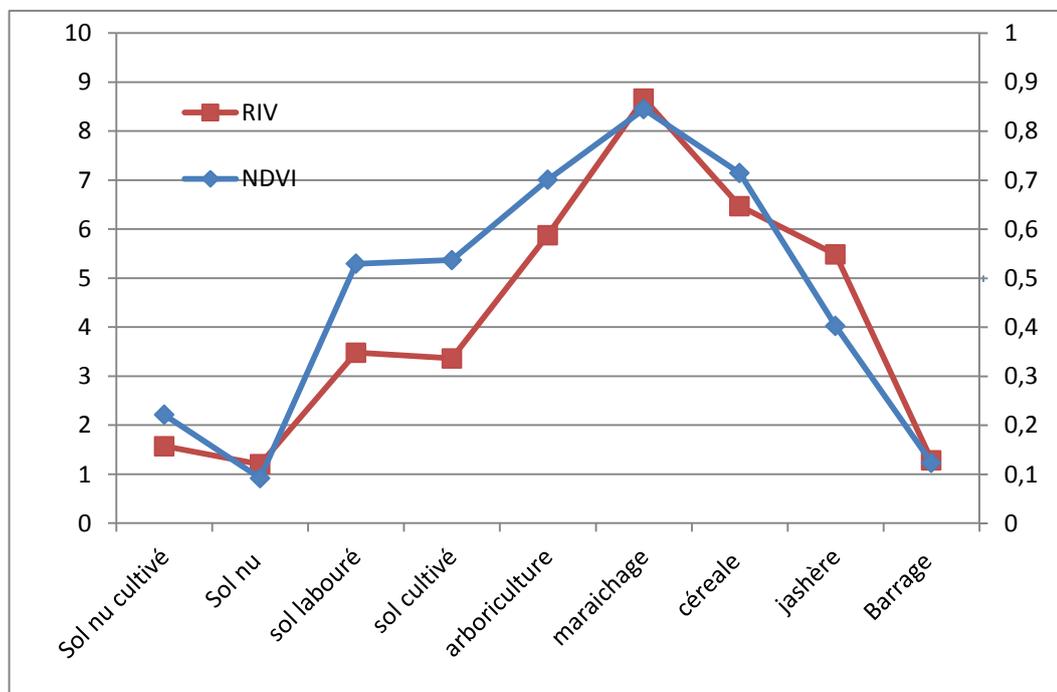


Figure N° 29 : l'évolution des indices de végétation pour les 9 classes image avril 2018

IV.2.5.2.Indices de sol

Tableau N° 19 : des indices de sol pour les 09 classes

indices	IC	IR
Sol nu cultivé	0,20205261	1,24646615
Sol nu	0,19571265	1,15876153
sol labouré	0,06523921	0,77608585
sol cultivé	0,09513235	0,62457256
arboriculture	0,08484838	0,72124271
maraichage	0,05486807	0,54441964
céréale	0,05627135	0,64852136
jashère	0,05426548	0,45133849
Barrage	0,02910979	0,3018636

Contrairement à les indices de végétation, les indices de sol (indice de couleur IC et l'indice de rougeur IR) montre que la supériorité est pour le sol nu et le sol nu cultivé dû à la reflectance importante de ces deux classes sous cet indice, alors qu'elle est faible pour les autres classes.

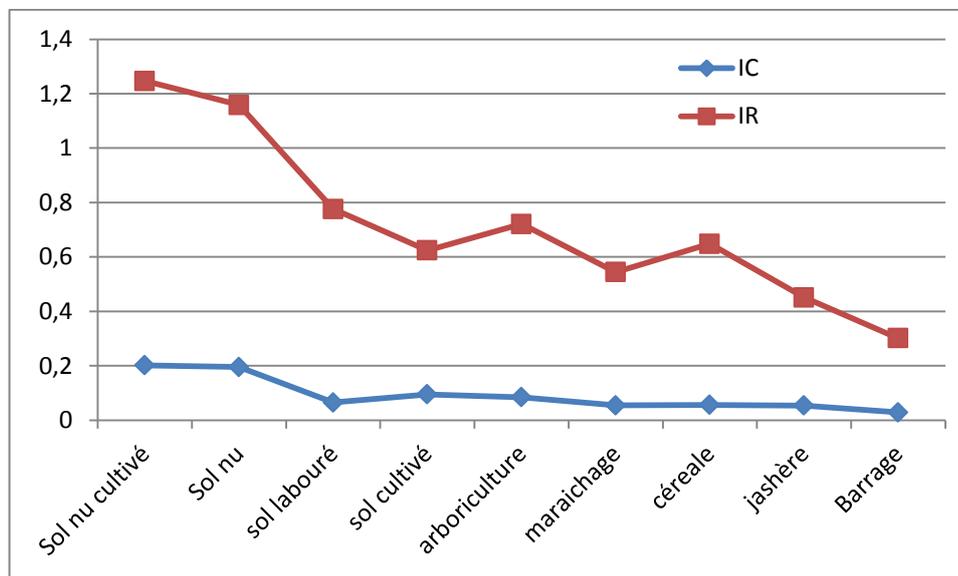


Figure N° 30 : des indices de sol pour les 9 classes image avril 2018

IV.2.5.3. Indice de l'eau

Tableau N° 20 : moyenne des indices de l'eau pour les 09 classes

indices	NDWI	IDWI
Sol nu cultivé	-0,14648048	-0,36104021
Sol nu	-0,10377345	-0,21531848
sol labouré	0,2281986	-0,58987645
sol cultivé	0,17353914	-0,54297846
arboriculture	0,32950001	-0,65731206
maraichage	0,52049976	-0,79687003
céréale	0,34635939	-0,66854701
jachéré	0,13515788	-0,44116675
Barrage	0,52237722	0,17405244

Le tableau de l'indice de l'eau exprime la décroissance des valeurs pour les deux classes de végétation et des sols du à l'absence des eaux dans ces classes. Par contre, la croissance des valeurs du barrage dans les deux indices de l'eau.

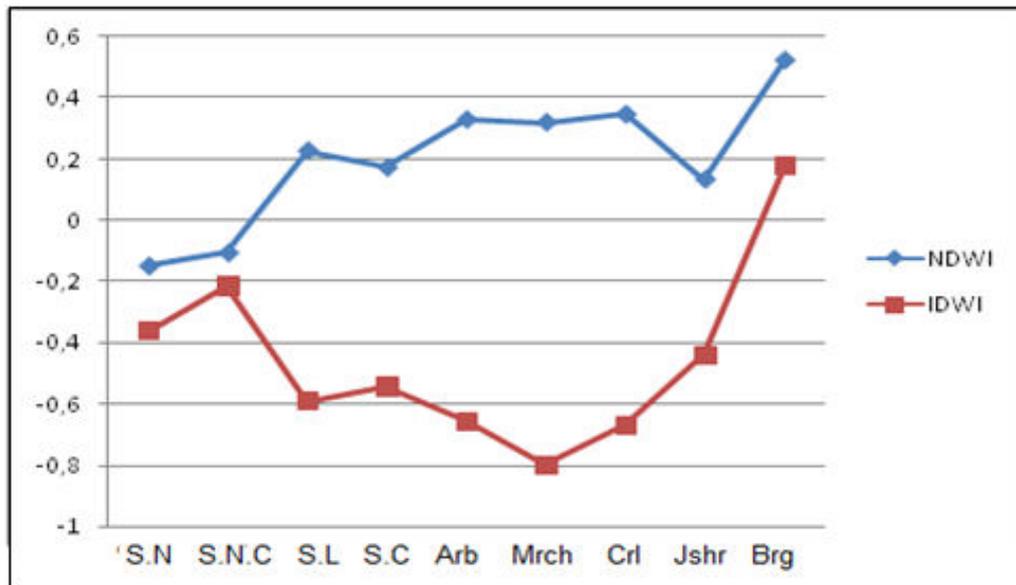


Figure N° 31: des indices de l'eau pour les 9 classes image avril 2018

IV.2.6.Modèle numérique de terrain

Afin de réaliser les cartes d'altitude, pente et exposition nous avons utilisé le modèle numérique téléchargé le 20-04-2019.

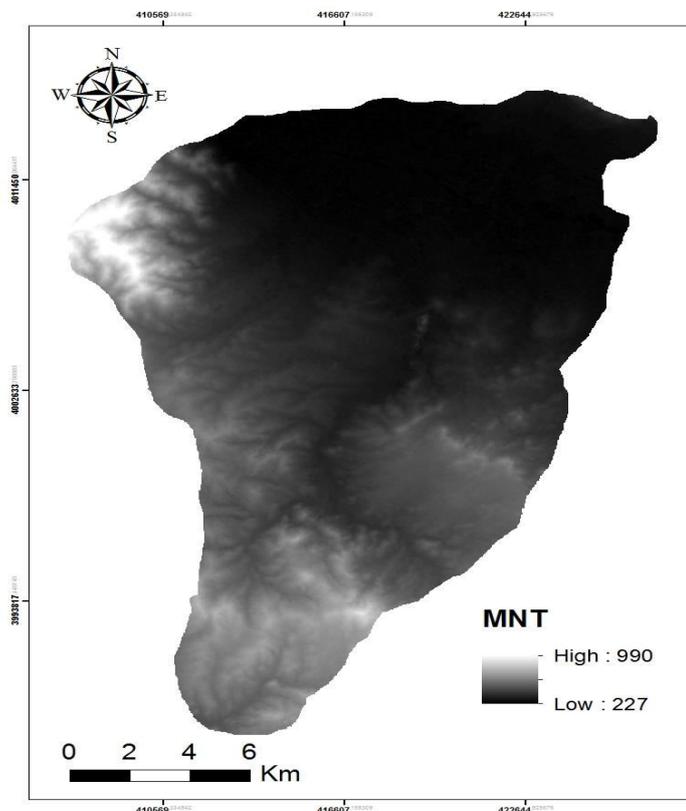


Figure N° 32 : Extraction la zone d'étude sur MNT.

IV.2.6.1. carte d'altitude

Cette carte représente les différentes classes d'altitude de sous bassin versant de HARRAZA (Projection UTM Nord zone.31).

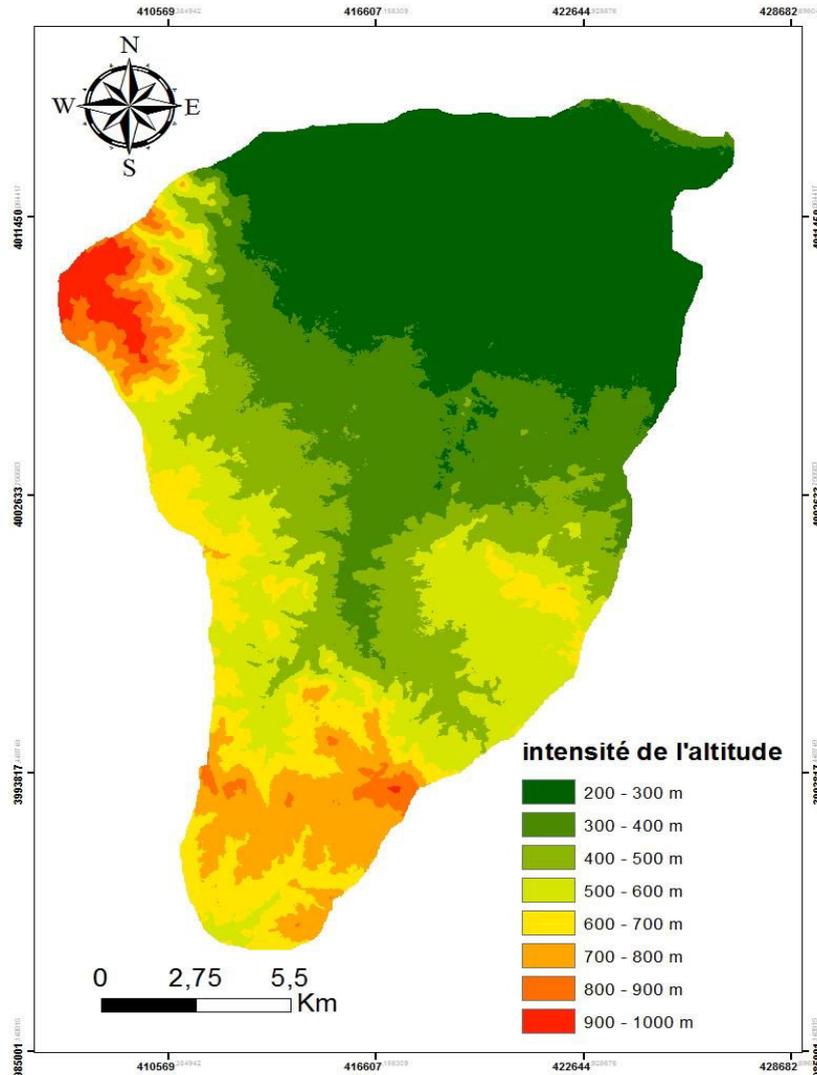


Figure N° 33 : carte d'altitude sous bassin de HARRAZA 2018.

L'Exploitation du MNT (modèle numérique du terrain) à permet l'identification du 08 classes d'altitude dans le sous bassin versant de HARRAZA varient entre 200 à 1000 m et sont présentées comme suite :

- 1er classe varie entre [200 à 300 m].
- 2eme classe varie entre [300 à 400m].
- 3eme classe varie entre [400 à 500m].
- 4eme classe varie entre [500 à 600m]

- 5eme classe varie entre [600 à 700 m]
- 6eme classe varie entre [700 à 800m]
- 7eme classe varie entre [800 à 900m]
- 8eme classe varie entre [900 à 1000m]

Donc nous pouvons conclure que la structure physique de sous bassin est un versant, la basse altitude trouve au nord et l'est du sous bassin et le sommet s'étend dans la partie ouest.

IV.2.6.2. Carte des pentes

Cette carte représente les différentes classes des pentes déterminées dans le sous bassin versant de HARRAZA (projection UTM Nord .zone 31).

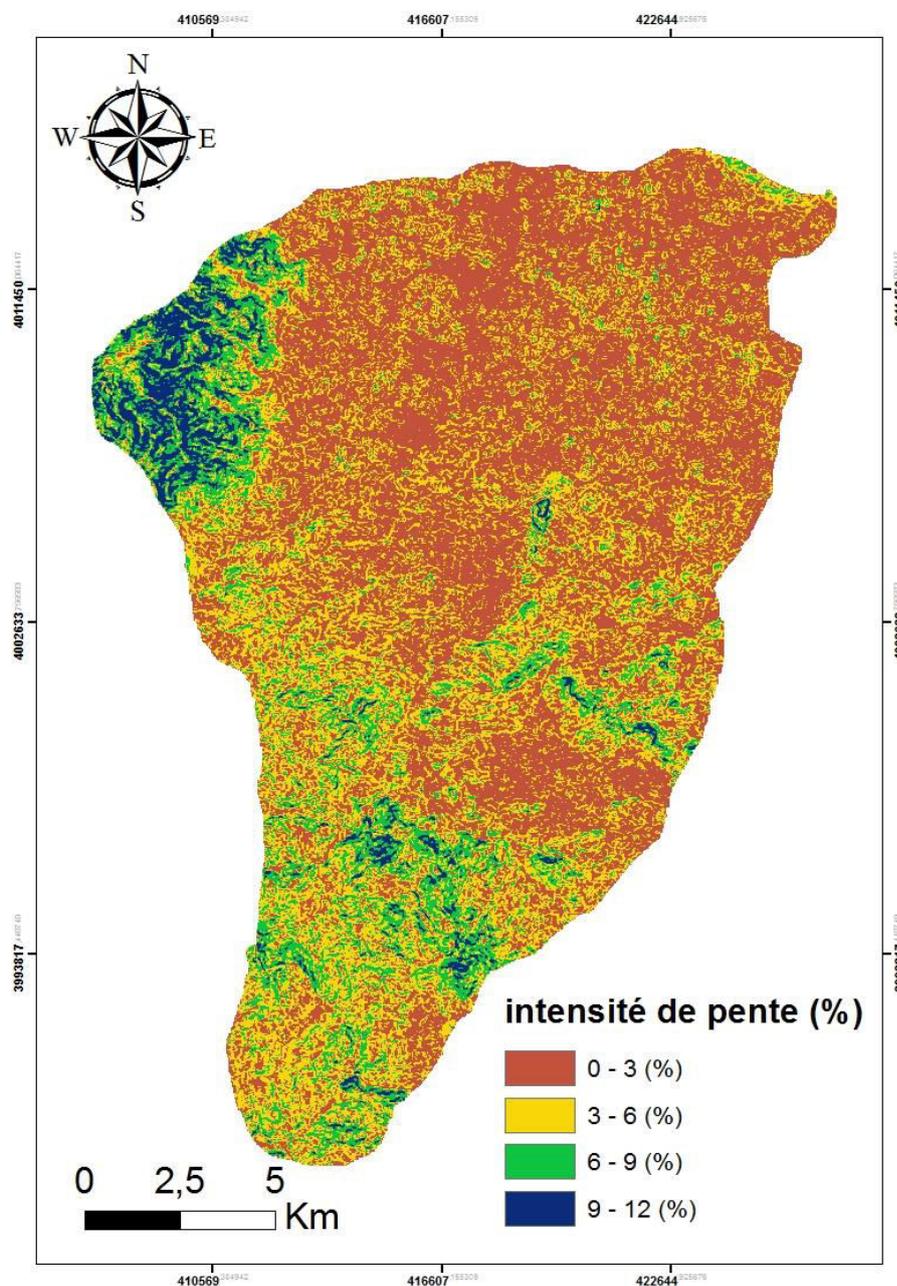


Figure N° 34: carte des pentes sous bassin de HARRAZA

Nous avons identifiées 04 classes des pentes dans le sous bassin varient entre 0 à 12% et sont présentées comme suite :

- Très faible pente varie entre [0 à 3%].
- Faible pente varie entre [3 à 6%].
- Moyenne pente varie entre [6 à 9%].
- Forte pente varie entre [9 à 12%].

Les très faible pentes sont comprises entre 0 à 3 % et occupent une grande partie de la superficie totale du sous bassin de HARRAZA , car la principale topographie du sous bassin est sous forme des plaines. Les fortes pentes comprises entre 9 à 12% et occupent la partie ouest de sous bassin.

IV.2.6.3. Carte d'exposition

Cette carte représente les différentes classes d'exposition déterminées dans le sous bassin de HARRAZA (Projection UTM Nord. Zone 31] Nous avons identifiées 08 classe d'expositions dans le sous bassin de HARRAZA sont présentées comme suite :

- Nord, Nord-est, Est, Sud-est, Sud, Sud-ouest, Ouest, Nord-ouest.

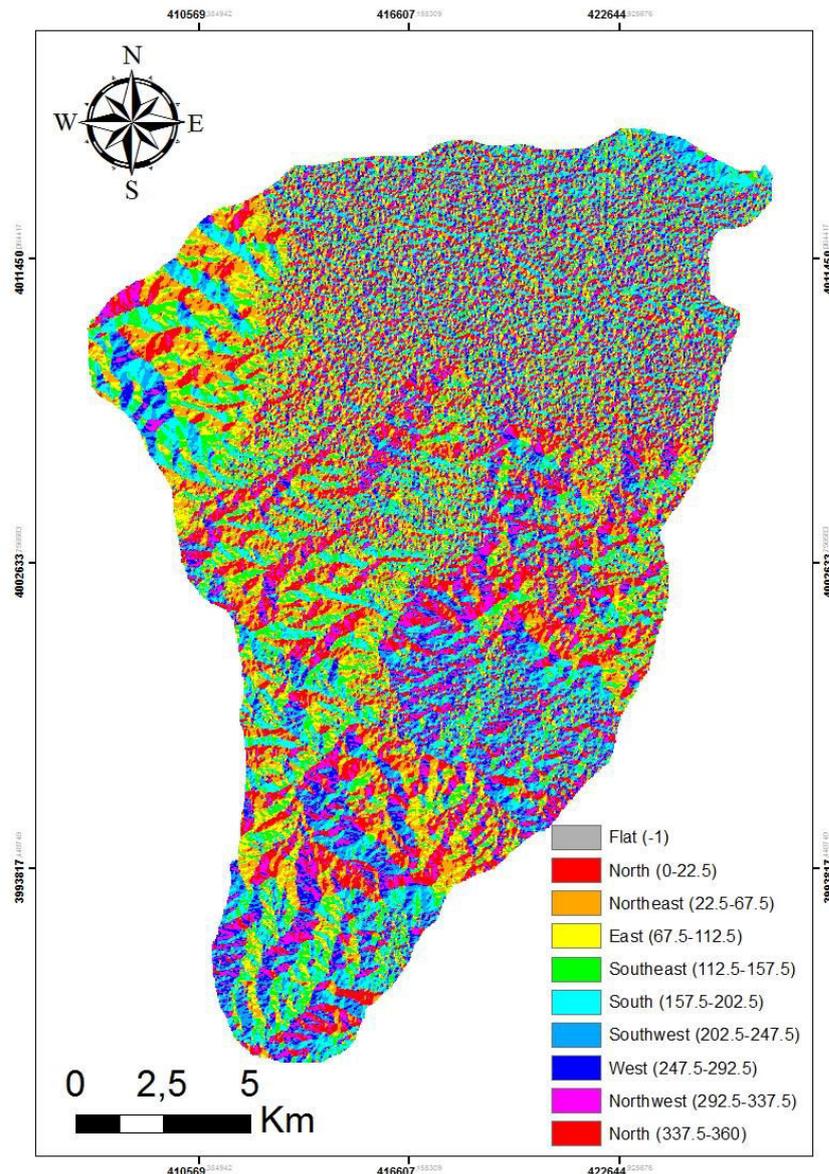


Figure N° 35 : Carte d'exposition de sous bassin de HARRAZA 2018

L'outil Exposition identifie la direction dans laquelle la pente descendante est orientée. Les valeurs de chaque cellule du raster en sortie indiquent la direction de boussole dans laquelle la surface est orientée à cet emplacement. La mesure s'effectue dans le sens horaire en degrés de 0 (plein nord) à 360 (plein nord également), ce qui trace un cercle plein. La valeur -1 est attribuée aux zones plates qui ne possèdent pas de pente descendante.

IV.2.6.4. Carte d'ombrage et oscillation

Cette carte représente les différentes classes d'ombrage des reliefs déterminé dans le sous bassin versant de HARRAZA (Projection UTM Nord. Zone 31].

Nous avons identifiés 06 classes d'ombrage dans le sous bassin versant présentés comme suite :

- 1er classe varie entre [0 à 30°].
- 2eme classe varie entre [30° à 60°].
- 3eme classe varie entre [60° à 90°].
- 4eme classe varie entre [90° à 120°]
- 5eme classe varie entre [120° à 150°]
- 6eme classe varie entre [150° à 180°]

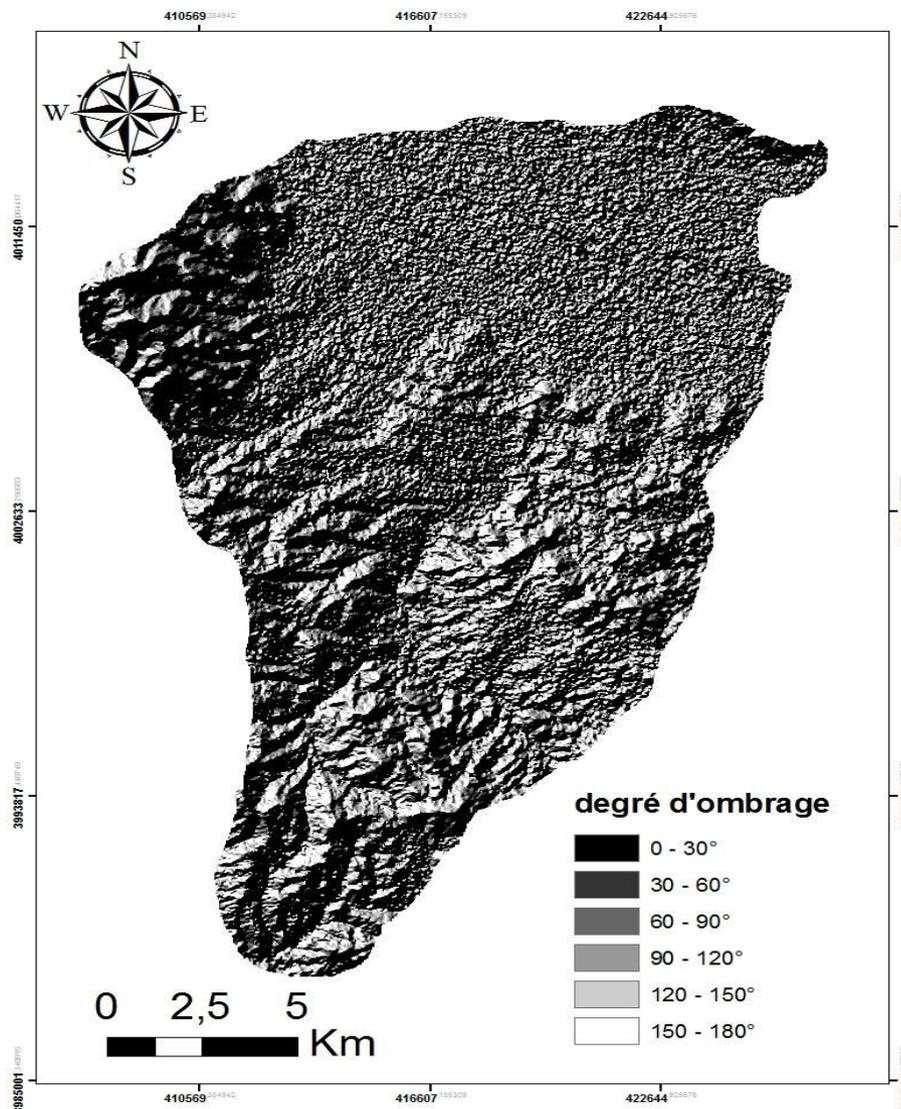


Figure N° 36 : Carte d'ombrage et oscillation de HARRAZA 2018.

Cet outil permet de créer un relief ombré à partir d'un raster de surface en tenant compte de l'angle de la source d'éclairage et des ombres.

Nous concluons que l'ombrage de la classe « 0 à 30° » considèrent les reliefs situés dans le Nord ouest et le sud de bassin versant de HARRAZA

IV.2.6.5. carte de visibilité d'érosion

Cet outils Détermine les emplacements de surfaces raster visibles pour un ensemble d'entités d'observation ou identifie les points d'observation visibles depuis chaque emplacement de la surface raster.

Dans notre cas cette carte représente les classes visibles et non visibles, alors que les classes visibles représentent les surfaces touchées par l'érosion.

Nous avons établis 30 points sur terrain validés sur Google Earth, bien réparties sur notre zone d'étude pour identifier les surfaces érodées, nous trouvons qu'il y a 13 points sont touchés par le phénomène d'érosion.

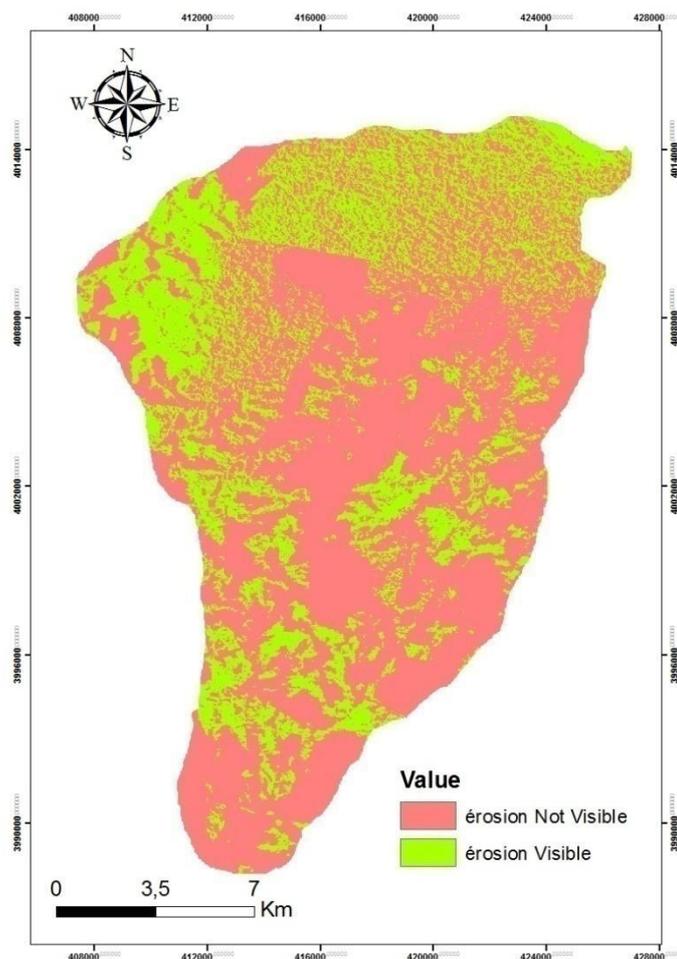


Figure N° 37: carte de visibilité d'érosion HARRAZA 2018.

IV.2.6.5.1 visibilité de l'érosion dans le sous bassin de HARRAZA 2018**Tableau N° 21** : superficies des classes de carte de visibilité de HARRAZA 2018

superficie	Superficie en hectare	Superficie en %
Erosion Visible	10,081	33,77
Erosion Not visible	20,163	66,69

Le tableau N° 21 représente les superficies des classes de la carte de visibilité de HARRAZA 2018, nous avons trouvés que la superficie de la classe visible qui représente la surface érodée égale à 10,081 hectares (33,77%) c'est-à-dire un-tiers de la superficie totale de sous bassin versant de HARRAZA.

IV.3. Discussion générale

Les études que nous avons menées sur le bassin versant de l'Oued Harraza montrent qu'il existe de nombreux facteurs qui contrôlent la sensibilité de sol et résulte à l'érosion, tel que la les changements climatiques, la densité du couvert végétale, l'exposition des sols, les activités anthropiques. Ces facteurs peuvent provoquer un déplacement de sol de l'amont vers l'aval. Pour obtenir ces résultats nous avons fait des expériences selon deux parties, partie expérimentale sur le terrain et autre par l'approche SIG-télédétection.

D'une part, la première partie porte sur l'évolution de transport solide du bassin versant d'oued Harraza et sa relation avec l'intensité et la quantité des précipitations, cette dernière provoque un ruissèlement d'eau qui transport les particules du sol, et pour cela on a prélevé des échantillons d'eau d'oued durant plusieurs périodes, pour mesurer la quantité de la matière en suspension par rapport le débit liquide. Les résultats obtenus après la filtration de ces échantillons montrent qu'il y a une corrélation entre le débit solide et le débit liquide, plus le débit liquide augmente, plus le débit solide augmente aussi.

D'autre part, le calcul de l'apport solide montre que l'érosion spécifique du bassin versant de Harraza égale à 12.45 T/Ha/an, cette valeur est faible par rapport aux autres valeurs menées sur les bassins versant du nord Algérie.

En effet, non seulement l'intensité et la quantité des précipitations qui influent sur la sensibilité et l'érosion des sols, se qui est confirmé par la partie télédétection, car le suivi des paysages de chaque saison par les images satellitaires montre que la densité du couvert

végétale joue aussi un rôle important dans l'érosion hydrique, Le risque d'érosion augmente si le sol n'est pas suffisamment protégé par le couvert végétal à cause que la végétation est l'un des facteurs principale de protection du sol contre l'érosion. Un couvert végétal est d'autant plus efficace qu'il absorbe l'énergie cinétique des gouttes de pluie, et qu'il a une tendance à réduire la vitesse d'écoulement de l'eau et à favoriser l'infiltration de l'eau dans le sol.

Ainsi, L'un des facteurs aussi qui agir directement sur l'érosion hydrique c'est la pente, Plus la pente d'un champ est raide et plus cette pente est longue, plus les risques d'érosion sont grands. L'érosion hydrique augmente aussi avec la longueur de la pente à cause de l'augmentation du ruissellement. La fusion de petits champs pour en faire de plus grands a souvent pour conséquence d'allonger les pentes. Le débit de l'eau étant alors plus rapide, le transport des sédiments augmente, ce qui donne lieu à des risques accrus d'érosion et d'affouillement.

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion

L'érosion hydrique est l'une des principales formes de dégradation du sol. Si on n'y remédie pas, elle peut mener à d'autres problèmes quant à la santé du sol, comme la perte de fertilité, la dégradation de la structure du lit de semence et de faibles taux d'infiltration., l'un des principaux facteurs de l'érosion hydrique des sols, c'est l'intensité et la quantité des pluies, du ruissellement et du sol, ainsi que la présence et la qualité du couvert végétal. Les études de l'érosion permettent de comprendre les processus, de prévoir les flux et de mettre en place des stratégies de lutte contre l'érosion.

En outre, la torrencialité constitue un problème spécifique qu'il faudrait traiter. Pour l'appréhender, sans doute faudrait-il concentrer les efforts sur quelques petits bassins versants expérimentaux, qui seraient une base sur laquelle s'appuyer pour prendre des mesures et lancer une politique plus ambitieuse de RTM (Restauration des Terrains de Montagne). L'expérience française à ce sujet (T. MUXART et al., 1990 ; J.P. REQUILLARD et al., 1997) pourrait être profitable. Cependant, dans le cas des escarpements les plus abrupts, il n'est pas vraiment envisageable de prendre des mesures, quelles qu'elles soient.

L'approche numérique adoptée par le traitement des images satellitaires (classification supervisée) de types landsat 8 a permis de ressortir les grandes unités paysagiques liées à l'occupation de sol (pratique agricoles, système de culture, types de sols et les surfaces d'eaux), et celle les unités morphologique liées à la pente, l'altitude, l'exposition et l'ombrage. la superposition de ces paramètres à la base de 30 points échantillonné a permis d'établir une carte de synthèse sur la visibilité de l'érosion dans le bassin de HARRAZA, dont 33% (10 Ha) est estimé comme une superficie érodé.

Finalement, Les phénomènes de ruissellement et d'érosion sont toujours spectaculaires. Le ruissellement peut se limiter à la parcelle sous une forme diffuse très discrète. Mais s'il prend de l'ampleur, c'est à l'échelle du bassin versant que ses dégâts se font sentir. L'un des solutions efficaces pour réduire et éviter les dégâts du l'érosion hydrique c'est d'enrichi les zones qui sont en risques à l'érodassions par les couverts végétales pour diminuer les conséquences des ruissellements et d'érosion, d'autre solutions c'est de l'infiltrer le plus en amont possible, freiner le ruisseau et permettre un stockage temporaire sont les principaux objectifs pour limiter les phénomènes d'érosion.

Liste des références

Références Bibliographiques

Références bibliographiques :

Achite. M, (2007).Problématique de l'érosion et du transport solide en Algérie du nord : bassin versant de l'oued mina (wilaya de Relizane). Thèse de doctorat Es-science, Université des sciences et de la technologie d'Oran M, B. Algérie P.207.

Ammari ;(2012) .Vulnérabilité à l'Envasement des Barrages (cas du bassin Hydrographique des Côtiers Algérois) Thèse de Doctorat Université Mohamed Khider –Biskra, P.13-14-16-17-19.

Arrignon. J, (1991). – Aménagement écologiques et piscicoles des eaux douces, 4ème édition Gauthier Villars, 631 p

Baloul .DJ, (2012). Développement, interprétation et évaluation de la précision de la relation entre la concentration des sédiments en suspension et le débit liquide. Etude de cas : sous bassin versant de l'Oued Tafna et d'Oued Isser, Mémoire de Magister, p88-90.

Bergsma E, Charman P, Gibbons F, Hurni H, Moldenhauer W. C. &Panichapong S,(1996). Terminology for soil erosion and servation. ISSS.

Bouaichi. I (2008), contribué à la modélisation de l'érosion hydrique dans le bassin Versant de l'Oued Cheliff Mémoire de Magister en Hydraulique, Université BLIDA.

Bussiere M. (1996) - L'érosion des sols cultivés en France: manifestation, coûts, remèdes. Mém. D.E.S.S., Univ. Picardie Jules Verne, 136 p.

CNEA (Centre National des Etudes Agricoles) (2007). Elaboration d'une étude sur l'état de désertification pour une gestion durable des RN, p191.

Chebbani. R, Djellil. K, Rosse. E, (1999):Etude des risques d'érosion dans le bassin versant Isser, Algérie .Bulletin Réseau Erosion19:85-95.

Chevalier P., Hébert A., Kaufmant Y. et Moyen J.,(2001) - Cartographie de l'aléa « érosion des sols » à la Réunion : caractérisation et cartographie des phénomènes érosifs. Rapport BRGM RP -51236-FR - 2001 SGR/REU 27. Saint-Denis : BRGM, 78 p.

Références Bibliographiques

Dekiche et al., (1997). Dakich A., Bekhadi A. & Hammoum A. (1997) Evaluation de la sensibilité des sols à l'érosion par télédétection et SIG. Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (Algérie), 32 p

Demmak .A, (1982). Contribution à l'étude de l'érosion et transports solides en Algérie Septentrionale, Thèse dz Docteur Ingénieur, Université Pierre et Marie-Curie, Paris, p19_22.

Food and Agriculture Organisation, (2000). Manuel de pratiques intégrées de gestion et de conservation des sols. Rome, FAO, p 209.

Habert.E.(2000) Qu'est-ce qu'un système d'information géographique?., Laboratoire de cartographie appliquée. Institut de recherche pour le développement. France.,13p.

Hadjiat, (1997). - Etat de dégradation des sols en Algérie. Rapport d'expert PNAE, Banque Mondiale,45p.

Hadidi ,A (2008). Mémoire de magister (une nouvelle approche de la détermination de taux d'envasement des barrages), p15-30.

Hadir, S., (2010). Modélisation du ruissellement et de l'érosion par le modèle STREA

Harkat.S.(2010), thèse de Magistère "les risques érosifs et vulnérabilité environnementale des eaux de surface du bassin versant de Cheliff",2010,Université de khemis miliana,P180

Hallouz, F., Meddi, M., Mahe, G.(2013). Modification du régime hydroclimatique dans le bassin de l'oued Mina (Nord Ouest d'Algérie). Revue des Sciences de l'Eau, 26, 1, pp 33-38.

Heusch .B, (1970) .L'érosion du Pré Rif occidental : une étude quantitative de l'érosion hydrique. Ann de la Recherche Forestière du Maroc 12 : 9-176.

Hussein.H, Laurence.C.et Laurent.T(2015)Cartographie des conditions de l'érosion hydrique des sols au Mont-Liban : exemple de la région d'El Aaqôura.156p

Références Bibliographiques

Kergomard C.,(2004). LA TÉLÉDÉTECTION AÉRO-SPATIALE : une introduction., Cours de l'Ecole Normale Supérieure Paris. 74p.

Laboratoire de cartographie appliquée - Élisabeth HABERT - IRD – 2000.

Megnounif A., Terfous A. & Bouanini A. (2003) Production et transport des matières solides en suspension dans le bassin versant de la Haute-Tafna (Nord-Ouest algérien).Revue Science de l'Eau, 16(3), pp.369-390.

Mohammedi et Mayou.(2015) Evolution du transport solide et la qualité des eaux Cas du bassin versant de l'oued Harraza dans la wilaya de AIN DEFLA ,université de Khemis miliana, mémoire master.P76

Muxart T., Cosandey.C. et Billard.A. (1990) - *L'érosion sur les hautes terres du Lingas : un processus naturel, une production sociale.* Édit. CNRS, Paris, 146 p.

Riezebos.H. H, Epema .F, (1985).Drop Shape and erosivity.Part II Splash détachement, transport and érosivité indices. Earth Surface Processes and Landforms. 0(1) :69-74.

Requillard J.P., Hespel F. et Segel V. (1997) - Service de Restauration des terrains en montagne de l'Isère (RTM). Évolution de la politique de protection contre les torrents au cours de ces deux derniers siècles. *Risques Infos*, n°8 – Avril 1997, 5 p.

Roose,(1977). Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest, Travaux et documentation de L'OSTORM78, p 108.

Roose .E, (1994). Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). Bulletin Pédologique de la FAO 70. FAO Rome, p420.

Ratta.Y(2012) apport de la télédétection dans la discrimination des unités pédo-paysagiques de la plaine de Haut cheliff, université de khemis miliana mémoire master p.66

Rodier.J ;Bernaud.L(2009). « L'analyse de l'eau ».9eme édition, paris.

Références Bibliographiques

Soudani.K.(2007)-INTRODUCTION GENERALE A La TELEDETECTION Partie :
Bases physiques et exemples d'applications aux couverts végétaux. Univ Paris Sud XI .1,p

Tixeront (1960) : le début solides des cours d'eaus d'Algérie et de Tunisie, secrétariat
Agricole Etude hydrologiques série II. Tunis.

Touaibia. B, (2000) .Erosion – Transport solide- envasement des barrages. Cas du bassin
versant Mina, Thèse de Doctorat d'état, INA, El-Harrach, Algérie,

Touaibia. B, Achite. M, (2003). Contribution à la cartographie de l'érosion spécifique du
bassin versant de l'Oued Mina en zone semi-aride de l'Algérie septentrionale. Journal des
sciences hydrologique p 235.

Touaibia. B, GOMER D, AIDAOUI A et ACHITE, (2001) Quantification et variabilité
Temporelles de l'écoulement solide en zone semi-aride, de l'Algérie du Nord. Journal de la
scienc hydrologique. 46(1), p 41-53

Vezena, K. et Bonn, F.(2006). Modélisation et analyse de la dynamique spatio-temporelle
des relations société–érosion et pollution diffuse en milieu agricole—étude de cas en Vietnam
et au Québec. Interaction Nature–Société, analyse et modèles. *UMR6554 LETG, LaBaule.*

Wachal, D.J., Banks K.E., (2007). Integrating GIS and erosion modeling—a tool for
watershed management, ESRI international user conference, Paper no. UC1038.

http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc07/papers/papers/pap_1038.pdf

White W.R, (1986) .Problèmes d'érosion, transport solide et sédimentation dans les bassins
versants.

Wischmeier W.H. (1974). «New developments in estimating water erosion». *29th Meeting
Soil Cons. Soc. Amer. Syracuse*, p. 179-186.

Zaibak .I, (2008) Contribution à une approche cartographique de l'érosion spécifique dans le
bassin versant d'Oued Cheliff. Mémoire de Magister. Ecole Nationale supérieure
d'Hydraulique. 180p

Liste des Annexes

Les Annexes

Annexe N° 08: matrice de confusion pour l'image classée LANDSAT 8 (08/11/ 2018)

Classe	barrage	sol nu	sol nu cultivé	sol labouré	sol cultivé	arboriculture	maraichage	jachère	céréale	oued
barrage	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sol nu	0,1	100	0,23	0	0	0	0	0	0	0
sol nu cultivé	0	0	99,8	0	0	0	0	0	0	0
sol labouré	0	0	0	99,68	0	0	0	0	0	0
sol cultivé	0	0	0	0	97,7	0,09	1,29	0,3	0,21	0
arboriculture	0	0	0	0	0	97,2	0,18	0	0	0
maraichage	0	0	0	0	1,83	1,95	96,5	0	0	0
jachère	0	0	0	0	0,26	0,09	0,55	99	0,64	0
céréale	0	0	0	0,32	0,26	0,65	1,47	1	99,1	0
oued	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Annexe N° 09: Coefficient kappa des images Landsat 8 utilisées

Image LANDSAT 8	17 janvier 2018	23 avril 2018	12 juillet 2018	18 novembre 2018
Coefficient kappa	0.9592	0.9236	0.9931	0.9951
Précision globale	96.6562%	93.6362%	99.4404%	99.9820%