

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة جيلالي بونعامة خميس مليانة

Université Djilali Bounaama Khemis Miliana

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la terre

Département de Biologie



MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE MASTER

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biologie

Spécialité: Eau et bioclimatologie

La contribution à la modélisation de l'érosion hydrique sur l'ensemble du bassin versant du Cheliff

Présenté Par: M^{elle} Aoumeur Naima.

M^{elle} Belal kaltoum.

Soutenu le: Devant le **Jury :**

Président: Mme BEN AOUDA Lalahom *MAA* *UDBKM*

Promotrice: Mme BOUAICHI Ilhem *MAA* *UDBKM*

Examineurs:

Mme ABDELBAKI *MAB* *UDBKM*

Mme CHEBAB Hadjira *Magister* *UDBKM*

Année universitaire: 2015/2016.

Remerciements

Pour commencer nous remercions tout d'abord ALLAH le tout puissant et miséricordieux, qui nous a toujours donné la force de passer à travers toutes les épreuves et les découragements, qui nous aidée amener à terme Cette étude.

Nous remercions sincèrement notre promotrice M^{me} BOUAICHI ILHEM pour ses judicieux conseils. Quelques mots ne suffiront pas à exprimer notre profonde gratitude pour la confiance que vous nous avez accordée en acceptant de superviser ce travail.

Nous n'oublierons jamais la gentillesse, la disponibilité, vos encouragements et les qualités scientifiques exceptionnelles que vous avez le long de cette recherche.

Nous tenon à remercier vivement tous les enseignants qui ont contribué à notre formation et principalement l'ensemble des enseignants du département de Biologie, spécialité Eau et Bioclimatologie.

Mes remerciements vont aussi au personnel :

- *de L'Agence du Bassin Hydrographique " Cheliff-Zahrez " .*
- *de l'Agence Nationale de Ressource Hydrique (ANRH)*

Nous ne saurions oublier de remercier les honorables membres du jury, Monsieur RATA MOHAMED qui a bien voulu accepter d'être président de jury, et monsieur qui a accepté la lourde tâche d'être examinateur ZEDDAM MILOUD pour notre travail. Et qui nous ont fait l'immense honneur de présider et d'examiner ce travail. Nos remerciements vont aussi à tous ceux qui ont participé de près ou de loin même avec un bon mot humble et sincère sourire pour l'établissement de ce modeste travail. A Tous ceux qui nous feront l'honneur de tenir ce mémoire.

A Toutes les personnes de l'Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana

A Toutes et à tous, on vous dit Merci

Dédicaces

Je remercie en premier lieu mon DIEU ALLAH, le tout puissant et Miséricordieux de m'avoir donné les offerts qui m'ont permis de finir ce travail

Je dédie ce mémoire A :

Ma chère mère, qui ma toujours entouré d'amour et de tendresse, Dieu la protège et la garde pour moi.

Mon cher père pour son soutien et son encouragement qui grâce à lui j'ai trouvé mon chemin, Dieu le protège et le garde pour moi

Mes sœurs : Akila, Djamila, Fatiha, Karima, Amel et Surine

Mon frère : Mohamed et Abd El Hak

A nièces : Adam, yousef, Sara, Amine, Anasa, Marawa, et Mohamed Amine,

Mes beaux-frères : Hamza, Moulod, Ali et Ahmed

Ma binôme Naima et tout la famille Aoumeur.

A toute la famille Belal et Aoumeur.

A mes chères amies: khadidja, Amina A, farida, djamila, Sabrina, Wahiba , Sadjia, ,Siham, ,Hafsa , wissem , Samia , Bouchra , Houda, Hafssa, Amina, Hanane

*À tous les étudiants de la promotion Master Eau et Bioclimatologie
2015 /2016*

Kaltoum



DEDICACES

Avec l'aide de Dieu, j'ai pu réaliser ce modeste travail que je dédie :

A mes très chers parents pour leurs encouragements, leur patience et leurs sacrifices, pour leur soutien moral et financier, pour tout ce qu'ils m'ont offert pour être enfin ce que je suis ;

A ma grand-mère Aicha qui ne s'arrête pas de me soutenir dans les moments les plus importants en me souhaitant à chaque fois la réussite ;

A mes chers frères " Mohamed, Laid, Rachid, Ismail, Hamza et Yacine " ;

A mes très chères sœurs " Wahiba, Nacira et Somia " ;

Mes beaux-frères : Mohamed, Abd Allah et Mohamed ;

A mes belles-sœurs : Salima, Fatima, Hafsa, Nawel et Malika ;

*A ma petite sœur qui a toujours été ma source de courage et de volonté et d'espoir. C'est grâce à toi que j'ai eu la force de terminer ce travail. Je t'addor ma très chère princesse " **Khawla** ".*

A mon fiancé Sofiane et à toute la famille FEKIR.

A mes nièces : Manel et Rimasse.

Grâce à ce travail j'ai eu la chance d'avoir quelqu'un qui est pour moi comme une famille de cœur. C'est avec toi que j'ai partagé mes joies, mes peines, tu m'as soutenu grâce à ta présence, à ton aide qui m'a été très précieux, à ta sagesse, à ton sourire, et à ton amitié, merci KAlthoum.

A mes amies : Hafsa, Baya, wissem, Hadjer, Hania, hassina, kanza, Bouchra, Amina, Samia, Nadia, chrifa Et Khadidja

Ainsi qu'à toute la promotion de Master Eau et Bioclimatologie 2015/2016.

NAIMA

Résumé

L'érosion hydrique est la source majeure de la dégradation des sols dans les bassins versants, en Algérie du Nord et en particulier le bassin du Cheliff représente un exemple concret de cette dégradation, il est pris comme zone d'étude afin de contribuer à la modélisation de la variable étudiée, qui dépend de multiples facteurs interagissant entre eux.

La modélisation de l'érosion hydrique a utilisé les variables explicatives suivantes : la surface, le facteur de forme et la densité de drainage, leurs détermination a été faite sur la base de cartes établies telles que : carte de découpage des sous bassins, carte du réseau hydrographique et carte de répartition hypsométrique, et ce au droit des 20 stations hydrométriques, des 15 barrages et des 125 retenues collinaires existantes totalisant 160 points de mesure.

Les résultats de la première modélisation montrent une faible interprétation de la variable à expliquer vu la valeur du coefficient de corrélation, après détection des mesures douteuses qui sont au nombre de 20, la régression est entreprise dans une 2^{ème} approche avec 140 points de mesure où nous remarquons une nette amélioration de la corrélation passant de 0,33 à 0,59 pour la valeur de r .

Mots clés : L'érosion hydrique, bassin versant, Cheliff, modélisation, régression, corrélation.

Summary

Water erosion is the major source of soil degradation in watersheds in Northern Algeria and in particular Cheliff basin represents a concrete example of this degradation, it is taken as study area to contribute to the modeling of the variable, which depends on many factors interact with each other.

Modeling water erosion used the following variables: the surface, the form factor and drainage density, their determination was made on the base set cards, such as: cutting board sub basin map river system and hypsometric distribution map, and the law of 20 hydrometric stations, 15 dams and 125 hillside existing deductions totaling 160 measuring points.

The results of the first modeling showed a weak interpretation of the dependent variable given the value of the correlation coefficient, after detecting suspicious measures which number 20; regression is undertaking a second approach with 140 points as we notice a market improvement in the correlation from 0.33 to 0.59 for the value of r .

Key work: erosion, Cheliff, basin, modeling, correlation,

المخلص

انجراف التربة بواسطة المياه هي المصدر الرئيسي لتدهور التربة في الأحواض الرسوبية في شمال الجزائر وعلي وجه الخصوص الحوض الرسوبي شلف وهو يمثل مثالا ملمسا على هذا التدهور ، ويؤخذ على أنه منطقة الدراسة للمساهمة في نمذجة المتغير الذي يعتمد على عوامل متعددة التفاعل .

نمذجة انجراف التربة بالمياه استعملنا المتغيرات التفسيرية التالية: المساحة ، معامل شكل وكثافة الصرف، عن طريق خرائط أساسية، مثل: خريطة تقسيم حوض الرسوبي شلف و خريطة الشبكة الهيدروغرافية و خريطة توزيع مقياس الارتفاع، في 20 محطات الهيدرومترية و 15 سدا و 125 الخصومات التلال التي موجودة مجموعها 160 نقطة قياس.

وأظهرت نتائج النمذجة أول تفسير ضعف العلاقة بين المتغيرات التابع نظرا لقيمة معامل الارتباط بعد الكشف عن الإجراءات المعمولة التي يبلغ عددها 20، أما في النتيجة الثانية عملنا بـ 140 نقطة فلاحظنا تحسنا ملحوظا في العلاقة من 0,33 إلى 0,59 من أجل قيمة r .

الكلمات المفتاحية : انجراف التربة ، نمذجة ، حوض رسوبي ، شلف ، معامل الارتباط .

Liste des Abréviations

ABH : L'agence du bassin hydrographique

AERM : Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée

A.M : Apport Moyenne

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydraulique

BV : Bassin Versant

CI : Capacité Initiale

Dd : Densité de drainage

DRS : défense et restauration des sols

Es : Erosion Spécifique

FAO : Food and Agriculture Organisation

H : Hauteur

KC : Indice de compacité de Gravilius

ONM : Office National des Météos

P : périmètre

P.H.H : plus Haut Eau

r : coefficient de corrélation

RTM : Restauration des Terraines de Montagne

R.N : Retenue Normal

S : Surface

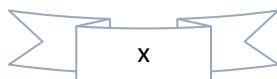
SAU : Surface Agricole Utile

SIG : Système d'Information Géographique

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
1	la pluviométrie annuelle moyenne (mm) dans la période 2009 /2015.	31
2	la Température moyenne annuelle (°C) pour Cheliff, durant la période 2009/2015.	32
3	Evapotranspiration mensuelle et annuelle (mm) pour les régions du BV du Cheliff.	33
4	la répartition des postes pluviométrique par BV Amont du barrage Boughzoul.	34
5	Les postes pluviométriques par le bassin du Haut et Moyen Cheliff.	34
6	Les postes pluviométriques par bassin Moyen et Mina.	35
7	Présentation des stations hydrométriques du bassin versant du Cheliff.	36
8	Ouvrages de Mobilisation des eaux dans le bassin versant du Cheliff.	40
9	Caractéristique des bassin versant des stations hydrographiques.	55
10	Caractéristique des bassins versant des barrages.	56
11	Caractéristique des bassins versant des retenues collinaires de BV d'Amont de Boughzoul.	57
12	Caractéristique du bassin versant des retenues collinaires de BV Haut et Moyenne Cheliff.	57
13	Caractéristique des bassins versant des retenues collinaires de BV de Bas Cheliff et Mina.	59
14	Caractéristique des bassins versant au droit des stations hydrométriques. Caractéristiques des bassins versant au droit des barrages.	64
15	Caractéristiques des bassins versant au droit des barrages	65
16	Caractéristiques des bassins versant Amont de Boughzoul au droit des retenues collinaires.	65
17	Caractéristiques des bassins versant Haut et Moyen Chellif au droit des retenues collinaires.	66

18	Caractéristiques des bassins versant Haut et Moyen Chellif au droit des retenues collinaires.	69
19	Matrice de corrélation pour le modèle puissance de la variable « Erosion spécifique » (1 ^{ère} approche)	71
20	Coefficients de régression, de corrélation partielle et multiple (1 ^{ère} étape)	71
21	Présentation des 20 mesures enlevées pour la régression multiple.	72
22	Matrice de corrélation pour le modèle puissance de la variable « Erosion spécifique » (2 ^{ème} approche)	73
23	Coefficients de régression, de corrélation partielle et multiple (2 ^{ème} approche).	73



List des figures

N°	Titre	Page
1	Schéma représente le phénomène de l'érosion hydrique.	6
2	Rejaillissement du sol et de l'eau suite à l'impact d'une goutte d'eau ou effet Splash	7
3	Erosion en nappe.	8
4	Erosion par ravinement	9
5	Différentes étapes de processus de l'érosion hydrique.	12
6	Localisation des bassin hydrographique Cheliff-Zehrez	24
7	Découpage de la zone d'étude en unités hydrographiques.	25
8	Coupe géologique «Est-Ouest »	28
9	Coupe géologique « Nord-Sud »	28
10	Profils en long de l'Oued Chélif et de ses principaux affluents dans Hauts et Moyen Cheliff	37
11	Profil en long de l'Oued Chélif et de ses principaux affluents dans Bas Cheliff et la Mina	38
12	Profil en long de l'Oued Chélif et de ses principaux affluents dans Amont de Boughzoul	39
13	Carte de découpage du bassin versant du Cheliff en sous bassins.	47
14	Carte hypsométrique du bassin versant du Cheliff	47
15	Carte de réseau hydrographique du bassin versant du Cheliff.	48
16	Carte localisation des 20stations hydrométriques du Cheliff.	48
17	Carte de localisation des 15 barrages du Cheliff.	49
18	Carte de localisation des 125 retenues collinaires	50
19	Carte de délimitation des 13 stations Hydrométriques.	51

20	Carte de délimitation des les stations Hydrométriques N° 012203 et N°103402.	51
21	Carte de délimitation de la station Hydrométrique N° 012001.	52
22	Carte de délimitation de la station Hydrométrique N° 011514.	52
23	Carte de délimitation de la station Hydrométrique N° 011702 .	53
24	Carte de délimitation de la station Hydrométrique N° 012806.	53
25	Carte de délimitation de la station Hydrométrique N° 013602.	54
26	Carte de délimitation des 15 barrages du bassin versant Cheliff .	54

Table des matières

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	i
Liste des abréviations	ii
Liste des figures.....	iii
Liste des tableaux.....	x
Introduction générale.....	01
Chapitre I	
I. Introduction.....	3
I.1. Historique.....	3
I.2. Définition de l'érosion	4
I.3. Les type d'érosion	5
I.3.1 .L'érosion éolienne.....	5
I.3.2.L'érosion aratoire ou mécanique sèche.....	5
I.3.3.L'érosion thermique.....	5
I.3.4.L'érosion chimique.....	5
I.3.5.L'érosion causée par les êtres vivants.....	5
I.3.6.L'érosion hydrique.....	5
I.3.6.1.Définition.....	5
I.3.6.2. L'origine et mécanisme.....	6
I.3.6.2.1.L'érosion par l'impact (splash).....	6
I.3.6.2 .2.L'érosion par ruissèlement.....	7

I.3.6.2.3.L'érosion par ruissèlement diffus.....	7
I.3 .6.3. Les formes de l'érosion hydrique.....	8
I.3.6.3.1. Érosion en nappe (sheet érosion).....	8
I.3.6.3.2.Érosion en rigole.....	8
I.3.6.3.3.L'érosion par ravinement (gully érosion).....	8
I.3 .6.3 .4. L'érosion linéaire.....	9
I.3.6.3.5.L'érosion en masse.....	9
I.3.6.3.6.L'érosion hydrographique.....	9
I.3.6.4.Les facteurs de l'érosion hydrique.....	10
I.3 .6.4.1.Le climat.....	10
I.3.6.4.2.La topographie.....	10
I.3 .6.4.3. Le couvert végétal.....	10
I. 3.6.4.4 .Le sol.....	11
I. 3.6.4.5. Le facteur anthropique.....	11
I. 3.7. Les processus de l'érosion hydrique.....	11
I. 3.8. Les conséquences de l'érosion hydrique.....	12
I. 3.9. Quantification de l'érosion hydrique.....	13
I. 3.9. a-Formule de Wischmeier et Smith (1978).....	13
I. 3.9. b-Formule de Fournier (1960).....	15
I. 3.9. c-Formule de Tixeront (1960).....	15
I. 3.9. d-Formule de la Sogreah.....	15
I. 3.9. e- Formule de L'A.N.R.H (1970).....	16
I.4. Le transport solide.....	16
I.4.1 .Transport Par Charriage.....	16
I.4.2. Transport En Suspension.....	16
I.5 .Rappel Bibliographiques des travaux sur l'érosion et le transport solide en Algérie.....	17
I.6.Bassin hydrographique.....	21
I.7.Barrage	21
I.8. Réseau hydrographique.....	21

I.9.Station hydrométrique.....	21
I.10.Retenue collinaire	22
1.11. Conclusion.....	22

Chapitre II

II.1.Situation géographique et délimitation.....	24
II.2.Présentation de la zone d'étude.....	25
II.3.Caractéristique morphologique.....	26
II.3.1 surface.....	26
II.3.2. L'indice de Compacité de Gravelius(KC).....	26
II.3.3.Le réseau d'écoulement.....	26
II.3.3.1.Densité de drainage(Dd).....	26
II.4. Caractéristique physique générales du bassin versant du Chélif.....	27
II.4.1.La géologie.....	27
II.4.2.Relief.....	29
II.4.3.Activité Agricole.....	29
II.4.4.Industrie.....	29
II.4.5.Végétation et occupation du sol.....	30
II.5. Caractéristique du climat.....	30
II.5.1.Pluviométrie.....	30
II.5.2.Température.....	31
II.5.3.Evapotranspiration.....	32
II.6.Réseau de mesures hydrographique.....	33
II.6.1Postes pluviométrique.....	33
II.6.2.Stations hydrométriques.....	35
II.7.Hydrographie.....	36
II.7.1.Présentation de l'Oued Cheliff.....	39

II.7.2.Mobilisation des Ressources en Eaux Superficielles.....	39
II.7.2.1. Les Barrages.....	39
II.7.2.2.Retenues collinaire.....	42
II.7.3.Ressources en eau souterraines.....	42
Conclusion.....	43

Chapitre III

I. Introduction.....	45
II. Représentation de la banque des données.....	45
III. Matériel et Méthodes.....	46
III.1.Données Utilisées.....	46
III.2.Logiciels Utilisées.....	46
III .2.a.Excel 2013.....	46
III .2. b. Mapinfo.....	46
III.2.C.Hydrolab	46
III.2.2.Données de base utilisée	46
III.2.2.1La carte des sous bassins dans Cheliff.....	47
III .2.2.2La carte des réseaux du bassin du Cheliff	47
III.2.2.3La carte de répartition hypsométrique du bassin versant de l'Oued Cheliff	47
III. 6 carte localisation des 20 stations hydrométriques.....	48
III. 6 Carte de localisation de 15 barrages.....	49
III. 7 Carte de localisation des 125 retenus collinaires.....	50
III .8 Délimitation des 20 stations hydrométrique.....	51
III.9. Délimitation des 15 barrages en BV Cheliff.....	54
IV.9. Caractéristique de f orme.....	55
II.9.a. Stations hydrométrique.....	55
II.9.b. les barrages.....	56
II.9.C.Retenues collinaires.....	57
II.10.Conclusion.....	61

Chapitre IV

IV.1.Constitution de la banque des données.....	63
IV .2.Recherche d'une relation « Erosion spécifique – variables explicatives ».....	70
IV.3.Conclusion.....	74
Conclusion générale	76

Introduction générale

De nombreux phénomènes, tels que l'érosion hydrique, découpent continuellement les sols et les roches à la surface des continents. Les particules solides ainsi libérées sont entraînées par les eaux de ruissellement vers les cours d'eau, les retenus d'eau les dépressions intercontinentales ou jusqu'à la mer. Les matériaux ainsi transportés, en suspension ou par charriage, peuvent alors être quantifiés (**Tourki .M, 2010**).

L'érosion des sols est un phénomène naturel qui résulte de l'altération et la redistribution des produits de décomposition et de dégradation des roches, qui peut être accéléré par l'activité anthropique et en particulier par la mise en culture des sols. Sous l'action associée de la pluie et du ruissellement et en entraînant parfois une perte irréversible du sol, l'érosion hydrique est considérée comme l'une des principales causes de la dégradation de cette ressource dans le monde (**Cerdan .O, 2001**).

En Algérie, l'érosion est un problème majeur. Elle devient dangereuse dès qu'elle dépasse le seuil tolérable et son intensité varie d'une zone à l'autre. Elle a été reconnue comme un problème environnemental dans les années 1930 par les colons et les agronomes (**Audert, 1986**). Le principal facteur est le ruissellement dont la répartition spatiale est contrôlée par celles des précipitations, des caractéristiques géologiques et biophysiques (topographie, couvert végétal,...). L'érosion se manifeste principalement sur les sols en pente et constitue une des principales causes de dégradation des sols dans les massifs montagneux en zones semi arides. Elle s'est accélérée suite aux défrichements des forêts et maquis qui protégeaient les sols sensibles (**ACHIT M et al., 2006**).

Le recours à la modélisation peut aider dans la prise de décision pour la conservation des ressources en sols, par l'établissement des schémas d'aménagements et par l'évaluation des risques d'érosion. Il existe deux catégories de modèles. Les premiers sont les modèles empiriques qui se basent sur l'équation universelle de WISCHMEIER(USLE). Cette équation universelle des pertes en sol regroupe toutes les variables sous six facteurs majeurs (**Wischmeier&Smith ,1965**). Durant ces dernières années, plusieurs études ont mis en évidence l'intérêt tout particulier de l'outil informatique dédié à la gestion de l'information géographique dans le suivi et la quantification de l'érosion hydrique (**Aouatif .C ,2008**).

Introduction générale

Le présent travail a pour thème l'étude de la contribution à la modélisation de l'érosion hydrique sur l'ensemble du bassin versant du Cheliff, ayant pour objectif l'étude de la variation de l'érosion spécifique $ES(t/ha.an)$ en fonction des autres variables explicatives qui sont la surface (Km^2), le facteur de forme ou l'indice de Grave lui Kc et la densité de drainage Dd (km/km^2), elle nécessite sa connaissance en différents points du réseau hydrographique du bassin versant de Cheliff, au droit des 20 stations hydrométriques, des 15 barrages, et des 125 retenues collinaires existants au niveau du bassin.

Le système d'information géographique (SIG) est l'outil fondamental utilisé pour la délimitation des surfaces et le tracé des cours d'eau des différents exutoires existants. Ainsi, notre travail nécessite la collecte des données auprès des organismes et administrations concernés, il est scindé en quatre chapitres tel que :

- Le 1^{er} chapitre est consacré à une recherche bibliographique ;
- Le 2^{ème} chapitre expose la présentation de la zone d'étude ;
- Le 3^{ème} chapitre illustre les matériels et les méthodes utilisées dans notre étude ;
- Le 4^{ème} chapitre : présente les résultats de la modélisation.

Introduction

L'étude de l'érosion et de transport de sédiments, à l'échelle du bassin versant, fait intervenir un grand nombre de disciplines et de compétences dans des différents domaines (Iefert .P,1995).L'érosion est phénomène des pertes en sol de terre, le transport des sédimentations et leur dépôt dans les infrastructures sont des ensembles des phénomènes dont la complexité à l'échelle de bassin reste difficile à mettre en équation du fait de la diversité des factures naturelles et anthropiques. Le transport des sédimentations est des phénomènes naturels visibles en tout temps et tout lieu.

I.1. Historique

De nombreuses sociétés rencontrent des problèmes de dégradation du milieu liés à différents types d'érosion et chacune d'elles, selon ses spécificités régionales et naturelles, a tenté de trouver une solution pour freiner le phénomène (Roose.E, 1999). En plus des phénomènes naturels, d'autres facteurs, tels les guerres (Sari, 1977), la colonisation, les incendies, sont entrés en jeu et ont amplifié l'action érosive de l'eau. Les techniques de la lutte anti érosive se sont développées empiriquement depuis des siècles. Les premières recherches scientifiques ont commencé en Allemagne dans les années 1890 avec les premières parcelles expérimentales (Gommer, 1994).

C'est entre 1925 -1930, après la première Guerre mondiale, que l'idée de restaurer les sols est apparue en Amérique d'abord, avec la Défense et Restauration des Sols (DRS) axée sur la conservation de l'eau.

Dans les années 1850, en France, apparaît la pratique de la Restauration des Terrains de Montagne (RTM) (Roose.E, 1994).Plusieurs travaux ont été réalisés, notamment ceux de Wischmier et Smith, établissant une équation universelle des pertes en sol sur les terrains cultivés reposant sur l'intensité de la pluie et l'énergie cinétique des gouttes d'eau (Wischmier, 1978).

Dans les années 1940, apparaît la lutte antiérosive dans le bassin méditerranéen, qui continue à se pratiquer jusqu'à maintenant, mais qui aboutit souvent à des échecs. En Algérie. On peut citer l'exemple des banquettes réalisées lors de la période coloniale et après l'indépendance, sur plus de la situation. Malgré 50 années de lutte antiérosive, les sols continuent à se dégrader (Heusch.B, 1986). Plusieurs zones pilotes ont été créées, à

partir des années 1970 (Médéa, Mascara, Mina, Tlemcen) afin d'évaluer le phénomène érosif (**Gomer, 1996**). Dans le bassin versant de la Mina par exemple, en 1995 66000 hectares de terre cultivées, plus précisément sur des marnes et des argiles, qui sont actuellement dans un état de dégradation très avancée (**Arabi .M, 2004**). La reforestation de 800000 hectares (barrage vert) et de 350000 hectares aménagés en banquettes entre 1962 et 1973, n'a pas amélioré les résultats ont montré que l'érosion par ravinement de réseau d'écoulement est très intense par rapport à l'érosion en nappe des surfaces cultivées ou en jachère (**Kouri, 1993**). L'érosion en ravines du réseau hydrographique peut provoquer une exportation de matériau jusqu'à 100 fois plus importante que celle issue de l'érosion en nappe (**Touaibia.B, 2000**).

Avec une érosion spécifique annuelle moyenne variant entre 2000 et 400 t/km², l'Algérie est classée parmi les pays aux sols les plus érodibles du monde. On compte en moyenne annuellement 1 et 2 millions de m³ le volume de sédiment arraché au bassin et déposé en mer pour les seuls bassins tributaires de la méditerranée (**Demmak, 1982**). Certaines régions productives en sédiments ont dépassé le seuil critique (**Gomer, 1994**). L'érosion hydrique pose de graves problèmes sociaux, poussant la population à l'exode rural, suit à la réduction de la Surface Agricole Utile (SAU). face à de graves pénuries d'eau, à un envasement précoce de plus de 50% des barrages et à une dégradation croissantes de la qualité des eaux, une nouvelle politique de l'eau s'est instaurée, ces dernières années, en favorisant, techniquement et financièrement des bassins versants, seul moyen pour freiner le ruissellement et augmenter la capacité de stockage des sols réservoirs (sol et barrages), face aux événements climatiques catastrophiques qu'il est impossible de contrôler.

I .2.Définition de l'érosion

Le terme érosion vient du mot latin « ERODERE » qui signifie « Ronger », « Brouter », « Corroder » (**Rampon, 1987**). L'érosion peut être définie comme un phénomène de déplacement des matériaux à la surface du sol sous l'action de l'eau, du vent, de l'homme ou simplement de la gravité (**Girard et al., 2005**).

I.3. Les type de l'érosion

I.3.1 .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.3.2.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.3. 3.L'érosion thermique

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

I.3.4.L'érosion chimique

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

I.3.5.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.3.6.L'érosion hydrique

I.3.6.1.Définition

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

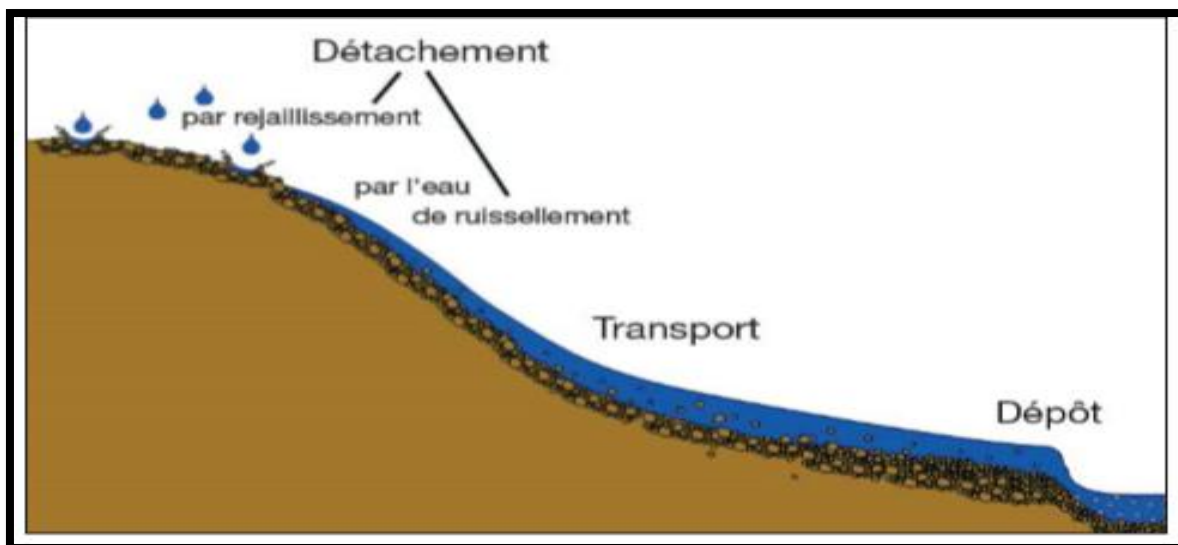


Figure n°1 : Schéma représente le phénomène de l'érosion hydrique (leguédais, 2003).

I.3.6.2. Origine et mécanisme

La pluie et le ruissèlement 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 ruissèlement et le transport est assuré par ces eaux (Hadidi.A, 2008).

I.3.6.2.1.L'érosion par l'impact (splash)

Les sols subissent un martèlement considérable causé par les gouttes de pluie. Les premières gouttes s'infiltrent dans le sol d'autant plus aisément, cette première phase s'accompagne d'un déplacement des particules, lorsque la couche superficielle s'humidifie, trois processus de développement simultanément :

- la dégradation de la structure ;
- La formation d'une pellicule de battance ;
- L'érosion par splash ou érosion par rejaillissement (Hadidi.A, 2008).

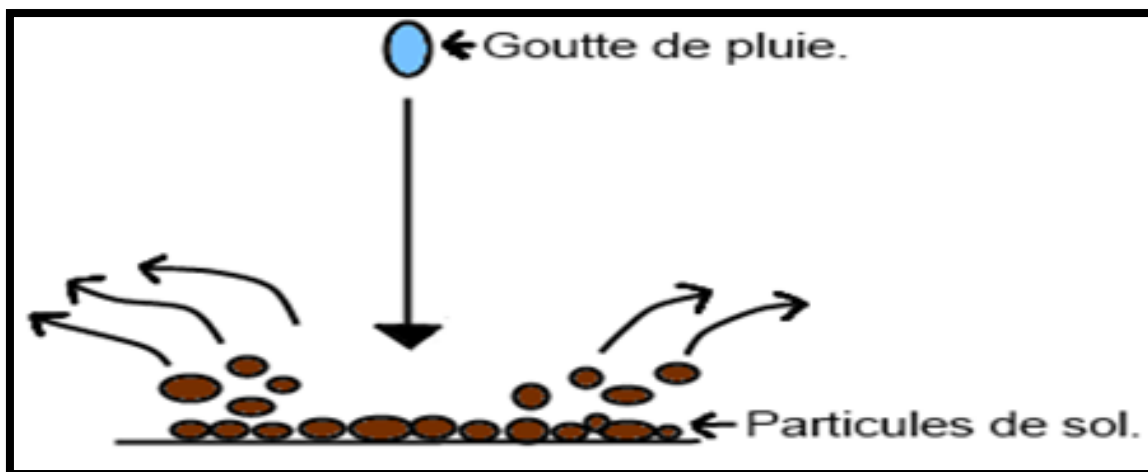


Figure n° 2. Rejaillissement du sol et de l'eau suite à l'impact d'une goutte d'eau ou effet Splash (leguédais, 2003).

I.3.6.2 .2.L'érosion par ruissèlement

Le ruissèlement agit sur le sol par des actions de détachement et de transport (Hadidi.A, 2008).

I.3.6.2.3.L'érosion par ruissèlement diffus

Le ruissèlement diffus est le facteur le plus important dans l'exploitation des variations des pertes de sol (Morgan, 1979).

I.3.6.3. Les formes de l'érosion hydrique

I.3.6.3.1 Erosion en nappe

L'érosion en nappe survient généralement au printemps lors du dégel et de la fonte du couvert de neige. Elle agit lorsque le sol est saturé d'eau. De plus, la capacité d'infiltration se retrouve très limitée suite à l'action du martèlement des gouttes de pluies sur la surface du sol. Ce compactage du sol favorise un ruissèlement diffus qui entraîne les particules les plus fines de la couche superficielle et entraîne généralement la matière organique et les éléments nutritifs. Elle ne laisse que le sol sous-jacent moins fertile. Cette situation peut donc engendrer des problèmes de recolonisation végétale des milieux dégradés (Sherbrooke, 1999).

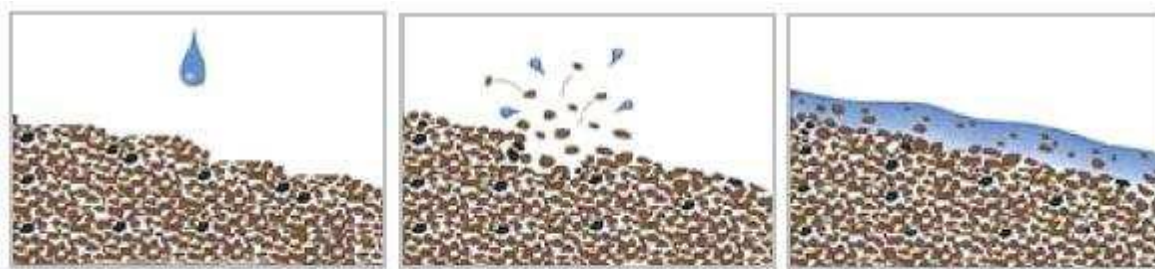


Figure n° 3 : Erosion en nappe (Hadidi.A, 2008).

I.3.6.3.2.Érosion en rigole

L'érosion en rigoles est l'un des grands types d'érosion. Engendrée par le ruissellement concentré, elle caractérise des régions aux conditions pluviométriques et topographiques modérées, mises en valeur de façon intensive par des systèmes de culture à base de plantes annuelles (Monnier *et al.*, 1986).

I.3.6.3.3.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.



Figure n° 4 : Erosion par ravinement (Ammari. A, 2012).

I .3.6.3 .4. L'érosion linéaire

Un micro filet ou une rigole est une dépression suffisamment petite pour pouvoir être supprimée par des façons culturelles. Sur un bassin versant ou une parcelle, l'érosion en rigole succède à l'érosion en nappe par concentration du ruissèlement dans les creux, à ce stade, les rigoles ne convergentes par mais forment des ruisselets parallèles (Sherbrooke, 1999).

I.3.6.3.5.L'érosion en masse

On attribue à l'érosion en masse tout dépassement de terre selon des formes non définie, comme les mouvements de masse, les glissements de terrain, un délaçement qui s'exécute plutôt à la verticale est nommé affaissement (Mohamed.A et al., 2006). Le terme chute de bloc est utilisé pour des éléments tombant isolément ou en group, lorsqu' il s'agit de la chute soudaine d'une masse plus d'un mètre cube, on parle plutôt d'un écoulement (Flagelollet).

I.3.6.3.6.L'érosion Soprane de berge

C'est une forme d'érosion due à la dissipation de l'énergie de l'eau dans les lits des cours d'eau et les rivières. L'énergie de ces dernières régulière ou accidentelle (lors des inondations) d'emporter une partie des berges. On appelle ce processus le sapement des berges.

I.3.6.4.Les facteurs de l'érosion hydrique

I.3.6.4.1.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.3.6.4.2.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.3.6 .4.3. 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.3.6.4.4. 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.3. 6.4.5. Le facteur anthropique

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

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

I.3. 6.5. Les processus de l'érosion hydrique

L'érosion hydrique résulte de divers processus que sont le détachement, le transport et le dépôt ou la sédimentation, causés par l'action en général combinée de la pluie et du ruissellement, et dont l'expression varie en fonction de la résistance du milieu (sol, couvert végétal, techniques culturales) et de la topographie. Quelle que soit l'échelle d'étude, du mètre carré au bassin versant de centaines de km², on retrouve partout ces trois phases de l'érosion mais avec des intensités différentes. D'où la diversité des facteurs de l'érosion en fonction des phases dominantes (Aouatif.C, 2008).

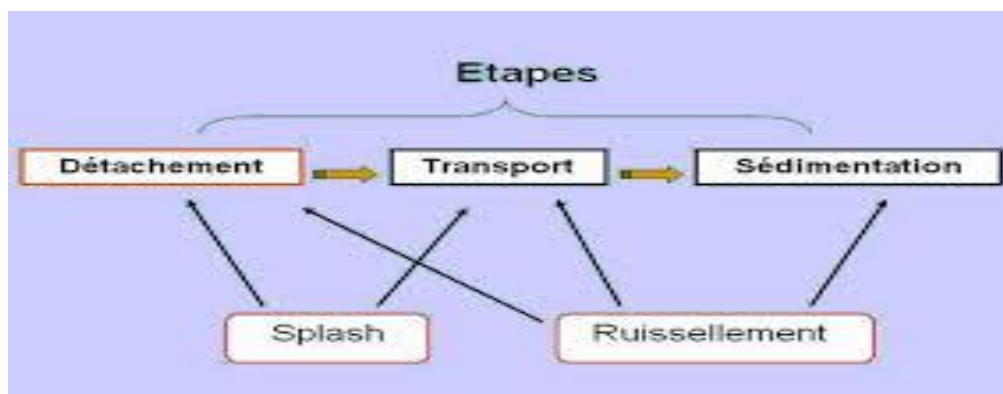


Figure n° 5 : différentes étapes de processus de l'érosion hydrique (Hadidi.A, 2008).

I.3. 6.6. Les conséquences de l'érosion hydrique

- La perte de matière organique et d'éléments nutritifs et la mise à nu de couches du sol moins fertiles qui peuvent conduire à une baisse de rendement des cultures.

- une réduction volume de sol explorable par les racines et de la réserve utile en eau et en éléments nutritifs pour des sols peu profonds ou des sols présentant, à faible profondeur, des propriétés défavorables (forte charge caillouteuse, acidité).
- L'impact à long terme de l'érosion sur les rendements est difficile à évaluer en pratique. En effet, l'augmentation de la productivité des cultures suite aux développements technologiques et aux apports de fertilisants et d'amendements organiques a vraisemblablement masqué jusqu'à présent l'impact de la dégradation des sols sur les rendements (FAO, 1983).
- Une eau très conséquence importante est l'envasement des barrages et des retenues en aval ce qui affecte leur capacité à mobiliser les eaux de surface dans un but d'irrigation ou d'alimentation en eau potable par exemple. Les écosystèmes, les productions et la sécurité alimentaire sont alors sévèrement affectés.
- l'envasement accéléré des barrages, des canaux d'irrigation et des réservoirs (Mohammed. A et al ., 2006).
- une augmentation du coût de traitement des eaux de consommation.

I. 3.6.7. Quantification de l'érosion hydrique

La quantification de l'érosion hydrique peut se faire soit :

- Par la mesure directe du transport solide au niveau des stations de mesure.
- Par des formules expérimentales.

On citera dans ce qui suit quelques formules les plus utilisées.

a-Formule de Wischémier et Smith (1978)

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

$$A=R. K .LS .C .P \quad (01)$$

Avec :

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 antiérosif. (Bouguerra.S, 2014).

- **Agressivité de la pluie R**

Ce facteur est obtenu à partir du dépouillement des données de la pluviométrie portant sur plusieurs années .Les valeurs du facteur R sont déterminées pour la zone d'étude à l'aide de la formule suivante.

$$R=K .A.B.C$$

Avec :

R : agressivité des pluies.

K : coefficient régional.

A : pluviométrie moyenne interannuelle.

B : pluie maximale d'un heure et de période de retour 2 ans.

C : l'intensité maximale de 24 heures et de période de retour 2 ans.

- **Erodibilité des sols K**

L'érodibilité est fonction des matières organiques et de la texture des sols, de la perméabilité de la structure du profil. .Nous avons évalué l'indice K des différents types de sols à l'aide du Nomogramme de Wischémier n'utilisant la carte pédologique du bassin, les analyses de Sols et les données d'infiltrabilité des sols obtenues par la méthode dissimulation des pluies (Tribak .A et al.,2006).

$$1000 K =2,1 M^{1,4.10^{-4}}(12-a)+3,25 (b-2) +2,5 (c-3)$$

Avec :

K : facteur d'érodibilité.

A : pourcentage de matière organique.

B : le code de structure.

C : la classe de perméabilité.

M : (% sable fin +% limon) (100- % argile).

La valeur de (K) est alors cataloguée sur des a banques en fonction de la structure des sols taux de matières organiques qu'ils contiennent (Wischmier et al., 1971).

- **Le facteur topographique LS**

Le facteur LS est le produit de deux sous facteurs :

La longueur de la pente et le gradient de la pente .Ils sont calculés à partir du Modèle Numérique du Terrain (MNT).

La longueur de la pente(L) est définie comme étant la distance parcourue par une goutte d'eau depuis la source de ruissellement jusqu'à un point donné du bassin.

- **Le facteur cultural C**

C'est un simple rapport des pertes de terre d'un sol dans un système de production sur les pertes de ce même sol traité en jachère continuellement travaillée. Il prend en compte le fait que la pluie agit proportionnellement sur un sol nu que sur un sol couvert. On confond dans le même facteur C, à la fois le couvert végétal, son niveau de production, les techniques culturales qui sont associées, la qualité de la couverture et la croissance des racines, l'utilisation de l'eau par les plantes en cours de croissance et le mode des traitements des résidus. La détermination de ce facteur se base sur l'occupation des terres.

- **Le facteur aménagement anti –érosif P**

Le facteur antiérosif P est déterminé à partir de la carte des aménagements existant. Il varie en fonction de l'aménagement effectué sur la pente et de la valeur de la pente elle-même.

La cartographie des aménagements existants dans la région d'étude se fait sur la base de la photo aérienne suivie d'une prospection de validation sur terrain.

b-Formule de Fournier (1960)

$$Ass = (1/36) (Pm/Pam)^2 (2.65) (h/S)^2 (0.46) \quad (02)$$

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) (**Bouguerra.S, 2014**).

c-Formule de Tixeront (1960)

Basée sur les données recueillies dans 32 bassins algériens et 9 bassins tunisiens sur une

Durée comprise entre 2 et 22 ans .

Ass= 354. E^{0.15} pour les bassins tunisiens (03)

Ass = 92. E^{0.21} pour la région est algérien (04)

Ass = 200. E pour la région centre algérien (05)

Avec :

Ass : Apport solide spécifique en(t/km²/an)

E : Ecoulement en (mm) (**Bouguerra.S, 2014**).

d-Formule de Sogreah

Basée sur les données de 30 bassins algériens, de superficie comprise entre 100 et 300 km², soumis à une pluviométrie annuelle comprise entre 300 et 100MM.

Ass = α .E^{0.15} (06)

Avec :

Ass : Apport solide spécifique (t/km²/an)

α : Coefficient dépendant de la perméabilité du sol,

E : Ecoulement annuel (mm) (**Bouguerra.S, 2014**).

e- Formule de L'A.N.R.H (1970)

Tss=26,62 Ie+5,071 IP+9,77 Ct -593,59 (1,13) (07)

Avec :

Tss : transport solide spécifique moyen annuel (T/Km²/an)

Ie : indice lithologique (%).

IP : indice des précipitations (%).

Ct : coefficient de torrencialité.

Cette formule est applicable dans les conditions suivantes : $I_e > 10\%$ et $IP > 300$. (Ammari.A, 2012).

I.8. Le transport solide

Le transport solide dans un cours d'eau constitue la seconde phase de l'érosion, la dynamique des matériaux arrachés au sol et transportés par le réseau d'écoulement dépend essentiellement de la vitesse d'écoulement et de la granulométrie (Graf.w, 2000). Ilya deux modes de transport solide :

I.8.1 .Transport Par Charriage

Le transport par charriage est l'un des principaux types de transport solide dans un cours d'eau, il concerne les plus gros matériaux qui contribuent à la formation et l'équilibre du lit, principalement la pente (Iefert, 1995).

I.8.2. Transport En Suspension

Le transport par suspension est le deuxième type de transport solide dans un cours d'eau .Il concerne les éléments fins qui progressent dans le sens du courant au sein même du liquide. Ces éléments fins sont maintenus en suspension par la turbulence et la quantité de ces matériaux dépend essentiellement des éléments fins, qui proviennent de l'érosion du bassin, suite au ruissellement des eaux de pluie (Iefert, 1995).

I.9 .Rappel Bibliographiques des travaux sur l'érosion et le transport solide en Algérie

Tixeront (1960) : Ses travaux sont basés sur les données de 32 bassins d'Algérie et 6 bassins de Tunisie, Dont la superficie varie de 90 à 22300.

Capolini et al., (1965-1969) : a montré par des travaux basés sur une étude géomorphologique régionale sur le bassin versant l'Oued Cheliff et de ses principaux affluent, qu'il existe une entre l'érosion et le transport solide ainsi il a abouti à plusieurs conclusions parmi lesquelles :

- Une quantification des débits solides à partir de lithologie ;
- L'existence d'une relation statistique entre l'érosion spécifique et le torrent ;
- Possibilité de cartographe du coefficient de torrentialité(Ct).

Heusch (1970) et Demmak (1982) : Montrent que la majorité des sédiments piégés dans les réservoirs proviennent du ravinement, des glissements de terrain, des éboulements des berges et de la divagation des oueds. En fonction des objectifs des projets de lutte antiérosive en vue de réduire les nuisances à l'aval ou de préserver le capital foncier des versants, on cherchera un compromis permettant d'intervenir dans les vallées pour piéger les sédiments et stabiliser les berges tout en aménageant les versants pour réduire et retarder le ruissellement (améliorations foncières, talus enherbés,). Des méthodes de calcul économique existent, qui permettent de choisir les interventions de lutte antiérosive les plus efficaces, en se basant sur les coûts des traitements antiérosifs, des nuisances auxquelles on peut s'attendre en l'absence d'intervention.

Demmak (1982) ; F.A.O : les divers types de roches et leurs structures donnent une indication précieuse sur la capacité d'infiltration des zones occupées par des roches et par les sols, en conséquence sur la quantité du sol susceptible d'être érodée. Une faible infiltration des roches affleurant indique qu'une grande quantité de sédiment d'eau ruisselée par conséquent une grande quantité de terre peut être emportée.

Roose (1994) : Les argiles, les marnes, les schistes, les basaltes, les gneiss sont très vulnérables au ravinement, les transports solides dans un bassin versant dépendent de la surface en roche de différents types (argileuses, marneuses, schisteuses...).

Chebbani (1999) : Les sols marneux lorsqu'ils sont secs restent non érodés, mais dès qu'ils atteignent une certaine humidité leur sensibilité à la détectabilité et au ruissellement augmente.

Touaibia.B (2000) : le caractère irrégulier, aléatoire de l'érosion hydrique et sa discontinuité Spatio-temporelle la rendent complexe.

Touaibia.B (2001) : dans ces études sur le bassin Oued Mina, les zones marneuses sont sensibles à l'érosion hydrique et ont dépassé le seuil tolérable de 10 t/Ha.an. Les rivières drainent souvent des collines et des montagnes marno-argileuses. Le courant provoque une érosion multiforme, avec la formation de ravins profonds et hiérarchiques, caractéristiques de mauvaises terres.

En Algérie, le taux d'érosion spécifique atteint les valeurs les plus élevées d'Afrique du Nord. Les éléments de quantification concernant les taux et les

concentrations d'érosion spécifique, issus des travaux de Demmak(1982), donnent des chiffres allant de 20 à 500 tonnes/km²/an, avec une turbidité comprise entre 16 et 28 g/l. Le taux d'érosion spécifique atteint les 5.000 tonnes/km²/an dans le bassin de l'Agrions qui alimente le barrage d'IghilEmda (Bejaia).120 millions de tonnes de sédiments sont rejetées chaque année dans la mer. L'irrégularité du climat influence directement les flux, qui sont caractérisés par :

- L'irrégularité saisonnière et interannuelle des flux d'eau ;
- La violence et la soudaineté des inondations : le débit du Cheliff peut dépasser les 4200 m³/s ; · La sévérité et la durée des périodes basses eaux.

En Algérie, un effort louable a été entrepris depuis les années 1945 pour reforester les vallées (50.000 ha), les "bad-lands" ; fixer les ravines et corriger les oueds ; aménager 300.000 ha de terres cultivées en banquettes d'absorption ou de diversion (construites par les services de DRS) puis par la Direction Nationale des Forêts. Depuis 1978, la construction de banquettes a été suspendue, suite aux critiques des chercheurs, au rejet des paysans, et surtout, aux difficultés économiques. La lutte antiérosive a été restreinte à la protection des ouvrages d'art, à la reforestation, à la végétalisation des ravines et à la construction des grands barrages.

Pour les paysans, les seules actions de l'Etat concernent aujourd'hui l'amélioration foncière (c'est-à-dire, sous-solage des sols à croûte calcaire, qui augmente la productivité des céréales) et la création de petites retenues collinaires, fournissant de l'eau en tête de vallée pour le bétail, l'habitat et quelques hectares d'irrigation. Même cette politique est remise en cause par des hydrologues qui font remarquer que l'envasement des barrages n'a pas diminué depuis l'effort consenti par l'aménagement des hautes vallées.

Megnounif et al., (2003), se sont intéressés au transport solide en suspension dans le bassin versant de l'Oued Tafna à BeniBahdel. L'analyse de la variabilité de la charge en suspension quant aux fluctuations des régimes hydro-climatiques, pour la période 1988-1993, montre que la production des sédiments est très forte en automne mais de faible ampleur au printemps. L'été est caractérisé par quelques crues éphémères observées qui sont fortement chargées. Quant à l'automne, il présente à lui seul 44% du flux annuel estimé à 286000 Tonnes. Au printemps, malgré l'augmentation des débits (environ 60% de l'apport total annuel), la charge solide reste faible par rapport à l'automne.

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

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

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 .

Zaibak (2008), a contribué à élaborer une approche à la fois analytique et synthétique du transport des sédiments en suspension dans les deux régions suivantes : 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 plus productives des sédiments.

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 34 ans (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 C_u montre une certaine variabilité mécanique pour les tranches de profondeurs choisies.

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 R^2 de **0.65** le résultat obtenu est appréciable.

la régression à 2 variables explicatives est donc significative. La formulation du modèle est $\text{Ln } E_s = 3,88 - 0,16 \text{ Ln } (S) + 0,68 \text{ Ln } (D_d)$ soit : **$E_s = 48,43 S^{-0.16} * D_d^{0.68}$**

($R^2 = 0,77$) sera utilisée pour quantifier l'érosion spécifique au droit des exutoires supplémentaires détectés.

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 quantifier le flux des sédiments susceptible de se déposer dans le barrage de Sidi M'Hamed Ben Aouad (capacité de stockage de 153 millions de m^3 (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 211t / Km^2 /an.

I.10. Bassin hydrographique

Un bassin hydrographique est la surface topographique drainée par un cours d'eau et ses affluents en amont de la section de telle façon que tout écoulement prenant naissance à l'intérieur de cette surface doit traverser la section considérée, appelée exutoire pour poursuivre son trajet vers l'aval.

I.11. Barrage

Un barrage est un ouvrage d'Art placé en travers d'un cours d'eau, destiné à retenir et stocker de l'eau ou à la dériver (**Durand.M et al ., 2006**).

I.12. Réseau hydrographique

Réseau hydrographique est ensemble des canaux de drainage naturels ou s'écoulent les eaux provenant du ruissellement ou restituées par les nappes souterraines soit sous forme de source, soit par restitution continue le long du lit du cours d'eau (**Roche, 1963**).

I.13.Station hydrographique

Chaque micro-bassin est équipé d'une station hydrométrique permettant d'avoir les observations nécessaires de hauteur d'eau et de concentration en sédiments .Le niveau d'eau est mesuré par :

- Un limnigraphe de type SEBA-Delta avec une sonde piézométrique ;
- Un limnigraphe à flotteur classique ;
- Une échelle limnométrique.

En plus de cet équipement classique, des déversoirs munis d'un canal jaugeur y sont installés de vérifier la fiabilité des mesures (**Touaibia.B, 2000**).

I.14.Retenue collinaire

Est destiné à stocker de l'eau pour un usage agricole (irrigation, protection antigel) à partir d'un rechargement en eau qui s'effectue à un moment où celle-ci est abondante (hiver et printemps). La réalisation d'une retenue collinaire est soumise à des conditions réglementaires spécifiques, selon les modalités d'approvisionnement en eau de la retenue (cours d'eau, ruissellement, ...) et le cas échéant, selon la classification du cours d'eau qui l'alimente, une étude d'incidence est obligatoire.

L'agence de l'eau Rhône-Méditerranée et Corse considère les retenues collinaires comme les ouvrages ayant une capacité (volume en eau en limite de déversoir) allant jusqu'à 1 million de m³. A partir de cette valeur et au-delà, il s'agira de grands barrages (**AERM., 2005**).

1.15. Conclusion

L'érosion hydrique est une cause majeure de dégradation des sols. Les caractéristiques de la pluie, du ruissellement et du sol, ainsi que la présence et la qualité du couvert végétal sont les principaux facteurs de l'érosion hydrique des sols. L'érosion du sol est un phénomène discontinu dans l'espace et dans le temps, que l'on peut observer à différentes échelles. 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.

II.1.Situation géographique et délimitation

Le Bassin Hydrographique Cheliff-Zahrez couvre une superficie d'environ 56 227 km² (soit plus de 22% de la superficie de l'Algérie du Nord). Une région hydrographique limitée naturellement au Nord par la Mer Méditerranée, à l'Ouest par la région Oranie – Chott Chergui, à l'Est par la région Algéroise – Hodna – Sommam et au Sud par le Sahara. La région hydrographique regroupe trois bassins hydrographiques le Cheliff, le Zahrez et le Côtier Dahra.

Le bassin du Cheliff qui s'étend sur 35059 Km², est le plus vaste bassin hydrographique du Nord du pays. Il est compartimenté naturellement en trois bassins versants (ABH, 2004) :

1. le bassin du Cheliff-amont du barrage de Boughzoul ;
2. le bassin du Haut et Moyen Cheliff ;
3. le bassin du Bas Cheliff et la Mina.

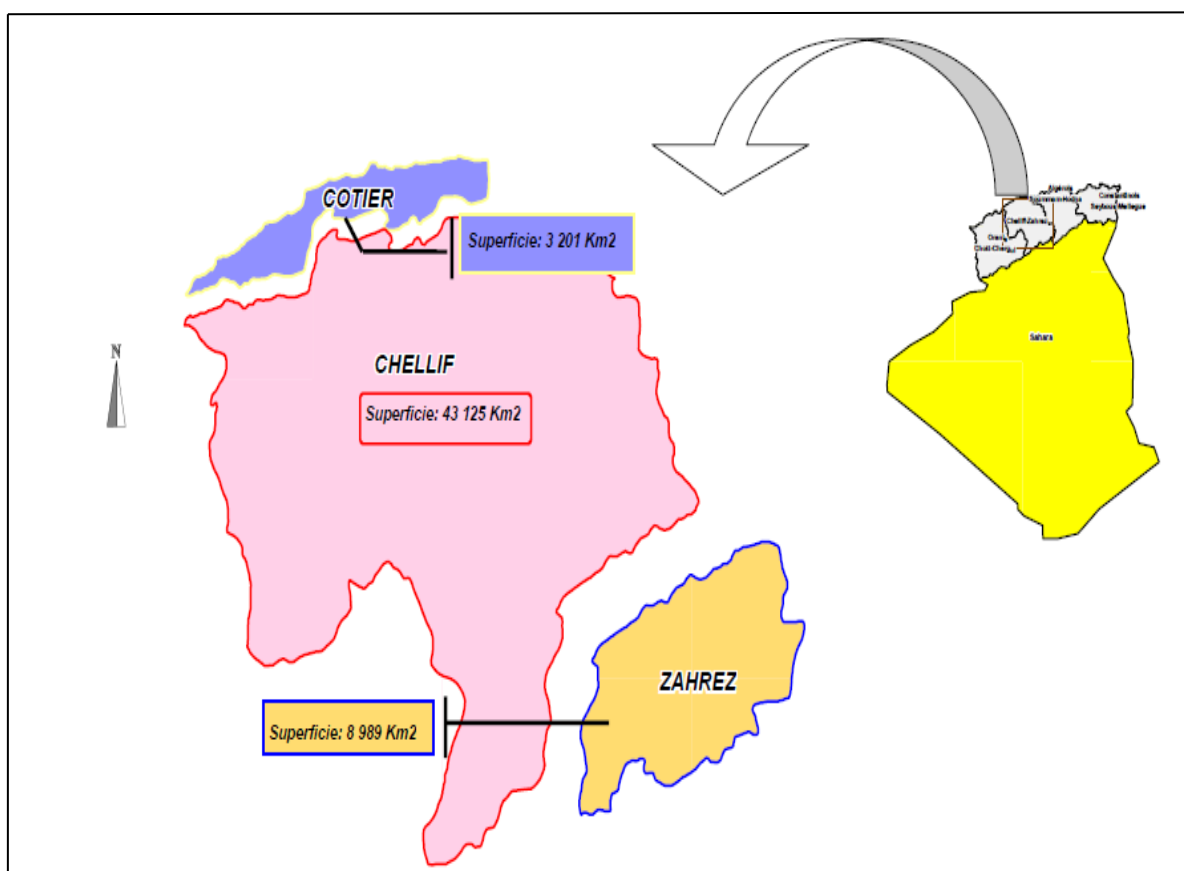


Figure n° 6 : localisation des bassin hydrographique Cheliff-Zehrez (ABH,2004).

II.2.Présentation de la zone d'étude

La zone d'étude est présentée selon les trois grandes unités hydrographiques qui la constituent.

- Le bassin du Haut et du Moyen Cheliff couvre une superficie d'environ 10 930 Km². Il se situe au Nord par les monts du Zaccar et les monts de Medjadja, il est limité au Sud par les contreforts de l'Ouarsenis et les monts de l'Ouersenis, à l'Ouest par le Massif de Doui et le seuil de Boukadir, et à l'Est par Djebel Gountas et le seuil d'Oum Drou (Pontera). Il est composé par 05 wilaya (Ain Defla, Médéa, Tissemsilt, Tipaza et Chelf) (**a-ABH, 2004**) ;
- Le bassin du Bas Cheliff et la Mina couvre une superficie d'environ 13 150 Km². Il se situe dans le centre Ouest du nord Algérie, il est limité au nord par la mer et les wilayas de Chleff et Tissemsilt, à l'est par la wilaya de Djelfa et au sud-ouest par la Bassin hydrographique Oranie – Chott Chergui. Il est composé par 05 wilaya (Relizane, Tiaret, Mostaganem, Saida et Mascara) (**b-ABH, 2004**) ;
- Le bassin du l'amont de Boughzoul couvre une superficie d'environ 19 979 Km². Il est situé en amont du bassin du Haut et Moyen Cheliff, qui le limite du côté Nord, il est limitrophe au bassin du Bas Cheliff et la Mina de son côté gauche, au Sud Est, il est limité par le bassin du Zahrez et au Sud-ouest, par le bassin de l'Oranie Chott Ech Cher qui, il s'étale sur 05 wilayas à savoir : Laghouat, Djelfa, Médéa, Tiaret et Tissemsilt (**c-ABH, 2004**)

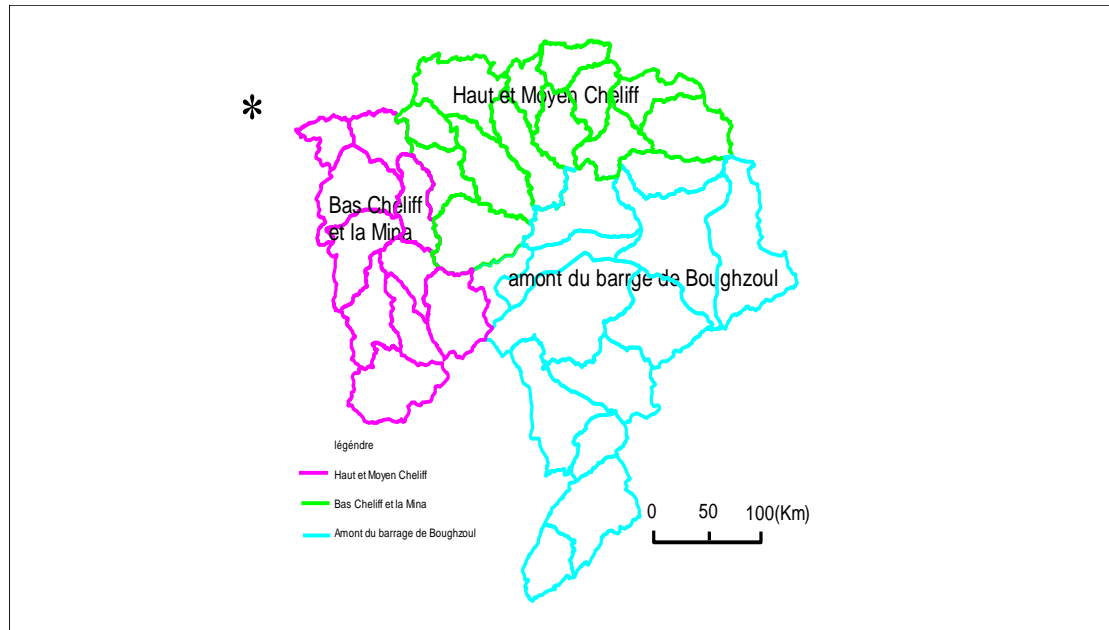


Figure n° 7 : Découpage de la zone d'étude en unités hydrographiques.

II.3. Caractéristiques morphologiques du bassin versant du Cheliff

II.3.1 surface

Selon les délimitations orohydrographique, l'air de l'étude se compose de 03 bassins, le côtier Dahra, le Cheliff de son tour se divise en deux grand bassin, le Cheliff a' aval du barrage Boughzoul et le Cheliff a l'amont du barrage Boughzoul, ainsi que le bassin du Zahrez. Leurs superficies varient de 3202 km² (côtier Dahra) à 35059 Km²(Cheliff) et à 8990 Km² (Zahrez).

Ces trois grands bassins englobent plusieurs sous bassins :

- Côtier 03 sous bassins ;
- L'aval Boughzoul 24 sous bassin ;
- L'amont Boughzoul 12 sous bassin ;
- Bassin Zahrez 06 sous bassin.

II.3.2. Indice de compacité de Gravelius K_c

C'est le rapport entre le périmètre(**P**) du bassin versant et la circonférence du cercle ayant la même superficie que ce bassin versant (**A**).

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} \approx 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Avec :

A : Surface du bassin versant [Km²] ;

P : Périmètre du bassin [Km].

II.3.3. Le réseau d'écoulement

II.3.3.1. Densité de drainage (Dd)

La densité de drainage est définie comme le rapport de la longueur totale des cours d'eau de tout ordre, à la surface du bassin.

$$D_d = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{S}$$

Avec :

$\sum_{i=1}^n L_i$: Somme des longueurs de tous les cours d'eau d'ordre i (Km) ;

S : Surface du bassin versant en Km².

II.4. Caractéristique physique générales du bassin versant du Cheliff

II.4.1. La géologie

Le bassin du Cheliff appartient aux bassins sédimentaires sublittoraux allongés Est-Ouest et mis en place après la dernière phase alpine de tectonique tangentielle.

Au Nord, cette dépression est séparée de la mer par le Tell septentrional représenté par une suite de reliefs parallèles formés essentiellement de terrains jurassico-crétacés que l'on retrouve aussi dans la plaine (Dahra et massifs épi-métamorphiques à schistosités du Doui, Rouina et Témoulga).

Au sud, le bassin du Cheliff est limité par le Tell méridional représenté par un ensemble de massif montagneux où le substratum y est principalement marno-calcaire et correspond à l'allochtone tellien avec ses différentes nappes.

Une phase infra-crétacé, compressive donne des plis NE-SW ; Une phase à composante tangentielle intervient après le Sénonien et le Paléocène et serait en partie responsable de l'épi métamorphisme. Une phase datée Aquitano-Burdigalienne, compressive et profonde génératrice d'un nouvel épi métamorphisme. Pendant que les nappes telliennes achèvent de se mettre en place, un nouveau cycle sédimentaire s'amorce marqué (ABH, 004).

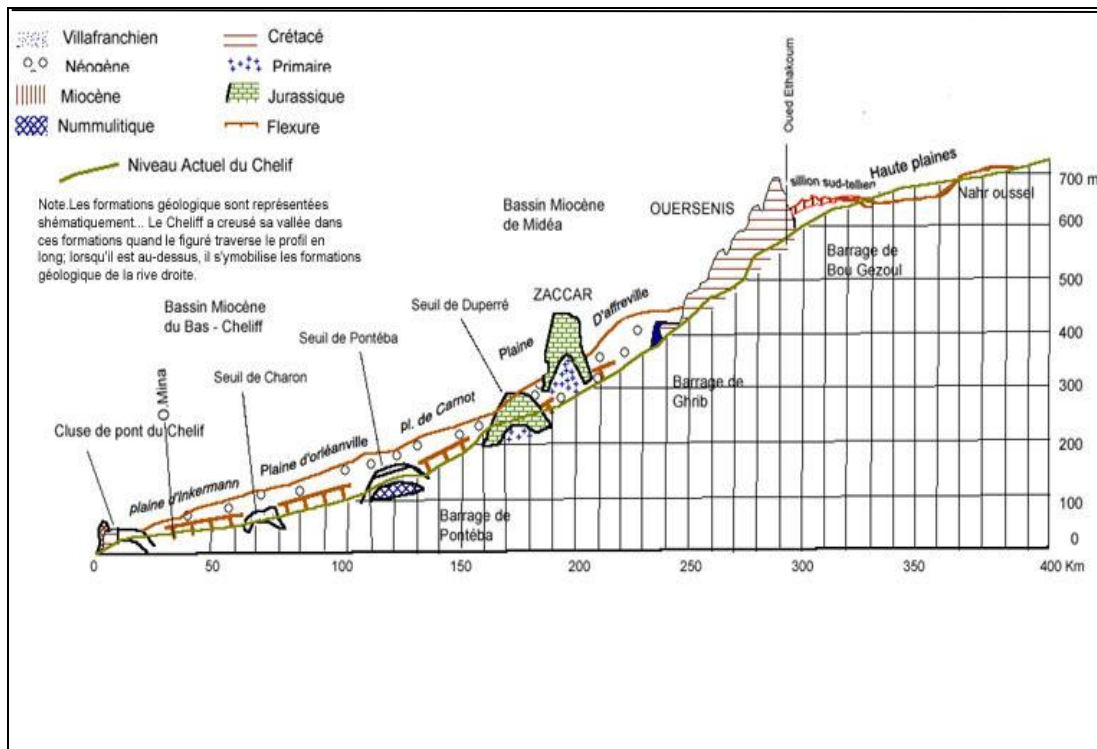


Figure n° 8 : Coupe géologique «Est-Ouest » (Boulaïne, 1956)

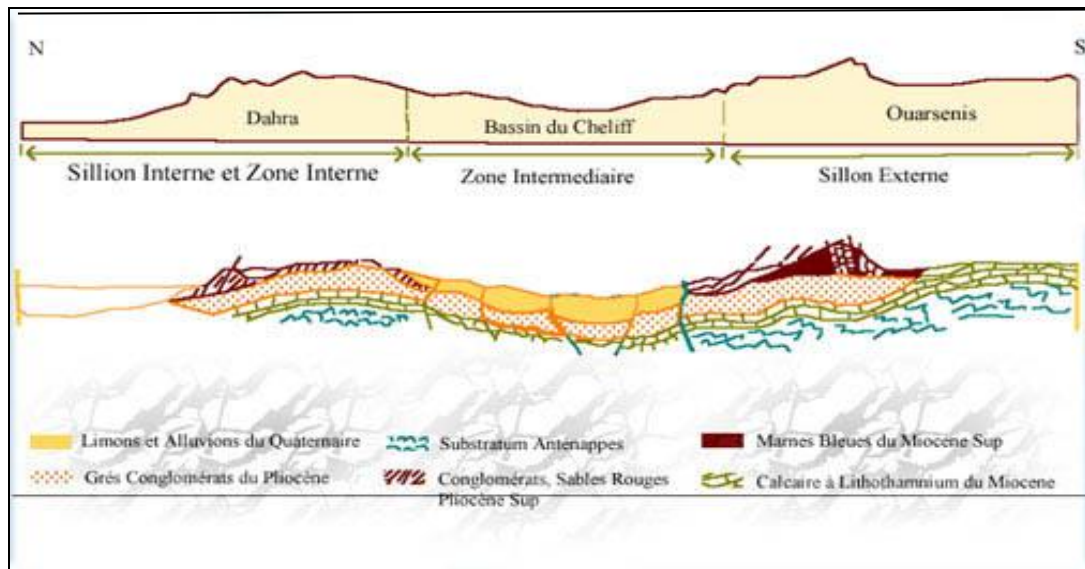


Figure n°9 : Coupe géologique « Nord-Sud ». (Boulaine, 1956)

II.4.2. Relief

Le bassin versant du Cheliff occupe une portion de l'Algérie dont l'orographie est à la fois simple et typique. Des chaînes montagneuses, parallèles à la côte, séparées par les zones déprimées ou par de hautes plaines, Ce bassin comporte une cuvette en succession et en parallèle du nord-sud inter-tellienne, constitue les Hauts plateaux. Amont de Mohammedia, bassin de la Mina, que draine les eaux du plateau de Frennda et Cheliff celle de Sers ou à travers Nahar Ouassel, les sous bassins de la rive droite et gauche du principal affluent de l'Oued Cheliff qui posséd le cours d'eau le plus long et le débit la plus grand (ABH,2004).

II.4.3. Activité Agricole

La région est à vocation agricole dans le bassin de Cheliff. A Haut et Moyen Cheliff, les principales spéculations qui y sont pratiquées sont les céréales, les cultures industrielles, l'arboriculture fruitière et les légumes secs. .et en Bas de Cheliff, Mina et Amont Boughzoul les principales spéculations qui y sont pratiquées sont les céréales, les fourrages, les cultures maraichères, les cultures industrielles, l'arboculture fruitière et les légumes secs (ABH, 2004).

II.4.4. Industrie

Tissu industriel peu développé dans le bassin Cheliff .A Haut et Moyen Cheliff, IL existe (75) unités industrielles y sont implantées, principalement dans les deux zones industrielle d'Ain Defla et d'Oud Sly (wilaya de Chleff) et autour de la grande agglomération, en Bas de Cheliff et de Mina, Il existe (47) unités industrielles y sont implantées, principalement dans les deux zones industrielles de Relizane et Tiaret et autour de la grande agglomération, et barrage Boughzoul. Il existe (22) unités industrielles réparties à travers ce bassin vues par wilaya, ces unités sont principalement concentrées les wilayas de Tiaret et Djelfa (ABH, 2004).

II.4.5. Végétation et occupation du sol

Le bassin versant du Cheliff est dans sa majeure partie affecté par un régime climatique semi-aride qui détermine la couverture végétale. En matière d'érosion des sols, c'est le facteur <<recouvrement>> qui intervient le plus, ainsi les forêts (bois et broussailles) occupent plus de 40% de la superficie du haut et moyen Cheliff et 15% du bas Cheliff et la Mina, les prairies occupent une partie non négligeable du haut et moyen Cheliff avec un pourcentage de 20% situé à l'Est du bassin, les cultures et les terres arrosées sont concentrées au centre du bassin du Cheliff, le reste se sont des terres au repos et des sols nus tandis que l'Amont de Boughzoul est essentiellement couvert par le sable (ABH, 2006).

II.5. Caractéristiques du climat

Le climat du bassin Cheliff est une transition entre le climat aride dans la partie sud des hauts plateaux, semi-aride au nord, il intervient principalement par sa composante hydrique (pluviométrie), qui régit fortement le régime des eaux souterraines et superficielles, du fait de son appartenance géographique à la zone aride et semi-aride.

Le Cheliff est soumis à des conditions hydro-climatiques défavorables, caractérisées par :

- Des précipitations irrégulières, avec des variations interannuelles importantes ;
- Des régimes hydrologiques dominés par une forte irrégularité saisonnière et interannuelle des écoulements, et pas la violence des crues.

II.5.1.Pluviométrie

L'évolution de la pluviométrie annuelle moyenne dans le tableau 1, pour les 10 points d'observations dans Cheliff, durant la période 2009 à 2015, montre que la pluviométrie est très élevée dans la Haut et Moyenne Cheliff (Miliana et Médéa), elle est plus basse dans l'Amont de Boughzoul (Djelfa) et moyenne pour Bas Cheliff et Mina (Relizane, Mostaganem et Saida).

Tableau n° 1 : la pluviométrie annuelle moyenne (mm) dans la période 2009 /2015

Année/ Wilaya	Haut et du moyen Cheliff P (mm)				Bas Cheliff et la Mina P (mm)			Amont Boughzoul P (mm)	
	Chelf	Médéa	Miliana	Tipaza	Relizane	Mostaganem	Saida	Djelfa	Laghouat
2009	424,97	753,63	908,80	428,49	330,46	267,49	496,70	394,70	705,60
2010	517,62	776,23	932,99	370,35	385,84	429,04	410,70	313,20	491,20
2011	577,11	853,70	918,24	530,66	342,18	428,76	411,50	328,93	621,40
2012	529,60	787,68	733,81	346,70	428,76	500,93	460,50	273,81	490,30
2013	505,18	845,88	898,69	258,62	388,38	557,29	542,70	239,55	563,70
2014	421,85	744,75	726,94	282,96	285,77	470,37	417,50	281,22	705,60
2015	255,51	703,50	568,19	504,20	256,04	299,46	388,50	257,57	492,40
Max	577,11	853,70	932,99	504,20	428,76	557,29	542,70	394,70	705,60
Min	255,51	703,50	568,19	258,62	256,04	267,49	388,50	239,55	490,30
Ecart	321 ,6	150,20	364,80	245,58	172,72	289,80	154,20	155,15	215,30
May	461,69	780,76	812,52	388 ,8	345,34	421,90	446,80	298,42	581,45

Source : (www .tutempo.com, 2016)

II.5.2.Température

Dans bassin versant Cheliff, La température moyenne interannuelle varie entre valeur maximum mensuel à la wilaya de Chelf, Laghouat et Relizane, et la valeur minimum mensuelle à la wilaya de Médéa, Tipaza et Djelfa.

Tableau n° 2 : la Température moyenne annuelle (°C) pour Cheliff, durant la période 2009/2015.

Année Wilaya	Haut et du moyen Cheliff				Bas Cheliff et la Mina			Amont Boughzoul	
	Chelf	Médéa	Miliana	Tipaza	Relizane	Mostaganem	Saida	Djelfa	Laghouat
2009	20,3	16,2	18,6	16,1	21,7	18,4	17,3	16,2	19,6
2010	19,7	15,7	18,1	17,1	21,1	18,3	17,6	16,7	20,0
2011	19,9	16,2	18,6	16,1	21,2	18,2	17,2	16,1	19,1
2012	19,8	16,5	18,8	17	20,8	17,7	16,6	16,5	19,6
2013	19,2	15,2	17,7	16,8	20,7	17,3	16,2	16,1	19,2
2014	20,2	16,6	19,1	17,3	21,7	17,8	17,2	16,9	19,8
2015	20,3	16,8	19,3	16,1	21,6	17,9	18,3	16,7	19,3
Max	20,3	16,8	19,3	17,3	21,7	18,4	18,3	16,9	20,0
Min	19,2	15,2	17,7	16,1	20,7	17,3	16,2	16,1	19,2
Erat	1,1	1,6	1,6	1,2	1,0	1,1	2,1	0,8	0,8
May	19,9	16,1	18,6	16,6	21,2	17,9	17,2	16,4	19,5

Source : (www .tutimpo.com, 2016)

II.5.3.Evapotranspiration

Les données de l'évapotranspiration présentées dans le tableau sont relevées à partir des stations climatiques réparties dans le Cheliff, ces données concernent l'évapotranspiration annuelle (**ANRH 2015**).

Tableau n° 3. : Evapotranspiration mensuelle et annuelle (mm) pour les régions du bassin versant du Cheliff.

Région	Total Annuel (mm) par station et par région			
	Ksar El Boukhari	Miliana	Theniet EL Had	Chelf
Haut et Moyen Cheliff	1400	1334	1285	1542
	Merdja	Tiaret	Bakhadda	Relizane
Bas Cheliff Et Mina	1540	1385	1503	1505
	Aflou	Ksar Chellala	Dahmouni	Tissemssilt
Amont de Boughzoul	1426	1555	1445	1330

Source ANRH ,2015

II.6.Réseau de mesures hydrographique

II.6.1Postes pluviométriques

-Le bassin versant à l'amont du barrage Boughzoul compte 34 postes pluviométriques :

- 28 appartiennent au réseau de l'ANRH, dont 02 sont à l'arrêt ;
- 06 appartiennent au réseau de l'ONM

-le bassin du Haut et Moyen Cheliff compte 69 postes pluviométrique dont :

- 53 appartiennent au réseau de l'ANRH ;
- 16 appartiennent au réseau de l'ONM.

-le bassin du Bas Cheliff et de la Mina compte 53 postes pluviométrique dont :

- 40 appartiennent au réseau de l'ANRH ;
- 13 appartiennent au réseau de l'ONM.

Tableau n° 4 : la répartition des postes pluviométrique par bassin versant Amont du barrage Boughzoul.

Sous bassin	Dénomination	Nombre de postes	
		Pluviométriques(ANRH)	Pluviométriques (ONM)
0101	Oued Sebgag Berkana	2	0
0102	Oued Namous Chelal	3	0
0103	Oued Touil Amont	0	0
0104	Oued Sakni	0	0
0105	Oued Touil moyen	1	0
0106	Oued Touil aval	0	0
0107	Oued Sousselem	5	0
0108	Oued Mechti zerga	2	1
0109	Oued Ouassel amont	4	1
0110	Oued Ouassel moyen	5	2
0111	Dait el Firania	2	1
0112	Diaa Boughzoul	4	1

Source ONM et ANRH

Tableau n° 5 : Les postes pluviométriques par le bassin du Haut et Moyen Cheliff.

Sous bassin	Dénomination	Nombre de postes pluviométrique (ABH)	Nombre de postes pluviométrique(ONM)
0113	Oued Cheliff Djellil	2	1
0114	Oued Cheliff Ghrib	3	2
0115	Oued Cheliff Harbil	5	2
0116	Oued Deurdeur	5	-
0117	Oued Cheliff Harraza	7	2
0118	Oued Ebda	5	1
0119	Oued Rouina Zeddine	5	-
0120	Oued Cheliff Tighzel	3	-
0121	Oued Fodda	4	2
0122	Oued Ras Ouhrane	11	6
0123	Oued Sly	3	-

Source ONM et ANRH

Le tableau n° 6 montre la répartition des postes pluviométrique par bassin versant :

Tableau n° 6: Les postes pluviométriques par bassin Moyen et Mina.

Sous Bassin	Dénomination	Nombre des postes pluviométriques(ANRH)	Nombre des postes pluviométrique (ONM)
0124	Oued Cheliff Ouarizane	4	2
0125	Oued Tiguiguest	2	3
0126	Oued Rhiou Tleta	1	-
0127	Oued Djidioua	4	1
0128	Oued Cheliff Tarhia	4	-
0129	Oued Mina Amont	3	2
0130	Oued Taht	3	1
0131	Oued Mina Moyen	5	3
0132	Oued Abd Amont	4	1
0133	Oued Abd Aval	1	-
0134	Oued Mina Hadda	3	-
0135	Oued Mina Aval	5	-
0136	Oued Cheliff Maritime	1	-

Source ONM et ANRH

II.6.2.Stations hydrométriques

Le bassin versant du Cheliff est muni de 20 stations hydrométriques, réparties entre des sites différents. Nous nous intéressons dans notre étude à celles où la donnée est disponible et où la période de fonctionnement est assez tolérable pour quantifier le transport solide et l'érosion au droit de ces stations, elles sont donc au nombre de 20. La présentation de ces stations est donnée par le Tableau n°7 :

Tableau n° 7: Présentation des stations hydrométriques du bassin versant du Cheliff.

N°	Code station	Nom Station	Oued	Nombre d'année	Période de fonctionnement
1	011407	Ghrib Amont	Cheliff	20	1976-1996
2	011501	Tamezguida	Harbil	28	1969-1997
3	011514	Djenane Ben Aouadah	Cheliff	18	1990-2008
4	011601	Marabout blanc	Deurdeur	19	1990-2009
5	011702	Arib Cheliff	Cheliff	44	1968-2012
6	011715	El Ababssa	Harreza	34	1973-2007
7	011905	Bir Ouled Tahar	Zeddine	24	1989-2013
8	012001	El Abadia	Cheliff	37	1970-2007
9	012004	Tickezal CW54	Tickezal	19	1990-2009
10	012201	Larbaa Ouled fares	Ouarhane	27	1983-2010
11	012203	Pontéba Deffluent	Cheliff	37	1975-2012
12	012301	Ouled Ben Abk	Sly	08	2004-2012
13	012701	Djediouia RN4	Djidiouia	36	1974-2010
14	012806	Djediouia Cheliff	Cheliff	10	2000-2010
15	012909	Sidi Ali Ben Amar	Mina	02	2004-2006
16	013001	Kef Mahboula	Taht	31	1965-1996
17	013302	Ain Hamara	El Abd	10	2000-2010
18	013401	Sidi Abk Djillali	Haddad	40	1970-2010
19	013402	Oued El Abtal	Mina	40	1970-2010
20	013602	Sidi Bel Attar	Cheliff	53	1957-2010

Source, ANRH, 2011

II.7.Hydrographie

- le bassin du Haut et du Moyen Cheliff regroupe onze (11) sous bassins hydrographiques du 0113au 0123.IL présente un chevelu hydrographique très dense, avec un réseau de l'ordre de 2200Kmd'oueds permanents et 5600Km d'oueds temporaires. Le principal cours d'eau, le Cheliff, traverse la zone sur 349Km, Qu'il draine avec ses affluents.la densité de drainage totale de la rive gauche est plus élevée que celle de la rive droit .Elle est de 0.93Km/Km² dans le bassin d'Oued Fadda, sur la rive gauche et se réduit à 0.69Km /Km² dans le bassin de l'Oued Ebda, sur la rive droite (**ABH, 2004**).

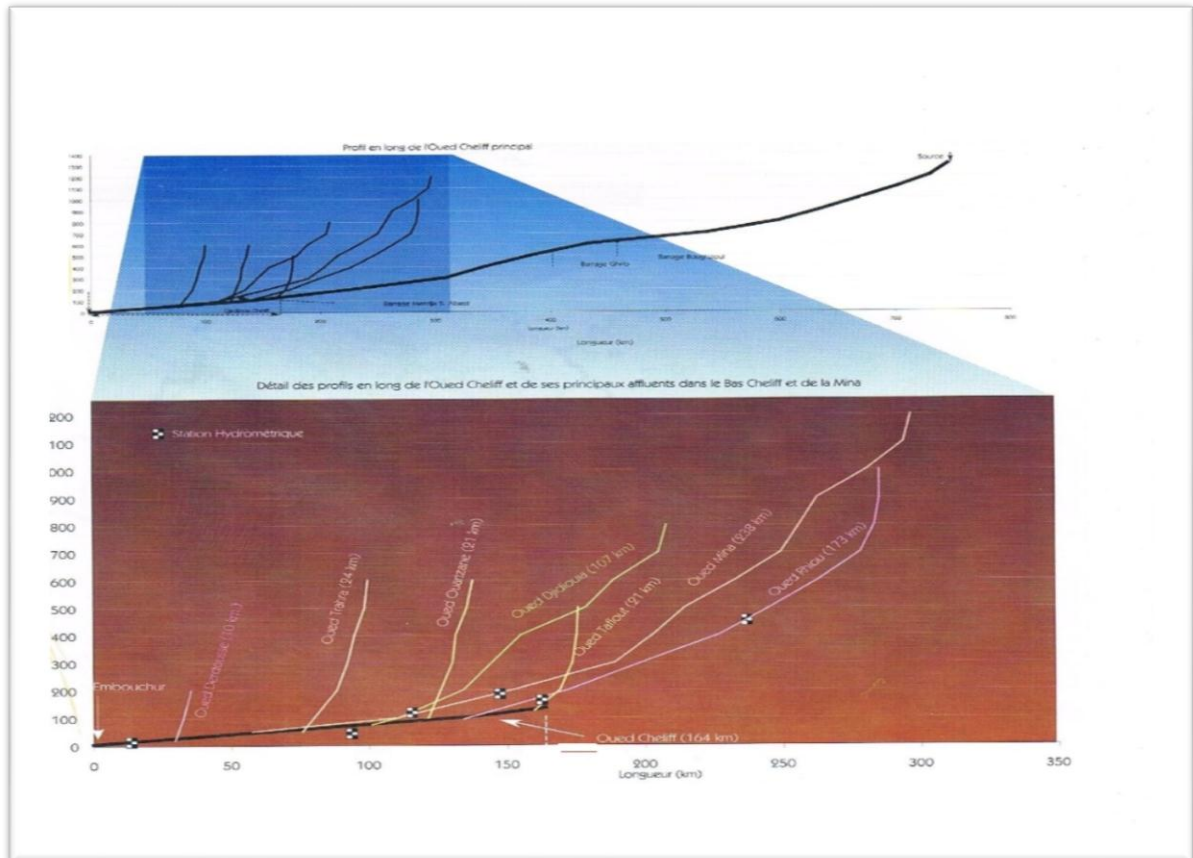


Figure n° 11: Profil en long de l'Oued Chélif et de ses principaux affluents dans Bas Cheliff et la Mina (b-ABH., 2004).

-Le bassin Cheliff à l'amont du barrage de Boughzoul regroupe 12 sous bassin versant du 0101 au 0112. Il présente un chevelu hydrographique faible, avec un réseau de l'ordre de 1468 Km d'oueds permanents et 8395 Km d'oueds temporaires. Le principal cours d'eau est oued Touil qui draine une superficie de 16338 Km², orienté du Sud au Nord jusqu'à sa confluence avec Nahr Ouassel, qui coule en oblique de l'Ouest à l'Est, dont la confluence donne naissance à l'oued Cheliff. La densité de drainage permanent dans l'ensemble du bassin reste faible, mais elle est relativement élevée dans la partie Nord aux sous bassin : Mehti Zerga (32%), oued Ouassel Amont (35%) et oued Ouassel Moyen (34%).

Tableau n° 8: Ouvrages de Mobilisation des eaux dans le bassin versant du Cheliff :

Barrage	Localisation	Année de mise en eau	Oued	C I (hm ³)	C dernier levé (hm ³)	A M (hm ² /an)	S de BV Km ²	H (m)	R .N (m)	P.H.E (m)	Destination
Harreza	Ain Defla.	1984	Harreza	70,0	76,6	30,8	142,0	38,0	313,0	314,0	Irrigation du périmètre Haut Cheliff
Deurdeur	Miliana	1984	M. Tighzir	115,0	105,1	45,0	468,0	56,0	605,0	610,0	Alimentation en eau Potable de Tissemsilt et irrigation du périmètre Haut Cheliff
Ghrib	Ain Defla	1939	Cheliff	238,0	115,3	148,5	23300	105,0	432,0	432,5	Alimentation en eau potable des villes Médéa et irrigation du périmètre Haut Cheliff
Boughzoul	Boughzoul	1939	Nahr Ouassel	55,0	20,2	82,8	20500	14,8	634,2	635,2	transfert des eaux vers le barrage de Ghrib
Bakhadda	Tiaret	1936	Mina	56,0	39 ,9	72,0	1300	40,0	584,7	586	Alimentation en eau potable de la ville de Tiaret
Oued Fodda	Chlef	1932	Fodda	228,0	102 ,8	120,0	800,0	100,0	370 ,5	374	Alimentation en eau potable de la wilaya de Chlef
Barrage sidi Yacoub	Oued Ardjen	1985	ARDJEN	280,0	252,8	98,0	920,0	91,0	264,0	267,5	Alimentation en eau Potable de Chlef et irrigation des périmètres Moyen et Bas Cheliff

Dahmouni	Tiaret	1987	NahrOuasse 1	41,0	39,5	13,3	530,0	35,0	925,0	928,8	Irrigation des plaines de Tiaret
Bougarra	Tissemsilt	1989	NahrOuasse 1	13,0	11,3	9,0	454	18,5	809,5	813,7	Irrigation des plaines de Tiaret et Tissemsilt.
Koudiat rosfa	oued fodda	2004	Fodda	73,0	_	44 ,5	440	57 ,0	642 ,0	645,5	Alimentation en eau potable de Tissemsilt
Ouled Mellouk	Oued Rouina	2004	Rouina	127,0	119,0	47,5	865	51,00	243,4	247,0	Alimentation en eau potable et irrigation des villes de Rouina, Bourached et El Attaf.
Sidi M'hamed ben Taiba	Oued Abda	2005	Abda	75,0	_	76,0	273	52,00	317,0	322,1	Alimentation en eau potable des villes d'Ain Defla, Arrib, khemis
Merdjet sidi Abed	Oued Rhiou	1984	Cheliff	58,0	47 ,9	40,0	44000	12,00	67,7	68 ,0	Alimentation en eau potable de couloir oran Irrigation des périmètres bas Cheliff
Gargar	Oued Rhiou	1988	Oued Rhiou	450,0	358,5	185,0	2900	90,00	118 ,0	129,7	Alimentation en eau potable de la ville d oran, Irrigation de Relizane
Sidi m'hamed ben Aouad	Relizane	1977	mina	241,0	153,7	148,5	4990	65,00	180 ,0	186,5	Alimentation de l'eau potable de sidi M'hamed ben Aouad et Relizane

Source (ANBT, 2004)

II.7.2.2. Retenues collinaires

- Amont de Boughzoul sont nombre de 22 retenues collinaires : 02 dans le sous bassin 0101, 08 dans le sous bassin 0102, 02 dans le sous bassin 0103, 1 dans le sous bassin 0107, 7 dans le bassin 0110 ,02 dans le bassin 0111.
- Haut et Moyen Cheliff sont au nombre de (77) retenues collinaires : 2 dans sous bassin 0113 , 21 dans le sous bassin 0114 , 5 dans le sous bassin 0115 , 08 dans le sous bassin 0116 , 02 dans le sous bassin 0118 , 06 dans le sous bassin 0119 , 03 dans le sous bassin 0120 , 05 dans le sous bassin 0121 , 08 dans le sous bassin 0122 , 11 dans le sous bassin 0123 .
- Bas Cheliff et Mina sont au nombre de (61) retenues collinaires : 08 dans le sous bassin 0125 , 04 dans le sous bassin 0126 , 02 dans le sous bassin 0127 , 15 dans le sous bassin 0128 , 03 dans le bassin 0129 , 01 dans le sous bassin 0130 , 01 dans le sous bassin 0131 , 02 dans le sous bassin 0133 , 10 dans le sous bassin 0134 , 06 dans le sous bassin 0135 , 10 dans le sous bassin 0136 .

II.7.3. Ressources en eau souterraines

Le BV Cheliff contient plusieurs hydrogéologique renfermant des nappes importantes exploitables tant pour l'AEP que pour l'irrigation .Il se compose au Nord du sillon du Cheliff encadré par les 2 chaines telliennes Mont du Dahra et le massif de l'Ouarsenis, de nombreuses formation géologique contiennent des eaux souterraines les plus anciennes sont attribuées au Jurassique et les plus récentes correspondent aux alluvions du quaternaires.

Le sillon du Cheliff est compartimenté en 03 cuvettes, haut, moyen et bas Cheliff séparés par 2 seuils, le seuil d'Ain Defla et celui d'Oum Druo.

La région du Cheliff compte 42 nappes avec une potentialité de 330Hm³/an. (ANRH ,2015).

II.8.Conclusion

Le bassin versant Cheliff a été choisi comme bassin d'étude. Nous présentons ici les principales caractéristiques par sa morphologie, (forme, relief, réseau de drainage), le climat et la végétation etc. On peut établir un certain nombre d'indices susceptibles de servir au moins de points de repère dans la classification des bassins et de faciliter les études par analogie.

Introduction

Ce chapitre fait l'objet d'une présentation des données qui seront utilisées tout au long de notre travail, leur collecte a été une étape fastidieuse qui a nécessité plusieurs déplacements à l'Agence Nationale des Ressources Hydriques et à l'Agence du Bassin Hydrographique sises à Blida et Chlef respectivement.

III.1 Représentation de la banque des données

- **ABH** : L'agence du bassin hydrographique " Cheliff-Zahrez " a été créée par décret exécutif n° 96-282 du 26 août 1996. Elle est chargée de réaliser toutes actions visant à assurer une gestion intégrée et concertée des ressources en eau à l'échelle d'une unité hydrographique naturelle.

Elle est chargée notamment :

- De gérer le système d'information à l'échelle des bassins hydrographiques à travers l'établissement et l'actualisation des bases de données et des outils d'information géographique ;
 - De contribuer à l'élaboration, à l'évaluation et à l'actualisation des plans à moyen et long terme de développement sectoriel à l'échelle des bassins hydrographiques ;
 - De collecter les redevances instituées par la législation et la réglementation en vigueur.
- **ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydraulique, Est un établissement public à caractère administratif, à vocation scientifique et technique.

L'ANRH a pour missions :

- La collecte, le traitement et la mise à jour des informations relatives aux ressources en eau et en sol ;
- La prospection et l'évaluation des ressources en eau et en sol ;
- Le suivi de la ressource au plan quantitatif et qualitatif ;
- La préservation, la protection et sauvegarde de la ressource.

III.2 Matériels et Méthodes

III.2.1. Logiciels Utilisées

III .2. 1. a. Excel 2013 et 2003 : pour les calculs.

III .2. 1 .b. Mapinfo

Est un outil de type Système d'information Géographique qui sert à créer, traiter et à cartographier l'information géographique .Il compile assemble croise des données thématiques professionnelles avec des données génériques vecteurs ou raster (version 11) utilisé pour la délimitation des stations hydrométriques, des barrages et des retenues collinaires, déterminé la longueur des oueds, pour calculer la densité de drainage.

III.2. 1.c. Hydrolab

Est un outil très simple parfaitement intégré au logiciel EXCEL (2003) dont l'utilisation est universelle. Pour se servir correctement d'HYDROLAB, il est indispensable d'avoir des bases sur l'utilisation d'EXCEL. Le logiciel sera utilisé pour la régression multiple.

III.2.2.Données de base utilisées

- Carte de découpage du bassin versant du Cheliff en sous bassins ;
- Carte de réseau hydrographique du bassin versant du Cheliff ;
- Carte de répartition hypsométrique du bassin versant de l'Oued Cheliff.

III.2.2 .1 Carte de découpage du bassin versant du Cheliff en sous bassins

Le bassin versant du Cheliff est découpé en 36 sous bassins, son découpage est donné par la carte suivant :

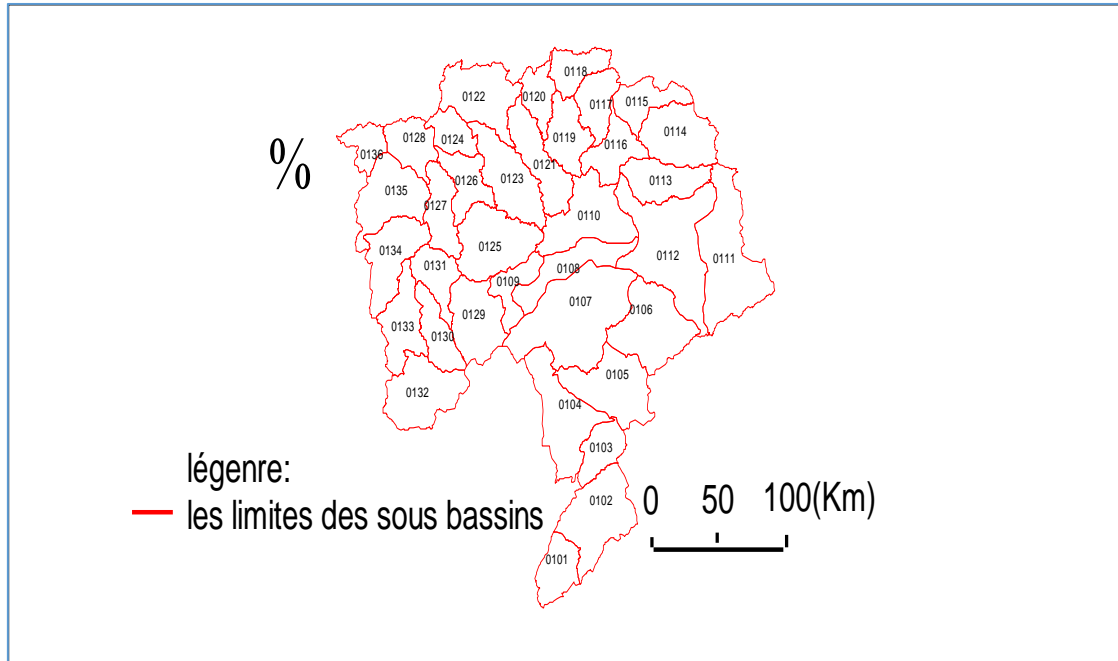


Figure 13 : Carte de découpage du bassin versant du Cheliff en sous bassins (ABH, 2004).

III .2.2 .2 Carte hypsométrique du bassin versant du Cheliff.

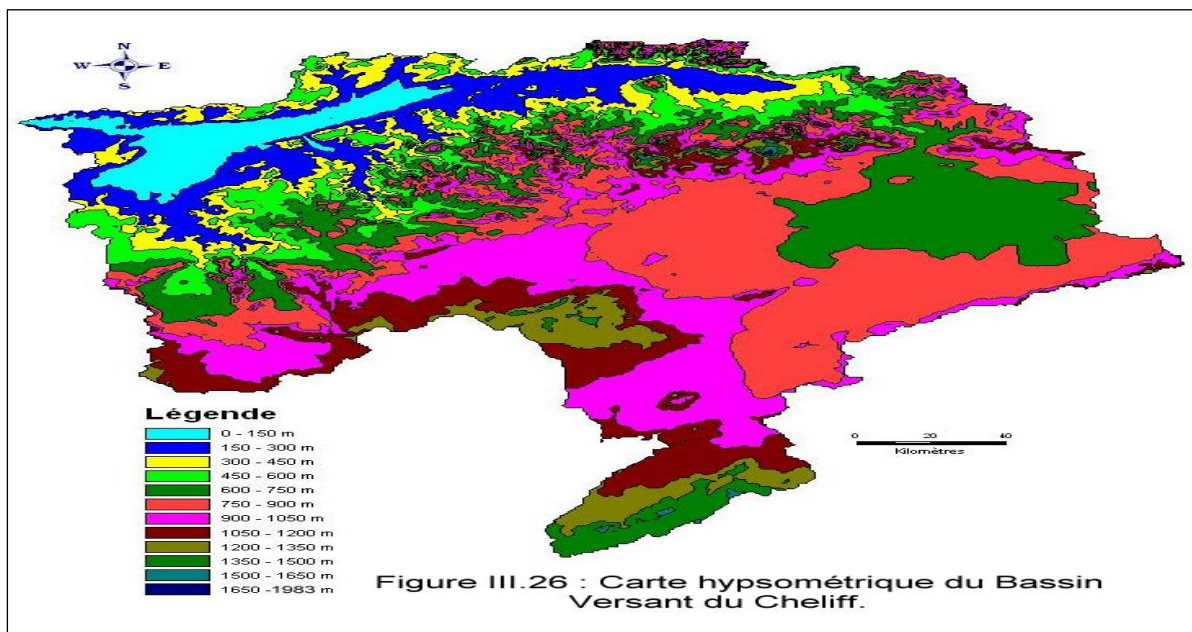


figure n°14 : La carte hypsométrique du bassin versant du Cheliff.

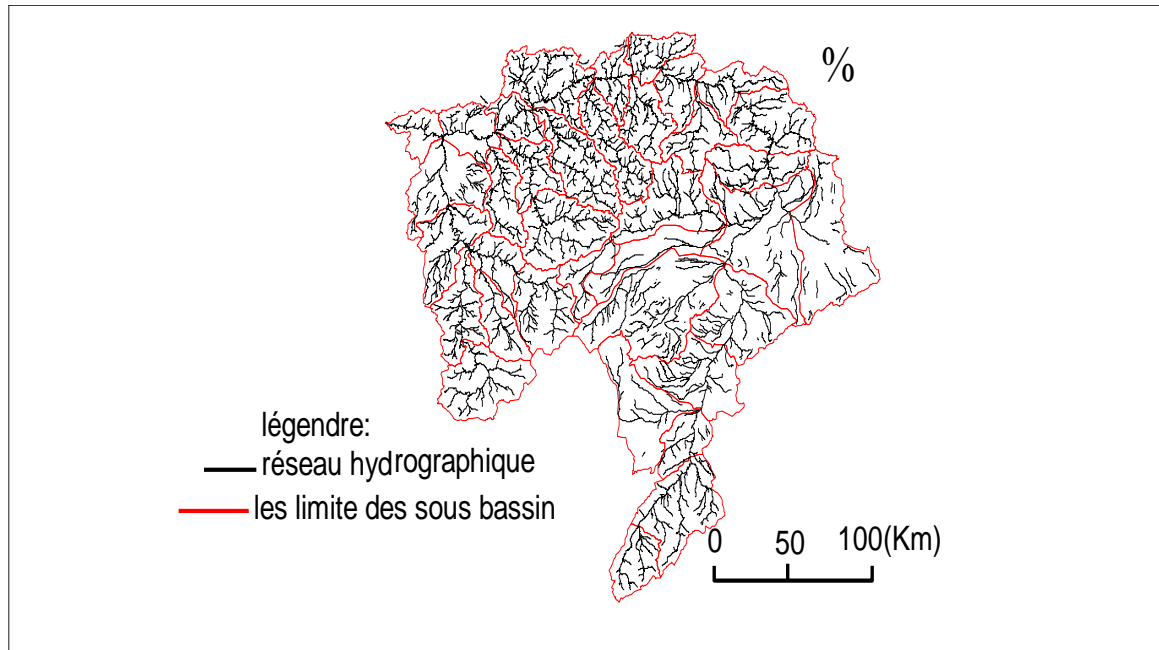


Figure n°15: Carte de réseau hydrographique du bassin versant du Cheliff.

III.6. Carte localisation des 20 stations hydrométriques du Cheliff

Le bassin versant du Cheliff compte 20 stations hydrométriques, réparties entre des sites différents. Dans notre travail en a utilisé la carte de localisation des stations figure n°16.

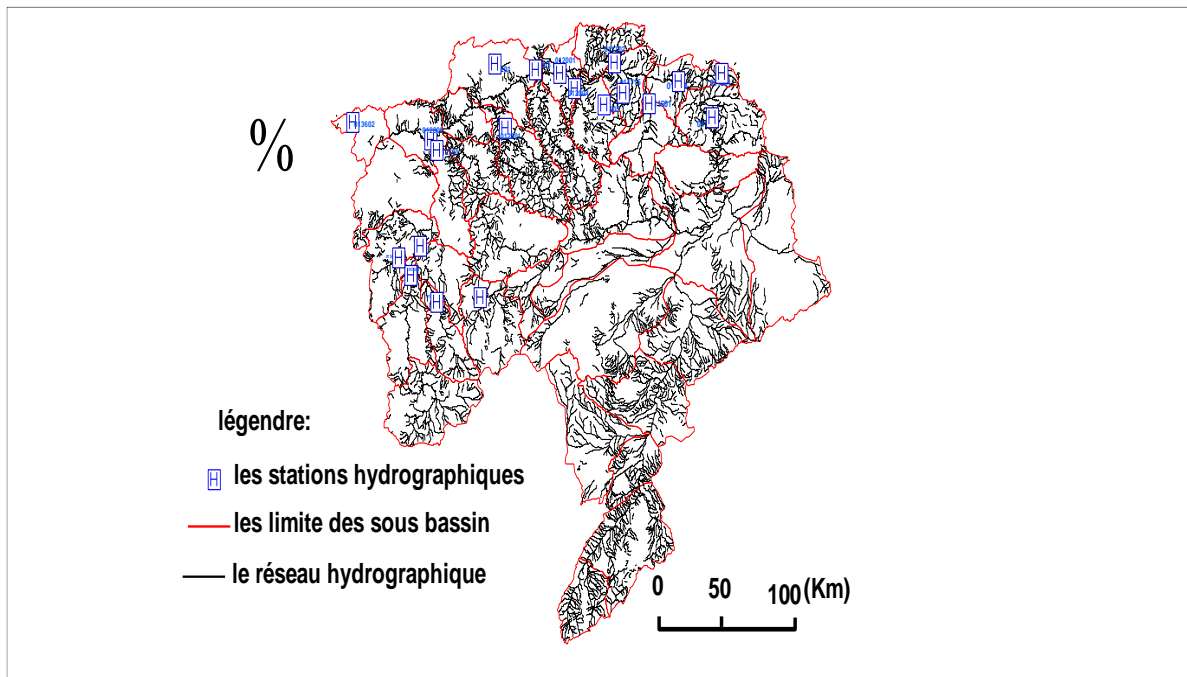


Figure n°16 : Carte localisation des 20 stations hydrométriques du Cheliff.

II.6. Carte de localisation des 15 barrages du Cheliff

Le bassin versant du Cheliff compte 15 barrages, réparties entre des sites différents. Dans notre travail en a utilisé la carte de localisation des stations figure N° 17.

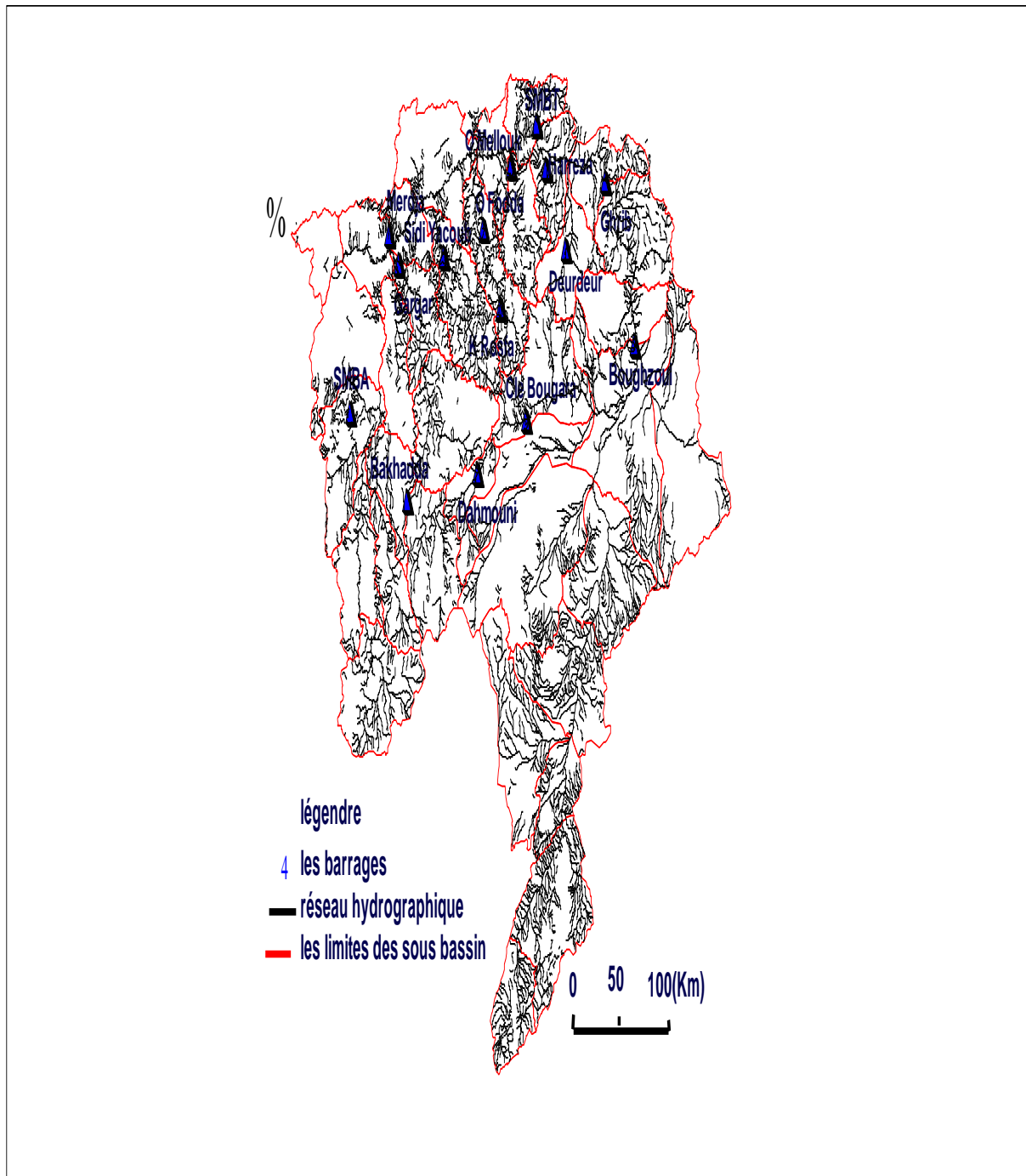


Figure n° 17 : Carte de localisation des 15 barrages du Cheliff.

III.7. Carte de localisation des 125 retenues collinaires

Le bassin versant du Cheliff compte 125 retenues collinaires, réparties entre des sites différents. Dans notre travail on a utilisé la carte de localisation des stations figure N°18.

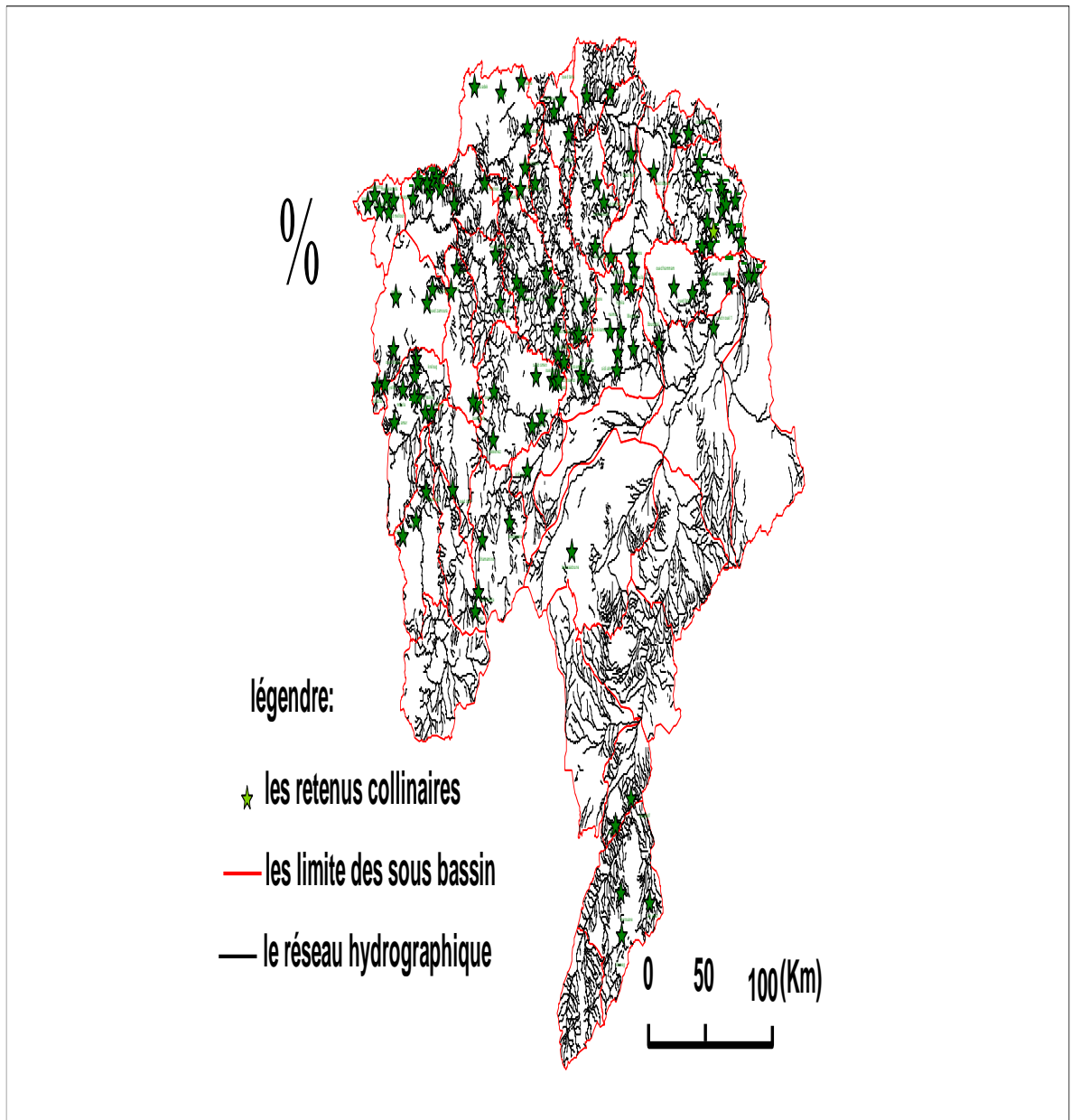


Figure n° 18 : Carte de localisation des 125 retenues collinaires

III .8.Cartes de délimitation des 20 stations hydrométriques

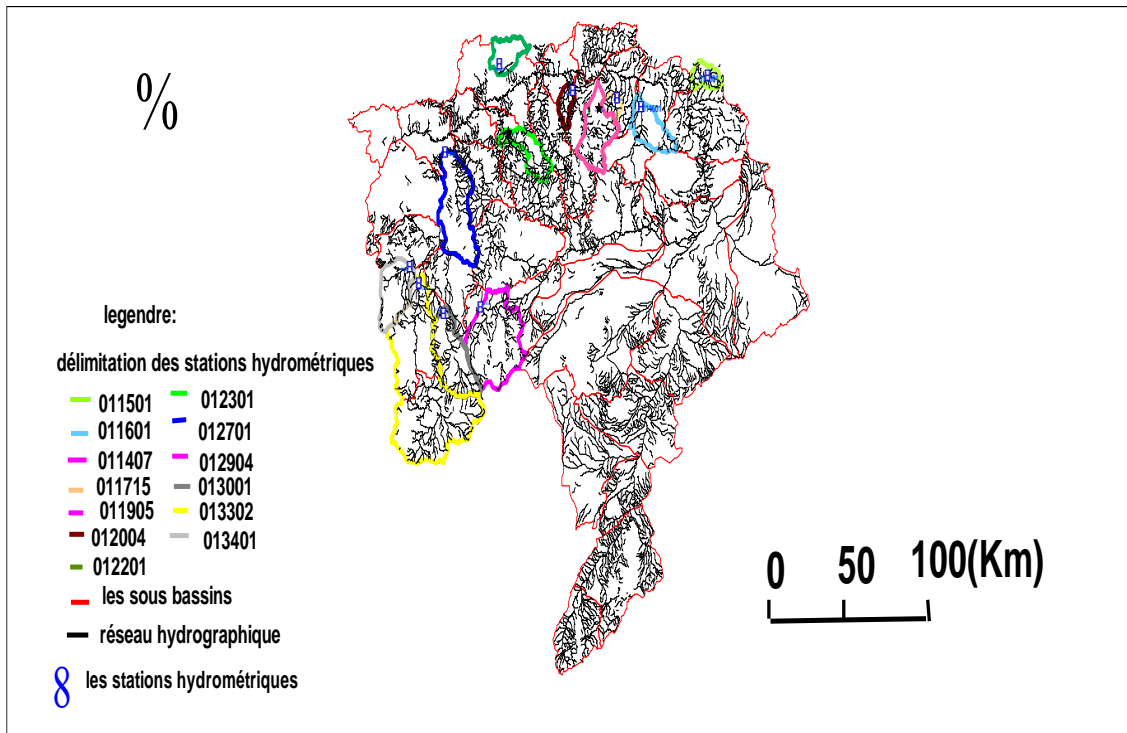


Figure n° 19: carte de délimitation des 13 stations Hydrométriques.

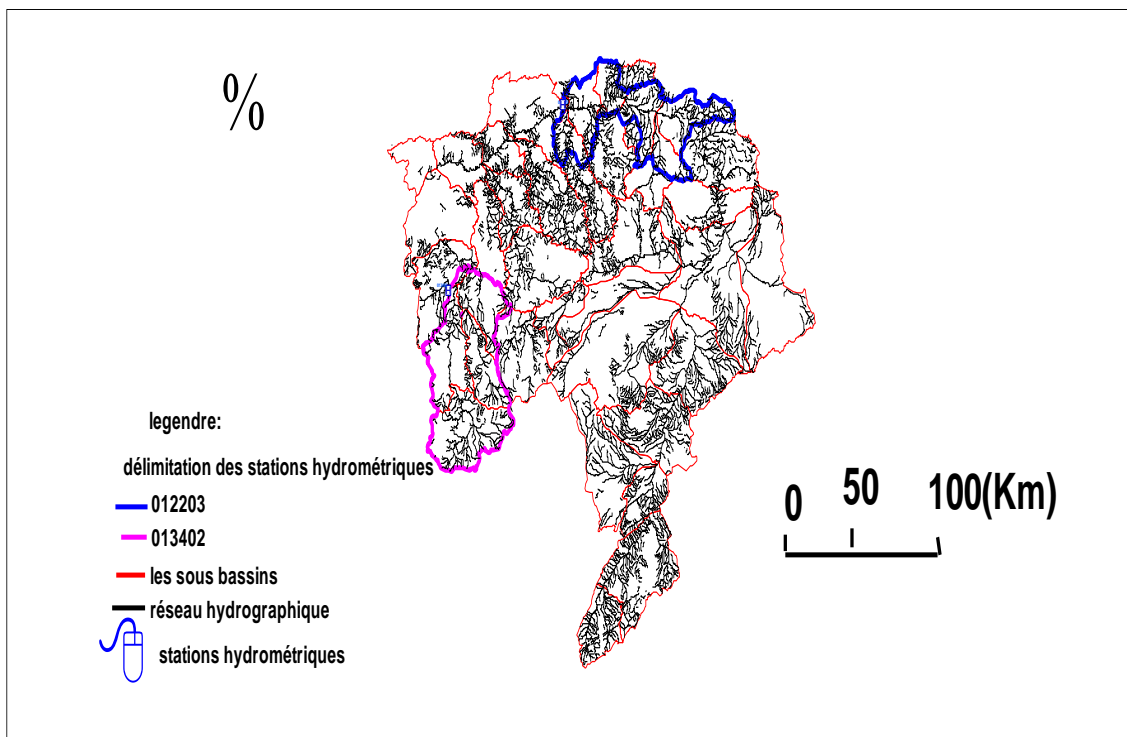


Figure n° 20 : carte de délimitation des stations Hydrométriques 012203 et 013402.

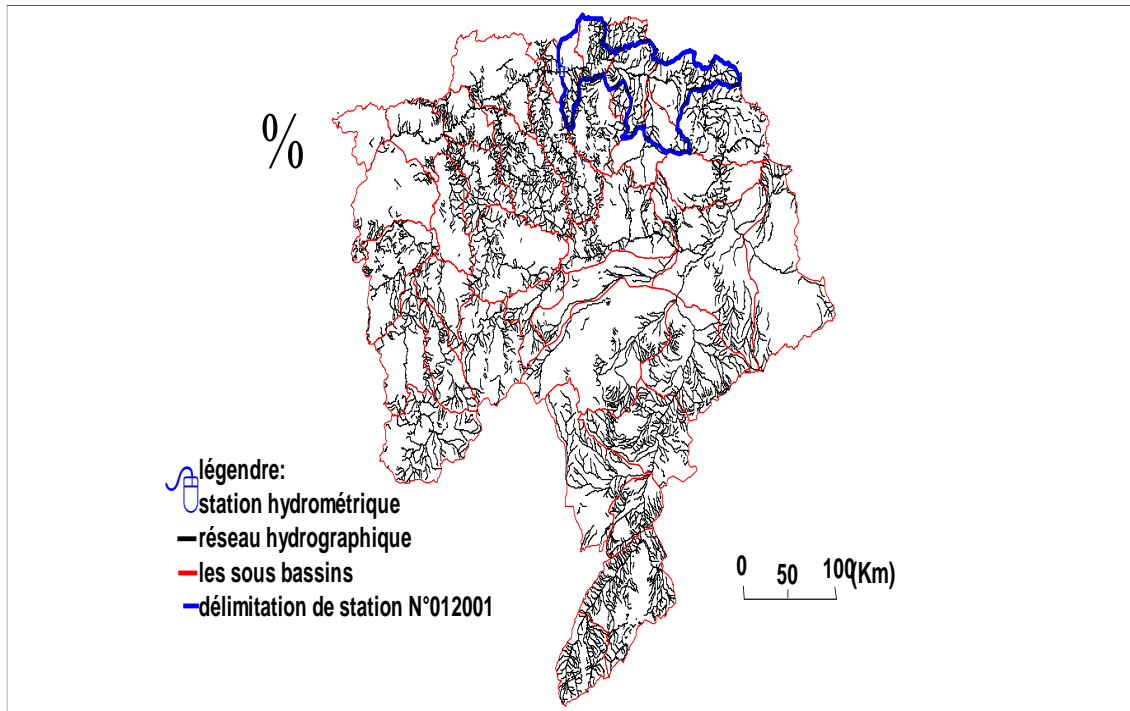


Figure n° 21 : carte de délimitation de station Hydrométrique N° 012001.

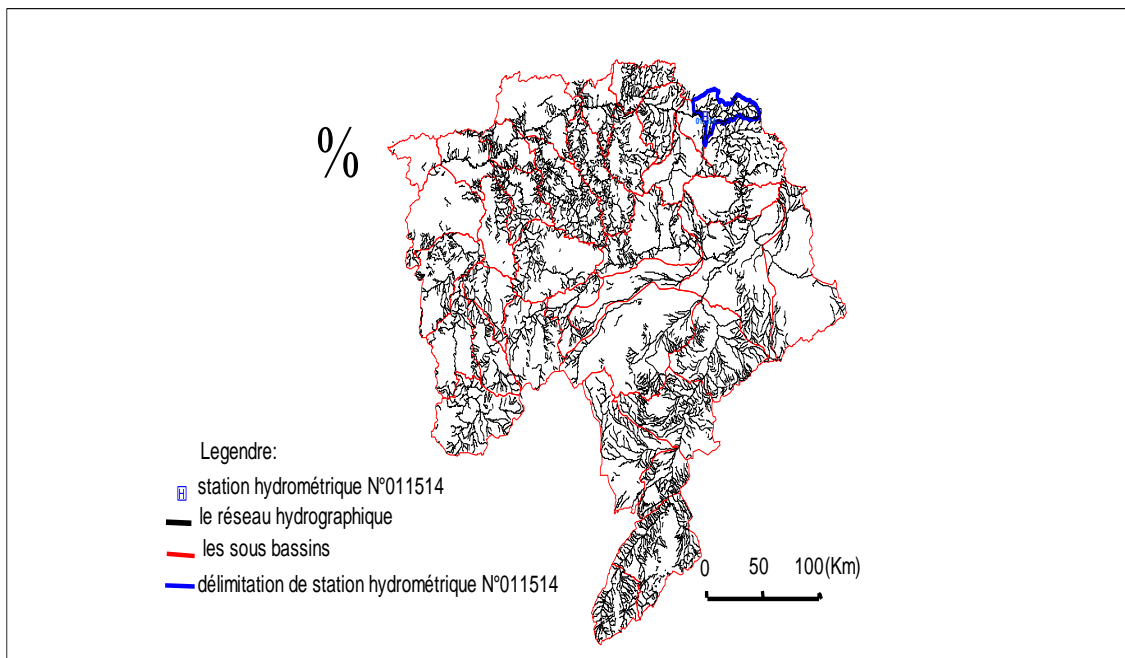


Figure n° 22 : carte de délimitation de station Hydrométrique N° 011514.

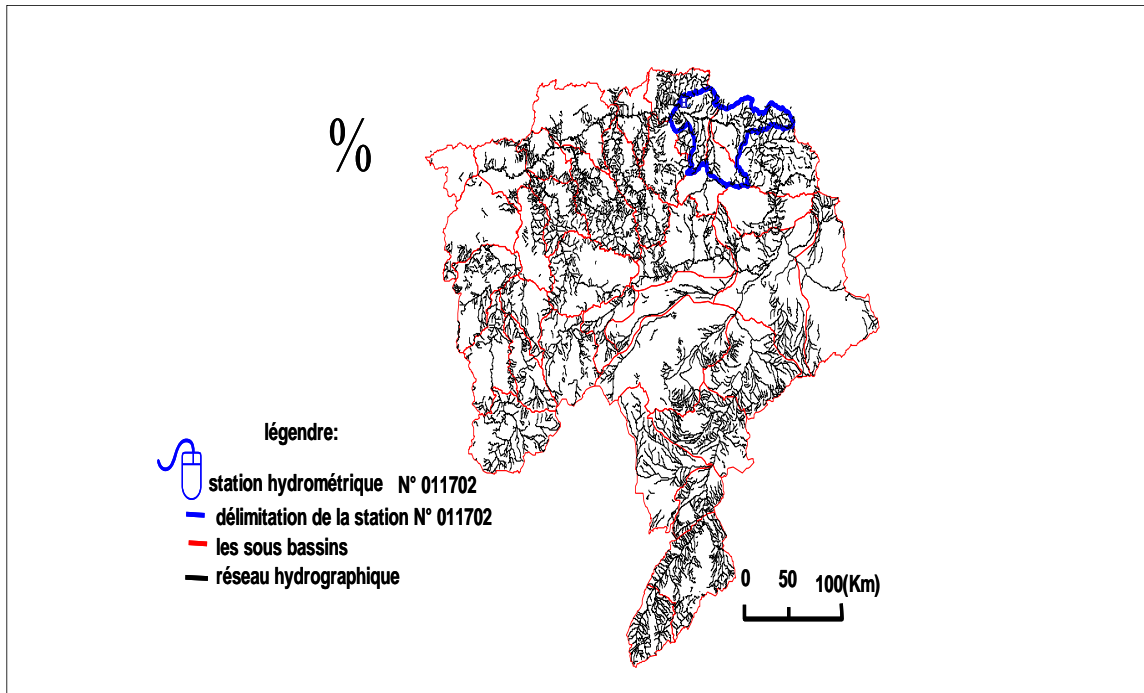


Figure n° 23: carte de délimitation de station Hydrométrique 011702 .

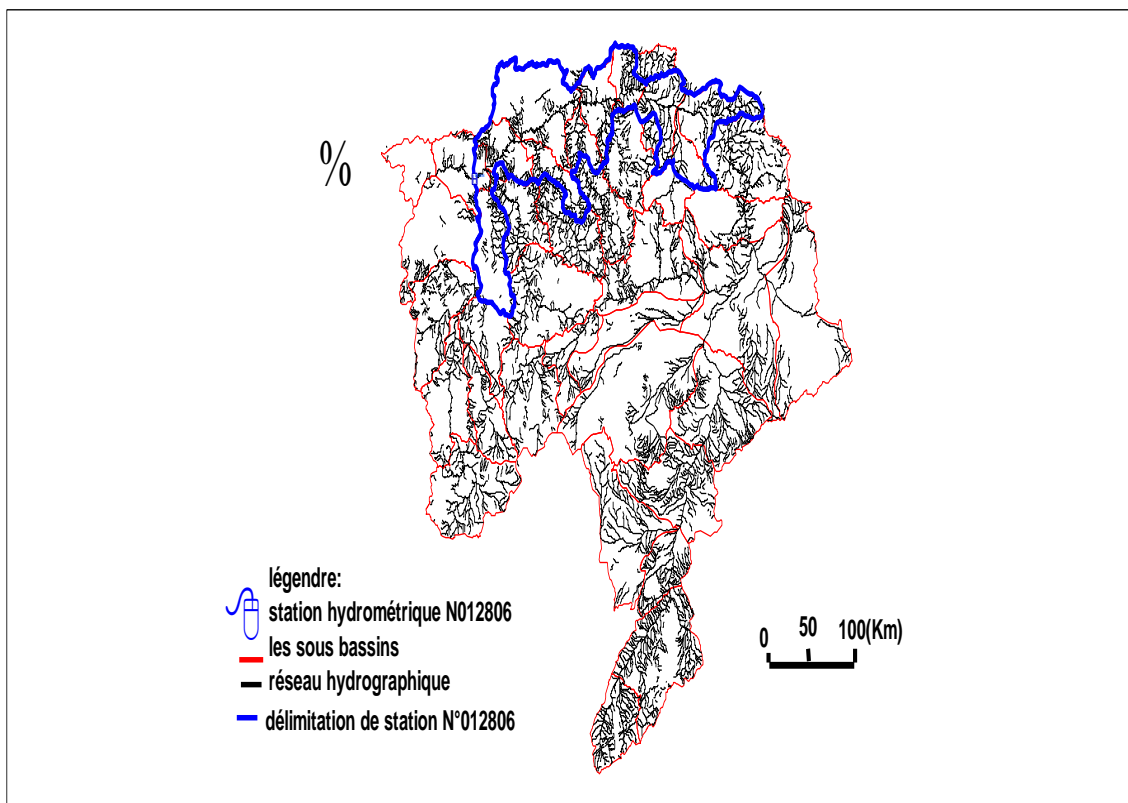


Figure n° 24: carte de délimitation de station Hydrométrique N° 012806.

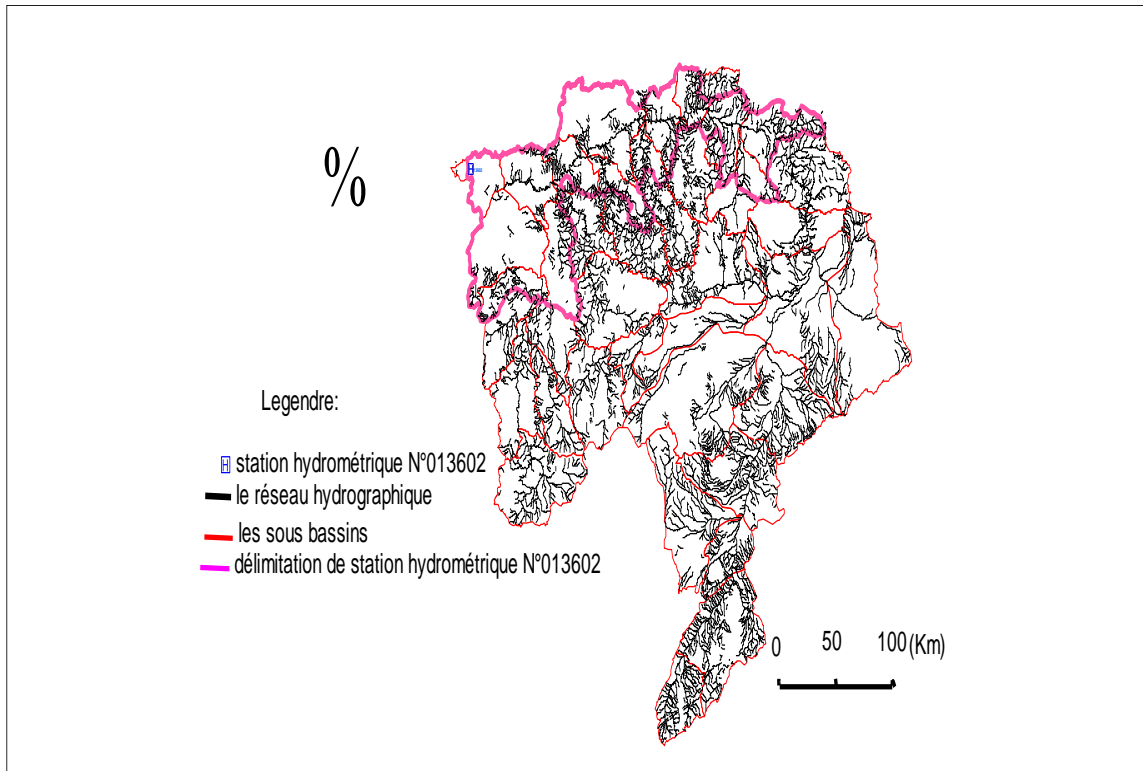


Figure n° 25: carte de délimitation de station Hydrométrique 013602.

III.9.Délimitation des 15 barrages en BV Cheliff

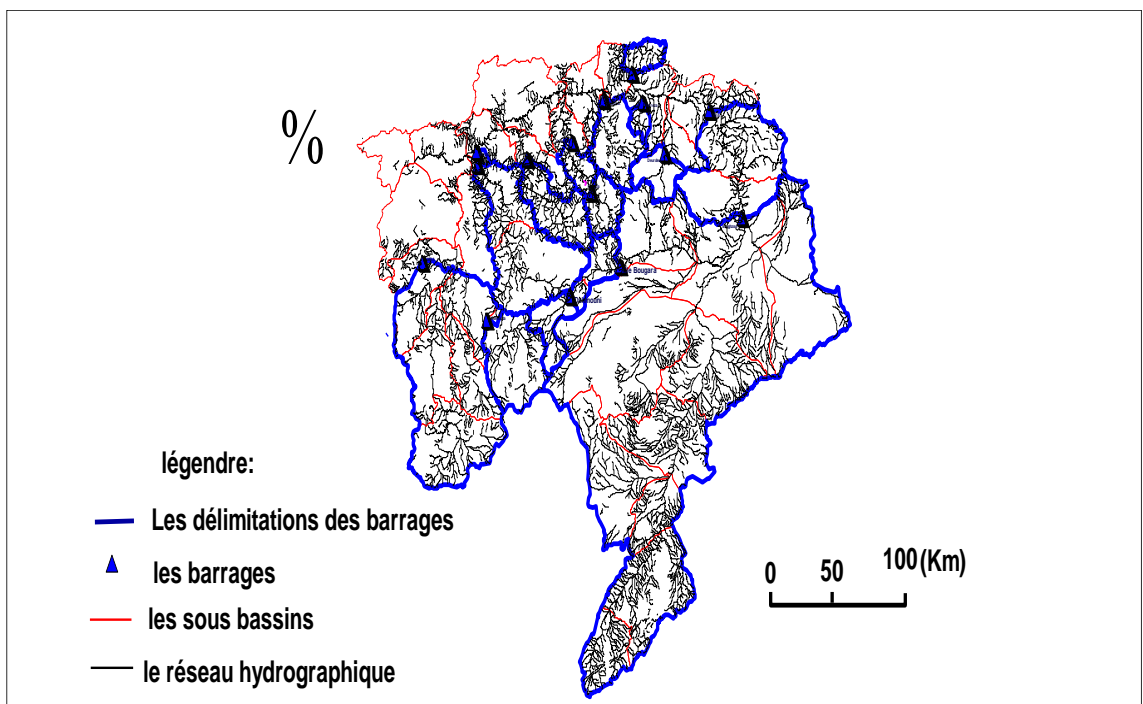


Figure n° 26 : carte de délimitation des 15 barrages du bassin versant Cheliff .

III.9. Caractéristiques de forme**III.9.a. Stations hydrométriques**

Le Bassin versent Cheliff comptent 20 stations hydrométriques.

- Les superficies respectives, mentionnées dans le tableau N°9 varient entre 9654Km²(station N°013602) et 106Km²(station N°011715).

-Les périmètres des stations hydrométriques varient entre 986.4 Km (station N°013602) et 47.86 Km (station N°011715).

Tableau n° 9 : de Caractéristiques des bassins versants des stations hydrométriques.

code de station	Surface (Km ²)	Périmètre(Km)
011407	1938	224 ,7
011501	163	58,16
011514	470	138,7
011601	372,4	98,22
011702	1785	288,3
011715	106	47,86
011905	529,1	125,9
012001	2570	420,9
012004	125,4	58,10
012201	268,7	82,89
012203	3172	474 ,7
012301	312,9	109,3
012701	838,8	436
012806	6625	845,8
012904	1155	157
013001	674,1	125,7
013302	2537	292,9
013401	493,4	100,1
013402	4160	338,2
013602	9654	986,4

III.9.b. Barrages

Les tableaux n°10 suivant représentent les surfaces et les périmètres des 15 barrages dans le bassin versant Cheliff.

Tableau n° 10: Caractéristiques des bassins versants des barrages.

Barrage	Surface(Km²)	Périmètre (Km)
Boughzoul	18720	953,5
C, Bougarra	490,5	127,2
Dahmouni	507	133,4
Bakhadda	1281	172,3
SMBA	4789	351
Gargar	2369	289,1
Merdjet Sidi Abed	40,2	26,6
Sidi Yacoub	927,4	180,5
O, fodda	322,5	93,93
Kodiat Rosfa	469,5	103,6
Oued Mellouk	866,5	159
Harreza	140	56,6
Deurdeur	468,4	111,5
Ghrib	2391	249
SMB Taiba	4789	351

II.9.C. Retenues collinaires

Les tableaux n°11 suivant représentent les surfaces et les périmètres des 125 retenues collinaires dans le bassin versant Cheliff.

Tableau n° 11 : Caractéristiques des bassins versants des retenues collinaires de bassin d'Amont de Boughzoul.

S/BV	Nom de retenue collinaire	Surface (Km ²)	Périmètre (Km)
01 02	Ain Arrar	89,24	44,36
	Khaneg	205,40	74,67
	Merouene	110,8	46,46
01 03	Bougatatif	109,1	49,18
	Dkheila	31,68	28,80
01 07	Bensadoune	77,27	52,62
01 09	Sidi Said	121,40	46,89
01 10	Ain Elaneb	147,5	55,75
	Kirarma	112,00	52,16
	Hghila	122,1	52,69
	Naima	178	68,91
	Meghrani	160	53,87
	Ghassoul	27	23,6
	Sidi Ahmed B/Hadj	205,8	71,96
01 11	Tisamsilt	42,1	35,53
	Oued R'haicha	31,14	27,72
01 12	Ezzenoudja	25,85	24,01
	Boudrabil	168,9	61,43
	oued nouel 1	65,18	37,61

Tableau n° 12 Caractéristiques des bassins versants des retenues collinaires de bassin Haut et Moyenne Cheliff.

S/BV	Nom de retenue collinaire	Surface (Km ²)	Périmètre (Km)
01 13	Chaabet bouassil	73,8	40,21
	Oued fates	195,1	78,69
	Oued hammam	213,3	65,54
	oued nouel 2	45,13	30,04
	Oued SANEG	6,32	12,73
01 14	Chabet Benkaddour	51,68	31,1
	Chaabet Kat	31,41	26,74
	Chabet Mezabia	41,86	26,64
	chabet rabah si bouachra	62,87	43,97
	Chabet toukerbit	100,5	45,55

	Gadasma	6,66	10,95
	oued el guehas	51,1	30,91
	Oued Helleune	190	79,4
	Oued kheneg meloussa	83,28	42,7
	Oued Oudali	23	20,02
	Oued Sidi Amar	11,66	14,12
	Oued Yazif	16,18	18,29
	Ouled Benziane	33,63	26
01 15	Chaabet halloufa	242,8	82,91
	Oued Talbent	23,15	23,09
	Oued Azib	171	59,06
01 16	Ain touila	88,86	43,14
	Aouiou	22,07	22,47
117	Lebouze	4,8	10,5
	Oued Rahi	130,9	58,83
01 18	El Amra	10,52	13,3
01 19	Oued Berhoun	93	47,6
	Oued Mellah	305,3	84,59
	Hadj Mohamed	52,1	32,71
01 20	Oued Boukhali	70,11	38,86
	Oued Taria	71,7	46,21
	Tighzel	132,8	61,02
01 21	Harchoun	63,1	32,3
	Oued Sedra	53,52	34,33
	Szddra	10,9	13,9
	Sidi Abdoune	67,76	36,97
01 22	Benariria	20,85	20,8
	Menassria	23,8	22,05
	Mossadek	44,91	28,73
	Oued Nessissas	6,17	10,95
	Sendjas2	64,72	40,91
	V.S.A	7	11
01 23	Kaaricha	17,62	17,67
	A.Goussia	57,31	33,85
	Benichaib	14,72	16
	Kafsouagui	14,94	16,3
	Kherrara	11,77	14,2
	Oued Abdellah	31,16	22,84
	Oued Zeboudj	58,29	34,94
	Oued Ouerada	25,32	21,99
	Oued Sidi Yahia	18,95	18,12

Tableau n° 13 : Caractéristiques des bassins versants des retenues collinaires de bassin de Bas Cheliff et la Mina.

S/BV	Nom de retenue collinaire	Surface (Km2)	Périmètre (Km)
01 24	BORROUT	127,8	66,22
	BENI RACHED	109,1	54,38
01 25	MEKERNEZ	54,79	30
	MELH	66,14	38,22
	OUED SOUFLI	271,8	102
	GHENAB	24,49	21,56
	OUED GHANEB	11,17	14,2
	OUED KAALOUL	10,46	15,42
	SAAB SMEN	28,82	21,83
	TIGUIGUEST	66,19	38,93
01 26	OUED DAOUSSA	15,85	16,08
	OUED SIDI ABDELLAH	44,53	26,95
01 27	MEMAOURA	17,26	16,75
	BOUSLIT	28,23	22,23
	TARHIA	13,86	16,78
	OUEDHADJ	26,53	21,66
01 28	OUED MOSSA	64,21	35,27
	BENI GHILIANE	53,34	32,79
	MARKAZEL 1	7,11	11
	MARKAZEL2	13	14,8
	OUED EL GUETAR	5,52	10
	OUED MOHAMED 2	13,73	16,16
	OUED FRI	8,47	13,44
	OULAD ALI	7	10,7
01 29	BOUDJARANNE	411,5	85,2

	OUED FARDJA	41,35	33,13
	TIHAMAMINE	135,8	46,65
01 30	TAHT	46,82	28
01 31	OUED SLAH	103,1	55,56
01 33	MARZOUGA	30,36	23,38
	CHETAOUNIA	51,2	34,22
	BEAM	36,54	24,53
01 34	SIDI AMAR	42,37	27,16
	KRELOUG	215,5	74,12
	MOIULA	92,4	41,67
	OUED FERDAN	6,27	10,27
	OUED FRAIHIYA	29,53	23,09
	OUED MECHARETE	12,23	15,04
	OUED SIDI MBA	10,89	13,72
	OUED YELLEL	7,67	11,5
	OUED TFELFELETE	24,06	23,1
	TLIOUNE	10,87	13,36
01 35	Oued ZAMOURA	149	64,5
	Oued TliounatL	50,06	29
	Oued EL Djema	30,34	23,58
	Mensfa	110,5	43,92
	Azaizia	29,37	22,44
01 36	Ben Zagouane	37,56	26,75
	Kadous Saide	27,09	21,3
	Oued Chagga	32,6	24,45
	Oued Karrada	20,65	19,98
	Oued Mellouh	47,87	32,06
	Oued Tohor	14,78	15,8

Conclusion

Le bassin versant Cheliff contient 20 stations hydrométriques, 15 barrages et 125 retenues collinaires, la détermination des caractéristiques morphométriques (surface et périmètre) est faite en utilisant le logiciel Mapinfo 7.5 qui nous a servi pour la localisation des différents ouvrages, la délimitation de leurs bassins versants et la détermination de la longueur des réseaux hydrographiques correspondants.

IV.1. Constitution de la banque des données

L'étude de la variation de l'érosion spécifique en fonction d'autres variables nécessite sa connaissance en différents points du réseau d'écoulement du bassin versant Cheliff. Pour cela, on a été amené à répertorier tous les barrages existants au niveau du bassin ainsi que la majorité des retenues collinaires qui viennent s'ajouter aux résultats de calculs de l'érosion au niveau des 20 stations hydrométriques.

Selon Achite (2007), les variables explicatives de l'érosion spécifique sont :

- la surface du bassin S_b (Km^2) ;
- le facteur de forme ou l'indice de Gravelius K_c ;
- la densité de drainage D_d (Km/Km^2) ;
- la pente I_m (%) ;
- la pluviométrie P (mm) ;
- la lame d'eau ruisselée L_r (mm) ;
- le coefficient d'écoulement C_e (%) ;
- le couvert végétal C_{veg} (%).

Parmi elles, trois variables se dégagent vu les valeurs du coefficient de corrélation, à savoir :

- la surface du bassin S_b (Km^2).
- la densité de drainage D_d (Km/Km^2).
- le facteur de forme ou l'indice de Gravelius K_c .

Pour mieux cerner l'effet de la variation spatiale de l'érosion, nous allons procéder à une analyse de la régression multiple par l'hydrolabe afin d'établir un modèle explicatif entre elle et les trois variables explicatives déduites, les données de base utilisées des 20 stations hydrométriques, des 15 barrages et des 125 retenues collinaires recensées figurent dans les tableaux suivants n°14, n°15 et n°16.

Tableau n° 14 : Caractéristiques des bassins versants au droit des stations hydrométriques.

N°	code station	S (Km2)	Kc	Dd (km/Km2)	Es* (T/Ha.an)
1	011407	1938	1,429	0,672	14,910
2	011501	163	1,275	0,534	30,245
3	011514	470	1,791	0,6	10,675
4	011601	372,4	1,425	0,56	11,997
5	011702	1785	1,91	0,61	4,013
6	011715	106	1,30	0,56	10,642
7	011905	529,1	1,532	0,76	37,335
8	012001	2570	2,32	0,64	2,465
9	012004	125,4	1,452	0,85	18,932
10	012201	268,7	1,415	0,93	32,788
11	012203	3172	2,359	0,677	7,850
12	012301	312,9	1,73	0,99	17,810
13	012701	838,8	0,498	0,76	27,018
14	012806	6625	2,90	0,76	13,615
15	012904	1155	1,29	0,62	3,424
16	013001	67,1	1,355	0,677	5,145
17	013302	2537	1,628	0,6	4,621
18	013401	493,4	1,261	0,75	57,404
19	013402	4160	1,468	0,61	20,152
20	013602	9654	2,81	0,70	13,541

Es* (T/Ha.an) :(**KARA, 2014**)

La méthode adaptée pour le calcul de l'érosion spécifique au droit des stations hydrométriques est celle basée sur les données instantanées des débits et des concentrations des matières en suspension, afin d'obtenir les débits solides correspondants.

La relation existante entre les débits liquide et solide est traduite par des modèles type puissance qui assurent le comblement et l'homogénéisation sur toutes les périodes d'observations, l'érosion spécifique est déduite à partir du débit solide moyen interannuel.

Tableau n° 15 : Caractéristiques des bassins versant au droit des barrages.

N°	Nom du barrage	Wilaya	Surface (Km ²)	Kc	Dd (Km/km ²)	Es** (T/ha.an)
21	Oued Fodda	Chlef	18720	1,95	0,52	13,541
22	Chrib	Ain Defla	490,5	1,608	0,679	0,261
23	S.M.B.A	Ain Defla	507	1,658	0,581	2,143
24	Derdeur	Ain Defla	1281	1,347	0,614	1,612
25	sidi yacoub	Ain Defla	4789	1,42	0,626	1,804
26	Gargar	Ain Defla	2369	1,663	0,7	6,852
27	Bakhadda	Tiaret	40,2	1,174	0,694	23,92
28	Boughzoul	Médéa	927,4	1,659	0,785	12,538
29	Bougarra	Tiaret	322,5	1,464	0,917	15,532
30	Dahmouni	Tiaret	469,5	1,338	0,841	51,123
31	Harraza	Ain Defla	866,5	1,512	0,833	25,556
32	Merdjet sidi Abed	Relizane	140	1339	0,585	30,639
33	oued Mellouk	Ain Defla	468,4	1,442	0,565	19,718
34	Kodiat Rosfa	Tissemsilt	2391	1,425	0,653	10,053
35	S.M.B.Taiba	Ain Defla	4789	1,42	0,626	10,597

E_s^{**} (T/ha.an) (Dernane et al ., 2014)

L'estimation de l'érosion spécifique au droit des barrages est basée sur la méthode bathymétrique qui consiste à avoir les données suivantes :

- La Capacité initiale de chaque barrage ;
- La capacité du dernier levé bathymétrique de chaque barrage;
- La Surface des différents bassins versants ;

- Les nombre d'année de fonctionnement depuis la mise en eau jusqu'au dernier levé bathymétrique.

Tableau n° 16 : Caractéristiques des bassins versant d'Amont de Boughzoul au droit des retenues collinaires.

S/BV	N	Nom de la retenue	Surface (Km ²)	Kc	Dd (Km/km ²)	Es (T/Ha.an)
01 02	36	Ain Arrar	89,24	1,315	0,675	14,545
	37	Khaneg	205,4	1,459	0,532	2,801
	38	Merouene	110,8	1,236	0,798	4,825
01 03	39	Bougtatif	109,1	1,318	0,748	4,964
	40	Dkheila	31,68	1,433	0,796	5,775
01 07	41	Bensadoune	77,27	1,676	0,57	17,361
01 09	42	Sidi Said	121,4	1,192	0,633	21,354
01 10	44	Ain Elaneb	147,5	1,285	0,818	23,183
	45	Kirarma	112	1,38	0,517	5,424
	46	Hghila	122,1	1,335	0,635	13,393
	47	Naima	178	1,446	0,618	20,748
	48	MeghrariI	160	1,192	0,797	3,371
	49	ghassoul	27	1,272	0,573	9,375
	50	Sidi Ahmedb/Hadj	205,8	1,405	0,795	18,519
01 11	51	Tisamsilt	42,1	1,533	0,729	6,803
	52	Oued R'haicha	31,14	1,391	0,609	28,504
01 12	53	Ezzenoudja	25,85	1,322	0,584	25,69
	54	Boudrabil	168,9	1,323	0,817	21,277
	55	Oued Nouel 1	65,18	1,304	0,451	13,025

Tableau n° 17:Caractéristiques des bassins versant Haut et moyenne Cheliff au droit des retenues collinaires.

S/BV	N°	nom de retenu	Surface (Km2)	Kc	Dd (km/km²)	ES (T/Ha.an)
01 13	56	Chaabet Bouassil	73,8	1,311	0,498	13,808
	57	Oued Fates	195,1	1,577	0,876	24,39
	58	Oued Hammam	213,3	1,257	0,579	10,251
	59	Oued Nouel 2	45,13	1,252	0,624	23,441
	60	Oued Sanaga	6,32	1,418	0,808	9,306
01 14	61	Chabet Benkadour	51,68	1,211	0,58	9,494
	62	Chaabet Kat	31,41	1,336	0,782	7,74
	63	Chabet Mezabia	41,86	1,153	0,391	22,286
	64	Chabetrabah Si Bouachra	62,87	1,553	0,43	19,111
	65	Chabettoukerbit	100,5	1,272	0,519	15,429
	66	Gadasma	6,66	1,188	0,611	5,473
	67	Oued el Guehas	51,1	1,211	0,718	12,012
	68	Oued Hellene	190	1,613	0,798	5,871
	69	Oued Kheneg Meloussa	83,28	1,31	0,604	8,947
	70	Oued Oudali	23	1,169	0,599	12,008
	71	Oued Sidi Amar	11,66	1,158	0,868	17,391
	72	Oued Yazif	16,18	1,273	0,559	17,153
	73	Oued Benziane	33,63	1,255	0,595	8,388
01 15	74	Chaabet Halloufa	242,8	1,49	0,607	25,275
	75	Oued Talbent	23,15	1,344	0,805	5,931
	76	Oued Azib	171	1,265	0,551	14,399
01 16	77	Ain Touila	88,86	1,281	0,674	10,526
	78	Aouiou	22,07	1,339	0,608	5,627
	79	Ain Baida	24,24	1,172	0,419	16,312
	81	Sidi Mosbah	11,68	1,379	0,748	12,376
117	82	Lebouz	4,8	1,342	0,802	14,269

Tableau n° 17:Caractéristiques des bassins versant Haut et moyenne Chelif au droit des retenues collinaires (la suit).

S/BV	N°	nom de retenu	Surface (Km ²)	Kc	Dd (km /Km ²)	ES (T/Ha. an)
	83	Oued Rahil	130,90	1,44	0,46	15,27
01 18	84	El Amra	10,52	1,14	0,87	15,27
01 19	85	Oued Berhoun	93,00	1,38	0,48	15,20
	86	Oued Mellah	305,30	1,35	0,82	18,28
	87	Hadj Mohamed	52,10	1,26	0,56	10,48
01 20	88	Oued Boukhali	70,11	1,29	0,83	11,51
	89	Oued Taria	71,70	1,52	0,85	16,51
	90	Tighzel	132,80	1,48	0,82	18,59
01 21	91	Harchoun	63,10	1,13	0,97	15,39
	92	Oued Sedra	53,52	1,31	0,78	15,84
	93	Szddra	10,90	1,17	0,74	16,81
	94	Sidi Abdoune	67,76	1,25	0,92	16,51
01 22	95	Benariria	20,85	1,27	0,99	7,379
	96	Menassria	23,80	1,26	0,87	12,79
	97	Mossadek	44,91	1,20	0,66	12,85
	98	Oued Nessissa	6,17	1,23	0,77	7,79
	99	Sendjas 2	64,72	1,42	0,99	9,72
	100	V.S.A	7,00	1,16	1,36	10,81
01 23	101	Kaaricha	17,62	1,17	1,06	12,57
	102	A.Goussia	57,31	1,25	0,84	12,77
	103	Ben Chaib	14,72	1,16	0,66	10,46
	104	Kafsouagui	14,94	1,18	0,83	16,30
	105	Kherrara	11,77	1,15	0,49	16,73
	106	Oued Abdellah	31,16	1,14	0,74	14,16
	107	Oued Zebouj	58,29	1,28	0,712	14,44
	108	Oued Ouerada	25,32	1,22	0,68	20,58
	109	Oued sidi Yahya	18,95	1,16	0,71	15,99

Tableau n° 18 : Caractéristiques des bassins versant Bas Cheliff et la Mina au droit des retenues collinaires.

S/BV	N°	nom de retenu	Surface (Km ²)	Kc	Dd (km /Km ²)	ES (T/Ha.an)
01 24	110	Borrou	127,80	1,64	0,87	18,47
	111	BeniRached	109,10	1,45	0,87	13,30
01 25	112	Mekernez	54,79	1,13	0,74	16,04
	113	Melh	66,14	1,31	0,61	23,63
	114	Oued soufli	271,80	1,73	0,61	16,32
	115	Ghenab	24,49	1,22	0,91	14,71
	116	Oued ghaneb	11,17	1,19	1,17	27,76
	117	Oued Kaaloul	10,46	1,33	0,96	13,42
	118	Saab Smen	28,82	1,13	0,51	14,34
01 26	119	Tiguiguest	66,19	1,34	0,57	27,75
	120	Oued Daoussa	15,85	1,13	0,60	9,06
01 27	121	Oued Sidi Abdellah	44,53	1,13	0,87	17,03
	122	Memoura	17,26	1,12	0,48	13,47
	123	Bouslit	28,23	1,17	1,11	14,36
	124	Tarhia	13,86	1,26	0,92	23,02
01 28	125	Oued Hadj	26,53	1,17	0,63	15,15
	126	Oued Mossa	64,21	1,23	0,81	12,43
	127	Beni Ghillian	53,34	1,25	0,89	23,36
	128	Markazel 1	7,11	1,15	1,01	15,93
	129	Markazel 2	13,00	1,14	0,73	22,50
	130	Oued el Guetar	5,52	1,19	0,87	12,30
	131	Oued Mohamed 2	13,73	1,22	1,17	14,49

Tableau n° 18 : Caractéristiques des bassins versant Bas Cheliff et la Mina au droit des retenues collinaires (la suite).

S/BV	N°	nom de retenu	Surface (Km ²)	Kc	Dd (km /km ²)	ES (T/ha.an)
0128	132	FRI	8,47	1,293	0,886	16,387
	133	Oued Ouled Ali	7	1,132	0,723	14,168
01 29	134	Boudjranne	411,5	1,176	0,639	14,286
	135	Oued Fardja	41,35	1,443	0,518	15,844
	136	Tihamamine	135,8	1,121	0,615	22,572
01 30	137	Taht	46,82	1,146	0,391	20,619

01 31	138	Oued Slah	103,1	1,532	0,499	21,358
01 33	139	Marzouga	30,36	1,188	0,623	22,502
	140	Chetaounia	51,2	1,339	0,638	19,763
	141	Beam	36,54	1,136	0,952	23,633
01 34	142	Sidi Amar	42,37	1,168	1,06	21,894
	143	Kreloug	215,5	1,414	0,783	21,241
	144	Moiula	92,4	1,214	0,721	20,65
	145	Oued Ferdan	6,27	1,148	0,633	28,68
	146	Oued Fraihiya	29,53	1,19	0,653	23,923
	147	Oued Mecharete	12,23	1,204	0,702	2,709
	148	Oued Sidi Mba	10,89	1,164	1,269	32,706
	149	Oued Yellel	7,67	1,163	0,74	9,183
	150	Oued Tfelete	24,06	1,319	0,909	33,377
	151	Tlioune	10,87	1,135	0,582	2,078
01 35	152	Oued Zamoura	149	1,48	0,869	33,732
	153	Oued Tliounat	50,06	1,148	0,849	10,067
	154	Oued EL Djemaa	30,34	1,199	1,07	11,986
	155	Mensfa	110,5	1,17	0,398	17,798
	156	Azaiza	29,37	1,159	0,648	46,154
01 36	157	Ben Zagouane	37,56	1,222	0,426	5,107
	158	Kadous Saide	27,09	1,146	0,426	19,169
	159	Oued Chagga	32,6	1,199	0,596	17,94
	159	Oued Karrada	20,65	1,231	0,596	12,27
	160	Oued Mellouh	47,87	1,297	0,662	24,213

Remarque : La même méthode de calcul de l'érosion spécifique dans les barrages est adaptée pour les retenues collinaires.

IV .2.Recherche d'une relation « Erosion spécifique – variables explicatives »

Afin d'établir un modèle régressif entre l'érosion et les variables explicatives, l'analyse multi variée est effectuée. Les données utilisées pour l'élaboration de la

régression multiple classées par ordre suivants (20 stations hydrométriques, 15 barrages et 125 retenues collinaires) sont présentées dans le tableau n°16, n°17 et n°18

La régression pas à pas est effectuée, le non linéarité de la relation entre l'érosion spécifique et les caractéristiques hydromorphométriques étant démontré dans certains travaux (Achite, 1999), une transformation des données en logarithme est automatique.

La régression pas à pas permet d'éliminer à chaque fois la variable la moins corrélée au vu du coefficient de corrélation r (Dagnellie, 1992) pour une erreur de première espèce égale à 5%.

La matrice des coefficients de corrélation des variables, après transformation en Ln ainsi que les coefficients de régression, de corrélation partielle et multiple des différentes étapes sont présentés dans les tableaux N°19 et N°20 respectivement.

Tableau n°19 : Matrice de corrélation pour le modèle puissance de la variable « Erosion spécifique » (1^{ère} approche)

Variables	Ln Es	Ln S	Ln Kc	Ln Dd
Ln Es	1,00			
Ln S	-0,32	1,00		
Ln Kc	-0,28	0,71	1,00	
Ln Dd	0,04	-0,15	-0,03	1,00

Ainsi, les résultats de la régression linéaire avec 3 variables explicatives sont mentionnés dans le tableau n°20.

Tableau n°20: Coefficients de régression, de corrélation partielle et multiple (1^{ère} étape).

Variable	Coefficient de régression.	Coefficient de corrélation partielle	Coefficient de corrélation multiple
Ln S	-0,10	-0,17	r =0 ,33
Ln Kc	-0,48	-0,08	
Ln Dd	0,01	0,00	
Terme constant	3,17		

En partant des 160 points de calcul de l'érosion spécifiques, une première approche est faite et ce en établissant la variation de celle-ci en fonction des variables explicatives. Ainsi, le modèle obtenu est tel que :

$$\ln Es = 3,17 - 0,10 \ln (S) - 0,48 \ln (Kc) + 0,01 \ln (Dd)$$

Après transformation du modèle linéaire obtenu, il en ressort l'équation suivante :

$$Es = 1,15 S^{-0,10} * Kc^{-0,48} * Dd^{0,01}$$

Cette équation est validée avec un coefficient de corrélation $r = 0,33$, qui explique une mauvaise corrélation, de ce fait nous pouvons distinguer que les valeurs de l'érosion spécifique obtenues sont malles corrélées avec les valeurs de la surface, du coefficient de forme et de la densité de drainage.

Ce résultat nous conduit à chercher une autre relation multiple entre la variable à expliquer et les variables explicatives. Vu le nombre important des mesures faites (160 points), nous sommes amenés à vérifier ces données, où nous avons remarqué une diversité des valeurs de chaque mesure, pour cela nous avons essayé d'améliorer la corrélation et ce en enlevant les points douteux qui présentent une très faible érosion avec des surfaces très grandes, ces mesures sont au nombre de 20, et sont présentées dans le tableau n°21.

Tableau n° 21 : Présentation des 20 mesures enlevées pour la régression multiple.

N°	ES (T/Ha.an)	S (Km ²)	Kc	Dd (Km /Km ²)
5	4,013	1785	1,912	0,615
8	2,465	2570	2,325	0,642
11	7,85	3172	2,361	0,677
14	13,615	6625	2,91	0,764
15	3,424	1146	1,303	0,628
16	5,145	674	1,359	0,678
17	4,621	2537	1,629	0,599
21	0,261	18 730	1,949	0,516
23	1,612	510	1,682	0,584
24	1,804	1 290	1,348	0,614
25	6,852	4 900	1,431	0,626
36	2,801	89,24	1,315	0,675

37	4,825	205,4	1,459	0,532
38	4,964	110,8	1,236	0,798
39	5,775	109,1	1,318	0,748
43	5,424	147,5	1,285	0,818
46	3,371	178	1,446	0,618
59	9,494	6,32	1,418	0,808
80	15,278	4,8	1,342	0,802
143	23,923	6,27	1,148	0,633

En partant des 140 nouveaux points, une deuxième approche est entamée qui se résume en mêmes étapes que la première approche, la régression pas à pas est entreprise après transformation en logarithme des mesures, après régression nous obtenons les résultats suivants récapitulés dans la matrice de corrélation suivante.

Tableau n ° 22 : Matrice de corrélation pour le modèle puissance de la variable « Erosion spécifique » (2^{ème} approche)

Variables	Ln Es	Ln S	Ln Kc	Ln Dd
Ln Es	1,00			
Ln S	-0,45	1,00		
Ln Kc	0,46	0,85	1,00	
Ln Dd	0,21	-0,34	-0,23	1,00

Ainsi, les résultats de la régression linéaire avec 3 variables explicatives sont mentionnés dans le tableau 23.

Tableau n ° 23 : Coefficients de régression, de corrélation partielle et multiple (2^{ème} approche).

Variable	Coefficient de régression.	Coefficient de corrélation partielle	Coefficient de corrélation multiple
Ln S	-0,07	-0,31	r =0 ,59
Ln Kc	-1,02	-0,34	
Ln Dd	0,03	0,21	
Terme constant	3,17		

Le modèle linéaire obtenu d'après la 2^{ème} approche, se résume en l'équation suivante :

$$\text{Ln } Es = 3,17 - 0,07 \text{ Ln } (S) - 1,07 \text{ Ln } (Kc) + 0,03 \text{ Ln } (Dd)$$

La transformation depuis la forme linéaire donne le modèle suivant :

$$Es = 1,15 S^{-0,07} * Kc^{-0,07} * Dd^{0,03}$$

Vu les résultats des coefficients de corrélation partielle ainsi que le coefficient de corrélation multiple, nous remarquons une nette amélioration de la relation passant d'une valeur de 0,33 à 0,59 qui est acceptable mais qui nécessite toujours une amélioration de la relation entre la variable à expliquer qui est l'Erosion spécifique et les 3 variables explicatives.

IV.3 Conclusion

En partant du recensement des infrastructures hydrauliques existantes au niveau du bassin versant du Cheliff, nous avons pu établir un modèle qui explique la variation de l'érosion spécifique en fonction de 3 variables explicatives, le 1^{er} modèle obtenu n'est pas significatif vu la valeur du coefficient de corrélation $r = 0,33$, la recherche d'un autre modèle plus significatif s'est avéré nécessaire pour cela, nous nous sommes intéressé aux mesures qui faussent la régression, il s'agit des points présentant une grande surface de bassin versant avec un faible taux d'érosion spécifique, la suppression de ces 20 mesures n'a fait qu'améliorer la régression passant à relation plus significative avec un coefficient de corrélation amélioré à **0,59**

Conclusion générale

Le phénomène de l'érosion de vient de plus en plus important dans l'ensemble des bassins versant Cheliff Algériens ;

Le bassin versant du Cheliff est caractérisé par un régime climatique semi-aride, par des chaines montagneuses et une couverture végétale qui varie d'une zone à une autre, est riche en ressources hydriques et agronomiques occupe une place stratégique dans son développement socio-économique ;

Le recensement des infrastructures a révélé l'existence 20 stations hydrométriques, de 15 barrages en exploitation, et de 125 retenues collinaires ;

L'objet de ce travail qui est l'étude de la variation de l'érosion spécifique E_s (T/ha.an) en fonction des autres variables qui sont, la surface (Km^2), le facteur de forme ou l'indice de Grave lui K_c et la densité de drainage D_d (km/km^2) identifiés au droit de chaque infrastructure, nécessite sa connaissance en différents points du réseau hydrographique du bassin versant de Cheliff ;

Les résultats de la première modélisation montrent une faible interprétation de la variable à expliquer vu la valeur du coefficient de corrélation, après détection des mesures douteuses qui sont au nombre de 20, la régression est entreprise dans une 2^{ème} approche avec 140 points de mesure où nous remarquons une nette amélioration de la corrélation passant de 0,33 à 0,59 pour la valeur de r ;

La lutte contre l'érosion hydrique passe par une meilleure compréhension et modélisation des mécanismes en jeu de puis les zones (source) jus 'qua a aux zones de dépôt des sédiments ;

Les mécanismes les plus utilisant en Algérie (Bv Cheliff) :

- Le reboisement ;
- l'implantation des banquettes ;
- la création des petits barrages (retenue collinaire) ;
- la plantation des cultures les lignes de niveau ;
- la plantation des végétations a' longue tiges dans les oueds ;
- terrasse en escaliers ;
- la correction des ravines et rigole.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

a-A.B.H. Cheliff Zahrez, (2004) .cadastre hydraulique du bassin hydrographique du Cheliff aval du barrage de Boughzoul, Troisième partie, Amont de Boughzoul.

b-A.B.H.Cheliff Zahrez, (2004) .Cadastre hydraulique du bassin hydraulique du Cheliff-aval du barrage de Boughzoul. préiééré, Haut et Moyen Cheliff.

c-A.B.H.Cheliff Zahrez, (2004) .Cadastre hydraulique du bassin hydraulique du Cheliff-aval du barrage de Boughzoul, première, bac Cheliff et la Mina.

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.A, (2012). Vulnérabilité à l'Envasement des Barrages (cas du bassin hydrographique des Côtiers Algérois) Thèse de Doctorat, Université Mohamed Khider Biskra, P.1-7-9-13-15-16.

Amrani Rachide, (2010) .variabilité spatio- temporelle de la sécheresse dans le bassin versant de l'oued Chéiff, Algérie Mémoire de Magister, P. 29 .

.

A.N.B.T. (2004) Rapport interne de l'Agence Nationale des Barrages et Transferts sur les derniers levés bathymétriques des barrages du Cheliff, Alger. 8p.

A.N.R.H,(2005). Etude de transports solides dans le Nord Algérie, Rapport de l'Agence Nationale des ressources hydrique, Alger.

Aouatif Cheggour, (2008) .mesures de l'érosion hydrique à différentes échelles spatiales dans un bassin versant montagneux semi-aride et spatialisation par des S.I.G (application au bassin versant de la rhéraya, haut atlas), Maroc. Thèse, Université Cadi Ayyad, p 05-9.

Arabi M, (2004). Kedaid O, Bourougaa L, Asla T, Roose E. Bilan de l'enquête sur la défense et restauration des sols (DRS) en Algérie. Sécheresse.

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 BLIADA.

Bouguerra. S, 2014.Quantification et modélisation du transport solide dans un cour d'eau de l'Algérie septentrionale : cas du bassin versant de l'oued boumessaoud (Tlemcen), Mémoire de Magister en Hydraulique, Université Aboubeker Belkaid Tlemcen, P. 13-29-

76-77-78-81.

Boulaine,(1956) .carte des sols des plaines du Chellif au 1/50 000 ,Feuilles 1à 5 inspection génération de l'Agriculture du Gouvernement générale de l'Algérie .

Cerdan .O, (2001) .Analyse et modélisation du transfert de particules solides à l'échelle de Petits bassins versant cultivés. Thèse présentée à l'université d'Orléans. 172 p.

Centre National des Etudes Agricoles(CNEA), (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.

Achite Mohammed, Touaibia Bénina et S, (2006) Erosion hydrique en Algérie du Nord Ampleur, Conséquences & Perspectives, *May 14-19, 2006*.

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.

Baloul .Djouhra, (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.

Durand.M, (2006) : Technique des petits barrages en Afrique sahéenne et équatoriale, cemagref éditions –ISBN 2- 85362-511-7.

FAO, (1983). Garder la terre en vie : L'érosion des sols, ses causes et ses remèdes. Bulletin pédologique, vol. 50-62p.

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

Girard. M, Walter.C, Rémy. J, Berthelin, J et Morel .J, (2005) .Sols et environnement. Paris, DUNOD, p8-16.

Gomer, (1996). Oberflachenabfluss und Bodenerosion in Kleeckungsgebiete mit Mergelboden unter semiariden mediterranen Klima, Thèse de Doctorat, Karlsruhe, Allemagne, p 32.

Greco. J, (1966) : L'érosion, la défense et la restauration des sols, le reboisement en Algérie. MARA, Alger.

Graf W, (2000). Hydraulique Fluviale. Presse Polytechnique Romande.

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

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.

Laborde .J, (1998). NOTICE D'UTILISATION DU LOGICIEL HYDROLAB (Version 98.2 pour EXCEL4, EXCEL5 et EXCEL97).

Lefort .P, (1995). Transport solide dans les lits des cours d'eau (Cours ENSHG), p 170.

Leguédois. S, (2003). Mécanismes de l'érosion diffuse des sols modélisation de transfert et de l'évolution granulométrique des fragments de terre érodés. Thèse présentée à l'université d'Orléans, 176p.

Maokhtar .Ih, (2009) .Mémoire (présenté en vue de l'obtention du diplôme de MAGISTER (Contribution à l'étude du transport solide en suspension Bassin de l'Oued Chélif _Ghrib).

Monnier G, Boiffin J, (1986) .Effect of the agricultural use of soils on water erosion: The case of cropping systems in Western Europe. In: Soil erosion in the European Community (G Chisci, RPC MORGAN, Eds) Balkema Ltd, Rotterdam (DK), p 210.

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.

Kara., D, 2014.Contribution a la quantification du transport solide de l'oued Chélif. Mémoire de master. Université khemis Miliana, Ain defla P.39.

Kouri, (1993) .L'érosion hydrique des sols dans le bassin versant de l'Oued Mina(Algérie), Etude de processus et types fonctionnels de ravins dans la zone des marnes tertiaires, Thèse de Doctorat, Université louis pasteur, Stresbourg France, p10.

Rampon, (1987).Sédimentation et barrage : Erosion et Transport : les dépôts dans les barrages, CEMAGREF Groupement d'Antony.Division de Mécanique des sols et génie Civil, Mémoire N°18.Paris.

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.

Roose E, (1999). Ravinement en Algérie, topologie, facteur de contrôle ; quantification et réhabilitation, Bull. ORSTOM, p 19, 85,95.

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.

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

Sari, (1977) .L'Homme et l'érosion dans l'Ouarsenis en Algérie, Société Nationale d'Édition et de Diffusion (SNED), Alerger.

Sherbrooke, (1999) .Guide de contrôle de l'érosion en milieu urbain, Corporation de gestion CHARMES Secteur Suivi environnemental, p5.

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

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 science hydrologique. 46(1), p 41-53.

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.

Tourki .M, (2010). Etude de l'érosion et du transport solide dans le bassin versant de l'oued el kbire est nord – est Algérien, Mémoire de magister département hydrologie et construction hydraulique, p22.

Tribaka.A, ElgagarouaniaL, ANDABAHROURM, (2006). Cartographie et évaluation quantitative de l'érosion hydrique dans un espace montagne ardmarocain cas du sous bassin versant de l'Oued Tleta, Prériforiental ”In : ISCO-Marrakech : P1-10.

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

Wischmeier, (1978) .Prediction grain fall erosion losses, a guide to conservation planning, Agriculture Hand- Book. N°537.USA.

Wischmier, W.H, Smith D.D, (1965) predicting rainfall erosion losse: guide to conservation planning USDA agriculture handbook N°232 .Washington.

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

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

www.tutimpo.com

<http://www.abh-cz>

www.AERM.com

Introduction générale

Chapitre II

Conclusion générale

Références bibliographiques