



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 زيان عاشور - الجلفة -

Université ZIANE ACHOUR – Djelfa –

كلية علوم الطبيعة و الحياة

Faculté des sciences de la nature et de la vie



MÉMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme master science de l'eau et environnement

THÈME

Dégradation spécifique de bassin versant semi-aride cas
de l'oued El-hachem

Présenté par : Saoudi Ahmed Abdelmodjib.

Devant le jury :

Dr. ELAHCENE.O	Pr Université Ziane Achour, Djelfa	promoteur
M.MEBARKIA	MAA Université Ziane Achour, Djelfa	président
Dr. BOULEKNAFET.Z	MCB-Université de Djelfa	Examineur
Dr. KHADRIS	MCB-Université de Djelfa	Examinatrice

Promotion 2020/2021

Dédicace

Je dédie ce mémoire :

A mes chers parents ;

A toutes mes familles ;

A mes amis

Saoudi Ahmed Abdelmodjib

Remerciements

Tout d'abord je tiens à remercier le bon dieu pour m'avoir donné le courage, la force et la volonté pour réussir et de m'avoir éclairci le chemin tout au long de ma vie.

A l'issue de ce modeste travail, je tiens à exprimer mes sincères remerciements à :

Mon promoteur, Dr ELAHCENE.O, qui m'a beaucoup aidé par ses orientations et ses précieux conseils pour l'élaboration de cette étude .

J'exprime toute ma gratitude et mon respect aux membres du jury qui me feront l'honneur d'apprécier ce modeste travail.

je remercier les plus sincères sont adressés à tous les professeurs et le personnel de l'université Ziane Achour qui ont contribué à forger nos connaissances et à assister notre formation, et à toute personne qui a participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste mémoire.

الملخص

يعتبر النقل الصلب مشكلة كبيرة بسبب أهميته (تدهور التربة الزراعية ، الخزانات الغرينية). في الجزائر ، يتم قياسه في محطات قياس المياه في مستجمعات المياه لجميع حلقات التدفق تقريباً. بشكل عام ، تقتصر على التدفق المعلق. الهدف من هذا العمل هو الاهتمام بإيجاد التدهور المحدد في مستجمعات المياه في واد الهاشم الواقعة شمال الجزائر. تستند هذه الدراسة إلى بيانات من عينات مأخوذة من الوكالة الوطنية للموارد المائية (ANRH ، الجزائر) بين عامي 1974 و 1988 وبين 1975/1994 و 1991/1990. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن هناك علاقة معنوية بين معدلات تدفق المواد الصلبة ومعدلات تدفق السائل وأن التدهور النوعي هو في حدود 150 طن كم² في العام. هذه القيمة قابلة للمقارنة مع تلك الموجودة في مناطق أخرى ذات أنظمة هيدرولوجية مماثلة.

الكلمات المفتاحية: التركيزات ، المعلق ، التدفق الصلب ، التدفق السائل ، التدهور النوعي ، وادي الهاشم ، المنطقة شبه القاحلة ، الجزائر.

Abstract

Solid transport is a major problem (degradation of agricultural soils, alluvial reservoirs) due to its importance. In Algeria, it is measured at hydrometric stations in watersheds for almost all of the flow episodes. Generally, we limit ourselves to the flow in suspension. The objective of this work is to be interested in finding the specific degradation in the watershed of Oued El-Hachem located in the North of Algeria. This study is based on data from samples taken by the National Water Resources Agency (ANRH, Algeria) between 1974 and 1988 and between 1994/1975 and 1990/1991. The results obtained show that there is a significant relationship between the solid flow rates and the liquid flow rates and the specific degradation is of the order of 150 t km⁻² yr⁻¹. This value is comparable to those found for other regions with similar hydrological regimes.

Key words: concentrations, suspension, solid flow, liquid flow, specific degradation, Oued El-Hachem, semi-arid zone, Algeria.

Résumé

Le transport solide constitue par son importance, un problème majeur (dégradation des sols agricoles, alluvionnement des retenues). En Algérie, il est mesuré aux stations hydrométriques des bassins versants pour la quasi-totalité des épisodes d'écoulement. Généralement, on se limite au débit en suspension. Le présent travail a pour objectif de s'intéresser à trouver la dégradation spécifique dans le bassin versant de l'Oued El-Hachem situé au Nord de l'Algérie. La présente étude se base sur les données de prélèvements effectués par l'Agence Nationale des Ressources Hydriques (ANRH, Algérie) entre 1974 et 1988 et entre 1994/1975 et 1990/1991. Les résultats obtenus montrent qu'il y a une relation significative entre les débits solides et les débits liquides et la dégradation spécifique est de l'ordre de $150 \text{ t km}^{-2} \text{ an}^{-1}$. Cette valeur est comparable à celles trouvées pour d'autres régions à régime hydrologique similaire.

Mots clés : concentrations, suspension, débit solide, débit liquide, dégradation spécifique, Oued El-Hachem, zone semi-aride, Algérie.

Sommaire

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS RÉSUMÉ

SOMMAIRE

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

INTRODUCTION16

CHAPITRE I : REVU BIBLIOGRAPHIQUE

INTRODUCTION20

I.L'EROSION20

I.1.DEFINITION20

I.2. L'EROSION HYDRIQUE21

I. 3. FACTEURS DE L'EROSION HYDRIQUE21

I. 3.1. La topographie21

I.3.2 Facteurs climatiques (le climat)22

I. 3. 3.Facteurs lithologiques22

I.3. 4. Le couvert végétal23

I. 3.5 Facteurs anthropiques23

I.4. LE TRANSPORT SOLIDE24

I.5.LE DEBIT LIQUIDE24

I.6. LE DEBIT SOLIDE	25
I.7. QUELQUES TRAVAUX EFFECTUES SUR LE TRANSPORTE SOLIDE.....	25

**CHAPITRE II : CARACTERISATION DU BASSIN VERSANT DE
L'OUED EL-HACHEM**

<i>II.1 SITUATION DE LA ZONE D'ETUDE</i>	28
<i>II.2 CARACTERISTIQUES GEOMORPHOLOGIQUES.....</i>	29
II.3 VEGETAION	29
II .4 HYDROGRAPHIE.....	30
II .5 LE CLIMAT.....	31
II .5.1 Précipitations.....	31
II.5.2 Température.....	32
II.5.3 L'humidité	32
II.5.4 vent.....	32
II .5.5 Evapotranspiration.....	32
<i>II .5.5.1 Evapotranspiration potentielle.....</i>	32
<i>II .5.5.2 Evapotranspiration réelle (ETR).....</i>	32
II.6 PEDOLOGIE.....	33
II.7 CADRE GEOLOGIQUE.....	33

***CHAPITRE III : DEBIT SOLIDE-DEBIT LIQUIDE DANS LE BASSIN
VERSANT DE L'OUED EL-HACHEM***

INTRODUCTION.....	35
III.1 EVOLUTION DES DEBITS SOLIDES ET DES DEBITS.....	35
III.1.1Données et Méthodologie	36
III.1.2. Analyse Des Résultats.....	42
III.1.3 Calcul La Dégradation Spécifique.....	46
III.1.4.Discussions.....	46

CONCLUSION

Liste des tableaux

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre II : CARACTERISATION DU BASSIN VERSANT DE L'OUED EL-HACHEM

Tableau 1 : Caractéristiques géomorphologiques du bassin versant de l'Oued El-Hachem	29
---	-----------

CHAPITRE III : DEBIT SOLIDE-DEBIT LIQUIDE DANS LE BASSIN VERSANT DE L'OUED EL-HACHEM

Tableau III.1 Relations débit solide-débit liquide pour chaque échelle de temps de 1974 à 1988 pour la relation exponentielle.....	43
Tableau III.2 Relations débit solide-débit liquide pour chaque échelle de temps de 1974 à 1988 pour la relation linéaire.....	44
Tableau III.3 Relations débit solide-débit liquide pour chaque échelle de temps de 1974 à 1988 pour la relation exponentielle.....	44
Tableau III.4 Relations débit solide-débit liquide pour chaque échelle de temps de 1974 à 1988 pour la relation logarithmique.	45
Tableau III.5 Relations débit solide-débit liquide pour chaque échelle de temps de 1974 à 1988 pour la relation polynomiale.	45

Tableau III.6 Répartition mensuelle et annuelle des apports solides en suspension (en tonnes) et des dégradations spécifiques (en tonnes par km² et par an) dans le bassin versant de l'Oued El-Hachem (1974/1975 à 1990/1991)....**46**

Tableau III.7 Quelques valeurs des dégradations spécifiques publiées pour des bassins versant voisins.....**47**

Liste des figures

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE II : CARACTERISATION DU BASSIN VERSANT DE L'OUED EL-HACHEM

Figure II.1 : Situation géographique de la région d'étude.....	28
Figure II.2 : couvert végétale de bassin versant de l'Oued El Hachem	30
Figure II.3 : Réseau hydrographique du bassin versant de l'Oued El Hachem.....	31

CHAPITRE III : DEBIT SOLIDE-DEBIT LIQUIDE DANS LE BASSIN VERSANT DE L'OUED EL-HACHEM

Figure III.1 Relations débits solides en fonction des débits liquides par la relation exponentielle dans le bassin versant de l'Oued El-Hachem, Tipaza (1974-1988).....	37
Figure III.2 Relations débits solides en fonction des débits liquides par la relation puissance dans le bassin versant de l'Oued El-Hachem, Tipaza (1974- 1988).....	39
Figure III.3 Relations débits solides en fonction des débits liquides par la relation linéaire dans le bassin versant de l'Oued El-Hachem, Tipaza (1974- 1988).....	40
Figure III.4 Relations débits solides en fonction des débits liquides par la relation logarithmique dans le bassin versant de l'Oued El-Hachem, Tipaza (1974-1988).....	41

Figure III.5 Relations débits solides en fonction des débits liquides par la relation polynomiale dans le bassin versant de l'Oued El-Hachem, Tipaza (1974-1988).....**42**

Introduction

INTRODUCTION

D'après plusieurs études sur le transport solide, la matière première du débit solide dans les cours d'eau vient de l'érosion de surface, c'est-à-dire la désagrégation du sol suite aux diverses activités humaines, le vent, l'impact des gouttes de pluie, le ruissellement, etc. Lorsque les matériaux arrachés ont atteint le cours d'eau, ils sont alors transportés par le courant si celui-ci en est capable ; sinon ils se déposeront pour constituer la partie affouillable du lit des rivières. Compte tenu des caractéristiques spécifiques des matériaux transportés et des caractéristiques de rugosité du lit, la possibilité de transport de la rivière, exprimée en tonnes par jour, dépend de la répartition des vitesses dans la section considérée, c'est-à-dire la plupart du temps du seul débit liquide. Cette possibilité varie constamment d'amont en aval de la rivière, puisque la loi de répartition des vitesses n'est pas la même pour un débit donné à toutes les sections. Elle varie également dans le temps, à une section donnée, avec le débit liquide. Cette possibilité est appelée capacité de transport solide (Elahcene, 2013).

En Algérie, le taux d'érosion spécifique atteint les valeurs les plus élevées d'Afrique du Nord. Selon Demmak (1982), ceux-ci dépassent 2000 tonnes/km²/an dans les bassins versants de l'Atlas Tellien. Les concentrations des sédiments en suspension dans les cours d'eau dans les régions semi-arides où l'on pratique une agriculture intensive sont élevées. Il n'est pas rare de trouver des concentrations de 200 g/l à certains endroits pendant ou immédiatement après des pluies abondantes. Sur certains cours d'eau des concentrations maximales dépassant 500 g/l ont été observées (Mekerta et Tisot, 1993). Ces chiffres donnent une idée sur l'ampleur du phénomène et la gravité des problèmes qui en découlent. Cela a une conséquence directe sur l'envasement des retenues et une réduction de leur capacité (Remini, 2002).

En Algérie, le transport solide est mesuré aux stations hydrométriques des bassins versants pour la quasi-totalité des épisodes d'écoulement. Généralement, on se limite au débit en suspension. La mesure du charriage représente toujours un problème dont la solution n'est pas complète (Larfi, 2001).

Notre travail est de trouver une relation entre les débits solides et les débits liquides et l'élaboration d'une méthode de quantification simple et opérationnelle du transport solide en suspension dans l'Oued El-Hachem. Notre étude s'articulera sur trois chapitres :

INTRODUCTION

- Une revue bibliographique, que nous intitulons érosion et transport solide
- Le second chapitre, intitulé les caractéristiques du bassin versant de l'Oued El-Hachem, détailler ce qui a été fait.
- Dans un troisième chapitre, nous tenterons d'établir quelques modèles analytiques et descriptifs des débits solides et des débits liquides, basés sur une approche statistique d'analyse des chroniques de données et de corrélations simples pour trouver la dégradation spécifique.

Enfin, nous terminerons ce mémoire par une conclusion.

Chapitre I :

Revue bibliographique

INTRODUCTION

L'Algérie est caractérisée par un climat semi-aride. Elle est menacée par l'érosion des terres agricoles. Ces dernières, se trouvent transportées par ruissellement dans les oueds. Elles finiront par se déposer dans les retenues provoquant ainsi leur envasement. Elles sont aussi rejetées à la mer provoquant ainsi sa pollution. En effet, le taux d'érosion spécifique atteint les valeurs les plus élevées en Afrique du Nord. Selon (Demmak, 1982), ces taux varient entre 100 et 2000 tonnes/km²/an, avec une concentration en MES comprise entre 16 et 40 g/L. Comme conséquence de ces dégradations, la part des sédiments qui se déversent annuellement dans la mer Méditerranée est estimée à 100×10^6 t (Probst et Amiotte Suchet, 1992). En Algérie, pays à faible ressource hydrique (Bouanani et al., 1999), les pertes en terre sont estimées à 120×10^6 t/an (Hadjadj, 1997) et la quantité de sédiments déposés dans les barrages ne cesse d'augmenter, passant de 484×10^6 m³ en 1996 (Djeziri, 1998) à en 2000 (Remini, 2002). Sur cette problématique du transport solide dont l'étude est devenue essentielle, un grand nombre de chercheurs ont tenté d'expliquer les mécanismes complexes du transport solide et de quantifier les volumes des sédiments transportés. Dans ce contexte, on notera les travaux de YLES (2012- 2014) , Abir Dahbia et Aumellal Aziz (2015) , YLES et BOUANANI (2016) , Boualem Remini et Nadir Marouf (2017), Yassine chanyour et al (2020).

I.L' EROSION :

I.1.Définition :

Erosion vient de "*ERODERE*", verbe latin qui signifie "ronger". L'érosion ronge la terre comme un chien s'acharne sur un os. D'où l'interprétation pessimiste de certains auteurs qui décrivent l'érosion comme une lèpre qui ronge la terre jusqu'à ne laisser qu'un squelette blanchi : les montagnes calcaires qui entourent la Méditerranée illustrent bien ce processus de décharnement des montagnes dès lors qu'on les défriche et que l'on brûle leur maigre végétation (ex. Grèce). En réalité, c'est un **processus naturel** qui certes, abaisse toutes les montagnes mais en même temps, l'érosion engraisse les vallées, forme les riches plaines qui nourrissent une bonne partie de l'humanité. Il n'est donc pas forcément souhaitable d'arrêter toute érosion, mais de la réduire à un niveau acceptable ou tolérable. C'est aussi l'ensemble des actions chimique et organique qui aboutit à la destruction des roches et au nivellement progressif du terrain plus simplement ; l'érosion est l'usure de la

partie superficielle de l'écorce terrestre, l'eau et le vent sont les principaux agents naturels. (Greco 1966).

L'érosion est un phénomène naturel qui affecte l'ensemble de la couverture terrestre géopédologique et c'est l'un des facteurs important de formation et l'évolution des milieux naturels (Dutil, 1984).

I.2. L'ÉROSION HYDRIQUE

L'érosion hydrique des terres est un processus impliquant le détachement de particules de sol puis leur transport sous l'action de l'eau vers un lieu de dépôt. L'élément déclencheur de ce type d'érosion est la pluie, qui provoque le détachement des particules élémentaires du sol. Et il existe plusieurs types de l'érosion hydrique

I.3. FACTEURS DE L'ÉROSION HYDRIQUE

Deux principaux types de facteurs de l'érosion peuvent être distingués : les facteurs naturels regroupés sous quatre grandes familles : topographie, climat, lithologie et couvert végétal, et les facteurs anthropiques relatifs aux activités humaines

I.3.1. La topographie :

Plusieurs chercheurs ont mis en évidence l'effet de la topographie sur l'érosion. Nombreux sont ceux qui ont montré que la topographie agit sur le ruissellement et les pertes en sol par deux composantes (Borst et Woodbrun, 1940 ; Wischmeier et Smith, 1978) : la longueur de la pente car plus la pente est longue, plus les eaux ont tendance à se concentrer graduellement dans les fissures ou rainures, ce qui entraîne un apport considérable en eau et en sédiments le degré de la pente car plus le degré de l'inclinaison des versants est important, plus l'énergie cinétique de l'écoulement et la détachabilité des particules du sol sont importantes Dans les milieux semi-arides et arides, le recouvrement de la surface du sol par des fragments de roches diminue le ruissellement et la perte des sols, même si la pente est forte (Abrahams et Parsons, 1991 ; Simanton et Toy, 1994). Par ailleurs, l'érosion est moins intense sur les pentes concaves que sur les pentes convexes (FAO, 1976). La perte en terre est plus grande les pentes rectilignes (Roose, 1999).

La pente peut agir également sur le ruissellement par son action sur les paramètres de l'infiltration. Avec l'accroissement de l'angle de la pente, Posen (1984) a observé une

diminution du taux de ruissellement attribué à la destruction de la croûte de battance sous l'action de l'énergie cinétique du ruissellement qui augmente en fonction de la pente

I.3.2 facteurs climatiques (le climat)

La pluie est essentiellement à l'origine de l'érosion par son impact sur les particules des sols qu'elle détache ainsi des matériaux de surface. Quand les particules détachées, la quantité de pluie qui ruisselle détermine le mouvement de sédiments des interfluves vers le réseau de drainage. L'action causée par l'impact de la pluie commence quand la première goutte percute le sol, au travers de sa capacité à détacher des particules de la surface. Ce processus représente le premier stade de l'érosion hydrique des sols (Salles et al. 2000). L'érosivité des pluies se définit comme étant la capacité potentielle de la pluie à causer l'érosion (Hudson, 1973). Cette érosivité dépend des caractéristiques de la pluie (la taille et la vitesse des gouttes, à l'intensité de la pluie) et à l'état de surface de sol. Les caractéristiques de la pluie, peuvent être modifiées par l'action du vent par l'augmentation de la vitesse d'impact, du couvert végétal, et des conditions hydriques du sol.

Les autres facteurs climatiques exerçant une influence sur l'érosion des sols sont, la température, les variations saisonnières des orages, leur localisation, leur fréquence et le régime de vents. L'influence du climat sur l'érosion est difficile à évaluer à cause des variations de paramètres climatiques, aussi bien que celle des autres caractéristiques du bassin versant (White, 1986).

I.3.3.Facteurs lithologiques

L'érodibilité du sol désigne sa susceptibilité face aux processus d'érosion. Elle est fonction des propriétés physico-chimiques du sol (texture, profondeur, pierrosité, teneur en matière organique...) et de la cohésion qui existe entre ces particules. Une faible cohésion va entraîner une forte érodibilité (Govers, 1987; Poesen & Govers, 1990).

Notons que l'érodibilité des sols diminue avec l'augmentation de la teneur en matière organique qui réduit la mouillabilité des agrégats et diminue les risques d'éclatement lors de l'humectation (Casenaves et al, 1989).

Il existe trois propriétés essentielles des sols pour déterminer leur érodibilité et pour évaluer leur résistance à l'érosion :

- la teneur en limon et surtout en argile ;

- la matière organique qui assure la cohésion du sol ;
- les caractéristiques minéralogiques et chimiques des sols qui ont un rapport avec la cohésion.

I.3.4. Le couvert végétal

Le couvert végétal agit dans le sens de retarder l'érosion du sol (Mansouri, 1991). Ce rôle peut être direct, la végétation faisant obstacle au ruissellement et protégeant les sols (Snelder et Bryan, 1995 ; Morgan *et al.*, 1997 ; Bochet *et al.*, 1998 ; Cerdá, 1999 ; Martinez Mena *et al.*, 1999 ; Richard et Mathys, 1999 ; Descroix et Gautier, 2002). Il peut également être indirect, le couvert végétal assurant une amélioration du bilan hydrique et des propriétés physiques du sol (Dunne *et al.*, 1991 ; Bergkamp *et al.*, 1996 ; Solé Benet *et al.*, 1997 ; Cerdá, 1998). Il dépend aussi du stade de développement de la végétation (Rovéra *et al.*, 1999). Il protège le sol contre l'érosion par l'interception et le retard de la chute des gouttes des pluies sur la surface du sol permettant ainsi la dissipation de son énergie cinétique, ce qui diminue l'effet "splash". Elle favorise également l'infiltration de l'eau et le maintien du sol grâce à son système racinaire, et son développement en surface freine le ruissellement par rapport au sol nu. La présence ou l'absence du couvert végétal à la surface du sol détermine son comportement hydrologique. En effet, la capacité d'infiltration de l'eau dans le sol, le ruissellement et le transport solide sont corrélés positivement avec le taux de recouvrement de la végétation (Giffort et Hawkins, 1978 et 1979).

Les forêts et surtout les couvertures herbacées sont plus efficaces pour fournir une protection du sol qu'une couverture de plantes cultivées ou une jachère. C'est le manque de végétation qui crée la condition permettant l'érosion. L'existence d'une litière protège également les sols de l'érosion. La dynamique de la croissance du couvert végétal est très variable en fonction du type de plante mais aussi des techniques culturales (densité et date de plantation, fertilisation) et du climat (précipitations et éclaircissement). La combinaison entre cette dynamique de croissance et la dynamique des pluies va donc déterminer l'importance des risques d'érosion. (Ben Slimane, 2013).

I.3.5 Facteurs anthropiques

Certaines activités humaines provoquent l'accélération de rythme naturel de l'érosion hydrique par l'action de surpâturage et la déforestation qui provoque le tassement des sols,

diminue sa perméabilité et favorise le ruissellement de l'eau, L'intensification de l'agriculture et la croissance démographique et l'urbanisation.

En Tunisie, les activités humaines (défrichement, surexploitation des forêts et parcours, pratiques culturelles impropres) ont augmenté au cours de dernier siècle, en particulier du fait de la croissance démographique : 2 millions d'habitants et 1,2 millions d'ha cultivés en 1920 contre 9,9 millions d'habitants et 4,7 millions d'ha cultivés actuellement (CNEA, 2007).

I.4. LE TRANSPORT SOLIDE :

On appelle transport solide d'un cours d'eau tous les matériaux, des boues les plus fines aux rochers les plus grossiers, que le courant peut entraîner (Henri et al) . Le transport solide dans un cours d'eau constitue la seconde phase de l'érosion. Il est la conséquence partielle de la perte en terre des sols au niveau du bassin versant. Il est, cependant, la cause directe de la sédimentation dans les ouvrages hydrauliques. (Benaïcha) Le transport des sédiments par un écoulement à surface libre joue un grand rôle dans de nombreux domaines. Dans la nature, il affecte la morphologie des cours d'eau, des estuaires et du littoral. Il agit également par les matières en suspension sur tout l'écosystème aquatique (atténuation de l'énergie lumineuse en particulier). Son impact sur les ouvrages hydrauliques est de première importance. Il est responsable du comblement des retenues, du déchaussement d'ouvrages dû à l'abaissement du lit pour ne citer que ces effets. (Frey, 1990).

Le transport solide est un phénomène complexe, en particulier, la chute des vitesses à l'entrée de la retenue qui entraîne par la diminution de sa capacité de transport, un dépôt immédiat des alluvions grossiers, par contre les éléments fins, plus légers poursuivent leurs chemins en suspension jusqu'à se déposer en eaux mortes où ils décantent lentement. 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. (Bouchelkia,1991).

I.5. LE DEBIT LIQUIDE est le volume d'eau passant à travers une section d'un cours d'eau pendant une unité de temps (p. ex. 1 seconde).

I.6.LE DEBIT SOLIDE est la quantité de sédiment (particules, argiles, limons, sables, graviers, ...) transportée par un cours d'eau à une section donnée pendant une unité de temps (p. ex. 1 jour, 1 mois, 1 année).

I.7. QUELQUES TRAVAUX EFFECTUES SUR LE TRANSPORTE SOLIDE

❖ YLES (2012- 2014)

D'après les résultats obtenu, le transport solide en suspension dans le bassin versant de l'oued Saida, se font essentiellement durant 1 trois périodes; la première est l'automne ou la quantité du transport solide est intense, les deux autres périodes l'hiver et le printemps à plus faible ampleur; la dégradation spécifique dans ce bassin versant est de l'ordre de $2t/km^2/an$ durant l'année 1998/1999 et une dégradation spécifique de $276 t/km^2 /an$ durant l'année 2007/2008.

❖ Abir Dahbia et Aumellal Aziz (2015)

L'étude est basée sur Cartographie des risques d'érosion et évaluation du transport solide du bassin versant haut et moyen Cheliff . Ils concluent que une grande partie des terrains du bassin versant haut et moyen Cheliff présente une forte sensibilité à l'érosion. Celle-ci résulte de la conjonction de plusieurs facteurs : l'agressivité des pluies ; l'érodibilité des sols ; la raideur du relief et la faiblesse du couvert végétal. La plupart de ces zones sont accidentées et dégradées où la pente est forte, la végétation est faible et la lithologie est tendre et parfois imperméable. Ces zones se caractérisent par l'apparition des ravinements et couvrent une superficie de $7279 km^2$ soit $68,021\%$ de la surface totale du versant. l'envasement des ouvrages de stockage implantés sur l'ensemble du bassin. Elle varie entre 50.2175 et $4369.016 (t/Km^2/an)$.

❖ YLES et BOUANANI (2016)

ce travail est consacré à l'étude de la relation entre la concentration de sédiment en suspension et le d débit liquide pour un évènement hydrologique, l'auteur à prouver que l'évolution de la concentration des sédiments a l'échelle d'une crue est très grande et que le modèle horaire observé pour des crues d'automne, révèle un accroissement rapide des

concentration par rapport au débits liquides ce qui est due en grande partie d'après l'auteur , la remise en suspension des dépôts fins dans le lit fluviale.

❖ **Boualem Remini et Nadir Marouf (2017)**

Les auteurs se sont intéressés dans leur travail aux quantification du transport solide en suspension dans l'oued labiod consequence sur l'envasement du barrage de foug elgharza Algérie . 1971 à 1995 . Les résultats obtenues montre que l'essentiel du transfert des matières en suspension se produit au cours de crues violentes qui surviennent soit d'orages locaux en Eté, soit des dépressions sahariennes au Printemps et plus souvent encore en Automne avec une charge maximale annuelle de sédiments de l'ordre de 21 Millions de tonnes, ce qui correspond à une dégradation spécifique relativement élevé de l'ordre de 2700 (t/km²/ann). Les crues exceptionnelles ont un effet direct sur l'apport annuel et les résultats finals du calcul de l'érosion spécifique. Les averses torrentielles d'automne et d'orage locaux sont constituées une période particulièrement productive en sédiments dans les zones semi-aride à aride. Le modèle puissance de forme générale ($Q_s = a Q_l^b$) est peut être utilisé comme une méthode d'estimation applicable de transports solide en zone semi -aride aride .

❖ **Yassine chanyour , Khalid obda et Ouafaa elachati (2020)**

L'objectif essentiel de cette étude est de qualifier les sous bassins de Daoura et de quantifier leur apport d'eau des nappes de Daoura (nappe haute Atlasique, nappe Crétacé d'Errachidia et la nappe Anti Atlasique). Les oueds, Ziz, Rhériss et Maider. l'analyse des variations annuelles des débits en se basant sur les coefficients mensuels des débits a permis de conclure que le régime hydrologique du bassin versant de l'oued Daoura a connu une variabilité mensuelle très prononcée. Pour tous les oueds, l'étiage à lieu en juillet et aout, mais dès les mois d'octobre-novembre la courbe commence à redresser la tendance vers l'augmentation grâce aux premières précipitations automnales.

Chapitre II :

Etude de milieu

II.1 SITUATION DE LA ZONE D'ETUDE

Le bassin versant de l'Oued El-Hachem est située dans la wilaya de Tipaza, à mi-chemin entre le chef lieu de la wilaya de Tipaza et la ville de Cherchell. Elle fait partie de l'Atlas tellien et se trouve au pied du versant sud du massif de Chenoua. La plaine alluviale de l'Oued El-Hachem est longue en moyenne de 9500 m et large en moyenne de 800 m. Elle longe la route nationale Alger - Cherchell, ses deux extrémités sont matérialisées par le village de Sidi Amar au sud et le rétrécissement du massif du Chenoua au niveau de Bordj Ghobrini qui s'ouvre sur la mer. La limite Sud-Est est matérialisée par l'envoyage de calcaires méridionaux du djebel Tabaraned et le village de Sidi Amar à l'Ouest (voir figure II.1).

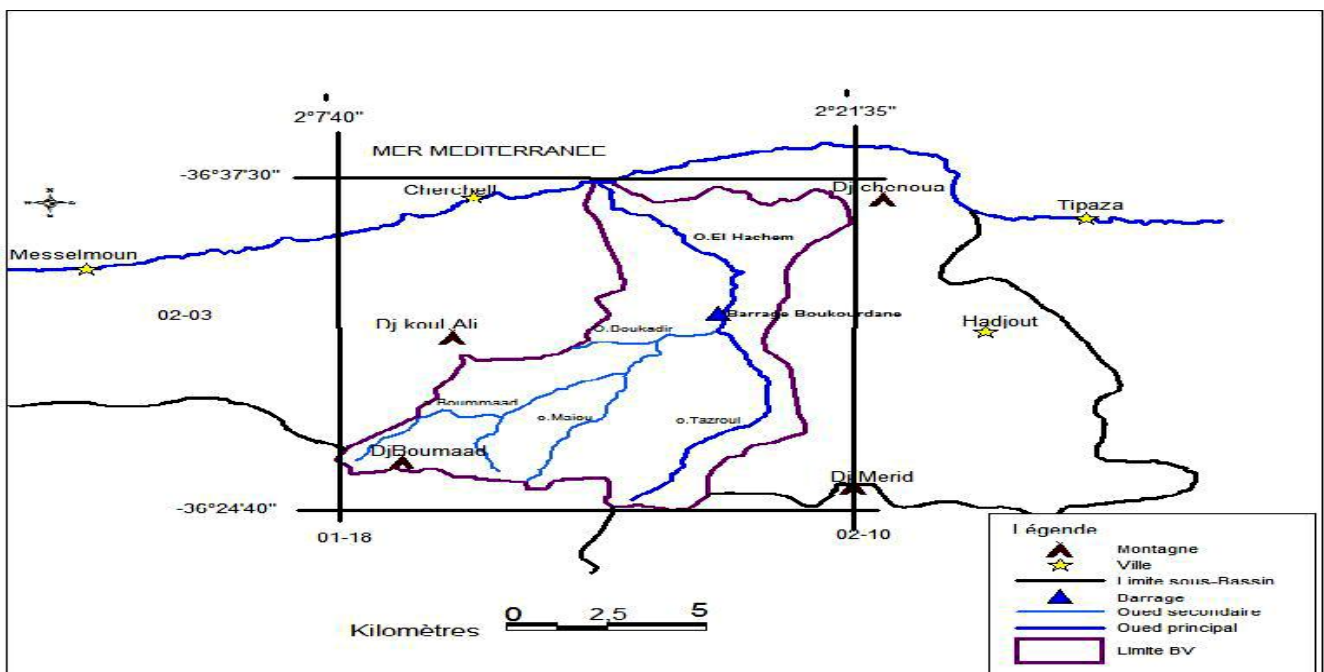


Figure II.1 Situation géographique de la région d'étude (Mohamed et Bensmaili, 2016).

Le bassin versant de l'Oued El-Hachem, ou bassin du «côtiers algérois» est localisé à 70 km à l'Ouest d'Alger, à proximité de la ville de Cherchell dans une zone montagneuse dominée par les monts du Braz. La zone d'étude s'étend depuis la montagne de Boumâad au sud (1417 m) jusqu'à la Méditerranée au Nord, elle est comprise entre les latitudes 36°24'40'' et 36°37' 30'' Nord et les longitudes 2°7' 40'' et 2°21'35'' Est (voir figure II.1).

II.2 CARACTERISTIQUES GEOMORPHOLOGIQUES

Les caractéristiques géomorphologiques du bassin versant de l'Oued El-Hachem sont illustrées dans le tableau ci-dessous :

Tableau II.1 Caractéristiques géomorphologiques du bassin versant de l'Oued El-Hachem (Annuaire, 2004)

PARAMETRES GEOMORPHOLOGIQUES	VALEURS
Altitude maximum (m)	1417
Altitude minimum (m)	0
Altitude de fréquence 50% (m)	420
Altitude moyenne (m)	410
Surface (Km ²)	230,5
Périmètre (Km)	85
Longueur du rectangle équivalent (Km)	36,17
Largeur du rectangle équivalent (Km)	6,38
Indice de compacité (Kc)	1,57
Indice de pente globale (%)	2,43
Densité de drainage (Dd) (Km/Km ²)	3,42
Coefficient de torrentialité (1/ Km ³)	25,48
Longueur de l'oued El Hachem (Km)	34

(Annuaire, 2004)

II.3 LA VEGETATION

La couverture végétale a un rôle très important pour limiter ou diminuer la phénomène d'érosion hydrique, ainsi que décourager la transfert de sédiments à les barrages et maintenir la pureté du Léau et protéger le sol.

Dans notre région d'étude, on trouve les agrumes te les serres. A travers la figure II.2, la couverture végétale représente une grand superficie.

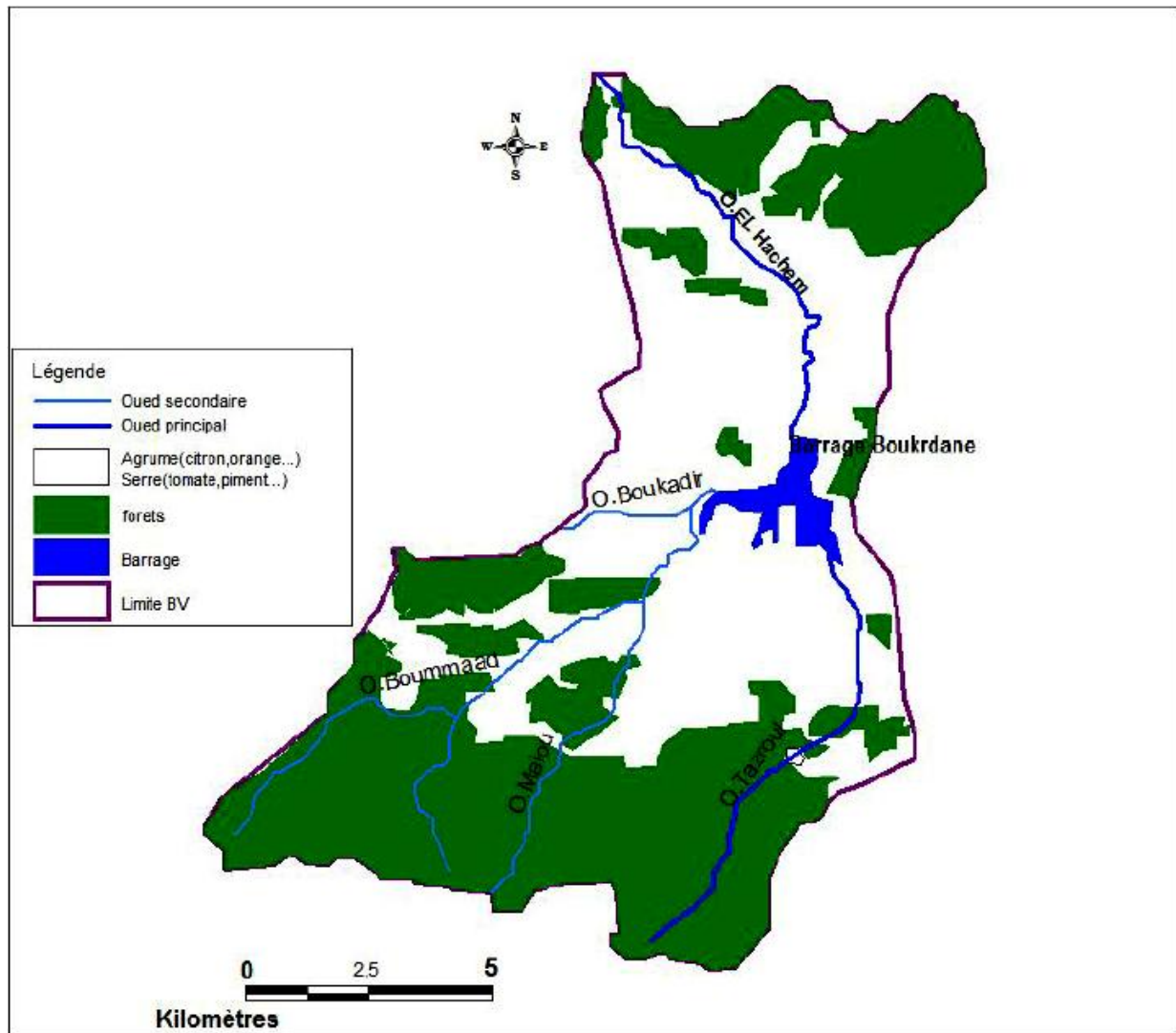


Figure II. 2 Couvert végétale de bassin versant de l'Oued El-Hachem (Fareh, 2006 modifié).

II.4 HYDROGRAPHIE

Les eaux de Oued El Hachem se jettent dans le barrage de Boukrdane du Nord-ouest au Sud-est, la valeur de la densité de drainage $D_d = 3,42 \text{ Km/Km}^2$ présentant une longueur de 34 Km (Figure II. 3).

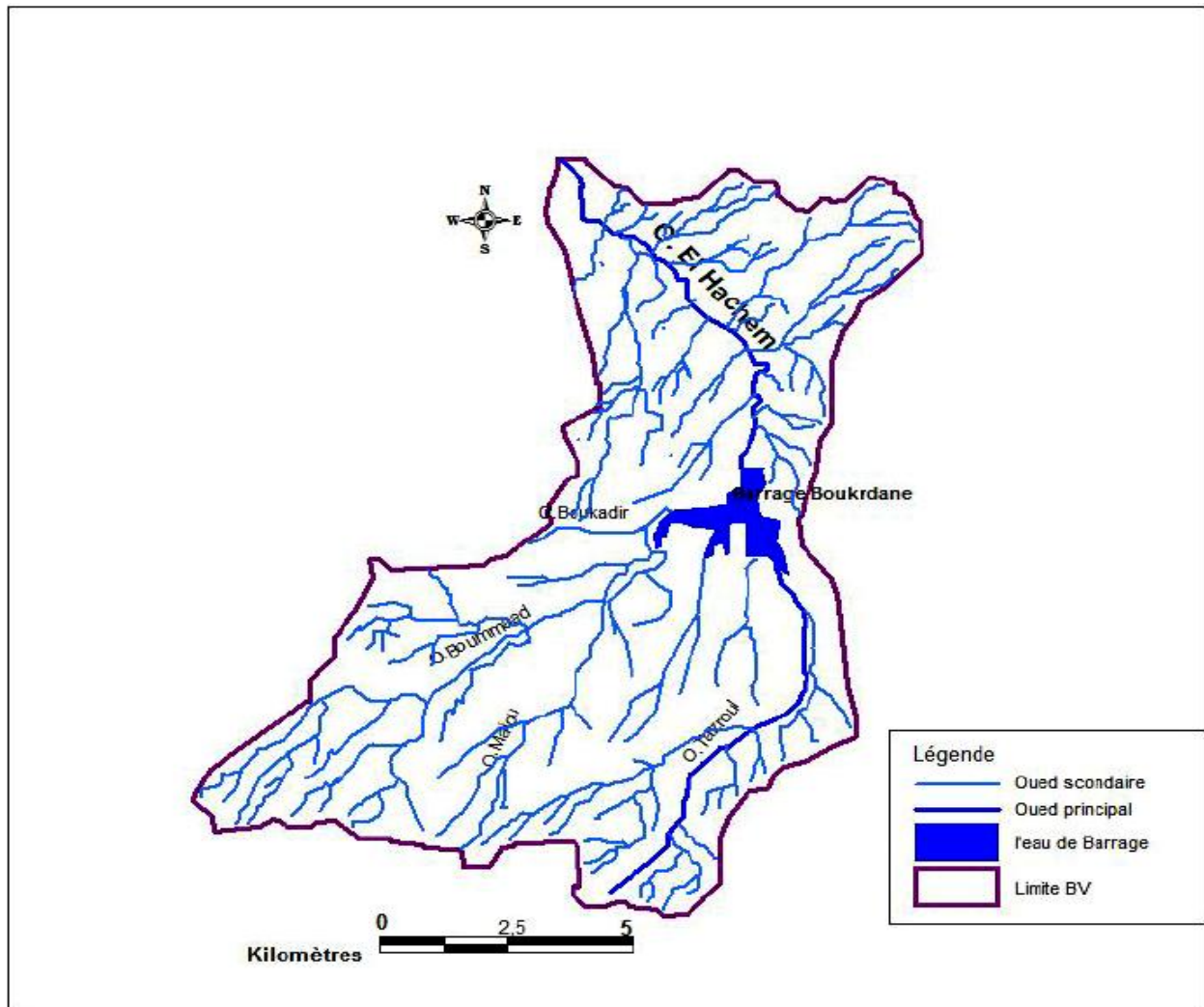


Figure II. 3 Réseau hydrographique du bassin versant de l'Oued El Hachem (Fareh, 2006 modifié)

II.5 LE CLIMAT

II .5.1 Précipitations

On signale, que le poste pluviométrique de Bellah est plus proche de la zoné d'étude. Le climat du bassin versant de l'oued El-Hachem est de type semi-aride, humide et froid en hiver et sec et chaud en été. Les mois les plus pluvieux sont novembre (85 mm) et décembre (89 mm). Le bassin reçoit entre 300 et 700 mm de pluie par an avec une moyenne inter-annuelle de 519 mm pour une période allant de 1974/1975 à 2006/2007 (Elahcene, 2013).

II.5.2 Température

Selon le tableau de la température (Mohamed et bensmaili 2016) et les données de ANRH, la variation de la température moyenne mensuelle, dans la période de (1988-2015), montre que les valeurs les plus élevées dans les mois (Juillet – Août) de 33,45 °C. Les valeurs les plus basses, sont de 5,62 à 5,87°C, dans les mois (Janvier – Février).

II.5.3 L'humidité

Selon le Diagramme Ombrothermique (Mohamed et bensmaili, 2016), la période humide persiste le mois d'octobre au mois de mai.

II.5.4 Vent

Le vent a une influence à la vitesse d'érosion soit hydrique ou éolienne donc à travers un tableau des Valeurs moyennes mensuelles de la vitesse du vent, station Boukrdane (période 1996-2015), ANRH-Blida, les vitesses moyennes mensuelles entre 4,23 km/h au septembre à une vitesse moyenne maximale de 6,69 km/h au Février.

II .5.5 Evapotranspiration

II .5.5.1 Evapotranspiration potentielle

Selon (Mohamed et Bensmaili, 2016), la Valeur de l'ETP estimées par la formule de Thornthwaite est égale à 855,47mm et l'évapotranspiration potentielle corrigée est de 826, 77mm.

II .5.5.2 Evapotranspiration réelle (ETR)

Selon Mohamed et Bensmaili, 2016, la valeur de l'évapotranspiration réelle (ETR) est de 425,33 mm.

II.6 PEDOLOGIE

L'étude pédologique est réalisée sur 1624 ha, concerne six classes de sols :

Les sols minéraux d'érosion inaptés, les sols peu évolués alluviaux de texture fine à dominance du groupe brunifié, la texture fine à très fine de structure polyédrique à grumeleuse en surface et cubique avec des phases de glissement bien développées en profondeur, les sols calcimagnésiques, sont les plus importants du point de vue superficie, les sols fersiallitiques, leur superficie est très limitée et ils sont caractérisés par une accumulation d'argile dans les horizons à moyenne profondeur et les sols hydromorphes, situés dans la plaine alluviale de l'Oued El Hachem, dans d'anciens bras de l'Oued.

II.7 CADRE GEOLOGIQUE

Selon L. GLANGEAUD (1932), la région de Cherchell appartient au Tell septentrional domaine interne des maghrébines, qui déterminent plusieurs régions naturelles correspondant à des zones stratigraphiques et tectoniques différenciées à la suite des plissements nummulitiques. On distingue du Nord au Sud, la terminaison de la zone des massifs anciens des Kabyliens (Chenoua), la zone du flysch albo-aptien qui sépare la région des massifs primaires du pays crétacé, le pays crétacé, le Néogène transgressif, la terrasse de 15 à 20 m et les vallées larges, à fond plats, remblayées par des alluvions récentes des Oueds côtiers.

Chapitre III :

Résultats et discussions

INTRODUCTION

Les premières mesures systématiques et standardisées de transport solide en suspension ont débuté en Algérie en 1946 à la station hydrométrique de la Traille qui contrôle le haut bassin de l'oued Isser (Demmak, 1982). La recherche des modèles reliant les paramètres hydroclimatiques (précipitations, écoulements et/ou transport de matériaux solides) a fait l'objet de nombreuses études Wailling D. E. et al. (1981), Demmak A. (1982), Megnounif A. et al. (2000, 2003, 2007, 2013), Katlan Z. et al. (1987), Probst J. L. et al. (1992), Terfous A. et al. (1999, 2001, 2003), Ghenim A. (2001, 2007), Elahcene et al. (2013, 2019), Yles et Bouanani (2012, 2014), Achite et al. (2016), Tadrist et al. (2016)... etc. L'objectif de ces auteurs est d'expliquer les phénomènes de l'écoulement et du transport solide et de mettre en évidence des relations susceptibles d'être appliquées à des régions ou des bassins versants où les mesures sont rares ou inexistantes.

Les caractéristiques climatiques, morphométriques et morphologiques diffèrent d'une région à une autre ou d'un bassin à un autre. La pluviosité sur les continents, le débit des cours d'eau, la température ont augmenté dans plusieurs régions du monde et diminuer dans d'autre (Tardy Y. et al., 1992 et 1995). Tous ces paramètres font que les modèles diffèrent d'un auteur à un autre. Chacun tente de caractériser la région ou le bassin étudié par le modèle le plus représentatif et le plus fiable.

III.1 EVOLUTION DES DEBITS SOLIDES ET DES DEBITS LIQUIDES

La mobilisation des matériaux solides sur les versants et leur transport éventuel par les cours d'eau, représente deux phénomènes distincts, mais liés entre eux. Le débit solide moyen des sédiments en suspension qui transitent sur une section d'écoulement moyen est calculé par le produit de la concentration moyenne des sédiments en suspension C par le débit liquide moyen Q_l durant une période de temps donné : $Q_s = C \times Q_l$. Depuis longtemps, on a essayé de corrélérer les débits solides aux débits liquides et de déterminer une relation qui permettait d'estimer les premiers à partir des seconds. A ce titre, nous citons les travaux de Jakuschoff (1932) sur les rivières de Turquie et ceux de Straub (1936) sur le fleuve du Missouri (USA) (Einstein, 1950 ; Leopold et al., 1953). Le débit solide et le débit liquide évoluent en général par une relation empirique communément appelée courbe du transport solide (Cambell F. B.

et al., 1940 ; Crawford, 1991): $Q_s = a \times Q_l^b$. Ce type de relation a été proposé dès 1895 par Kenedy, (Einstein, 1989). Depuis, plusieurs chercheurs ont essayé d'identifier surtout la valeur de l'exposant b. Leopold et al. (1953) proposent pour les rivières de l'Ouest des Etats-Unis d'Amérique des valeurs de b variant entre 2 et 3, d'autres auteurs tels que Parsons et al. (1963) , Muller et Forstner (1968), Bruschin et Trau (1977), Wood (1977), Finlatson (1978), Walling et Webb (1981, 1982), Meybeck (1984) ainsi que Probst et Bazerabachi (1986) les limitent entre 1 et 2, en fonction des caractéristiques physiques, climatiques et hydrologiques des bassins versants, ou des conditions hydrauliques de l'écoulement dans les cours d'eau.

III.1.1 Données Et Méthodologie

A la station Bordj Ghobrini, nous disposons une série de mesure de 681 valeurs de hauteurs d'eau (H en cm), de débits liquides (Q_l en m^3/s), de concentration en matières en suspension (C en g/l) et de débits solides (Q_s en kg/s) ont été sélectionnées pour l'établissement du rapport entre la concentration et le débit liquide, qui ce n'est pas notre cas ou le rapport entre le débit solide et le débit liquide. Ces données et utilisées pour la quantification du transport solide ont été analysées en vue d'en déterminer leurs fiabilité et validité c'est-à-dire une fois mesurées, les débits solides sont corrélées aux débits liquides.

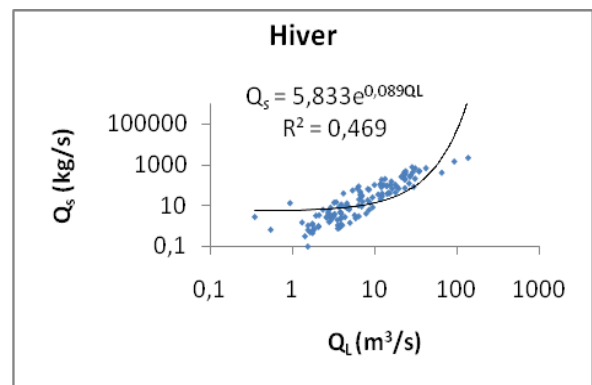
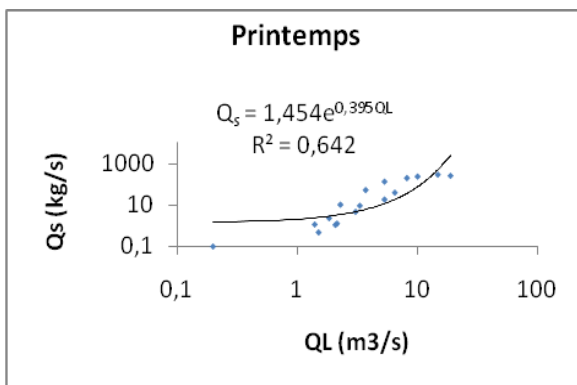
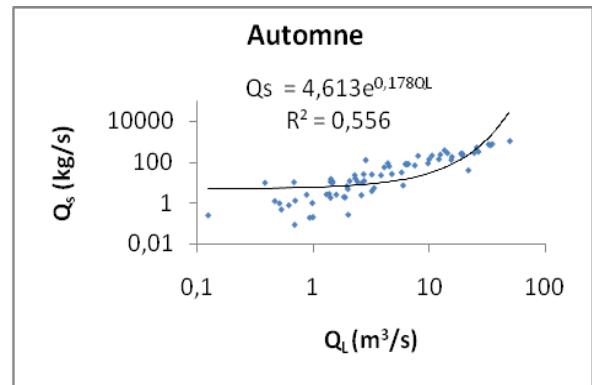
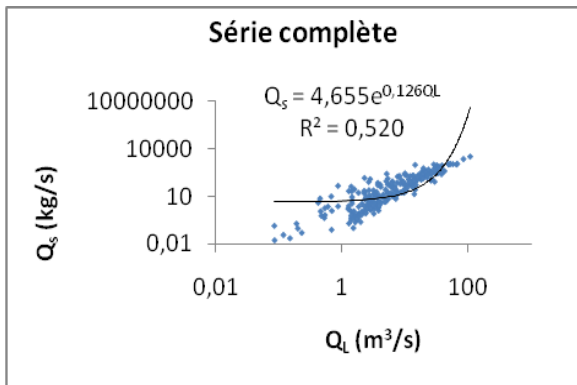
Les débits liquides sont obtenus de deux façons: sur la base de la courbe de tarage à partir des hauteurs d'eau lues sur une échelle limnimétrique d'une part, et par dépouillement des hauteurs d'eau enregistrées par un limnigraphe à flotteur, d'autre part.

La concentration est obtenue d'après le protocole suivant :

A chaque lecture de hauteur d'eau, on prélève un échantillon d'eau, chargée, sur la rive à la surface de l'oued au moyen d'un flacon de 50 cl. Les sédiments filtrés sur papier-filtre sont ensuite séchés à l'étuve pendant 30 min à une température de $105^\circ C$. Ramenée à l'unité de volume (1 litre), cette charge est attribuée à la concentration en suspension instantanée véhiculée par le cours d'eau en g/l. La cadence de prise des mesures varie selon l'ampleur de l'événement. En période de crue, les prises sont intensifiées jusqu'à des intervalles de temps d'une heure ou même de 30 min en fonction de la vitesse de l'augmentation des débits liquides. En période d'écoulement normal ou en période d'étiage, on se contente d'une prise

quotidienne effectuée généralement à midi. Le débit solide en suspension est alors calculé par la relation : $Q_s = C \times Q_l$ où Q_s représente le débit solide (en kg/s), C la concentration des sédiments en suspension (en g/l) et Q_l le débit liquide journalier (en m³/s).

Le rapport Q_s/Q_l a été soumis à des relations linéaire, logarithmique, polynomiale, puissance et exponentielle. Ils sont nécessaires à étudier pour quantifier le transport solide en suspension. Généralement, les meilleurs résultats sont obtenus par une équation de type : $Q_s = a \times Q_l^b$ (Etchanchu et al., 1986 ; Walling et al., 1981 ; Wood P.A., 1977) avec a et b: coefficients empiriques. La corrélation entre les débits solides et les débits liquides c'est de trouver une relation qui lie les deux paramètres. Les résultats sont illustrés dans la figure III.1, III.2, III.3, III.4 et III.5



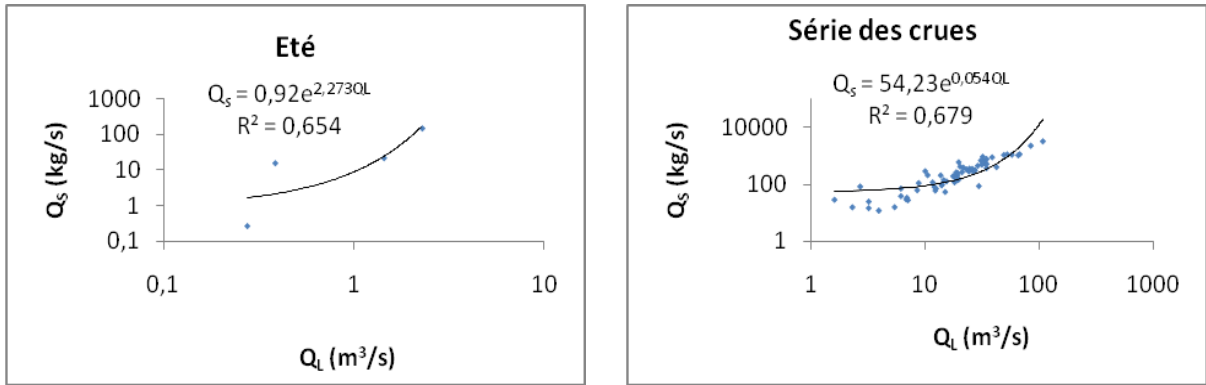
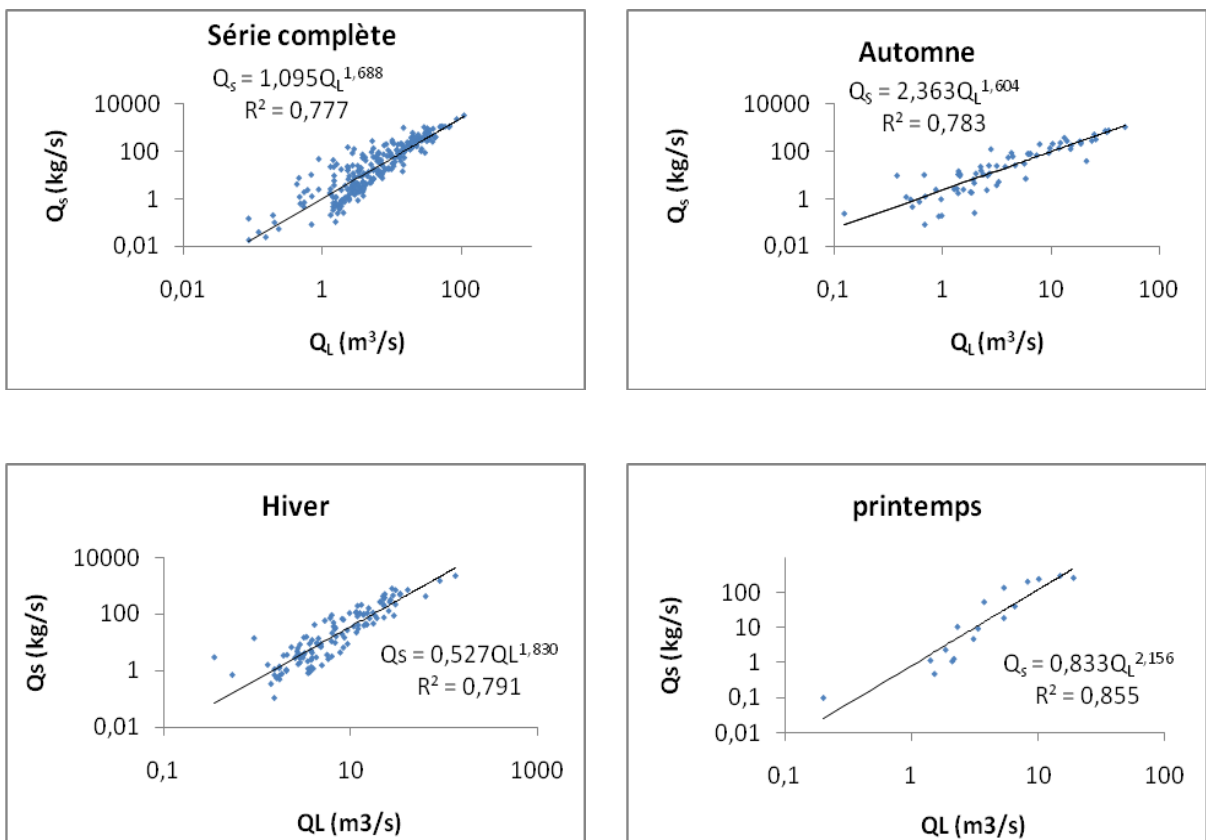


Figure III.1 Relations débits solides en fonction des débits liquides par la relation exponentielle dans le bassin versant de l'Oued El-Hachem, Tipaza (1974-1988).



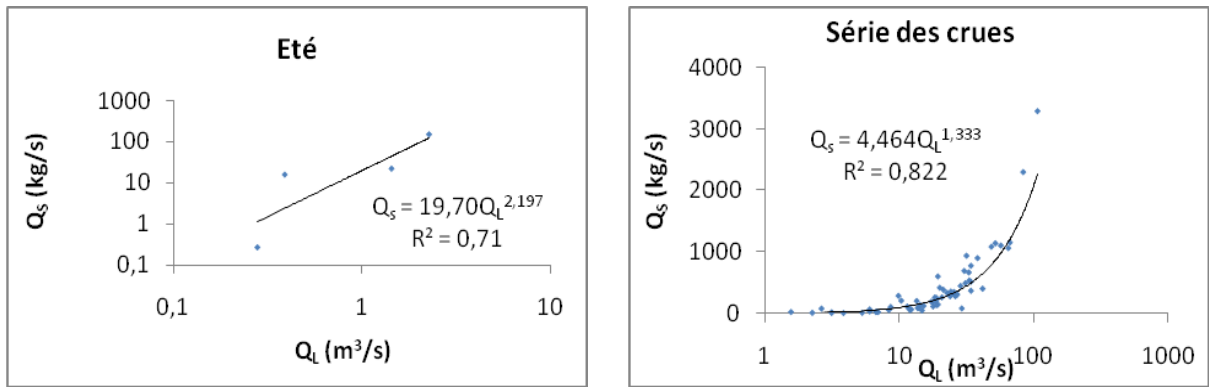
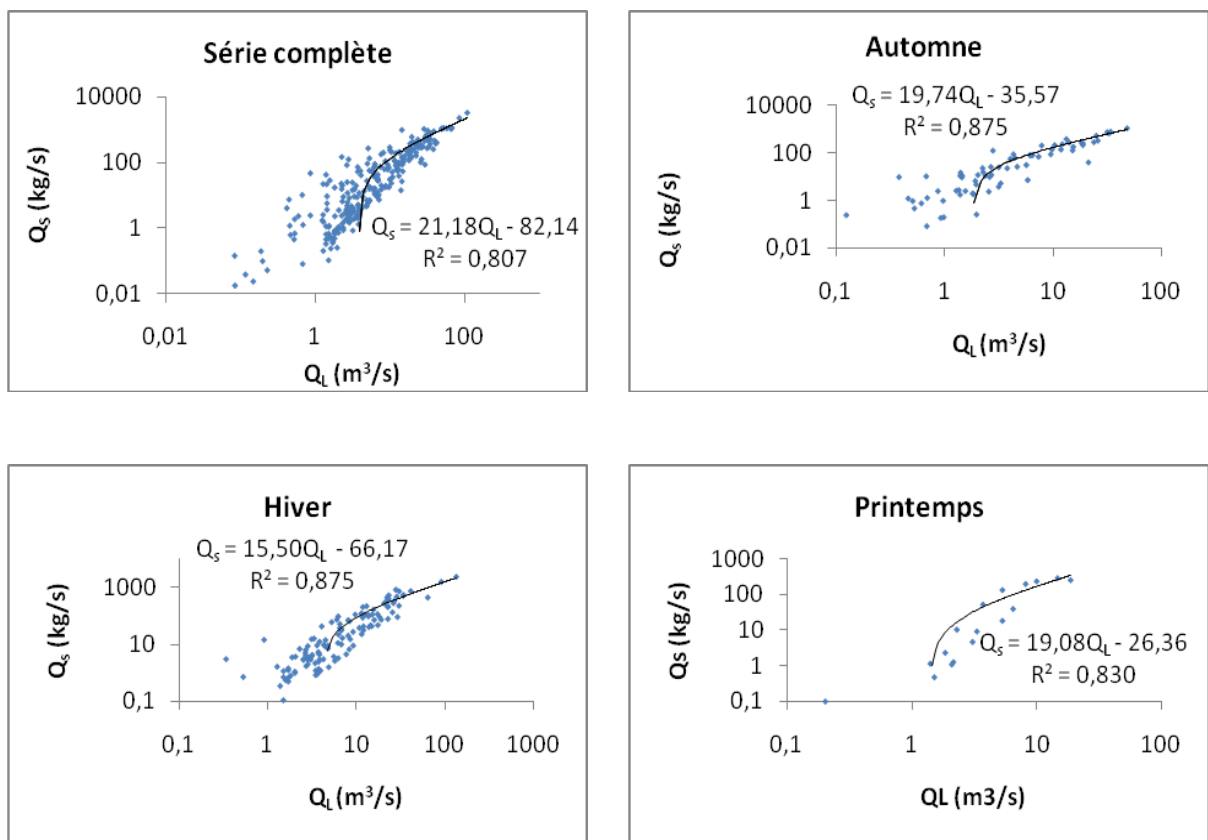


Figure III.2 Relations débits solides en fonction des débits liquides par la relation puissance dans le bassin versant de l'Oued El-Hachem, Tipaza (1974-1988).



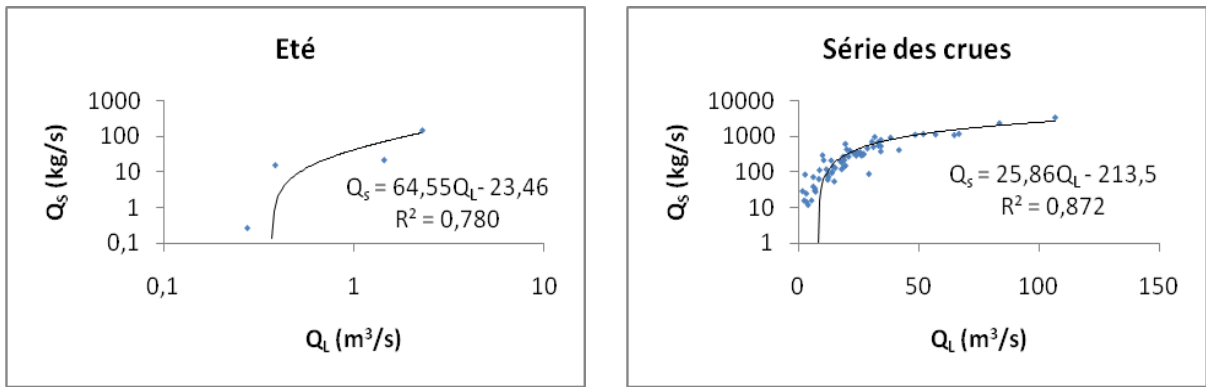
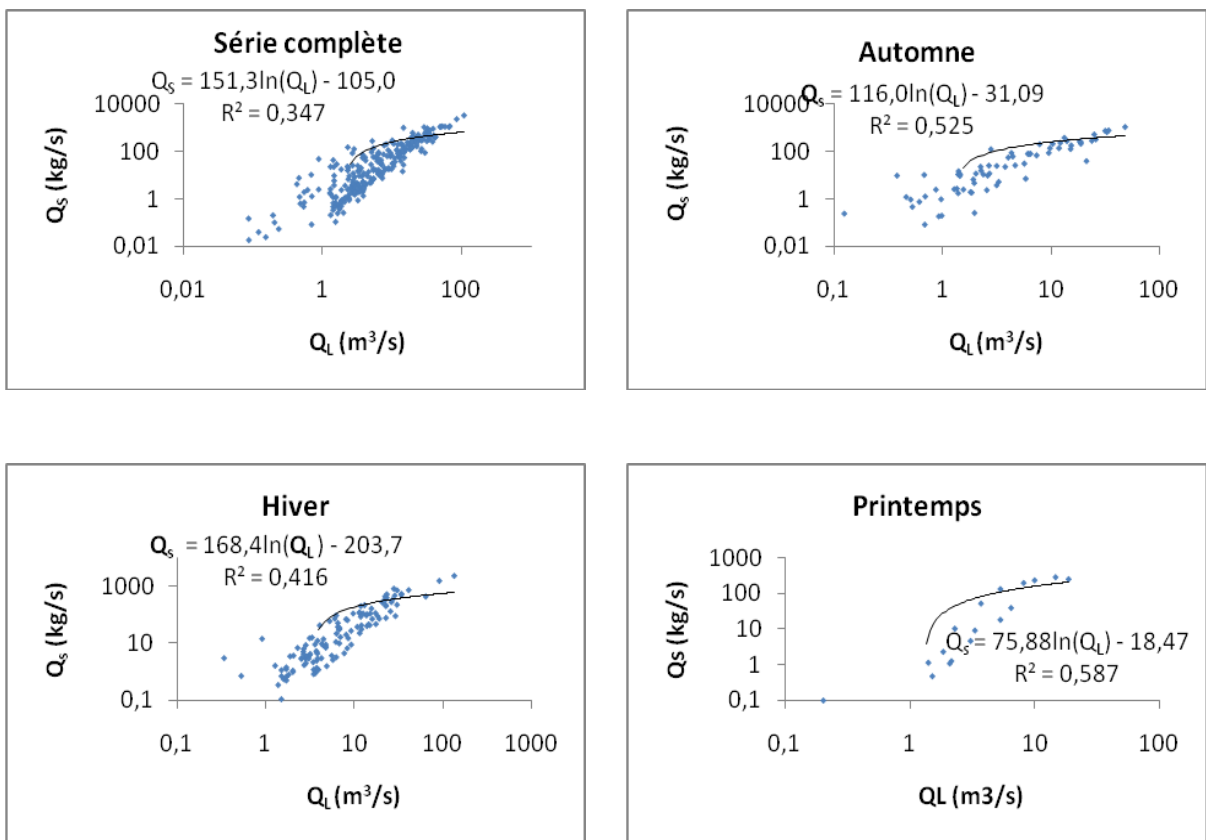


Figure III.3 Relations débits solides en fonction des débits liquides par la relation linéaire dans le bassin versant de l'Oued El-Hachem, Tipaza (1974-1988).



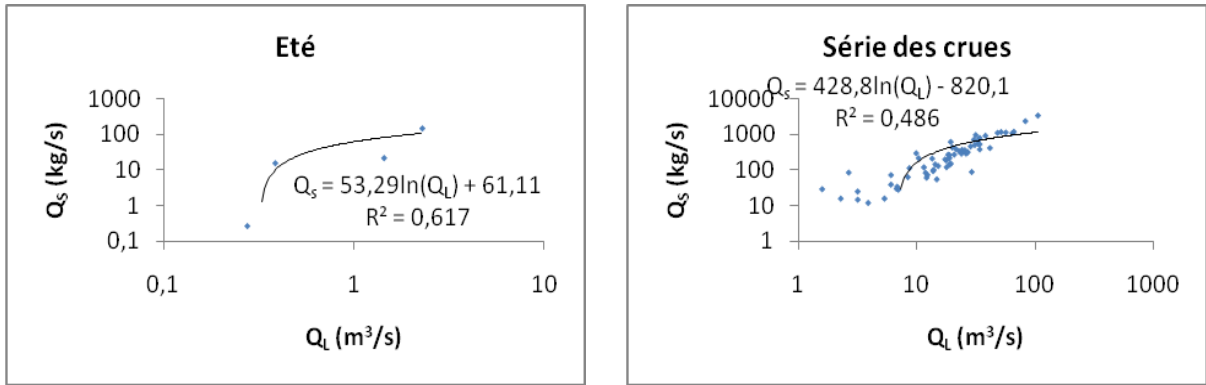
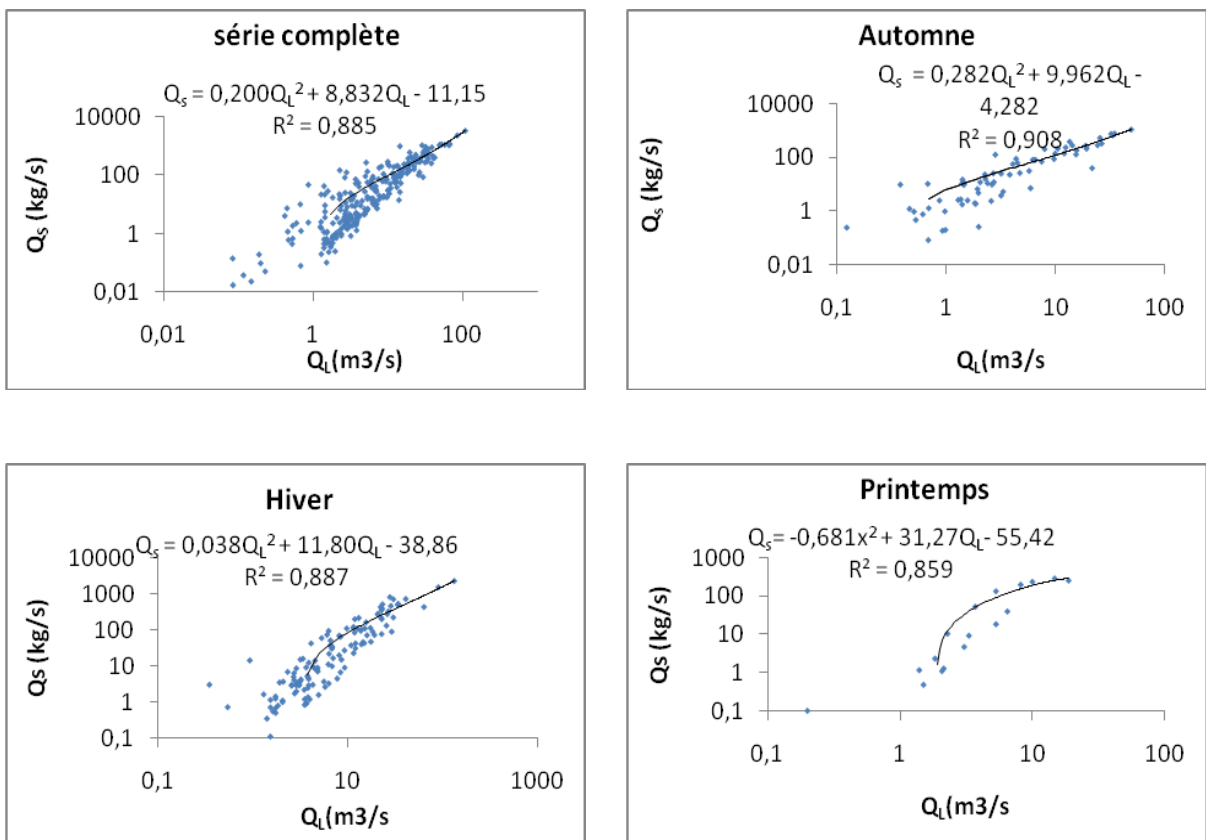


Figure III.4 Relations débits solides en fonction des débits liquides par la relation logarithmique dans le bassin versant de l'Oued El-Hachem, Tipaza (1974-1988).



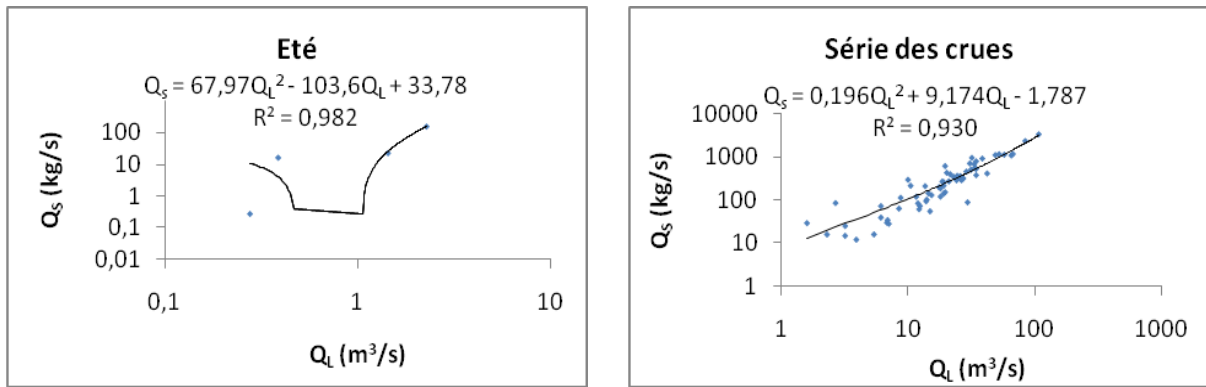


Figure III.5 Relations débits solides en fonction des débits liquides par la relation polynomiale dans le bassin versant de l'Oued El-Hachem, Tipaza (1974-1988).

III.1.2. Analyse Des Résultats

La figure III.1, III.2, III.3, III.4 et III.5 montrent qu'il existe une bonne corrélation entre ces deux grandeurs (Q_s et Q_l) représentant la dynamique sédimentaire de l'Oued El-Hachem. Ceci, peut s'expliquer par l'effectivité de la relation en puissance, c'est-à-dire que le débit solide est lié au débit liquide par la relation $Q_s = C \times Q_l$.

Une analyse graphique des relations obtenues montre qu'à de faibles débits liquides peuvent être associés de forts débits solides déclenchés probablement à la suite d'orages violents. De même, de fortes valeurs de débits liquides n'ont engendré qu'un faible transport solide dû à la vidange des nappes survenue à la suite d'une crue importante. On remarque aussi que l'automne, l'hiver et le printemps se distinguent par un flux important de matières solides en suspension.

Les nuages des points pour le printemps et l'hiver sont assez épais, variation large des débits solides pour des débits liquides peu variés, ce qui se traduit par l'existence d'un nombre important de prélèvements lors des tarissements, et donc une contribution importante des nappes dans l'écoulement durant ces deux saisons.

Après la saison sèche, les premières pluies de l'automne trouvent un sol sec et dur, difficilement érodable. La réponse du bassin en matières en suspension est donc très faible. C'est les pluies torrentielles qui surviennent en octobre et novembre qui arracheront de grandes quantités de matières solides, qui seront par la suite véhiculées en suspension par le cours d'eau. La réponse du bassin se manifeste rapidement par des ruissellements et des

écoulements hypodermiques peu profonds. La relation entre les deux paramètres (débits liquides et solides) semble être plus étroite pour les valeurs fortes.

Quoique moins importantes que celles de l'automne, les pluies du printemps survenues après un hiver pluvieux et froid avec une succession de gel et de dégel favorisant la déstabilisation de la structure du sol le rendant plus vulnérable à l'érosion, trouvent un sol meuble et déclenchent alors, des écoulements fortement chargés.

En hiver, période de transition entre les deux saisons humides, bien que la pluviométrie soit nettement forte, les écoulements le sont plus, ce qui est dû essentiellement aux réserves importantes en eau, emmagasinées dans le sol, suite aux fortes pluies de l'automne.

L'été se distingue des autres saisons, par ses valeurs très dispersées. L'analyse de ce résultat s'avère difficile vu l'insuffisance du nombre d'observations à cause de l'inexistence d'écoulement.

Pour la série des crues, l'analyse graphique, montre que cette série se distingue aussi par une quantité importante de matières solides en suspension vu qu'elle rassemble toutes les saisons. L'ensemble des relations obtenues est donné dans le tableau III.1, III.2, III.3, III.4 et III.5.

Tableau III.1 Relations débit solide-débit liquide pour chaque échelle de temps de 1974 à 1988 pour la relation exponentielle.

Echelle	Nombre	Relation obtenu	a	b	R ²	R
Série complète	681	$Q_s = 4,655e^{0,126Q_l}$	4,655	0,126	0,679	0,824
Automne	160	$Q_s = 4,613e^{0,178Q_l}$	4,613	0,178	0,654	0,808
Hiver	285	$Q_s = 5,833e^{0,089Q_l}$	5,833	0,089	0,642	0,801
printemps	232	$Q_s = 1,454e^{0,395Q_l}$	1,454	0,395	0,469	0,684
Eté	4	$Q_s = 0,92e^{2,273Q_l}$	0,920	2,273	0,556	0,745
Série des crues	199	$Q_s = 54,23e^{0,054Q_l}$	54,23	0,054	0,520	0,721

Tableau III.2 Relations débit solide-débit liquide pour chaque échelle de temps de 1974 à 1988 pour la relation linéaire.

Echelle	Nombre	Relation obtenu	a	b	R ²	R
Série complète	681	$Q_s = 21,18Q_l - 82,14$	21,18	82,18	0,807	0,898
Automne	160	$Q_s = 19,74Q_l - 35,57$	19,74	35,57	0,875	0,935
Hiver	285	$Q_s = 15,50Q_l - 66,17$	15,50	66,17	0,875	0,935
Printemps	232	$Q_s = 19,08Q_l - 26,36$	19,08	26,36	0,830	0,911
Eté	4	$Q_s = 64,55Q_l - 23,46$	64,55	23,46	0,780	0,883
Série des crues	199	$Q_s = 25,86Q_l - 213,5$	25,86	213,50	0,872	0,933

Tableau III.3 Relations débit solide-débit liquide pour chaque échelle de temps de 1974 à 1988 pour la relation exponentielle.

Echelle	Nombre	Relation obtenu	a	b	R ²	R
Série complète	681	$Q_s = 1,095Q_l^{1,688}$	1,095	1,688	0,777	0,881
Automne	160	$Q_s = 2,363Q_l^{1,604}$	2,363	1,604	0,783	0,884
Hiver	285	$Q_s = 0,527Q_l^{1,830}$	0,527	1,830	0,791	0,889
Printemps	232	$Q_s = 0,833Q_l^{2,156}$	0,833	2,156	0,855	0,924
Eté	4	$Q_s = 19,70Q_l^{2,197}$	19,70	2,197	0,710	0,842
Série des crues	199	$Q_s = 4,464Q_l^{1,333}$	4,464	1,333	0,822	0,906

Tableau III.4 Relations débit solide-débit liquide pour chaque échelle de temps de 1974 à 1988 pour la relation logarithmique.

Echelle	Nombre	Relation obtenu	a	b	R ²	R
Série complète	681	$Q_s = 151,3\ln(Q_l) - 105$	151,3	105,0	0,347	0,589
Automne	160	$Q_s = 116\ln(Q_l) - 31,09$	116,0	31,09	0,525	0,724
Hiver	285	$Q_s = 168,4\ln(Q_l) - 203,7$	168,4	203,7	0,416	0,644
Printemps	232	$Q_s = 75,88\ln(Q_l) - 18,47$	75,88	18,47	0,587	0,766
Eté	4	$Q_s = 53,29\ln(Q_l) + 61,11$	53,29	61,11	0,617	0,785
Série des crues	199	$Q_s = 428,8\ln(Q_l) - 820,1$	428,8	820,1	0,486	0,697

Tableau III.5 Relations débit solide-débit liquide pour chaque échelle de temps de 1974 à 1988 pour la relation polynomiale.

Echelle	Nombre	Relation obtenu	a	b	c	R ²	R
Série complète	681	$Q_s = 0,200Q_l^2 + 8,832Q_l - 11,15$	0,200	8,832	11,15	0,885	0,940
Automne	160	$Q_s = 0,282Q_l^2 + 9,962Q_l - 4,282$	0,280	9,960	4,282	0,908	0,952
Hiver	285	$Q_s = 0,038Q_l^2 + 11,80Q_l - 38,86$	0,038	11,80	38,86	0,887	0,941
Printemps	232	$Q_s = -0,681Q_l^2 + 31,27Q_l - 55,42$	0,681	31,27	55,42	0,859	0,926
Eté	4	$Q_s = 67,97Q_l^2 - 103,6Q_l + 33,78$	67,97	103,6	33,78	0,982	0,990
Série des crues	199	$Q_s = 0,196Q_L^2 + 9,174Q_L - 1,787$	0,196	9,174	1,787	0,930	0,964

D'après le tableau III.1, III.2, III.3, III.4 et III.5, on voit clairement qu'il y a de bonnes corrélations pour l'ensemble des échelles étudiées et pour l'ensemble des relations. A titre exemple, pour la relation exponentielle (de 68% en printemps à 82% pour la série complète), pour la relation linéaire (de 88% en été à 93% en automne et en hiver), pour la relation puissance (de 84% en été à 93% en printemps), pour la relation logarithmique (de 58% pour la saison complète à 78% en été) et pour la relation polynomiale (de 92% en printemps à 99% en été).

On peut conclure que, les relations de la corrélation débit solide-débit liquide sont respectées et elles permettent de quantifier et évaluer la dégradation spécifique dans l'Oued El-Hachem.

III.1.3 Calcul La Dégradation Spécifique

Pour estimer les apports solides en suspension, nous avons utilisé la relation de la saison du printemps pour le modèle en puissance ($Q_s = 0,83 \times Q_l^{2,15}$ avec $R = 0,92$).

Le calcul se fait sur une période de 17 ans allant de 1974/1975 à 1990/1991. Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau III.6.

Tableau III.6 Répartition mensuelle et annuelle des apports solides en suspension (en tonnes) et des dégradations spécifiques (en tonnes par km² et par an) dans le bassin versant de l'Oued El-Hachem (1974/1975 à 1990/1991).

Année	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Août.	As[t]	A _{ss} [t/km ² /an]
74/75	1	277	236	29	29	160	160	100	84	5	0	1	1082	5
75/76	0	0	264	592	166	2454	419	126	161	10	1	0	4193	19
76/77	4	25	24	42	102	12	15	30	5	2	0	0	261	1
77/78	0	0	32	1	23	12	49	509	16	2	0	0	644	3
78/79	0	233	110	55	27	1178	4829	50	12	2	0	0	6496	30
79/80	16	39	277	203	2113	80	1173	52	24	1	0	0	3978	18
80/81	0	5	3	1184	218	1508	234	84	143	2	0	0	3381	15
81/82	0	4	0	3	174	147	17	89	592	5	0	0	1031	5
82/83	7	576	2276	629	26	33	25	6	0	0	0	0	3578	16
83/84	0	0	5	22	238	114	32	15	27	7	0	0	460	2
84/85	0	1241	9	226	344	46	710	47	74	6	0	0	2703	12
85/86	0	0	89	3	37	229	328	21	3	2	0	0	712	3
86/87	58	44	489	1674	470	527	235	28	12	1	0	0	3538	16
87/88	5	0	12	13	4	1	7	0	3	0	0	0	45	0
88/89	0	0	0	61	10	3	112	16	1	0	0	0	203	1
89/90	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0
90/91	0	0	0	0	49	18	389	52	4	0	0	0	512	2
													32819	150

III.1.4. Discussions

Le tableau III.6 montre que les années 78/79, 79/80, 80/81, 82/83, 84/85 et 86/87 se caractérisent par des volumes de sédiments en suspension d'un ordre de grandeur double à triple comparés aux autres années. Ceci peut s'expliquer par le fait que ces années ont été marquées par l'avènement de crues exceptionnelles en volume et en durée. Dans ce contexte, on notera la crue de mars 1979 (4829 tonnes) et la crue de novembre 1982 (2276 tonnes). Il montre aussi que les quantités maximales des sédiments transportés en suspension par l'Oued El-Hachem s'effectuent entre novembre et avril.

On constate que les crues d'hiver et les crues de printemps favorisent le transport des sédiments en suspension car elles sont caractérisées par une forte turbulence, due aux débits extrêmes. Tandis que, les crues d'automne se caractérisent par de fortes concentrations et de faibles débits. La turbulence étant faible, le transport en suspension n'est pas favorisé.

A partir des apports solides A_s (t), on peut déterminer la dégradation spécifique A_{ss} ($t/km^2/an$) par la relation $A_{ss} = A_s/S$ où S , est la surface du bassin (tableau III.1).

L'apport moyen annuel des sédiments enregistré à l'exutoire du bassin versant de l'Oued El-Hachem est évalué à 32819 tonnes, ce qui correspond à une dégradation spécifique de $150 t/km^2/an$.

On notera que cette valeur se situe dans la fourchette des dégradations trouvées pour quelques bassins versants Magrébins (tableau III.2).

Tableau III.7 Quelques valeurs des dégradations spécifiques publiées pour des bassins versant voisins.

Bassin versant	Dégradation spécifique [$t/km^2/an$]	Auteurs
Maghreb	397	Probst et Amiotte Suchet, 1992
Maroc	750	Snoussi, 1988
La Tafna (Algérie)	150	Sogreah, 1967
Oued Mazafran (côtier algérois)	1610	Bourouba, 1997
Algérie orientale	145	Bourouba, 1998
Ebda (Algérie)	1875	Meddi, 1999
Mouilah (Algérie)	126	Terfous et al., 2001
Sebdou (Algérie)	937	Bouanani, 2004
Sikkak (Algérie)	170	Achite et Meddi, 2005
Abd (Algérie)	136	Achite et Ouillon, 2007
Saf Saf (Algérie)	461	Khanchoul et al., 2007
Sebdou (Algérie)	1330	Ghenim et al., 2007
Bellah (Algérie)	610	Elahcene et al., 2013
El-Hachem	150	Présente étude

Conclusion

CONCLUSION

Ce travail de recherche se voulait comme outil de base pour une approche d'aménagement et de mise en valeur du milieu naturel ainsi qu'une approche quantitative du transport solide en suspension dont l'intérêt est de constituer une base de données fiable susceptible de servir à l'étude pour la protection des barrage contre le phénomène d'envasement.

L'objectif principal de l'étude étant de trouver une relation significative entre les débits solides et les débits liquides pour déterminer la dégradation spécifique. Le travail est basé sur les données observées durant un période allant de 1974 à 1988 et entre 1974 et 1991. Il a été conduit sur le bassin versant de l'Oued El-Hachem.

Nous concluons, à l'issue de ce travail, que :

- Une relation, très significative, met en rapport le débit solide et le débit liquide. Elle est de la forme : $Q_s = 0,83 \times Q_l^{2,15}$ avec $R=0,92$;

Sur la base de cette relation, nous avons calculé la dégradation spécifique pour une période de référence de 17 ans allant de 1974/1975 jusqu'à 1990/1991. Les résultats trouvés sont, alors, transformés en tonnage annuel de matériaux en suspension. L'apport moyen annuel des sédiments enregistré à l'exutoire du bassin versant de l'Oued El-Hachem est évalué à 32819 tonnes, ce qui correspond à une dégradation spécifique de $150 \text{ t/km}^2/\text{an}$.

On notera que cette valeur se situe dans la fourchette des dégradations trouvées pour quelques bassins versants Magrébins.

Références bibliographiques

Références bibliographique

- **Abrahams A.D. and Parsons A.J. 1991.** *Relation between sediment yield and gradient on debris-covered hillslope, Walnut Gulch, Arizona.* Geol. Soc. Am. Bull 103: 1109-1113.
- **ACHITE M., BALLAH A., TOUBAL.A., (2016).** Etude de l'écoulement liquide et solide dans le bassin versant de l'Oued Sebaoui au droit de la station Hydrométrique de Beghlia, Algérie. 2^{ème} Conférence Nationale sur les ressources en eau, 21-22 Décembre 2016. Université Ouargla. Algérie.
- **ANRH (2004) :** Annuaire hydrogéologique de la nappe alluviale de l'Oued El Hachem **CHAPMAN. D, KIMSTACH. V (1996) :** Selection of water Quality variables. *Water Quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in Environment monitoring*, Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon, London. 59-126p.
- **Ben Slimen Abir.2013.** Rôle de l'érosion ravinaire dans l'envasement des retenues collinaires dans la Dorsale Tunisienne et le Cap Bon. Thèse de doctorat, présentée au Centre International d'études supérieures en Sciences Agronomiques, Montpellier Sup Agro et à l'Institut National Agronomique de Tunisie (INAT).
- **Borst H.L., Woodburd R.1940.** Rain simulator studies of slop on erosion and runoff. USDA, soil conservation, p : 30.
- **Bouanani A, 2004.** Hydrologie, Transport solide et modélisation Étude de quelques sous bassins de la Tafna (NW-Algérie), Thèse de doctorat d'état à l'université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen, 249 pp.
- **Casenave A. et Valentin C. 1989.** Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration. *Ed. de l'ORSTOM, Collections Didactiques*, 229p.
- **CNEA.** Centre National des Etudes Agricoles (2007). Elaboration d'une étude sur l'état de désertification pour une gestion durable des RN, Avril 2007. 191p.
- **Demmak A. ,1982 "** Contribution à l'étude de l'érosion et des transport solides en Algérie septentrionale", thèse de doctorat, Paris 6, 1982.
- **Dunne T., Zhang W., Aubry B.F. 1991.** Effects of rainfall, vegetation and micro topography on infiltration and runoff. *Water Resources Research*, 27, 2271–2285.
- **ELAHCENE O., ABDELALI T., REMINI B., GHENAIM A., POULET J.B. (2012).** Etude de la dynamique sédimentaire dans le bassin versant de l'Oued Bellah (Algérie). *Hydrological Sciences Journal*, 58 (1), 224-236.

- **FAO. 1976.** Aménagement des bassins versants. Cahier FAO, Conservation des sols n°1.
- **FAREH.A (2006) :** Approche Méthodologique de la cartographie de la sensibilité des sols à l'érosion .cas du bassin versant de l'Oued El Hachem wilaya de Tipaza mémoire d'ingénieur institut national agromique. Alger .125 p.
- **FREY.P , ,1991** Etude expérimentale et simulation numérique du transport turbulent de particules solides dans un décanteur,Docteur, spécialité : Mécanique, L'ecole centrale de Lyon.
- **Heusch, B. and Millières-Lacroix, A. (1971).** Une méthode pour estimer l'écoulement et l'érosion dans un bassin. Application au Maghreb. Mines et Géologie (Rabat) vol. 33, p. 21-39.
- **Giffort G.F. et Hawkins R.H. 1978.** Hydrologic impact of grazing on infiltration: A critical review.Water Ressources Res. 14: 305-313.
- **Ghenim A. 2008.** Etude des écoulements et des transports solides dans les régions semi-arides méditerranéennes. Thèse de Doctorat université de Tlemcen, 134 p.
- **Govers G.1987.** Spatial and temporal variability in rill development processes at the Huldenberg experimental site. In: B. R.B. (Editor), Rill erosion, processes and significance. Catena, 17-34.
- **Khanchoul et al, 2008** Sediment rating curves developed on stage and seasonal means in discharge classes for the MellahWadi, Algeria. Swedish society foranthropology and geography, 90 A (3): 227-236.
- **MOHAMED Malika, BENSMAILI Khadidja 2016** caracterisation physico-chimique des eaux souterraines de la nappe alluviale de l'oued el hachem (tipaza), mémoire de master Université Djilali Bounaama de Khemis Miliana.
- **Nekkache G, Megnounif A, 2012;** Estimation de la précision de la relation en puissance reliant laconcentration au débit liquide : 54-59p.
- **Poesen J. 1984.** *The influence of slope angle on infiltration rate and hortonian overland flow.*Volume. Z. Geomorph. N.F. Suppl.-Bd, 49: 117-131.
- **Remini Boualem, 2017.**« L'envasement des barrages : Quelques exemples algériens ». Université de Blida, Algérie : 167-170p.
- **Roose É. Chebbani R. Bougousa L.1999.** Ravinement en Algerie. Typologie, facteurs de contrôle, Quantification et réhabilitation. *Bull. Res. Eros. N°19. IRD. Montpellier.* 122-134.

- **Rovéra G., Robert Y., Coubat M., Nedjai R. 1999.** Érosion et stades biorhexistatiques dans les ravines du Saignon (Alpes de Haute-Provence) ; essai de modélisation statistique des vitesses d'érosion sur marnes. *Études de Géographie Physique*, 28, 109–115.
- **Salles C. and Poesen J. 2000.** Rain properties controlling soil splash detachment. *Hydrological processes*, 14: 271-282.
- **TADRIST N., DEBAUCHE O., REMINI B., XANTHOULIS D. (2016).** Impact de l'érosion sur l'envasement des barrages, la recharge des nappes phréatiques côtières et les intrusions marines dans la zone semi-aride méditerranéenne : cas du barrage de Boukourdane (Algérie). *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 20(4), 453-467.
- **THORNTHWAITE. C W (1948)** : an approach toward a rational classification of climate. *Geographical review*, january. 55-94p.
- **TOUAIBIA.B, 2000** : Erosion – Transport solide- envasement des barrages. Cas du bassin versant Mina, Thèse de Doctorat d'état, INA, EL-Harrache, Algérie.
- **Wischmeier, W.H., et D.D. Smith. 1978.** « Predicting Rainfall Erosion Losses - À Guide to Conservation Planning ». *Agriculture Handbook*, n° .537, Department of Agriculture Science and Education Administration, Washington, District of Columbia USA. U.S..
- **YLES F., BOUANANI A. (2017).** Production de sédiments en suspension et Typologie des crues dans les zones steppiques algériennes : cas du bassin versant de l'oued Saida. *Geo-Trop*, 2017, 135-150.
- **ZEDAM .M, 2007** : Impact des aménagements antiérosifs sur le transport solide du bassin des ISSER « Cas : Bassins expérimentaux de beni Slimane (W.Médeâ). Mémoire de Magister, centre universitaire de Khemis Miliana. 145p.