

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
جبلالي 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 : Science Biologique

Spécialité: Eau et bioclimatologie

**Analyse de relation de puissance débit solide- débit liquide a
l'échelle du bassin versant haut Chélif**

Présenté Par: M^{elle} Teberbi Bakhta.

M^{elle} Bensmaili Hayat.

Soutenu le:

Devant le **Jury :**

Président: M^{me} Guitarni Hassina

MAA

UDBKM

Promoteur: Mr Mehaiguene Madjid

MCB

UDBKM

Examineuses:

Mr Amrani Rachid

MAA

UDBKM

M^{elle} Karahaçane Hafsa

MAA

UDBKM

Année universitaire: 2016/2017.



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 a aidée à mener à terme Cette étude.

Nous remercions sincèrement notre promoteur Mr Meheiguen Madjid 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.

Nous ne saurions oublier de remercier les honorables membres du jury, Madame Guitarni Hassina qui a bien voulu accepter d'être présidente de jury, Monsieur Amrani Rachide, et M^{elle} Karahçene hafsa

qui a accepté la lourde tâche d'être examinatrices de 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, sincère et sourire pour l'établissement de ce modeste travail. A Tous ceux qui nous ferons 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 dissons Merci



Dédicaces

Avant tous, je remercie ALLAH de m'avoir donné le courage et la volonté nécessaires pour atteindre mon travail.

Je dédicace ce modeste travail :

- ✓ *Merci ma très chère mère qui s'est toujours sacrifiée pour mon éducation et qui m'a entourée de son de son amour et de son affection, ainsi qu'a ma très cher père qu'est à l'origine de ce qui je suis ;*
- ✓ *A Mes très chers frères et sœurs ;*
- ✓ *A tout ma famille chacun par son nom Bensmaili*
- ✓ *A Ma binôme et sa Famille ;*

A mon promoteur Mr mehaiguene Madjid pour ses conseils et ses Consultations qui m'ont tout aidé à la réalisation de mon travail.

Ainsi qu'à toute ma famille de l'université Djilali Bounaama Khemis Miliana, surtout la promotion «eau et bioclimatologie 2016»

B.Hayat

Résumé :

Les flux de sédiments en suspension recueillis à l'exutoire d'un bassin versant sont étroitement liés aux débits liquides. Les modèles de relation liant ces deux paramètres reposent sur des concepts similaires faisant intervenir la loi de puissance $Y = aX^b$. Bien que la validité d'une telle relation n'est pas à prouver, une analyse qualitative de la constante a et de l'exposant b a été effectuée pour un bassin versant situé en zone semi-aride : Haut et Moyen Chéouiff (Algérie). Les différentes échelles temporelles d'analyse utilisées ont permis d'expliquer le comportement des paramètres de l'équation en vue d'une meilleure compréhension de cette relation et de relier ces paramètres aux facteurs qui induisent le débit solide.

L'objectif principal à trait aux aspects théoriques et pratiques du phénomène du transport solide en suspension. Les résultats ont permis d'identifier de manière assez concluante les modèles saisonniers. L'échelle saisonnière est très représentative du phénomène de transport solide dans le bassin versant. D'autres part, l'événement averse crue s'est avéré l'unité hydrologique la plus adéquate pour les analyses en relation avec le transport solide.

Mots clés : Algérie, bassin versant, débit solide, débit liquide, Haut et Moyen Chéouiff,

Courbe de transport solide, relation de puissance.

Abstract

the flows of sediments in suspension collected in the release of a paying pond are closely linked to the liquid debits ,the models of relation linking these two parameters rest on similar concepts bringing in the law of power $y=aX^b$

Although the validity of such a relation is not to be proved, a qualitative analysis of the constant has and of the exhibitor b was made for a paying (pouring) pond situated in semidry zone : top and average chéiff(Algeria).

The various temporal scales (ladders) of analysis used allowed to explain the behavior of the parameters of the equation with the factors which lead the solid debit.The objective main at feature the aspects theoretical and practice of the phenomenon of transport solid in suspension. The results have allwed identified of way enough conclusive the models seasonal . The scale seasonal east very representative of phenenomenon of transport solid in the basin slope. Other hand, event downpour flood its out single hydrological the more adequate for analyses in relationship with the transport solide.

Key-words: basin, High and low Chéiff, sédiment discharge, flow discharge, Sédiment, rating curve, power relation.



Dédicaces

Je dédie ce travail :

*A mes parents les très chers dans le monde, pour leur soutien et
encouragement.*

A mes frères et sœurs.

A toute ma famille du petit au grand.

*Aux étudiants de la 05ème promotion au LMD, Surtout les étudiants
de spécialité «Eau et Bioclimatologie »*

A ma binôme et sa famille

Mon promoteur Mr Mehaiguen Madjid pour ses conseil et ses

Consultations qui m'ont aidé à la réalisation de mon travail.

*Et surtout à mes très chères amies qui font mon équilibre, pour leur
présence dans ma vie*

T.Bakhta.

Liste des Abréviations

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques.

ONM : office Nationale Météorologique.

ABH : Agence du Bassin Hydrographique de Chlef Zahres.

Qs : débit solide (Kg/s).

Ql :débit liquide (m^3/s).

Ds : Dégradation spécifique (tonne/ km^2).

Ki : hydraulicité.

Cv : coefficient de variation (%).

Liste des figures

Numéro	Titre	Page
Figure 01 :	Rejaillissement du sol et de l'eau suite à l'impact d'une goutte d'eau ou effet splash	4
Figure 02 :	Modes de transport par ruissellement.....	4
Figure 03:	Erosion en nappe.....	5
Figure 04:	Erosion en ravines	6
Figure 05 :	Diagramme érosion, transport, sédimentation.....	8
Figure 06 :	Transport en charriage	9
Figure 07 :	Transport en suspension	10
Figure 08:	Bassin versant Haut et Moyen Cheliff.....	12
Figure 09:	Variations mensuelles des précipitations moyennes et l'évapotranspiration potentielle dans le bassin Haut et Moyen Cheliff.....	17
Figure 10 :	Les principes affluents de l'oued Chélif.....	19
Figure 11:	Localisation des stations hydrométriques du bassin haut et moyen Cheliff.....	21
Figure 12 :	variation journalière des débits liquides et de turbidité à la station pontebat(Crue de mai 1998).....	33
Figure 13 :	variation journalière des débits et de turbidité à la station Ghrib amont(Crue de mai 1990)	33
Figure 14 :	variation journalière des débits liquides et de la turbidité à la station El Abadai (crue d'avril 1992).....	34
Figure 15:	variation journalière des débits liquides et de la turbidité à la station Arib Chélif (Crue mars 1995).....	35
Figure 16 :	variations journalières des débits et de la turbidité crue d'avril 1992.....	37
Figure 17:	Evolution débit solide-débit liquide des crues	39
Figure 18 :	Evolution débit solide-débit liquide des crues	40
Figure 19 :	Evolution débit solide-débit liquide des crues	41
Figure 20 :	Evolution débit solide-débit liquide des crues	42
Figure 21 :	Evolution débit solide-débit liquide des crues	43
Figure 22 :	Evolution débit solide-débit liquide des crues	44
Figure 23 :	Relation entre (a) et l'exposant b	45
Figure 24 :	Evolution débit solide - débit liquide à l'échelle mensuelle.....	46
Figure 25 :	Evolution débit solide - débit liquide à l'échelle mensuelle.....	47
Figure 26 :	Relation mensuelle entre (a) et l'exposant b	48

Liste des figures

Numéro	Titre	Page
Figure 27 :	Relation saisonnière entre le paramètre (a) et l'exposant b	49
Figure 28 :	Evolution débit solide- débit liquide à l'échelle annuelle.	50
Figure 29 :	Relation annuelle entre le paramètre a et l'exposant b	51
Figure 30 :	Variation de (a) en fonction de l'Hydraulicité K_i	52
Figure 31 :	Variation de (a) en fonction de l'Hydraulicité K_i (années sèches).....	52
Figure 32 :	Variation de (a) en fonction de l'Hydraulicité K_i (années humides).....	52
Figure 33/	Variation de l'exposant (b) en fonction de l'Hydraulicité K_i (années humides).	53
Figure 34 :	Variation de l'exposant (b) en fonction de l'Hydraulicité K_i (années sèches).	53

Liste des tableaux

Numéro	Titre des tableaux	page
Tableau 01:	Caractéristiques morphométriques des bassins versants de la région d'étude.	13
Tableau 02 :	Données pluviométriques	15
Tableau 03 :	Températures moyennes mensuelles (°C)	16
Tableau 04:	Evapotranspirations potentielles moyennes mensuelles (mm).....	17
Tableau 05:	Caractéristiques des stations hydrométriques situées dans le bassin du Haut et du Moyen Cheliff	20
Tableau 06 :	Les barrages en exploitation	22
Tableau 07 :	données collectées des débits liquides et turbidité dans la station 012001	24
Tableau 08 :	données collectées des débits liquides et turbidité des années a la station de 011210	25
Tableau 09 :	Résultat de calcul à la station 012001	26
Tableau 10 :	Résultat de calcul à la station de 011210.....	27
Tableau 11:	Paramètres statistiques des variables, concentration, débit liquide et débit solide à l'échelle annuelle dans le bassin versant Moyen Cheliff	29
Tableau 12 :	Paramètres statistiques des variables, concentration, débit liquide et débits solides à l'échelle annuelle haut chéiff.....	30
Tableau 13 :	turbidité et dégradations spécifique lors crue Mai 1998.....	32
Tableau 14:	turbidité et dégradations spécifique lors crue mai 1990.....	33
Tableau 15:	turbidité et dégradations spécifique lors crue d' avril 1992.	34
Tableau 16:	turbidité et dégradations spécifique lors crue mai 1995.	35
Tableau 17 :	Relation débit solide-débit liquide des crues considérées.	38
Tableau 19 :	Relations débit solide - débit liquide à l'échelle mensuelle	45

Liste des tableaux

Numéro	Titre des tableaux	Numéro de page
Tableau 20	: Relations débit solide - débit liquide à l'échelle saisonnière.	47
Tableau 21	: Relation débit solide débit liquide à l'échelle annuelle.	48

Sommaire

Remerciement

Dédicaces

Résumé

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Table des matières

Introduction générale

CHAPITRE I :APERÇU BIBLIOGRAPHIQUE

I-Erosion.....	3
I.1 -Types d'érosion	3
I.1.1-Erosion hydrique.....	3
I.1.1.1-Origine et mécanisme	3
I.1.1.2- Formes de l'érosion	4
II-stations hydrométriques.....	7
III-Transport solide	8
III.1- Modes de transport solide	9
III.1.1-Transport solide par charriage	9
III.1.2-Transport solide en suspension.....	10

CHAPITRE II :PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

II.1. Situation géographique	13
II.2. Caractéristiques morphométriques	14
II. 3. Caractéristiques hydro climatologiques.....	15
II. 3.1. Climatologie	15
II.3.1.1 Pluviométrie.....	15
II.3.1.2.Température.....	17
II.3.1.3 .Evapotranspiration.....	17
II.3. 2 Réseau HYDROGRAPHIQUE	19
II.3.3.Stations Hydrométriques	21
II .3.4.Agriculture :.....	22
II.4.Mobilisation des ressources en eau superficielle.....	22
II.4.1.Barrages	22
II.4.2.Retenues collinaires.....	23

CHAPITRE III : MATRIELES ET METHODES

III.1.Données Et Méthodologie :.....	25
III.2.Méthode de travail.....	27
III.2.1.Mise en forme et traitement des données	29

CHAPITRE IV :RESULTATS ET DISCUSSIONS

IV.1. L'importance de la turbidité et ses liens avec l'écoulement des crues	33
IV.2. Evaluation des apports solides dans les stations hydrométriques	39

IV.2.1. Échelle instantanée (Crues).....	39
IV.2.2. Échelle mensuelle.....	47
IV.2.3.Échelle saisonnière.....	49
IV.2.4. Échelle annuelle	50

Conclusion générale

Références bibliographiques

Introduction générale

La mobilisation des matériaux solides sur les versants et leur transport éventuel par cours d'eau, représentent deux phénomènes distincts, mais liés entre eux. Le débit solide moyen des sédiments en suspension Q_s qui transitent une section d'écoulement moyen est calculé par le produit de la concentration moyenne des sédiments en suspension C_s et du débit liquide moyen Q durant une période de temps donnée.

La concentration des sédiments en suspension C_s et le débit liquide évoluent en général suivant un modèle de puissance $Y=aX^b$ (Etchanchu et al. 1986 ; Walling et al. 1981 ; Wood, 1977 et Benkhaled AEK, 2003).

Une relation empirique, communément appelée courbe du transport solide lie le débit solide au débit liquide (Campbell et al. 1940 ; Crawford 1991 et Benkhaled AEK, 2003).

L'objectif principal à trait aux aspects théoriques et pratiques du phénomène du transport solide en suspension. Les résultats ont permis d'identifier de manière assez concluante les modèles saisonniers. L'échelle saisonnière est très représentative du phénomène de transport solide dans le bassin versant. D'autres parts, l'événement averse crue s'est avéré l'unité hydrologique la plus adéquate pour les analyses en relation avec le transport solide.

Ainsi, notre document est divisé en quatre (04) chapitres distincts :

- Le premier chapitre de cette étude présente brièvement des généralités sur l'érosion et le transport solide,
- le deuxième comprend l'étude de la région, sa situation géographique.
- le troisième chapitre consiste à la collecte et le traitement des données.
- Enfin le quatrième chapitre nous discutons les résultats finaux de travail

Ce travail est entamé par une introduction générale et se termine par une conclusion générale.

I-Erosion

L'érosion est définie comme étant l'usure de la surface du sol par des phénomènes naturels comme le vent et le ruissellement de surface. Il s'agit d'un processus continu, mais il peut être accéléré si des mesures de contrôle ne sont pas instaurées. À l'instar du ruissellement de surface, l'érosion laisse des sédiments et des éléments nutritifs malsains s'introduire dans nos sources d'eau potable (Gisler et al. 2011).

I.1. Types d'érosion

) L'érosion hydrique

) L'érosion éolienne

I.1.1. Erosion hydrique

Selon Cros-Cayot, (1996 in Le Bissonais et al, 1998 et Mokhtari F,2012), « L'érosion des sols par l'eau se développe lorsque les eaux de pluie, ne pouvant plus s'infiltrer dans le sol, ruissellent sur la parcelle en emportant les particules de terre. Ce refus du sol d'absorber les eaux en excédent apparaît soit lorsque l'intensité des pluies est supérieure à l'infiltrabilité de la surface du sol, soit lorsque la pluie arrive sur une surface partiellement ou totalement saturée par une nappe».

I.1.1.1. Origine et mécanisme

a-Origine

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

b-Mécanisme

b.1- Erosion 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 se développent simultanément.

La dégradation de la structure:

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

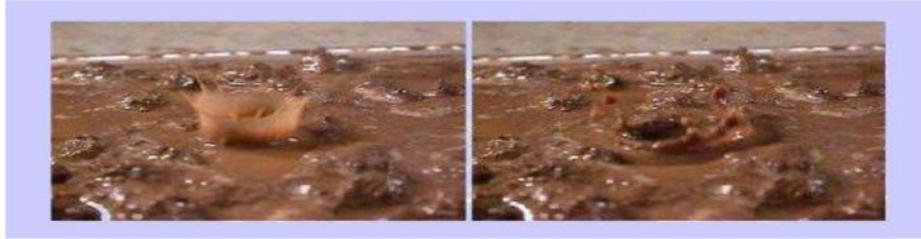


Figure 01 : Rejaillissement du sol et de l'eau suite à l'impact d'une goutte d'eau ou effet splash (Hadidi, A, 2008)

b.2-Erosion par ruissellement

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

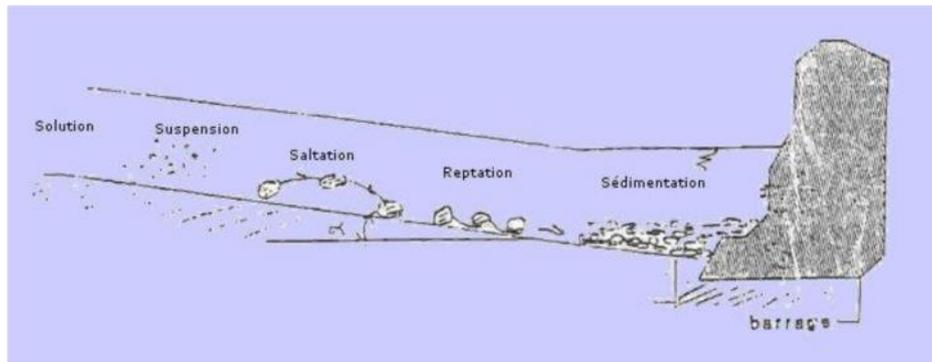


Figure 02 : Modes de transport par ruissellement (Hadidi, A, 2008)

I.1.1.2- Les Formes de l'érosion

a- L'érosion en nappe

C'est l'érosion élémentaire du sol, l'écoulement uniforme – ou non concentré (diffus) – de l'eau sur la surface du sol peut arracher et entraîner des particules fines qui sont alors transportées vers l'aval du bassin versant. On qualifie cette érosion d'érosion « en nappe ». À cause de son caractère diffus, ce type d'érosion est difficilement détectable et se manifeste sur les pentes faibles où la végétation pousse difficilement (Miramon, 1997 ; Roose et Sabir, 2002), ou lorsqu'elle est en sur élévation par rapport à la surface. Il peut causer des pertes de sol importantes.



Figure 03: Erosion en nappe (Mokhtari F, 2012)

Tous les types de sol peuvent, à des degrés divers, être touchés par l'érosion en nappe. L'adoption de mesures préventives permet dans une large mesure d'éviter l'apparition de ce problème.

Les zones touchées par l'érosion en nappe sont identifiables par des rendements plus faibles et des teintes de sol plus pâles, ainsi que par des sites de déposition du matériel érodé quand des replats sont situés en aval. Les zones érodées présenteront une couche arable plus mince que les autres parties du champ, l'activité de la mésofaune et la macroporosité s'effondrent, la capacité d'infiltration diminue (Roose et Sabir , 2002 ; Beaulieu et al., 2007).

b-L'érosion linéaire ou(micro-channel)

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 ruissellement dans les creux. À ce stade, les rigoles ne convergentes pas mais forment des ruisselets parallèles.(Hadidi, A,2008)

c- L'érosion par ravinement

La ravine est une rigole approfondie où se concentrent les filets d'eau. La rigole se transforme en ravine lorsque sa profondeur interdit son nivellement par des simples instruments aratoires. Le ravinement constitue un stade avancé de l'érosion. Les ravines peuvent atteindre des dimensions considérables. L'approfondissement des ravines remonte du bas vers le haut de la pente (érosion régressive).(Hadidi,A ,2008)



Figure 04: Erosion en ravines (Mokhtari F, 2012)

d- La sédimentation

Les particules arrachées aux terres se déposent entre le lieu d'origine et les mers en fonction :

1. de leur dimension
2. de leur densité
3. De la capacité de transport du ruissellement ou de la rivière.

Les particules se déposent dans l'ordre suivant :

1. Sable
2. Sable fin
3. limon.

Les argiles et l'humus colloïdal sont généralement transportés jusqu'à l'embouchure du cours d'eau où ils se déposent soit après évaporation de l'eau, soit après floculation.(Ammari,A,2012)

I.1.1.3-Facteurs de l'érosion hydrique

a- Influence du climat

Le changement de température, la hauteur de précipitation et le vent ont des effets Prépondérants sur l'altération mécanique des roches.

Leur influence sur l'érosion est difficile à évaluer à cause de leur variation.(Benaicha,A,2011)

b-La morphologie du terrain (la pente et longueur de la pente)

Les facteurs topographiques essentiels sont la pente du bassin versant, le relief, la densité du drainage, l'importance des reliefs et des plaines d'inondation, l'orientation et la taille du bassin.

Les fortes pentes avec un écoulement rapide sont généralement à l'origine d'une érosion excessive dont l'importance dépend de la géologie des sols et la protection de la couverture végétale.(**Benaïcha,A,2011**)

c- Le sol

Les roches sont exposées à la pluie, au vent et aux forces de gravité, il peut y avoir désagrégation.

La structure et texture des sols, leur perméabilité, la présence de certains éléments chimiques et matières organiques conditionnent l'érodabilité des sols.(**Benaïcha,A,2011**)

d-Le couvert végétal

Un bon couvert végétal limite l'érosion en dissipant l'énergie de pluie; favorise l'infiltration et s'oppose à toutes les formes d'érosions.

L'occupation des terres est en rapport direct avec les activités humaines qui sont l'agriculture, l'élevage, les exploitations minières, l'abatage du bois, la construction des routes et l'urbanisation vu la suppression de la végétation, entourant sur les phénomènes d'érosion.(**Benaïcha,A,2011**)

e- L'homme

L'homme peut être à l'origine de déclenchement et de l'accélération de l'érosion par des actions telles :

- Défrichement de la forêt.
- Incendie et surpâturage.
- Techniques culturales.(**Ammari,A,2012**)

II-stations hydrométriques

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 limnimétrique.

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).

III-Transport solide

Le transport solide représente la quantité de matériaux granulaires transportée par un cours d'eau, les sédiments ainsi emportés proviennent soit du bassin versant soit des berges ou du fond du lit mineur. Dans le premier cas l'érosion qui se manifeste est dite aréolaire appelée aussi érosion en nappe ou en rigole, les particules entraînées en surface sont fines et souvent cohésives. Dans le deuxième cas on parle d'érosion linéaire, elle persiste même quand la pluie cesse de tomber, elle mobilise des forces hydrodynamiques importantes qui finissent par transporter des matériaux très grossiers. Les deux propriétés du cours d'eau qui permettent de contrôler l'abondance et le cheminement de cette fourniture sédimentaire sont :

- **Sa compétence**

Elle est mesurée par le diamètre maximum des débris rocheux que peut transporter le cours d'eau. Cette caractéristique est essentiellement fonction de la vitesse de l'eau. Les variations de la compétence en fonction de la vitesse et la granulométrie du substrat ont été étudiées par Hjulstrom (1930) (Fig.05).

- **Sa capacité**

C'est la quantité maximale de matériaux solides que peut transporter en un point et à un instant donné le cours d'eau. La capacité est fonction de la vitesse de l'eau, du débit et des caractéristiques de la section (forme, rugosité, etc.). (Bouguerra, S, 2014).

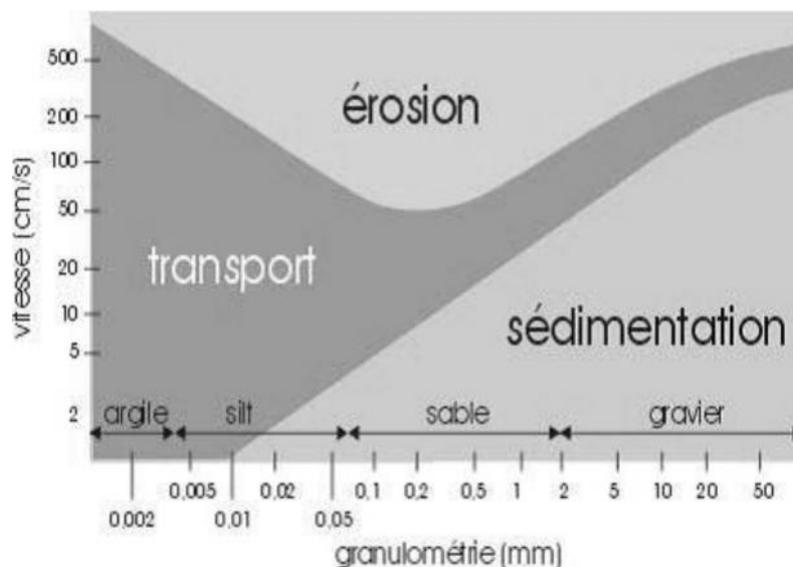


Figure 05 : Diagramme érosion, transport, sédimentation.

(Hjulstrom, F, 1930)

III.1- Modes de transport solide

III.1.1-Transport solide par charriage

Le charriage se produit près du fond, il ne concerne que des particules grossières (sables, gravier, galets et blocs) de diamètre supérieur à 1 mm, elles subissent un début d'entraînement sous l'effet d'un accroissement de forces hydrodynamiques qui leur sont appliqués à savoir la force de trainée et la force de pression (portance).

Ces particules commencent à se déplacer le long du lit du cours d'eau en roulant, glissant ou éventuellement par des sauts, par saltation (Fig06), leurs vitesses est inférieure à celle de l'écoulement. Le charriage crée, sous certaines conditions, des formes de fond : rides, dunes, anti-dunes. Les mesures sur le terrain du transport solide par charriage sont très onéreuses à cause des perturbations de l'écoulement. (Bouguerra, S, 2014).



Figure 06 : Transport en charriage (Oued Cheliff-Ghrib),(Mokhtari El,2008)

III.1.2-Transport solide en suspension

Au fur et à mesure que la vitesse du courant s'accroît dans un cours d'eau, l'intensité de la turbulence et l'épaisseur de la couche turbulente s'accroissent également. On arrive finalement à un stade où les particules en saltation atteignent une hauteur au-dessus du fond où les forces ascensionnelles fluctuantes dues à la turbulence dépassent le poids des particules.

Il s'agit de particules fines (argiles, colloïdes et quelquefois de silts limons, sables fins) qui se déplacent sur de grandes distances et le débit solide croît de l'amont vers l'aval. Un des critères usuels pour définir les conditions dans lesquelles se produit un transport en suspension est le paramètre limite de mobilité défini comme étant le rapport

entre les forces de cisaillement et les forces de gravité Einstein(1944) donne une limite plus restrictive à savoir .(Bouguerra,S,2014)



Figure 07 : Transport en suspension (Mokhtari El,2008)

II.1. Situation géographique

Le bassin du Cheliff qui s'étend sur 43750 km², est le plus vaste bassin hydrographique du nord du pays. Il est compartimenté naturellement en trois bassins versants :

-) Le bassin du Cheliff-amont du barrage de Boughzoul,
-) Le bassin du Haut et du Moyen Cheliff,
-) Le bassin du Bas Cheliff et de la Mina.

Le bassin versant du Haut et Moyen Cheliff s'étend sur une superficie : 10 930 Km², Il est situé à 100km au sud-ouest d'Alger ,il est limité :

-) Au nord par la continuité occidentale du djebel Zaccar (1578m d'altitude).
-) Au sud les contreforts de l'Ouarsenis qui culmine à 1200 m près de bordj-bounaama.
-) A l'est par djebel Gountas
-) A l'ouest par le bassin du bas Cheliff. (ABH ,2006)

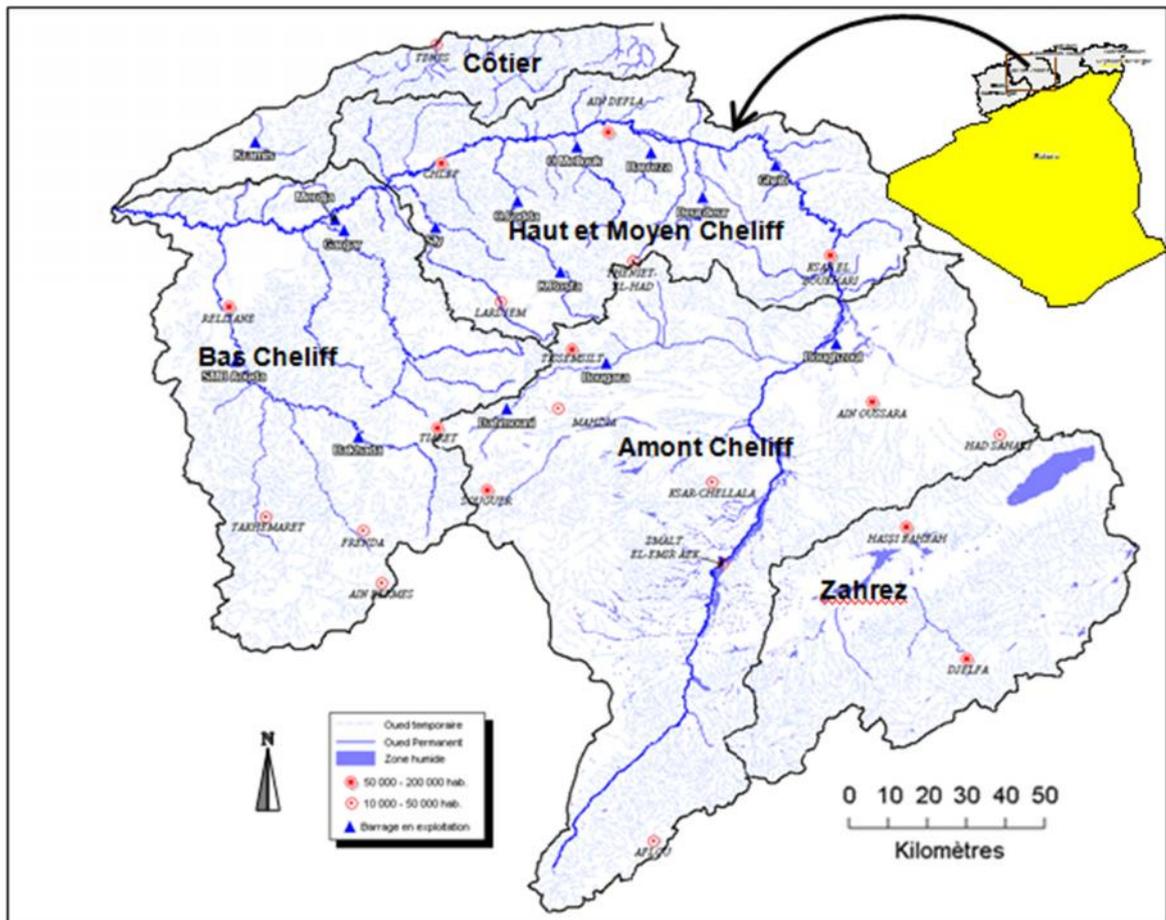


Figure 08: Bassin versant Haut et Moyen Cheliff. (ABH 2006)

II.2. Caractéristiques morphométriques

On constate, que l'ensemble de la région étudiée (Haut et Moyen Cheliff) se range dans la classe du relief modéré, à cause vraisemblablement de l'influence de la surface, ce qui se traduit par l'atténuation du relief d'ensemble

Dans ce même sens, et du fait que ce genre de classement comparatif s'applique mieux à des bassins de petite taille, l'importance relative de la surface des bassins étudiés «égalisé» en quelque sorte le relief, d'où les faibles différences entre les classes du relief trouvées

Cette brève analyse a permis de relever les nuances morphométriques existant entre les unités de la région d'étude. Cependant le bassin du Haut et Moyen Cheliff à l'aval Boughzoul, montrent des caractères morphométriques assez particuliers, favorisant, à priori, le ruissellement de surface et le déclenchement de crues rapides : concentration relativement poussée du chevelu hydrographique, densité de drainage permanent élevée, pentes des thalwegs les plus fortes.

Tableau 1 : Caractéristiques morphométriques des bassins versants de la région d'étude.

Sous bassin	Surface (A) (km ²)	Périmètre (P) (km)	Altitude moyenne (m)	Altitude minimale (m)	Altitude maximale (m)	indice de compacité (kc)	Indice de pente global (Ig) (m/km)	Dénivelée spécifique (Ds) (m)	Classe de relief
0113	992,85	179,96	900	600	1800	1,60	16,91	532,84	Relief très fort
0114	1383,69	176,81	870	500	1600	1,33	17,67	657,29	Relief très fort
0115	767,29	168,95	600	300	1300	1,70	15,01	415,78	Relief assez fort
0116	743,97	142,68	980	300	1800	1,46	19,41	568,42	Relief très fort
0117	857,64	185,65	575	300	1600	1,76	23,87	651,09	Relief très fort
0118	690,55	141,10	610	200	1500	1,51	23,73	619,08	Relief très fort
0119	898,54	173,69	640	200	1700	1,62	21,38	640,87	Relief très fort
0120	570,52	142,58	370	200	1100	1,67	14,49	346,10	Relief assez fort
0121	1161,32	212,75	785	200	1800	1,75	18,08	616,13	Relief très fort
0122	1437,44	224,12	375	100	1100	1,66	11,31	428,80	Relief assez fort
0123	1405,47	225,12	710	100	1700	1,68	17,30	648,58	Relief très fort

Source ABH 2006

II. 3. Caractéristiques hydro climatologiques

II. 3.1. Climatologie

II.3.1.1 Pluviométrie

Le bassin du Haut et du Moyen Cheliff est équipé d'un réseau pluviométrique de (57) postes, dont (53) sont opérationnels, soit une densité de (05) postes pour 1000 Km². La pluviométrie moyenne interannuelle dans le bassin varie de 227 à 700 mm ; elle est concentrée sur les versants sud des monts de Dahra et du Zaccar, avec une moyenne interannuelle maximale de 700 mm dans la station de Sidi Medjahed (011803) commune de Ben Allel (wilaya de Ain Defla) et deux autres valeurs de plus de 600 mm enregistrées dans les deux stations El Aneb (011806) commune El Amra (wilaya de Ain Defla) ainsi qu'à la station Médéa-secteur (011509), localisée au sud de l'Atlas Blidéen. Les précipitations diminuent dans la vallée du Cheliff où elles varient entre 300 et 400 mm ; une moyenne interannuelle minimale de 227 mm est enregistrée dans la station de Sidi Slimane (012119) commune de Sidi Slimane (wilaya de Tissemsilt). (**ABH 2006**).

Tableau1 02 : Données pluviométriques

Postes Pluviométrique s	Année 2001/2002													Moyenne interannuelle (1968-2001) (mm)
	sep t	oct	nov	dec	jan v	fev	mar s	avri l	mai	jui n	jui l	aoû t	Total (mm)	
11301	44,1	10,6	14,1	19,3	21,5	24,3	4,3	16,4	5,7	0,5	7,3	14	182,1	302
11302	33,1	2,3	40,2	42,2	30,9	15,6	25,1	28,7	13,6	0	1,2	13,1	246	457
11404	66	17	18,5	42,5	*	16	32,5	27,1	0	*	0	49	-	501
11405	33,1	2,3	40,2	42,2	30,9	15,6	25,1	28,7	13,6	0	1,2	13,1	246	452
11407	33	4,3	66,1	48,4	34,4	27,9	45,8	28,9	8,2	0	0	28,3	325,3	451
11501	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	366
11509	59,4	4,4	69	51,6	62,6	27,9	51,4	35,4	16,6	0,8	4,7	15,7	399,5	623
11510	31,1	17,3	33,6	31	20,7	6,3	25,9	23,3	21	0	0	24,4	234,6	429
11512	32,5	23,1	49,9	38,5	27,9	13,6	22,4	24,6	18,2	0	0	20,8	271,5	462
11514	19,2	14,1	55,1	40,6	29,7	13,1	29,2	37,9	26,4	0,3	0	33,6	299,2	426
11601	36,5	11,1	32,1	22,6	21,2	7,1	22,5	19,1	33,3	0	2,2	25,7	233,4	309
11603	25,5	11,5	30,9	38,7	9	28,1	26,8	32,2	13,3	0	5,5	23,2	244,7	425
11604	31	4	20	23	9	23	21	34	42	0	0	*	-	329
11702	22,2	5	83,5	28,9	19,6	16,8	32,5	45,4	22,5	0	0	0	276,4	444
11715	21,9	10,9	59,4	27,8	17,2	14,8	25,9	25,6	25,2	0	0	9,2	237,9	367
11801	8	9,4	77,6	31,6	26,9	17,4	51,1	44	43,5	0	0	6,2	315,7	505
12001	0	*	63,1	22,5	30,1	9	51,2	43,3	40,6	0	0	3,9	-	382
12004	16,6	2,5	81	37,3	31,7	8	50,9	32,8	24,9	0	*	12,6	-	359
12110	10,8	*	72	14,2	13,3	3,6	29,1	23,2	30,9	0	0	2	-	407
12201	31,1	3,2	134,4	33,2	17,3	13,3	49,7	51,6	34,8	3	0	7,9	379,5	375
12203	197	1,4	111,7	31,5	28	5	45,5	45,3	41,1	0	0	9,8	516,3	416

Source ABH 2006

(*) Données non observées

(-) année incomplète

II.3.1.2. Température

Les données sur les températures moyennes mensuelles présentées dans le tableau suivant sont celles des stations gérées par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) et par l'Office National de Météorologie (ONM). Ces données sont relevées à partir des cartes de températures moyennes mensuelles éditées récemment par l'ANRH. Le bassin du Haut et du Moyen Cheliff est caractérisé par une température moyenne interannuelle oscillant de 13 à 20°C, avec un maximum mensuel de plus de 30,6°C, enregistré au mois de juillet à la station de Ain Defla et un minimum mensuel de 4,6°C enregistré au mois de janvier à la station de Ouzera, commune de Zoubiria (wilaya de Médéa). (ABH, 2006)

Tableau 03 : Températures moyennes mensuelles (°C)

Sous bassin	Station	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Moyenne annuelle
110	TISSEMSILT	5,8	5,4	8,7	11,1	16,5	20,5	25,4	25,3	21	15,1	9,9	6	14,2
114	KSAR EL BOUKHARI	5,7	7,1	9,9	13,1	17	21,5	26,3	25,3	21,5	16	10,4	6,2	15
	OUZERA	4,6	6,2	8,4	10,9	15,7	20	25,6	25,3	19,5	14,6	8,5	5,7	13,7
115	ZOUBIRIA MONGORNO	5,1	6,4	9,1	12	15,9	20,4	24,7	24,7	20,6	15,6	9,9	6	14,2
	MEDEA	6,8	6,7	9,8	12,3	15,4	20,4	24,6	24,4	20,8	15,4	11	6,4	14,5
	GHRIB BGE	8,2	9,3	12,3	13,3	17,6	22,3	26,1	27	21,9	17,5	12,7	8,8	16,4
117	MILIANA	8,9	10,3	11,8	13,8	18	22,7	26,7	27,3	23,3	18,3	13	9,9	17
118	AIN DEFLA	8,9	9,8	12,6	16	20,5	26	30,6	30,3	25,9	20,4	13,7	9,9	18,7
119	THENIET EL HAD	4,7	5,8	8,5	11,3	15,2	20,3	23,8	24,1	19,6	14,8	8,9	6	13,5
120	EL ABADIA	9,1	10,3	12,6	15,3	19,0	24	28,5	28,9	25,4	19,1	13,9	9,7	17,9
121	SIDI SLIMANE	7,3	8,1	9,9	12,6	17,2	21	26,5	27,1	22,3	16,8	10,9	7,7	15,6
122	CHLEF	9,6	10,9	13,4	16,4	20,8	25,6	29,6	29,8	25,3	19,4	13,9	10,1	18,7
	CHLEF ONM	9,4	10,7	12,9	15,4	20,1	24	28,9	29,4	25,4	19,8	13,8	10,1	18,3

Source ABH 2006

II.3.1.3 .Evapotranspiration

Les données de l'évapotranspiration présentées dans le tableau ci-dessous sont relevées à partir des cartes de l'évapotranspiration mensuelle et annuelle éditées par les services de l'ANRH. D'après la carte de l'évapotranspiration présentée ci-contre, on observe de fortes valeurs dans la vallée du Haut et du Moyen Cheliff. Elle atteint une valeur maximale de 1570 mm dans la station de Ain Defla ; par contre on enregistre de faibles valeurs dans la station de Teniet El Had et Miliana situés dans les piémonts du

bassin du Haut et du Moyen Cheliff. Le total potentiel évapotranspiré annuellement varie de 1200 mm à 1600 mm, soit plus du double du total de la pluviométrie. En saison froide l'ETP mensuelle décroît progressivement jusqu'à atteindre des valeurs inférieures à celles des précipitations. Par ailleurs elles sont fortement supérieures durant la saison chaude. (Voir graphe 7). (ABH, 2006)

Tableau 04: Evapotranspirations potentielles moyennes mensuelles (mm)

Sous bassin	Station	Jan	Fevr	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc	Moyenne annuelle
114	Ksar El Boukhari	31	45	83	123	163	198	237	214	143	89	46	28	1400
	ZoubiriaMongomo	28	41	76	113	151	186	220	199	136	86	43	27	1306
115	Ouzera	27	40	72	105	150	190	228	203	129	81	36	28	1289
	Médéa Secteur	34	42	80	114	146	184	218	195	136	84	46	28	1307
	Ghrib Barage	40	54	96	122	164	199	230	214	142	94	52	35	1442
117	Miliana	35	49	82	116	152	187	218	199	138	88	47	32	1343
	El Khemis	42	57	91	123	164	199	230	211	147	95	43	32	1434
118	Ain Defla	41	54	95	138	181	221	257	229	160	103	54	37	1570
119	Theniet El Had	27	38	72	107	145	184	212	194	130	82	40	27	1258
120	El Abadia	42	56	95	132	168	207	239	218	156	97	54	36	1500
121	Sidi Slimane	36	48	80	115	159	193	230	212	143	89	46	31	1382
122	Chlef	43	58	99	139	181	214	245	222	154	97	53	37	1542
	Chlef ONM	42	57	95	130	174	207	237	217	153	98	52	37	1499

Source ABH 2006

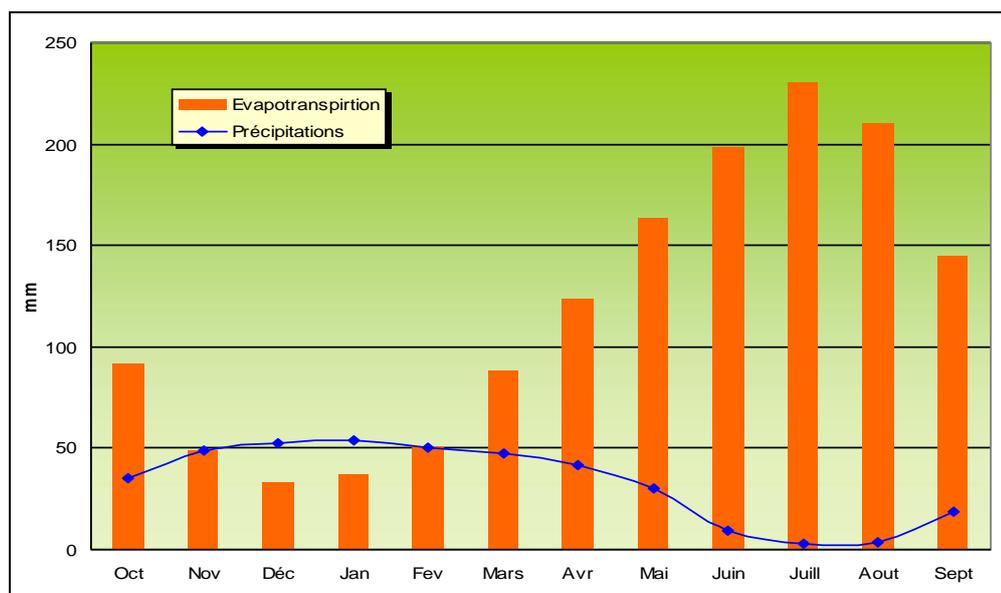


Figure 09: Variations mensuelles des précipitations moyennes et l'évapotranspiration potentielle dans le bassin Haut et Moyen Cheliff

II.3. 2 Réseau HYDROGRAPHIQUE

Le bassin du Haut et du Moyen Cheliff regroupe onze (11) sous bassins hydrographiques du 0113 au 0123 (voir carte n°2). Il présente un chevelu hydrographique très dense, avec un réseau de l'ordre de 2 181 km d'oueds permanents et 5 572 km d'oueds temporaires. Le principal cours d'eau, le Cheliff, traverse la zone sur 336 Km, qu'il draine avec ses affluents. La densité de drainage totale de la rive gauche est plus élevée que celle de la rive droite. Elle est de 0,93 km/km² dans le bassin d'Oued Fodda, sur la rive gauche et se réduit à 0,69 km/km² dans le bassin de l'oued Ebda, sur la rive droite.(ABH,2006)

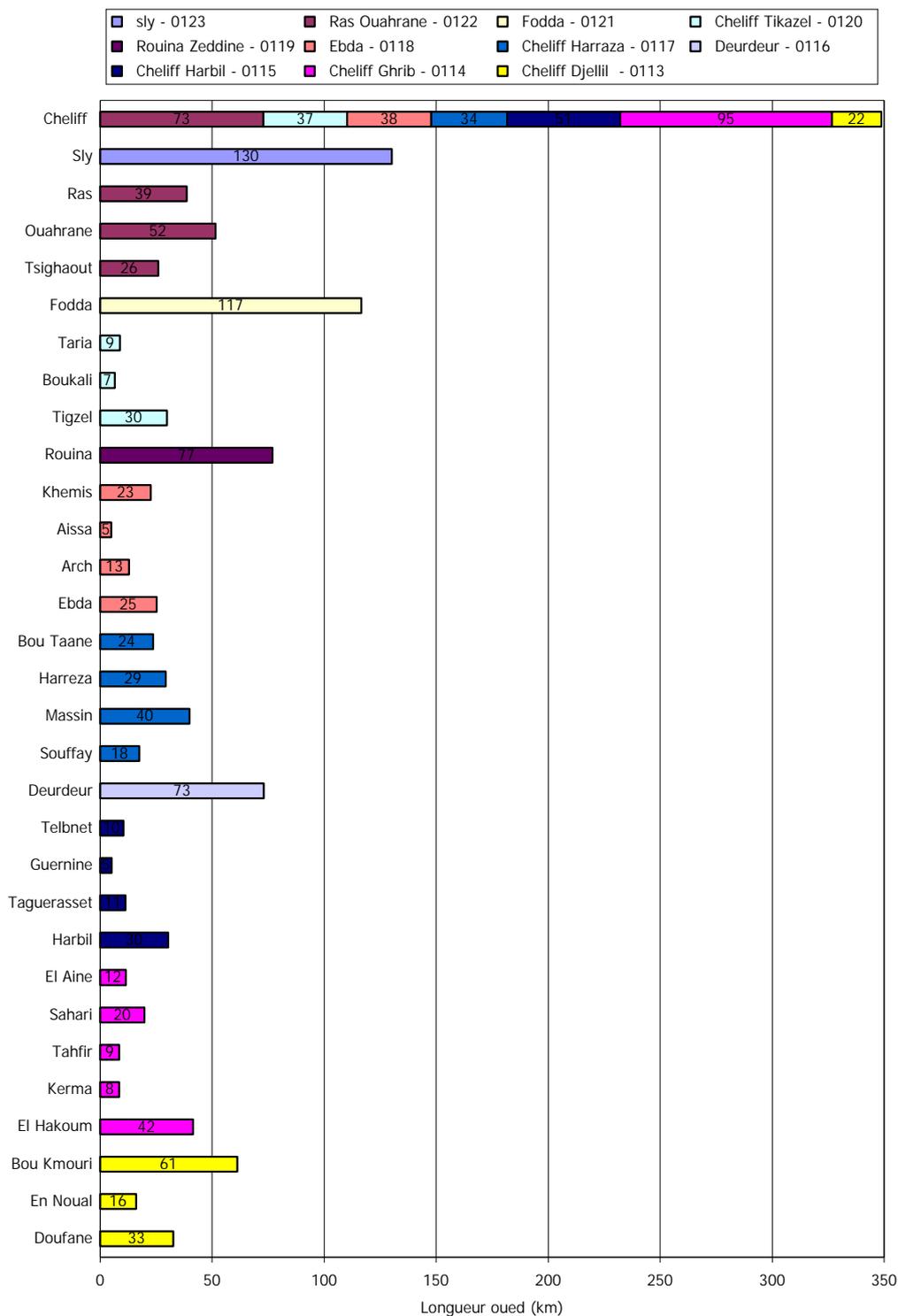


Figure 10 :Les principes affluents de l’oued Chélif.(ABH 2006)

Le graphe représente l’Oued Cheliff et ses principaux affluents, par sous bassin versant.

Il ya 31 oueds (Rouina Zeddine, Chélif Ghib, Derdeur, Chélif Tikazel).

II.3.3.Stations Hydrométriques

Le réseau d'observation de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) compte 16 stations hydrométriques. Le tableau suivant présente les données hydrométriques par station.

Tableau 05: Caractéristiques des stations hydrométriques situées dans le bassin du Haut et du Moyen Cheliff

Code	Dénomination	Mise en Service	Superficie contrôlée (km ²)	Période d'observation	Date	Qmax (m ³ /s)	Date	Qmax de l'année (m ³ /s)
011407	GHRIB AMONT	01/10/1976	1898	76-95	09-79	402,0	*	*
011501	TAMZGUIDA	01/09/1970	157	70-91	12-88	147,0	*	*
011514	SIDI BOUABDELAH	01/12/1990	22580	90-01	01-91	173,4	sept-01	6,1
011601	MARABOUT BLANC	01/12/1990	500	90-01	09-94	432,0	sept-01	2,2
011702	ARIB CHELIFF	01/02/1973	2452	68-01	03-73	562,2	nov-01	6,7
011715	EL ABABSA	01/09/1972	102	73-00	10-94	58,8	-	-
011801	ARIB EBDA	01/09/1970	270	83-94	12-88	175,0	*	*
011905	BIR OULED TAHAR	01/09/1989	435	90-01	05-97	191,0	nov-01	0,7
012001	EL ABADIA 1	01/02/1968	26414	80-91	01-91	952,8	*	*
012004	TIKAZAL	01/09/1972	130	-	-	-	-	-
012201	OULED FARES	01/09/1972	262	83-93	05-91	130,6		
012203	PONTEBA DEFLUENT	01/09/1958	27880	83-98	12-88	1300,0	oct-01	0,7
012204	SOBHA	01/09/1972	445	-	-	-	-	-

* Hors service

Source ABH 2006

- Non étalonnée

(*) Données Manquantes

(-) Station hors service

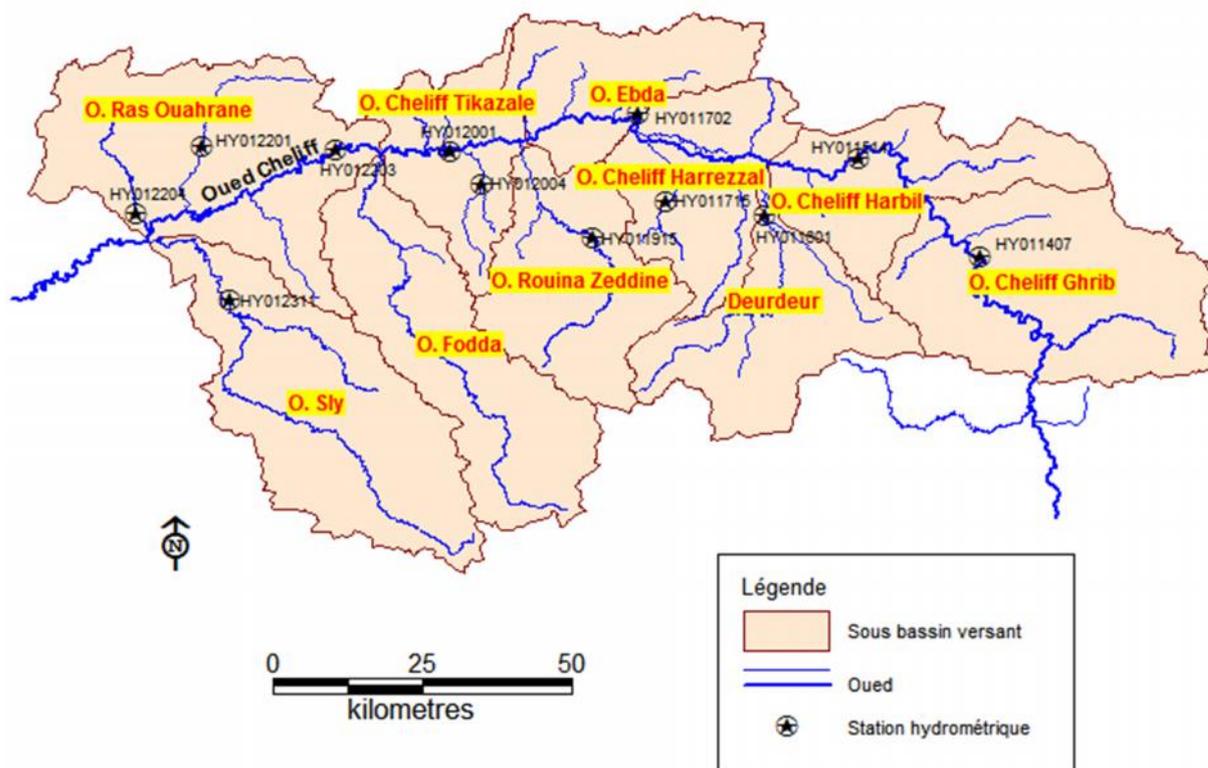


Figure 11: Localisation des stations hydrométriques du bassin haut et moyen Cheliff

II .3.4.Agriculture :

La Région est à vocation agricole, les principales spéculations qui y sont pratiquées sont les céréales, les fourrages, les cultures maraîchères, les cultures industrielles, l'arboriculture fruitière et les légumes secs.

II.4.Mobilisation des ressources en eau superficielle

II.4.1.Barrages

Le bassin du Haut et du Moyen Cheliff compte (06) barrages en exploitation, d'une capacité de stockage totale de 1033 Hm³, et un volume régularisé de 247 Hm³/an. Le tableau suivant illustre les données des six (06) barrages en exploitation. (ABH,2006)

Tableau 6 : Les barrages en exploitation

Nom du barrage	Sous bassin	Wilaya	Commune	Année mise en service	Capacité totale (hm ³)	Capacité utile		V.R (Hm ³ /an)	Affectation		
						Initiale (hm ³)	Actuelle (hm ³)		AEP	Ind.	IRR.
Boughzoul	0112	Médéa	Boughzoul	1934	55	55	35,6	Trans.			
Ghrib	0115	Ain Defla	Oued Chorfa	1939	280	280	145,2	86	AEP		IRR
Deurdeur	0116		Tarik Ibn Ziad	1985	115	115	110,2	28	AEP		IRR
Harreza	0117		Djelida	1984	75	70	69,2	23	AEP		IRR
Oued Fodda	0121	Chlef	BeniBouateb	1932	228	228	125,5	34	-		IRR
Sidi Yacoub	0123		Ouled Ben Aek	1986	280	280	278,9	76	AEP		IRR

V.R : le volume régularisé par barrage selon l'étude du PNE sur la période sèche de 1943/1993

II.4.2.Retenues collinaires

Les retenues collinaires recensées dans le bassin du Haut et du Moyen Cheliff sont au nombre de (56) retenues : vingt six (26) dans la wilaya de Médéa, quatre (04) dans la wilaya de Ain Defla, huit (08) dans la wilaya de Chleff, trois (03) dans la wilaya de Relizane et seize (16) dans la wilaya de Tissemsilt. Cependant la majorité des retenues collinaires sont abandonnées, vu leur taux d'envasement très avancé, qui atteint presque les 100%. (ABH, 2006)

III.1.Données Et Méthodologie

L'étude est réalisée à partir des données collectées au droit des stations hydrométriques. Les mesures effectuées ont trait à la détermination des valeurs de débits liquides instantanés et celles des concentrations des sédiments, les prélèvements s'étalent sur une période qui varie entre 5 années hydrologiques de 1989 à 1994 pour la station 011407 et 36 années hydrologiques allant de 1975 à 2001 de la station 012203

Tableau7 données collectées des débits liquides et turbidité dans la station 012001

code_station	date	heure	hauteur	débit liquide(m ³ /S)	Turbidité(g/L)
12001	01-avr-1992	13:00	140	17,23	6,55
12001	02-avr-1992	13:00	136	15,73	2,31
12001	03-avr-1992	13:00	134	14,97	2,72
12001	04-avr-1992	13:00	130	13,47	2,02
12001	05-avr-1992	13:00	130	13,47	1,41
12001	06-avr-1992	13:00	128	12,71	1,05
12001	07-avr-1992	13:00	128	12,71	1,14
12001	08-avr-1992	13:00	128	12,71	18,8
12001	09-avr-1992	13:00	325	175	78,8
12001	10-avr-1992	13:00	309	147,48	70,9
12001	11-avr-1992	13:00	275	102,5	37
12001	12-avr-1992	13:00	262	87,16	31,1
12001	13-avr-1992	13:00	185	35,7	7,1
12001	14-avr-1992	13:00	168	28,56	8,5
12001	15-avr-1992	13:00	160	25,2	7,8
12001	16-avr-1992	13:00	160	25,2	0,81
12001	17-avr-1992	13:00	150	21	7,86
12001	18-avr-1992	13:00	138	16,48	9,05
12001	19-avr-1992	13:00	134	14,97	3,63
12001	20-avr-1992	13:00	133	14,6	5,63
12001	21-avr-1992	13:00	120	9,7	6,1
12001	22-avr-1992	13:00	120	9,7	2,92
12001	23-avr-1992	13:00	114	7,78	1,71
12001	24-avr-1992	13:00	110	6,5	2,41
12001	25-avr-1992	13:00	108	6,04	2,31
12001	26-avr-1992	13:00	104	5,12	11,4
12001	27-avr-1992	13:00	98	3,86	14,5
12001	28-avr-1992	13:00	96	3,52	9
12001	29-avr-1992	13:00	94	3,18	7,24
12001	30-avr-1992	13:00	94	3,18	8,3

Tableau8 données collectées des débits liquides et turbidité des années a la station de 011210

Code de station	Date	Heure	Hauteur	bébit liquide(m³/S)	Turbidité (g/l)
011210	03-sept-1989	0800	290	109,200	34,00
011210	03-sept-1989	0900	280	95,400	36,00
011210	03-sept-1989	1300	270	81,600	11,00
011210	03-sept-1989	1500	260	67,800	2,70
011210	03-sept-1989	1700	250	54,000	3,60
011210	03-sept-1989	1800	240	45,200	11,80
011210	04-sept-1989	0800	230	36,400	15,00
011210	04-sept-1989	1100	220	27,600	1,80
011210	04-sept-1989	1300	210	18,800	1,20
011210	04-sept-1989	1500	200	10,000	2,40
011210	04-sept-1989	1700	190	8,625	11,30
011210	04-sept-1989	1800	180	7,250	2,20
011210	04-sept-1989	1900	170	5,875	2,10
011210	05-sept-1989	2000	160	4,500	3,00
011210	05-sept-1989	0800	140	2,700	2,50
011210	05-sept-1989	1200	160	4,500	1,60
011210	05-sept-1989	1300	150	3,500	4,00
011210	05-sept-1989	1600	140	2,700	1,80
011210	05-sept-1989	1700	190	8,625	2,40
011210	06-sept-1989	0800	90	0,750	1,60
011210	06-sept-1989	1300	80	0,500	5,50
011210	07-sept-1989	1300	90	0,750	0,70
011210	08-sept-1989	1300	80	0,500	0,60
011210	09-sept-1989	1300	77	0,425	5,30
011210	10-sept-1989	1300	75	0,375	0,50
011210	11-sept-1989	1300	69	0,230	0,00
011210	20-sept-1989	1300	65	0,150	0,00
011210	30-sept-1989	1300	65	0,150	0,00

Les données obtenues à partir l'ANRH à savoir sont : les débits liquides instantanés, la concentration journalière instantanée et les hauteurs d'eau instantanées saisies par L'ANRH sont utilisées dans la méthodologie de notre travail ainsi que pour le calcul des débits solides durant chaque crue pour toutes les stations retenues dans la région du Haut et Moyen Cheliff les résultats de calcul des débits solides au niveau des stations retenu sont renseignés dans le tableau 8

III.2.Méthode de travail

Il existe une relation entre les débits liquides et les débits solides. Pour calculer ces derniers nous avons utilisé la formule suivante :

$$Q.s.=(Ql* Turbidité). \quad (1)$$

Qs : débit solide Kg/s

Ql : débit liquide m³/s

Turbidité g/l

Tableau09 Résultat de calcul à la station 012001

code station	date	Débit liquide (m ³ /s)	Turbidité(g/l)	debit solide (Kg/s)
012001	01-avr-1992	17,23	6,55	112,88
012001	02-avr-1992	15,73	2,31	36,33
012001	03-avr-1992	14,97	2,72	40,73
012001	04-avr-1992	13,47	2,02	27,20
012001	05-avr-1992	13,47	1,41	18,99
012001	06-avr-1992	12,71	1,05	13,35
012001	07-avr-1992	12,71	1,14	14,49
012001	08-avr-1992	12,71	18,8	239,01
012001	09-avr-1992	175,0	78,8	13790,00
012001	10-avr-1992	147,48	70,9	10456,33
012001	11-avr-1992	102,50	37	3792,50
012001	12-avr-1992	87,16	31,1	2710,68
012001	13-avr-1992	35,70	7,1	253,47
012001	14-avr-1992	28,56	8,5	242,76
012001	15-avr-1992	25,20	7,8	196,56
012001	16-avr-1992	25,20	0,81	20,41
012001	17-avr-1992	21,00	7,86	165,06
012001	18-avr-1992	16,48	9,05	149,14
012001	19-avr-1992	14,97	3,63	54,35
012001	20-avr-1992	14,60	5,63	82,18
012001	21-avr-1992	9,70	6,1	59,17
012001	22-avr-1992	9,70	2,92	28,32
012001	23-avr-1992	7,78	1,71	13,30
012001	24-avr-1992	6,50	2,41	15,66
012001	25-avr-1992	6,04	2,31	13,95
012001	26-avr-1992	5,12	11,4	58,37
012001	27-avr-1992	3,86	14,5	55,97
012001	28-avr-1992	3,52	9	31,68
012001	29-avr-1992	3,18	7,24	23,02
012001	30-avr-1992	3,18	8,3	26,39

Tableau10 Résultat de calcul à la station de011210

Code de station	Date	QL (m3/s)	Turbidité (g/l)	QS (Kg/s)
011210	03-sept-1989	109,200	34,00	3712,800
011210	03-sept-1989	95,400	36,00	3434,400
011210	03-sept-1989	81,600	11,00	897,600
011210	03-sept-1989	67,800	2,70	183,060
011210	03-sept-1989	54,000	3,60	194,400
011210	03-sept-1989	45,200	11,80	533,360
011210	04-sept-1989	36,400	15,00	546,000
011210	04-sept-1989	27,600	1,80	49,680
011210	04-sept-1989	18,800	1,20	22,560
011210	04-sept-1989	10,000	2,40	24,000
011210	04-sept-1989	8,625	11,30	97,463
011210	04-sept-1989	7,250	2,20	15,950
011210	04-sept-1989	5,875	2,10	12,338
011210	05-sept-1989	4,500	3,00	13,500
011210	05-sept-1989	2,700	2,50	6,750
011210	05-sept-1989	4,500	1,60	7,200
011210	05-sept-1989	3,500	4,00	14,000
011210	05-sept-1989	2,700	1,80	4,860
011210	05-sept-1989	8,625	2,40	20,700
011210	06-sept-1989	0,750	1,60	1,200
011210	06-sept-1989	0,500	5,50	2,750
011210	07-sept-1989	0,750	0,70	0,525
011210	08-sept-1989	0,500	0,60	0,300
011210	09-sept-1989	0,425	5,30	2,253
011210	10-sept-1989	0,375	0,50	0,188
011210	11-sept-1989	0,230	0,00	0,000
011210	20-sept-1989	0,150	0,00	0,000
011210	30-sept-1989	0,150	0,00	0,000

L'analyse de la relation de puissance à l'échelle du bassin versant Haut et Moyen Chélif laisse apparaître une certaine tendance d'évolution des paramètres *a* et *b*.

La série chronologique des débits solides instantanés (Kg/s) fournit des données utiles sur le comportement des Oueds, Comme la concentration des matières en suspension totales est en partie liée au débit, cette charge augmente parallèlement à l'accroissement du débit.

$$Q_s = a Q_l^b \tag{2}$$

Qs : débit solide (Kg/s)

Ql : débit liquide (m³/s)

Avec *a* et *b* sont des paramètres empiriques sont généralement déterminés par régression linéaire,

Ces paramètres sont des variables transformées en log selon l'équation 3 :

$$\text{Log } Q_s = \text{Log } a + b \log Q \quad (3)$$

Le comportement de ce dernier est étudié à plusieurs échelles temporelles.

II.2.1.Mise en forme et traitement des données

Nous avons basé le traitement des données sur le Logiciel Excel, Nous avons sélectionnés les crues instantanés (débits liquides et solides max) dans les 12 stations hydrométriques retenues dans notre travail, ensuite nous avons tracé les graphes correspondants à savoir l'évolution des débits liquides et des débits solides (plus de 200 graphes traités). Ainsi que la relation puissance $Q_s=f(Q_l)$.

Signalons toutefois que l'interprétation de la relation turbidité-débit est rendue difficile par le fait que les débits sont mesurés de façon continue (limnigraphes) alors que la charge en suspension est mesurée de façon ponctuelle (prélèvement d'un échantillon d'eau par jour en moyenne on parfois plusieurs en cas de forte crue).

Les mesures de turbidité sont faites selon la méthode classique qui consiste à filtrer sur papier-filtre les échantillons d'eau prélevés pour déterminer-après séchage à l'étuve et élimination par calcination des matières organique – le point de la boue qui est ramené à une unité de volume (litre). Cette boue représente donc les éléments fins véhiculés en suspension (argile, limon, sables fins et très fins) provenant des versants et des lits fluviaux (fond et berges). Leur entrainement est du à l'interaction de divers facteurs physico-géographique (intensité et durée des précipitations, topographie, taux de couverture végétale, caractéristiques granulométriques des formations de pente et des sols...) déterminant l'efficacité de l'érosion hydrique. Cette efficacité de l'érosion, fortement liée au ruissellement, est très variable à l'échelle du bassin, ce qui détermine des nuances spatiales marquées dans la turbidité des oueds.

Après avoir tracé tous les modèles puissance pouvant expliquer la relation débit liquide débit solide dans toutes les stations retenues, l'interprétation et la discussion des résultats sera basé sur plusieurs échelles

- ❖ Echelle instantanée ;
- ❖ Echelle mensuelle ;
- ❖ Echelle saisonnière ;
- ❖ Echelle annuelle ;

Les paramètres statistiques des variables étudiées (concentration, débit liquide et débit solide) sont donnés par station au tableau (11).

Tableau11: Paramètres statistiques des variables, concentration, débit liquide et débit solide à l'échelle annuelle dans le bassin versant Moyen Cheliff

station	Variables hydrométriques	Nombre observation	Période	max	min	moyenne	Ecart-type	Coefficient de variation(%)
12201	C(g /l)	19		738,33	0,1	60,79	124,12	204
	Ql(m/s)			115	0	10	17,02	170
	Qs(kg /S)			32492,16	*	1497,64	4740,44	316
12001	C(g /l)	14		217	0	16,43	34,69	211
	Ql(m/s)			350	0,86	16,75	35,03	209
	Qs(kg /S)			25270	0	499,88	2202,91	440
12204	C (g /l)	56		328	0,02	16,66	24,4	146
	Ql(m/s)			705	0	40,83	68,49	167
	Qs(kg /S)			22740,84	0	989,85	2363,02	238
12311	C (g /l)	20		227	7	72,96	45,62	62
	Ql(m/s)			293,8	0,48	42,01	64,33	153
	Qs(kg /S)			55528,2	3,82	4381,96	9135,7	208

D'après le tableau 11, nous constatons une variation très importantes des débits solides, témoignés par des valeurs très élevées du coefficient de variation 313% et 440% du station 012201,012001 respectivement.

Tableau 12 : Paramètres statistiques des variables, concentration, débit liquide et débits solides à l'échelle annuelle haut chéiff

station	Variables hydrométriques	Nombre observation	Période	max	min	moyenne	Ecart-type	Coefficient de variation(%)
11210	C(g /l)	9		90	0	11,86	20,16	169
	Ql(m/s)			109,2	0	17,82	25,9	145
	Qs(kg /S)			4860	0	296,34	766,65	258
11407	C(g /l)	29		280,53	0	30,66	47,39	154
	Ql(m/s)			270	0,41	36,58	48,77	133
	Qs(kg /S)			9302,44	0	929,63	1914,8	205
11501	C(g /l)	4		154,71	0,13	60,46	59,41	98
	Ql(m/s)			71,6	0,06	21,607	23,67	109
	Qs(kg /S)			9254,76	0,03	2518,707	3185,32	126
11514	C(g /l)	64		205	0	15,56	25,79	165
	Ql(m/s)			173	0	9,21	79,38	861
	Qs(kg /S)			9089	0	351,26	971,76	276
11601	C(g /l)	44		991	0	36,44	62,09	17
	Ql(m/s)			361	0	13,32	11,62	87
	Qs(kg /S)			9089	0	535,13	1377,99	257
11702	C(g /l)	23		162	0,04	22,9	32,23	14
	Ql (m/s)			311,2	0,25	41,74	50,65	121
	Qs(kg /S)			9529,22	0	862,66	1581,79	183
11715	C(g /l)	58		883,6	0	43,98	51,81	117
	Ql(m/s)			80	0	9,2	11,62	126
	Qs(kg /S)			9089,48	0	468	1001,7	214
11801	C(g /l)	29		201,73	0	24,61	39,62	16
	Ql(m/s)			134	0	20,66	27,2	131
	Qs(kg /S)			9689,25	0	644,89	1446,17	224

D'après le tableau 12, nous constatons une variation très importantes des débits solides, témoignés par des valeurs très élevées du coefficient de variation 258% et 257% du station 011210,011601 respectivement.

IV.1. L'importance de la turbidité et ses liens avec l'écoulement des crues

Les mesures relatives au phénomène de transport en suspension des cours d'eau dont l'intérêt est capital dans l'étude des problèmes de l'érosion et de l'envasement des barrages sont encore trop courtes dans le bassin du haut et moyen Cheliff pour pouvoir en tirer des résultats concluants. Quant aux mesures du transport de fond, elles y sont pratiquement inexistantes.

Les mesures instantanées de turbidité aux quelles nous avons eu accès ne recouvrent pas une année complète ; elles débutent dans l'ensemble en janvier 1998 et comportent beaucoup de lacunes, ce qui rend leur exploitation fort difficile. De ce fait, nous ne pouvons donner une idée complète du transport en suspension dans le bassin et même de ses variations saisonnières. Ainsi, nous sommes contraints de nous limiter à analyser brièvement la turbidité en liaison avec des crues particulières, celle de Mai 1998 (figure 11), celle de Mai 1990 (figure 12), celle d'Avril 1998 (figure 13), celle de Mai 1995 (figure 14). Cette analyse n'en demeure pas moins intéressante, le phénomène de turbidité semblant prendre toute son ampleur lors du déclenchement de crues brutales, à la suite d'averses intenses.

Ainsi, même en se limitant aux valeurs moyennes du mois de mai 1998- mois de forte hydraulité – enregistrées aux différentes stations hydrométriques, on relève des variations géographiques sensibles tant au niveau de la teneur en matières en suspension qu'au niveau de la dégradation spécifique calculée suivant la formule :

$$DS = \frac{t \cdot \left(\frac{g}{l} \text{ ou } \frac{kg}{m^3}\right) \cdot V_t}{s \cdot d \cdot b \cdot (km^2)}$$

D .S= dégradation spécifique journalière

Tableau 13 : turbidité et dégradations spécifique lors crue Mai 1998.

Station 012003			
Dat	Q(m ³ /s)	T(g /l)	D .s (tonne /km ²)
23	1 ,56	48	0,69
24	47 ,70	119	55 ,70
25	18 .38	19,5	3,33
moy	28 ,97	56,84	15,30

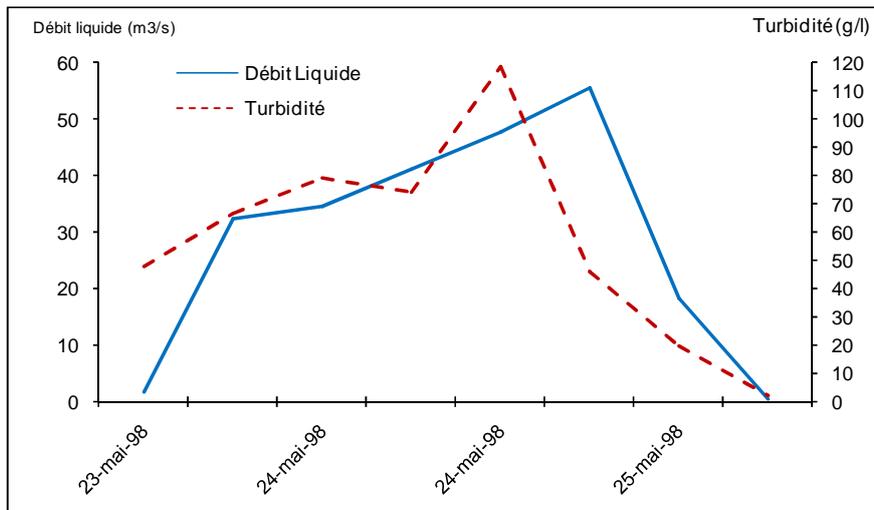


Figure 12 : variation journalière des débits liquides et de turbidité à la station pontebat (Crue de mai 1998)

Tableau 14: turbidité et dérations spécifique lors crue mai1990.

Station 011407			
Dat	Q(m³ /s)	T(g /l)	D .s (tonne /km²)
24	28,38	27,4	94,56
25	37 ,48	81,04	414,79
26	10,54	22	31,66
27	7,63	8 ,59	8,95
moy	20,64	42,20	118,94

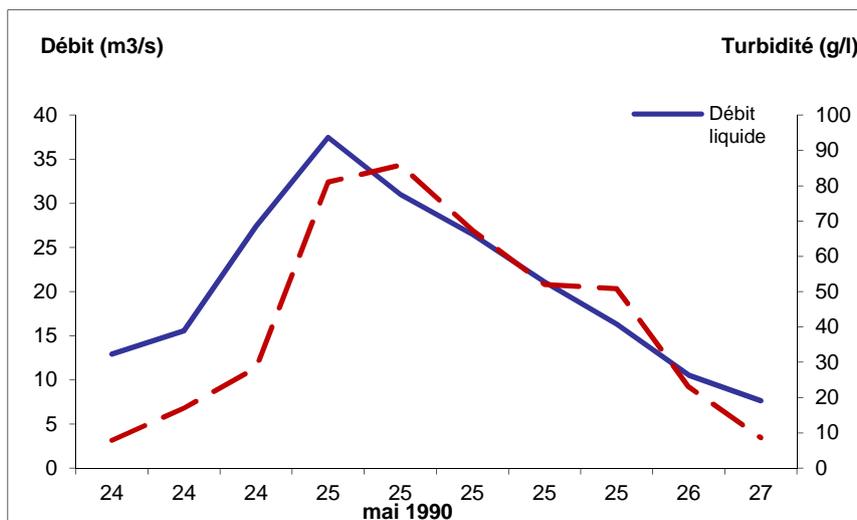


Figure 13 : variation journalière des débits et de turbidité à la station Ghib amont (Crue de mai 1990)

Tableau 15: turbidité et dégradations spécifique lors crue d' avril 1992.

Station 012001			
Dat	Q(m ³ /s)	T(g /l)	D .s (tonne /km ^a)
8	12 ,71	18,8	2,34
9	175,	78,8	135,32
10	147 ,48	70,9	102,60
11	102,50	37	37,21
12	87,16	31 ,1	2,65
13	35,70	7,1	2,48
moy	69,97	29,01	19,83

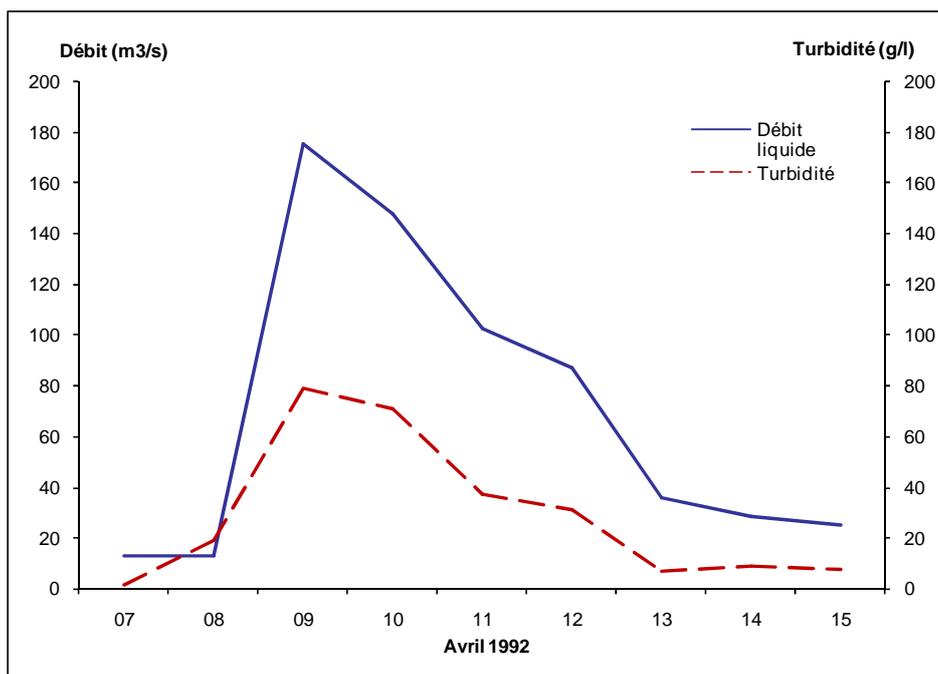


Figure 14 : variation journalière des débits liquides et de la turbidité à la station El Abadai (crue d'avril 1992)

Tableau 16: turbidité et dégradations spécifique lors crue mai 1995.

Station 011702			
Dat	Q(m ³ /s)	T(g/l)	D .s
11	5,70	5,82	3,5
12	7,20	5,47	4,16
13	35,2	12,95	48,18
14	84,4	11,43	101,97
15	24,4	1,1	2,96
moy	37,89	5,38	21,54

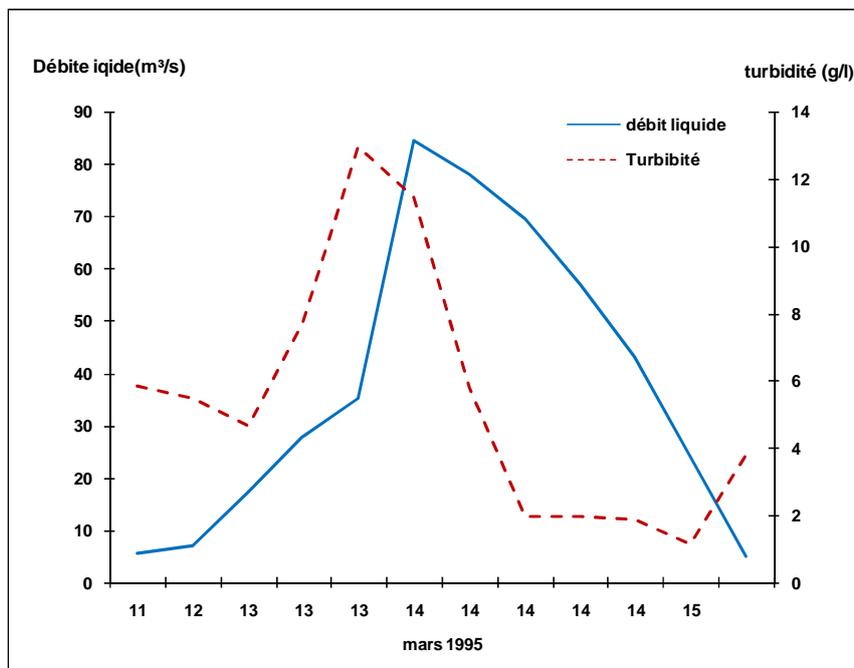


Figure 15: variation journalière des débits liquides et de la turbidité à la station Arib Chélif (Crue mars 1995).

La turbidité moyenne du mois de mai 1995 est peu variable dans haut et Moyen Cheliff et est de l'ordre de 5,37 g/l Tableau 17.

Cependant, elle s'accroît nettement à l'aval, c'est-à-dire sur le Moyen Cheliff (pontebat : 56 g/l) en raison de l'apport important en troubles de oued Cheliff et ses affluents comme en peut témoigner la valeur élevées de la turbidité enregistrée à l'amont de ce dernier (station Abadai 19,83 g/l).

Le bassin du haut Cheliff offre, de fait, des conditions très favorables à la mobilisation et au transport des matériaux fins car des précipitations agressives s'abattent sur un ensemble morphologique très sensible à l'érosion : collines argileuses ou marneuses aux pentes assez fortes et très peu protégées par un couvert végétal discontinu.

De même que la turbidité et les débits liquides, la dégradation spécifique augmente notablement de l'amont vers l'aval ; elle atteint des proportions importantes à la station 011407, représente plus de 118,94 tonnes de matériaux transportés en un mois pour un volume d'eau total d'environ $53 * 10^6 m^3$. Ce tonnage de sédiments évacué.

Compte tenu de la forte variation de la turbidité (figure 13), les moyennes mensuelles ne sont pas hautement significatives, et comme on peut le constater au regard des données relatives aux journées du 25 au 26 Mai correspondant à la phase maximale de la crue du mois considéré, la charge en suspension a atteint des valeurs extrêmement fortes, A la station de Ghib Amont ou ont été enregistrées les valeurs extrêmes, la turbidité s'est élevée à plus de 81,04 g/l le 25 Mai et à plus de 22 g/l le 26 Avril, ce qui implique des dégradations spécifiques journalières respectivement de 414,73 tonnes/ k^2 et de 31,66 tonnes/ k^2 . Mais, du fait de l'apport fluvial considérable de la partie inférieure du bassin haut et moyen chéloff, cette dégradation a atteint des valeurs encore plus élevées à la station Ponteba soit 78,8 g/l le 09 Avril (figure 12) Par ailleurs, l'allure générale des courbes relatives à la relation turbidité-débit est semblable à celle des hydrogrammes plus particulièrement lors de la montée des eaux. (11, 12,13 ; 14).

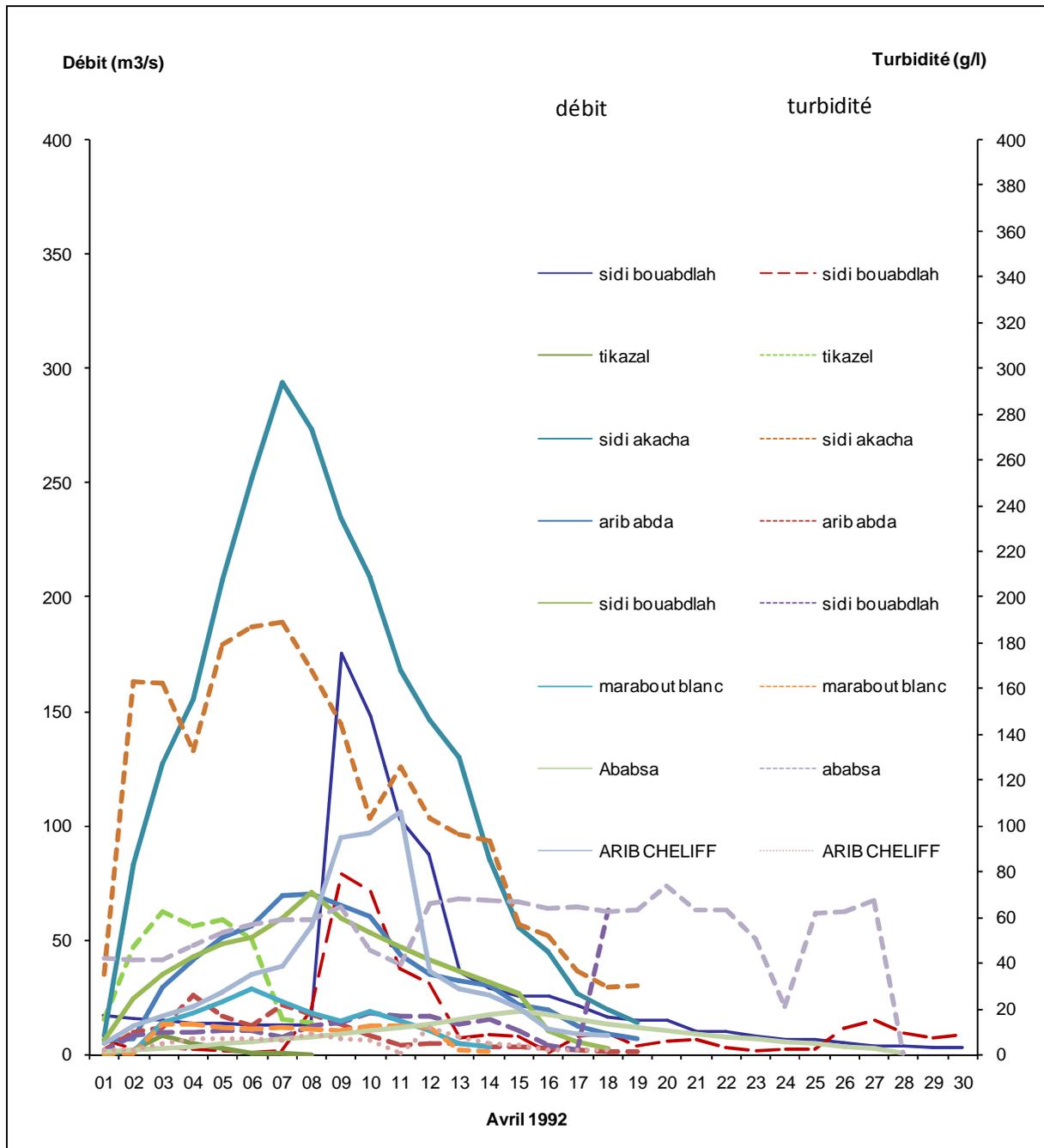


Figure 16 : variations journalières des débits et de la turbidité crue d’avril 1992

aux stations 011715 fait exception : le maximum de turbidité est enregistré avant le maximum de l’onde de crue. Dans ce cas, mobilisation des matériaux fins sur les versants et dans les lits est très active lors des premiers ruissellements intenses, puis elle s’atténue sensiblement en atteignant un certain seuil de débit au-delà duquel les sols sont saturés et décupés de leur pellicule superficielle.

En fait, il semble que c'est dans le bassin contrôlé par la station 011601 (le plus gros fournisseur en matériaux en suspension) que les variations de la charge solide semblent suivre le plus étroitement celles de l'écoulement. La coïncidence entre le maximum de turbidité et le maximum de débit est nette mais on observe quoique de manière moins marquée que sur les autres bassins, un soutien de la charge en suspension pendant la phase terminale de la décrue .station 011715 ;

IV.2. Evaluation des apports solides dans les stations hydrométriques

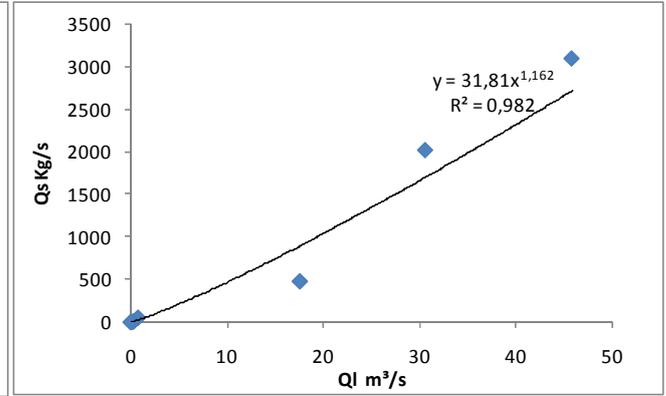
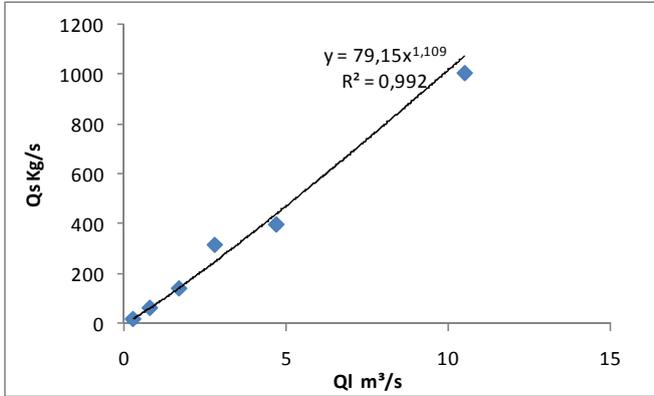
IV.1.1. Échelle instantanée (Crues par heure)

L'averse est l'unité temporelle la plus adéquate pour les analyses hydrologiques en relation avec le transport solide (GUY, 1964, Benkhaled AEK, 2003).

Tableau 17 : Relation débit solide-débit liquide des crues considérées.

N de station	N	Date	$Q_s=aQ_l^b$	R^2
12004	11	24-oct-2000	$Q_s=79,15Q_l^{1,109}$	0,992
		16-nov-2000	$Q_s=31,29Q_l^{1,165}$	0,982
12203	53	21-déc-1975	$Q_s=13,50Q_l^{1,121}$	0,986
		29-oct-1976	$Q_s=12,71Q_l^{1,183}$	0,986
		05-mars-1978	$Q_s=15,48Q_l^{1,097}$	0,9
		14-mai-1998	$Q_s=0,074Q_l^{3,501}$	0,913
		11-janv-1999	$Q_s=0,420Q_l^{1,729}$	0,966
20207	31	30-nov-1989	$Q_s=25,53Q_l^{1,454}$	0,986
		21-avr-1997	$Q_s=5,258Q_l^{1,63}$	0,977
11514	30	21-févr-1991	$Q_s=0,600Q_l^{1,545}$	0,998
		24-mai-1998	$Q_s=9,303Q_l^{1,122}$	0,943
		20-janv-1994	$Q_s=0,275Q_l^{2,108}$	0,967
11601	29	26-janv-1992	$Q_s=24,49Q_l^{1,039}$	0,962
		19-janv-1999	$Q_s=20,83Q_l^{1,109}$	0,769
11801	22	05-mai-1990	$Q_s=6,750Q_l^{1,951}$	0,868
		15-mars-1991	$Q_s=7,68Q_l^{1,126}$	0,975
12001	3	08-nov-1992	$Q_s=0,77Q_l^{3,043}$	0,934
		04-févr-1994	$Q_s=1,481Q_l^{2,546}$	0,996
12201	6	20-déc-1994	$Q_s=0,145Q_l^{3,209}$	0,87
		23-déc-1994	$Q_s=0,728Q_l^{2,640}$	0,743
11407	7	07-févr-1992	$Q_s=0,097Q_l^{1,683}$	0,851
		08-mai-1992	$Q_s=0,018Q_l^{3,215}$	0,819
11210	5	09-oct-1989	$Q_s=23,59Q_l^{3,817}$	0,692
		20-mai-1990	$Q_s=0,112Q_l^{2,800}$	0,893
11501	3	16-juil-1990	$Q_s=8,466Q_l^{1,681}$	0,722
		05-oct-1991	$Q_s=24,66Q_l^{1,026}$	0,999
11715	32	14-avr-1990	$Q_s=20,12Q_l^{1,838}$	0,833
		24-Avr-1993	$Q_s=22,07Q_l^{1,257}$	0,941

012004



012203

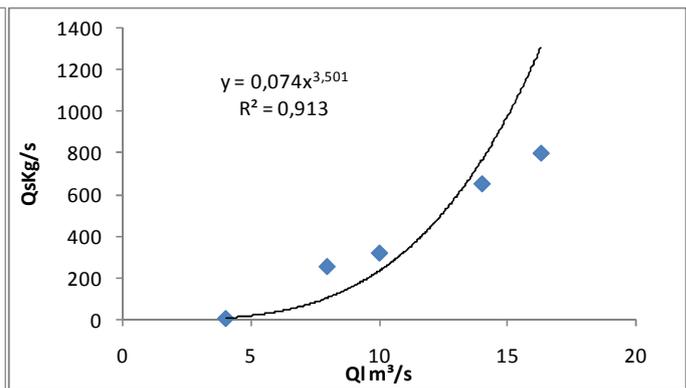
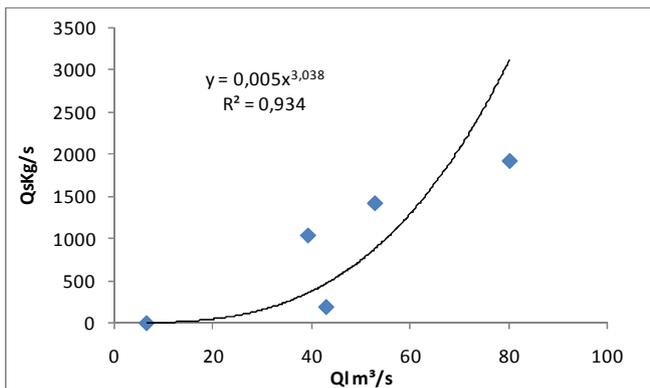
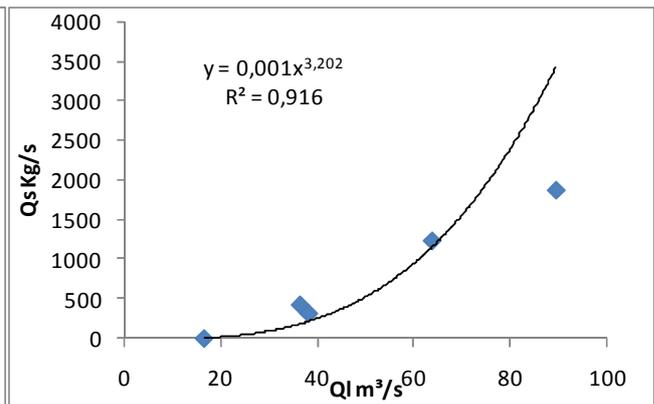
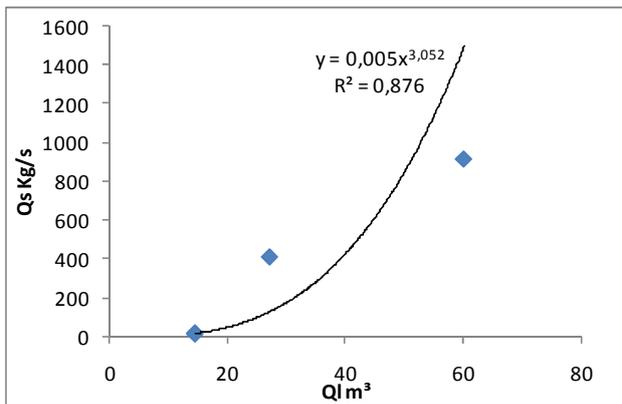


Figure 17: Evolution débit solide-débit liquide des crues

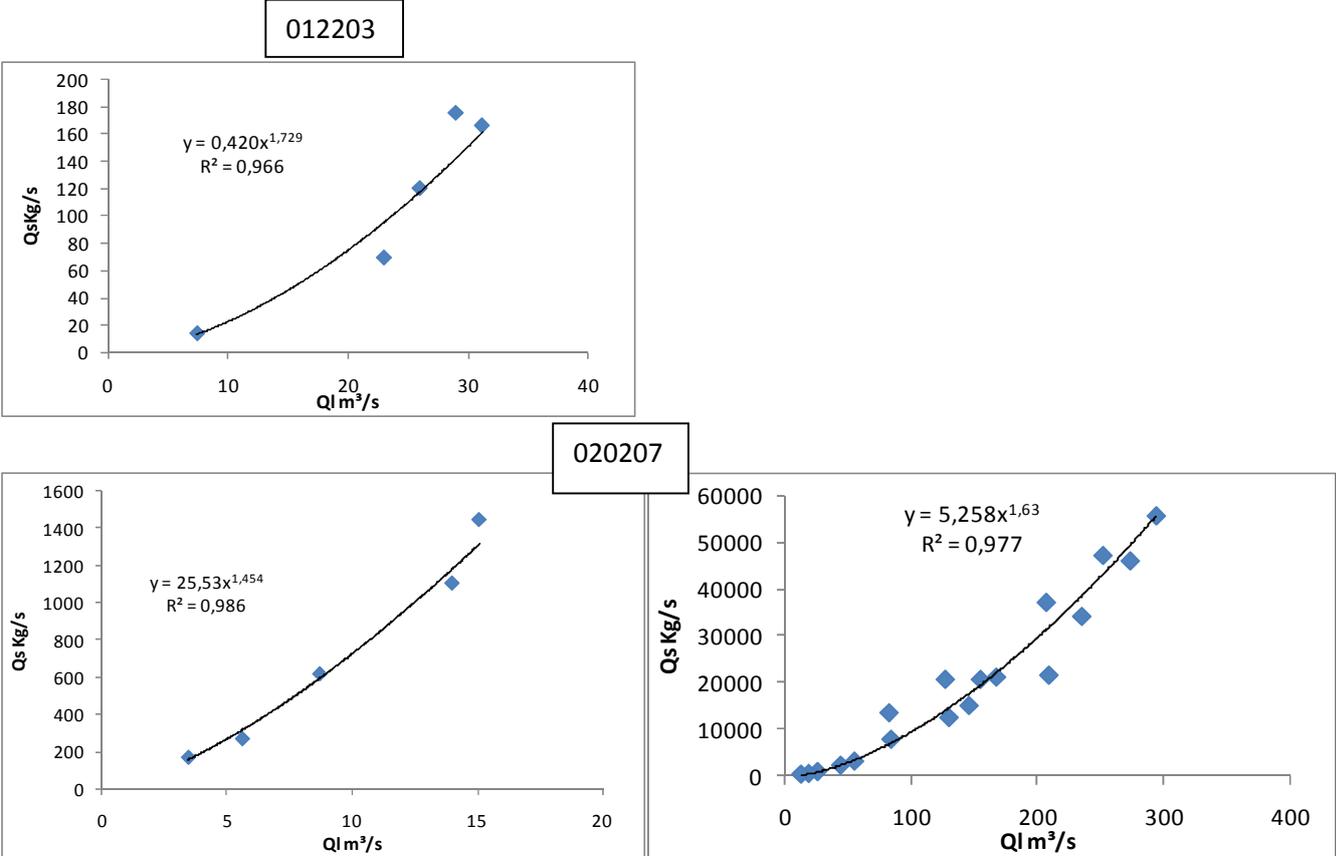


Figure 18 : Evolution débit solide-débit liquide des crues

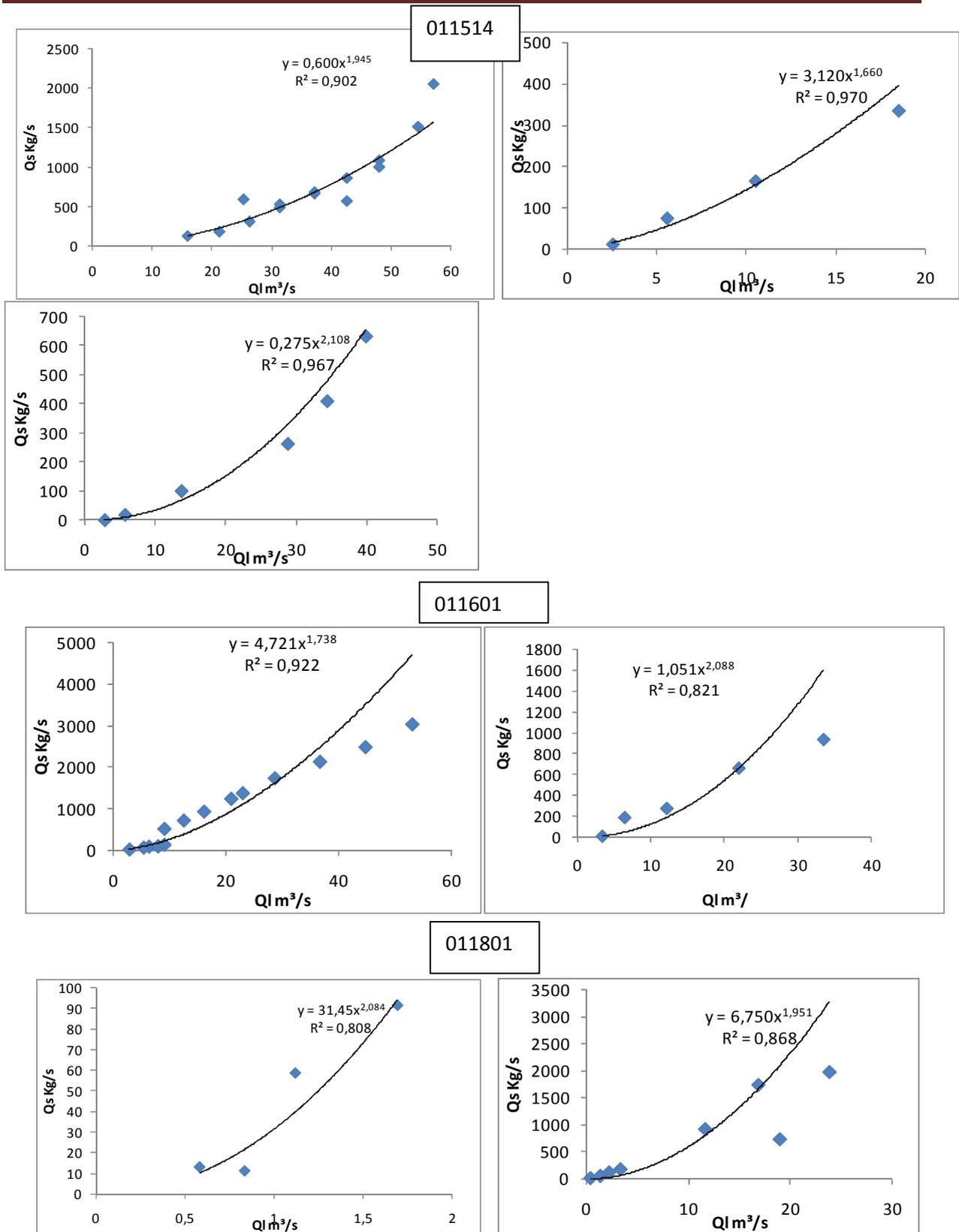


Figure 19 : Evolution débit solide-débit liquide des crues

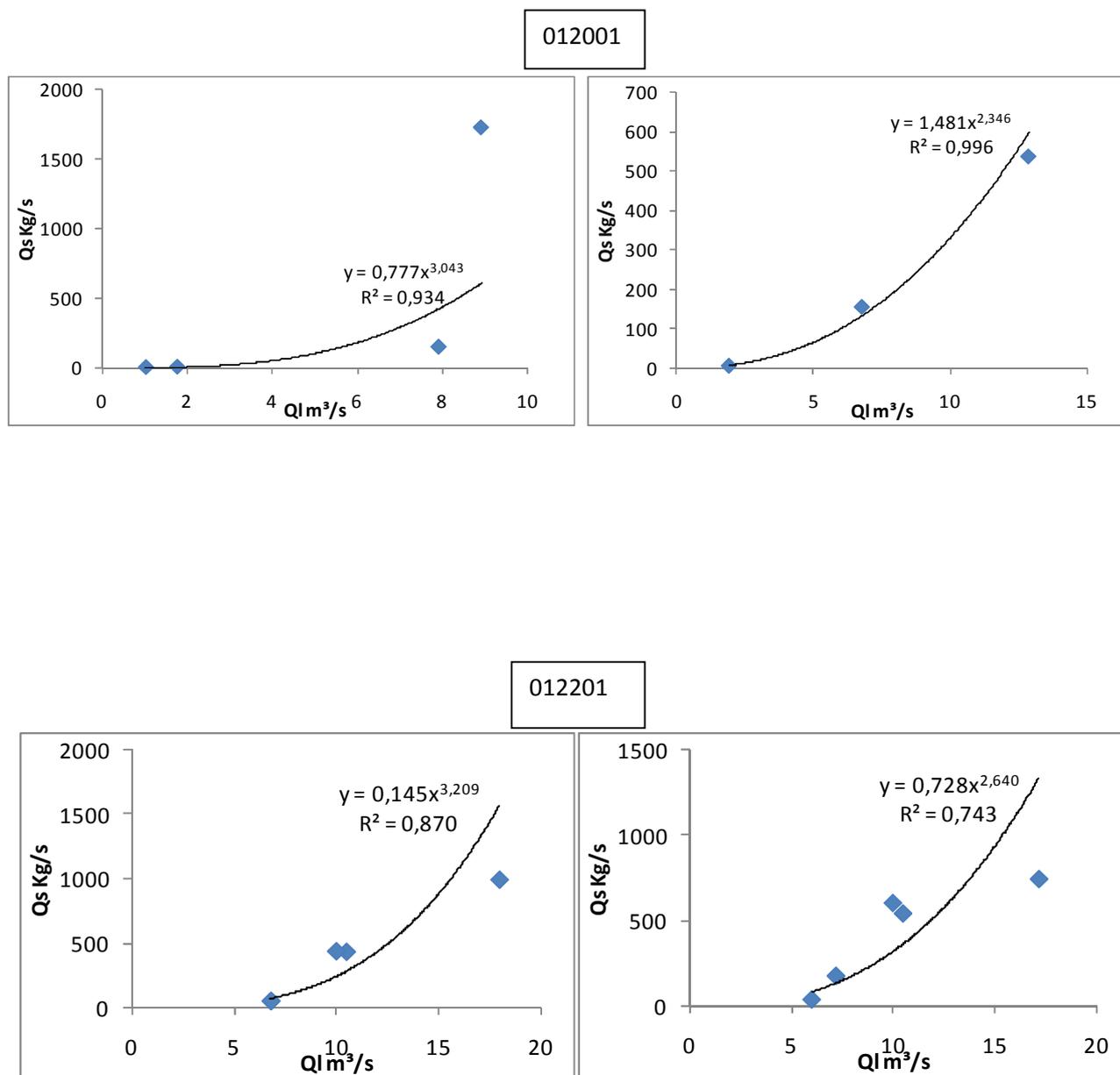
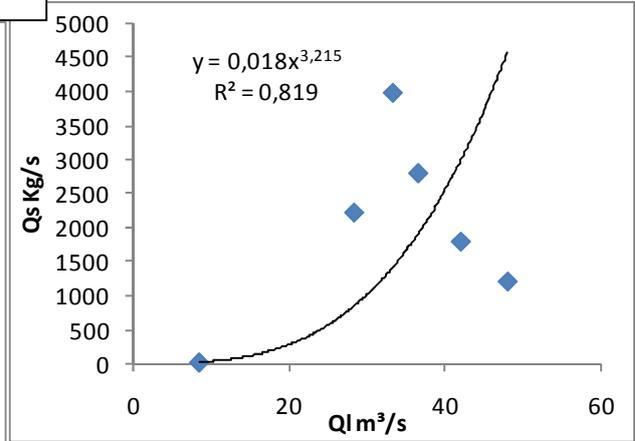
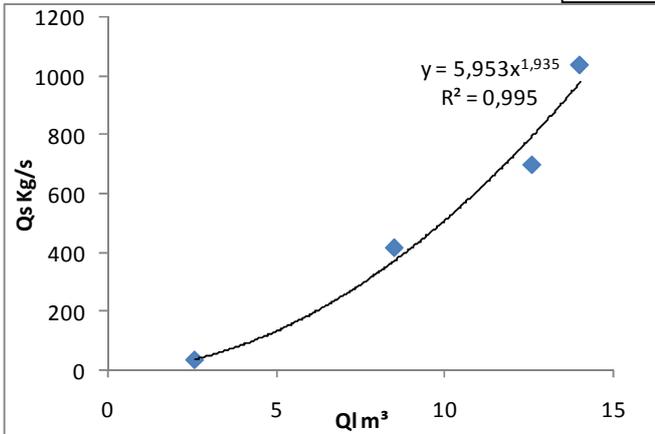
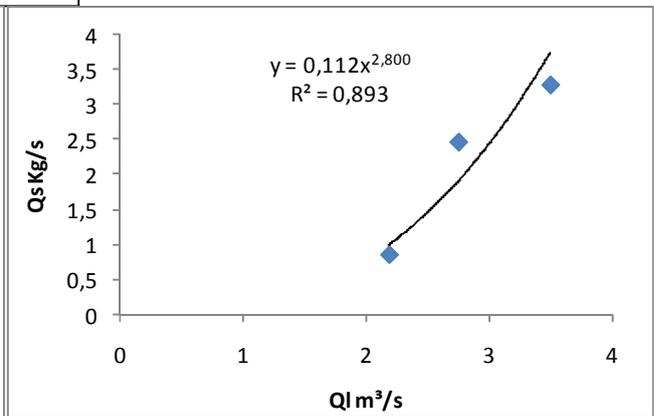
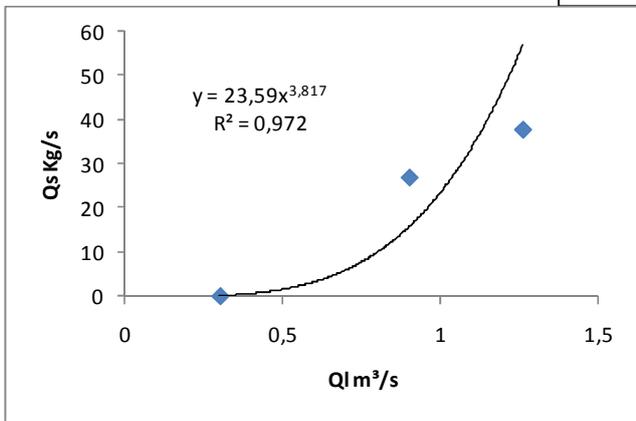


Figure 20 : Evolution débit solide-débit liquide des crues

011407



011210



011501

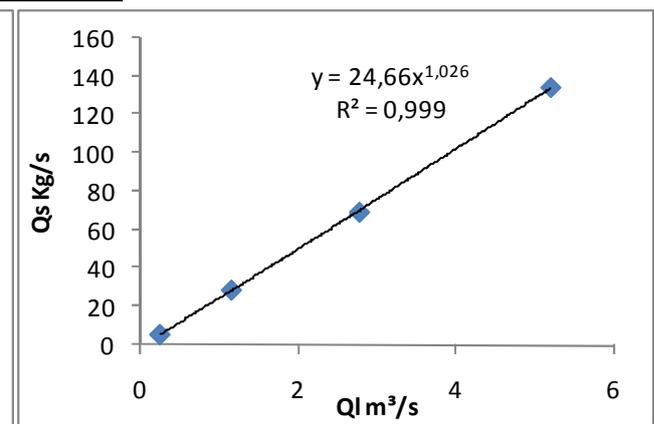
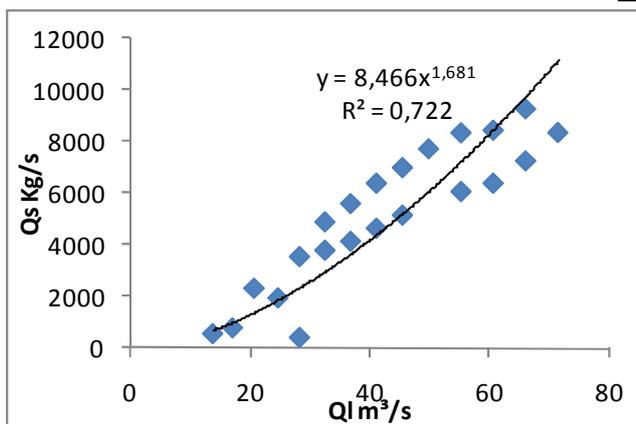


Figure 21 : Evolution débit solide-débit liquide des crues

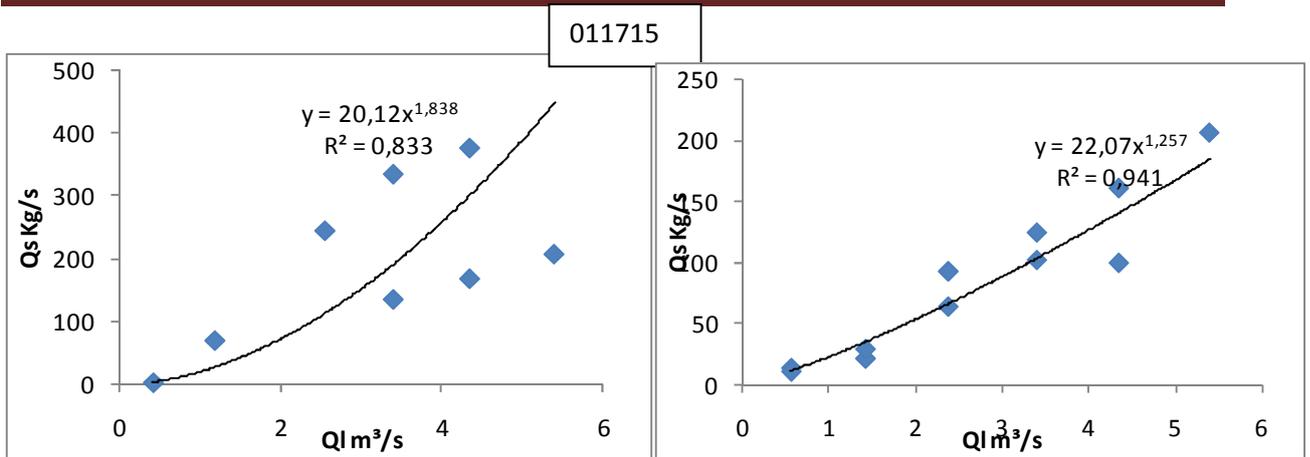


Figure 22 : Evolution débit solide-débit liquide des crues

L'analyse de quelques crues survenues durant la période considérée apporte des différences assez concluantes. Si pour les échelles temporelles précédentes la limite de variation de a et b était plutôt faible, on constate qu'elle est plus étendue à l'échelle des crues (tableau 12). Les coefficients de variation de a et b sont respectivement de 1,16 et 0,43. Les d'Octobre2000, de Mai 1998, de Février 1991, d'Octobre 1991 marquent une évolution inverse des paramètres a et b .

Pour l'ensemble des valeurs de a et de b , il y a une tendance inverse d'évolution des deux paramètres (figure 23). Les crues donneraient beaucoup plus de détails sur le comportement de a et b ainsi que sur leur signification.

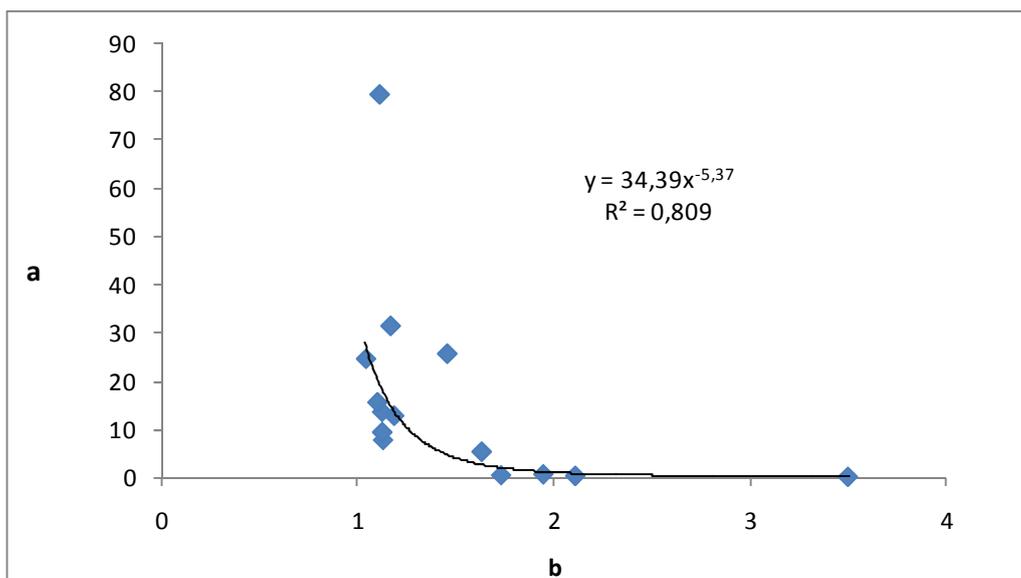


Figure 23 : Relation entre (a) et l'exposant b .

Ainsi, à la valeur la plus forte de b , correspond la valeur la plus petite de a ($b = 3,501$ et $a = 0,074$). Les fortes valeurs de b caractériseraient en particulier les crues associées à la saison de printemps (Mars- Avril-Mai). Durant la saison d'Automne, enregistre les plus forts débits liquides pour la période concernée par l'analyse. L'évolution de a et b pour le mois d'octobre est très nette. La saison d'hiver est marquée par de faibles valeurs de a .

IV.1.2. Échelle mensuelle

Les modèles obtenus pour l'échelle mensuelle sont regroupés au tableau(19).

Tableau 19 : Relations débit solide - débit liquide à l'échelle mensuelle

N de station	N	Mois	$Q_s=aQ_l^b$	R^2
012004	11	janv-1994	$Q_s=32,5Q_l^{1,877}$	0,988
020207	9	févr-1996	$Q_s=13,66Q_l^{1,411}$	0,935
012001	4	mars-1993	$Q_s=4,128Q_l^{1,737}$	0,96
011601	28	mars-1999	$Q_s=5,021Q_l^{1,311}$	0,828
		mars-1996	$Q_s=6,672Q_l^{1,726}$	0,853
011514	30	juin-1994	$Q_s=0,04Q_l^{1,469}$	0,869

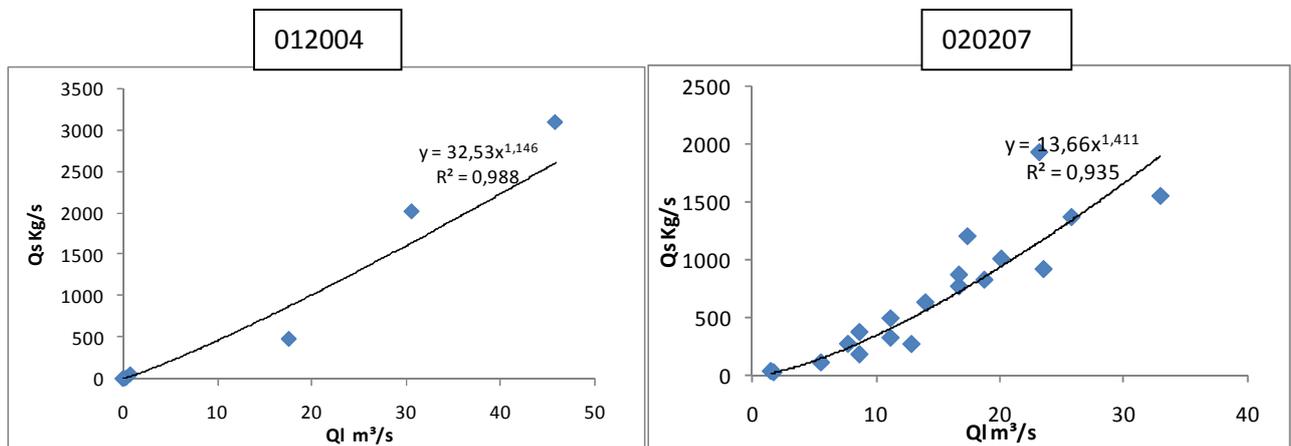


Figure 24 : Evolution débit solide - débit liquide à l'échelle mensuelle

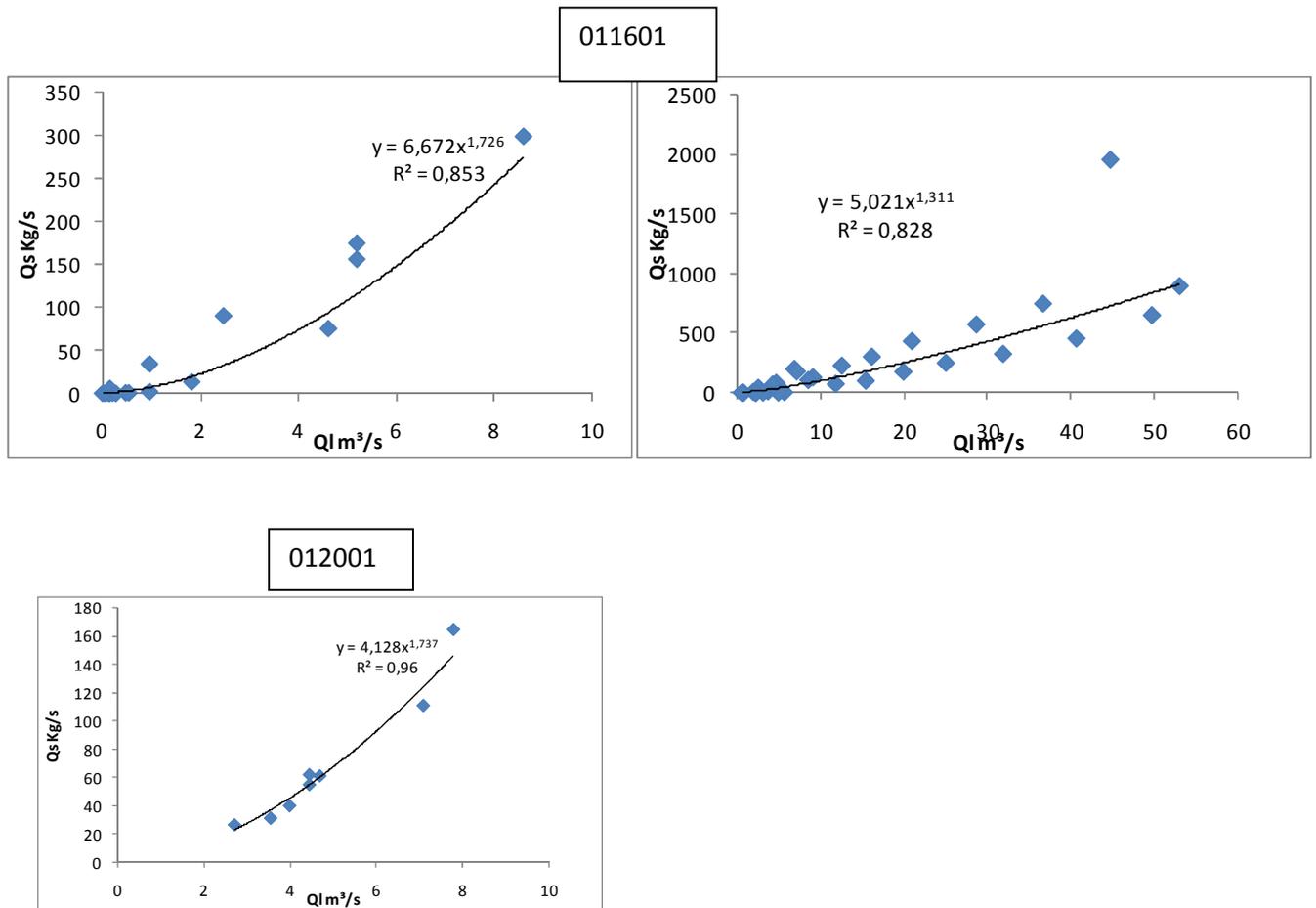


Figure 25 : Evolution débit solide - débit liquide à l'échelle mensuelle

Les faibles valeurs de a et b concernent les mois d'été. Le même ordre de grandeur de a et b est respecté pour l'ensemble des mois. La valeur moyenne de a est de 12,91 avec un $Cv = 1,05$, conservant ainsi le même ordre de variation des échelles temporelles précédentes. Par contre, pour l'exposant b, son coefficient de variation est plus faible ($Cv = 0,18$). Le résultat à l'échelle de la saison est retrouvé sur la figure 14 où l'on constate une variation nette mais faible de a et b des mois de juin, juillet et août. La variation de a est plus importante en hiver et en automne que celle de b, en raison de l'activité hydro-sédimentologique durant cette période et précisément de la nature et de l'état de surface du sol.

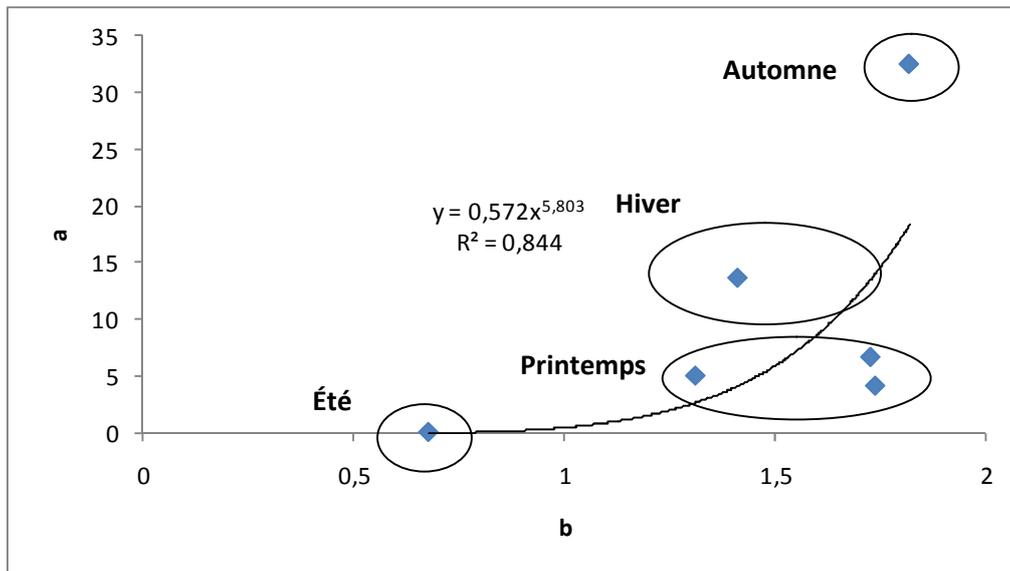


Figure 26 : Relation mensuelle entre (a) et l'exposant b.

IV.1.3.Echelle saisonnière

L'analyse effectuée à l'échelle saisonnière fait ressortir pratiquement les mêmes conclusions qu'à l'échelle mensuelle (tableau 20).

Tableau 20 : Relations débit solide - débit liquide à l'échelle saisonnière.

saison	N de station	N	$Q_s=aQ_l^b$	R^2
Automne	12004	11	$Q_s=32,5Q_l^{1,877}$	0,988
hiver	11601	28	$Q_s=13,66Q_l^{1,411}$	0,935
printemps	11601	28	$Q_s=6,672Q_l^{1,726}$	0,853
été	11514	30	$Q_s=0,04Q_l^{1,469}$	0,869

Le tableau (20) révèle un effet saisonnier très distinct. Le transport solide en suspension s'affaiblit considérablement en été, où on observe parfois une absence totale de transport solide due simplement à l'absence d'écoulement.

Avec les premiers orages de l'automne, la concentration en suspension augmente brusquement, puis chute en hiver et reprend en printemps. Cette variation est liée essentiellement aux premiers lessivages des pluies d'automne, après une longue saison chaude où les matériaux fins sont déjà préparés sur place au transport. On observe la même tendance d'évolution des paramètres a et b. La production des sédiments est très forte en automne où le transport solide approche le modèle $Q_s = 33Q_l^{1,877}$. Ce modèle se confirme davantage par l'allure de la relation entre a et b (figure 26).

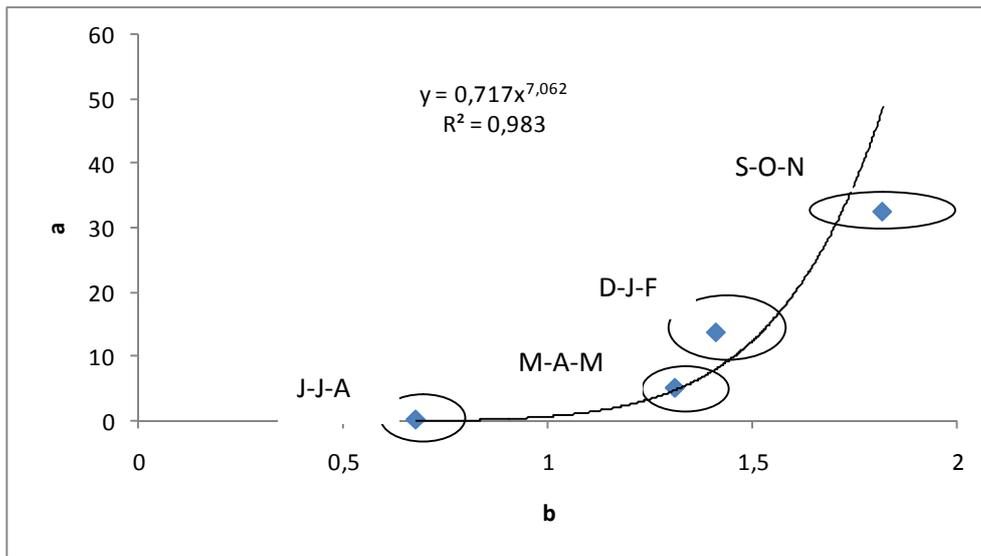


Figure 27 : Relation saisonnière entre le paramètre (a) et l'exposant b.

La relation graphique entre le paramètre *a* et l'exposant *b* illustrée dans la (figure 26) montre que cette échelle d'analyse est très représentative du phénomène de transport solide dans un bassin semi aride.

IV.1.4. Échelle annuelle

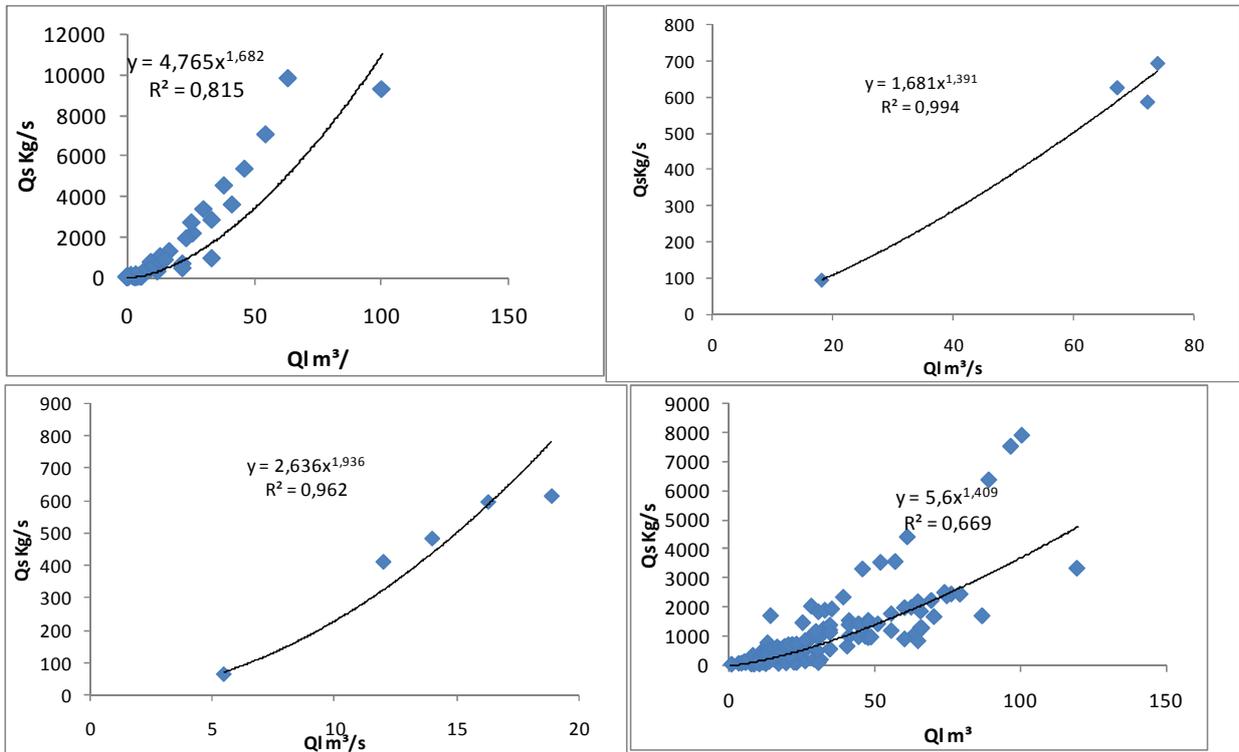
Selon le critère relatif à l'hydraulicité, paramètre utilisé particulièrement dans les études de régularisation et qui est défini comme étant le rapport du débit moyen annuel de l'année considérée sur le débit moyen inter annuel, 12 modèles de puissance représentatifs de la période 78/99 ont été obtenus comme suit :

Tableau 21 : Relation débit solide débit liquide à l'échelle annuelle.

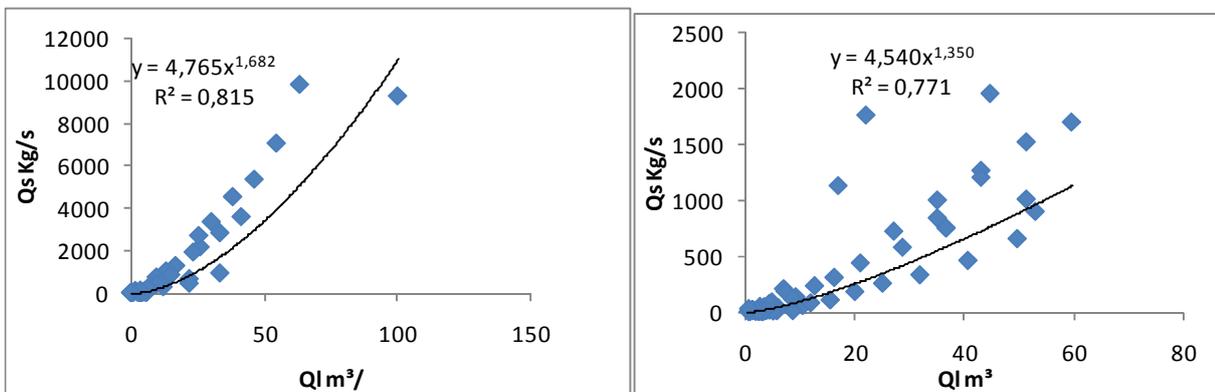
N de station	N	Année	$Q_s=aQ_l^b$	hydraulicité	R^2
12203	31	1978*	$Q_s=1,68Q_l^{1,391}$	2,16	0,994
		1999	$Q_s=5,64Q_l^{1,409}$	0,44	0,669
		1999	$Q_s=2,636Q_l^{1,936}$	0,44	0,692
		1999	$Q_s=4,613Q_l^{1,469}$	0,7	0,922
11601	28	1991	$Q_s=4,765Q_l^{1,682}$	0,32	0,815
		1999	$Q_s=4,5Q_l^{1,350}$	0,27	0,771
11501	10	1991	$Q_s=3,559Q_l^{1,9}$	0,24	0,96
11702	17	1991*	$Q_s=0,870Q_l^{0,863}$	1,53	0,947
		1994*	$Q_s=1,894Q_l^{1,738}$	1,15	0,996
		1996	$Q_s=2,05Q_l^{1,316}$	0,17	0,999
11514	30	1996	$Q_s=2,24Q_l^{1,127}$	0,4	0,995
		1997	$Q_s=5,219Q_l^{1,628}$	0,52	0,911

* année humide

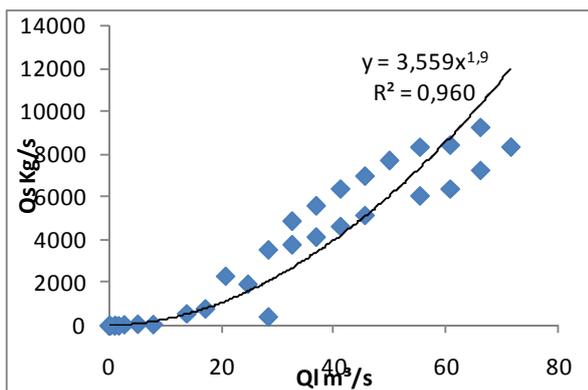
012203



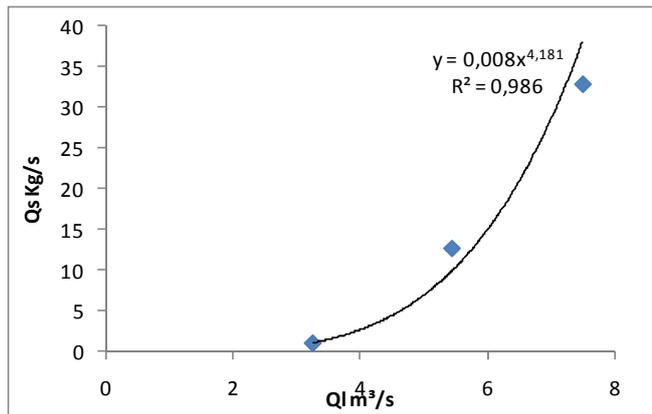
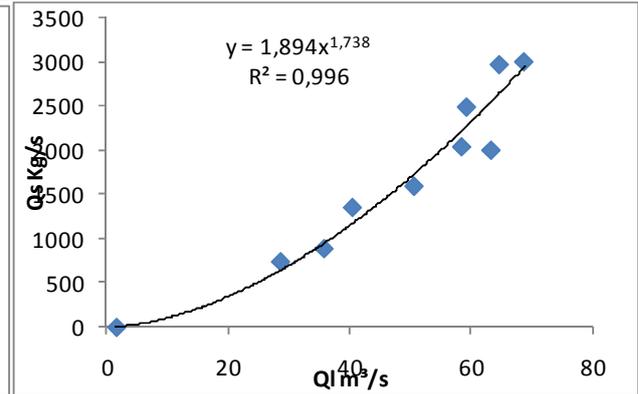
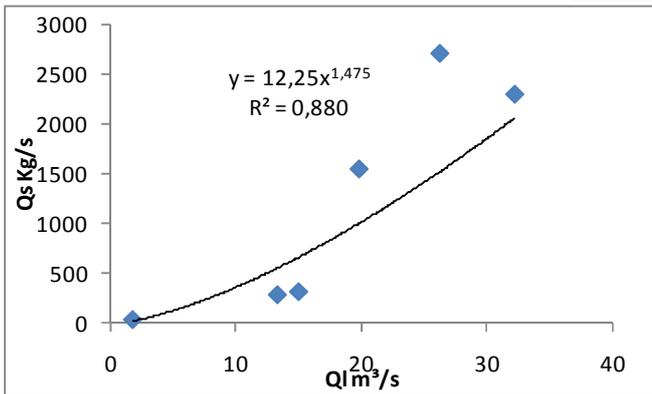
011601



011501



011702



011514

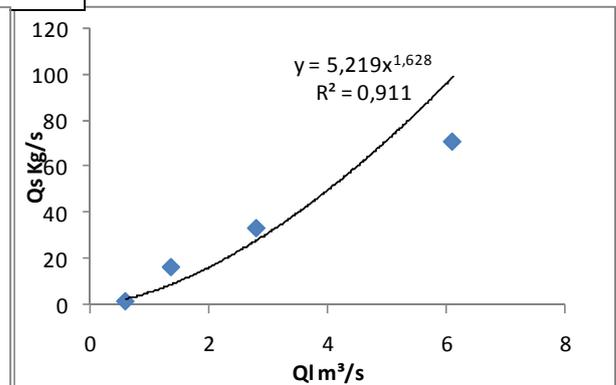
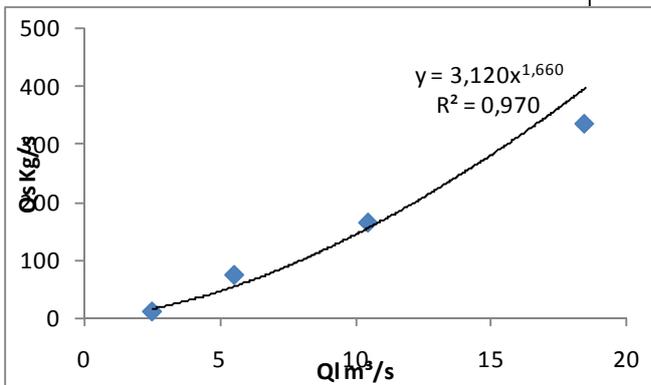


Figure 28: Evolution débit solide- débit liquide à l'échelle annuelle.

Le graphe de la figure 29 a été réalisé dans le but de connaître la variation de a par rapport à b . On constate que l'exposant b varie entre 0,863 et 1,936 alors que a varie entre 5,64 et 0,863.

Les relations obtenues montrent que pour les années sèches, la valeur de a est élevée, b varie très peu. Pour les années à écoulement abondant, lorsque l'hydraulicité croît, a diminue de manière très nette et b varie très peu. Les bassins sont bien drainés particulièrement pendant les années humides 1978, 1991 et 1994. Le facteur b étant lié directement à la superficie de drainage en période de crues, on observe aussi une faible variation de cet exposant ($Cv = 0,21$). De même, le paramètre a explique l'état du sol d'un bassin d'une manière générale et son degré de saturation en particulier, notion très influente sur l'écoulement. Sa variation au cours des années sèches est très marquée.

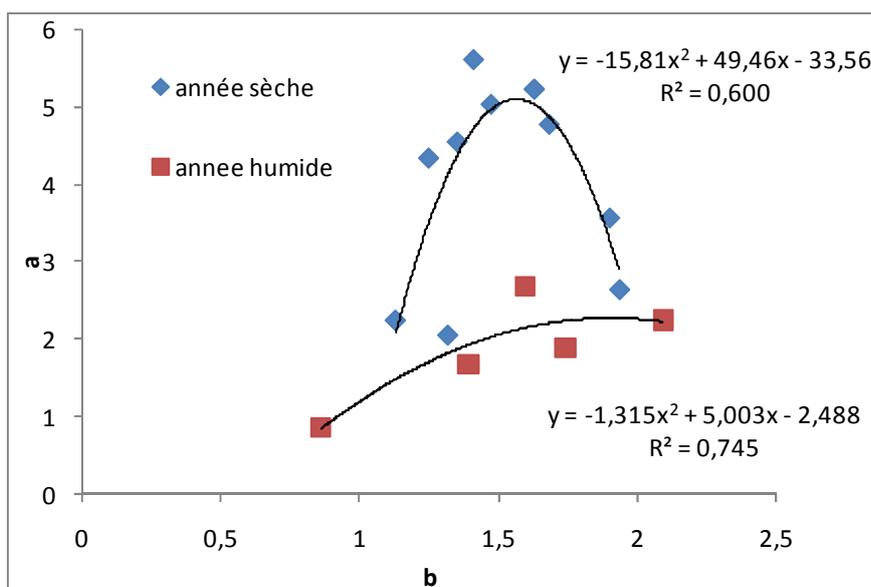


Figure 29 : Relation annuelle entre le paramètre a et l'exposant b

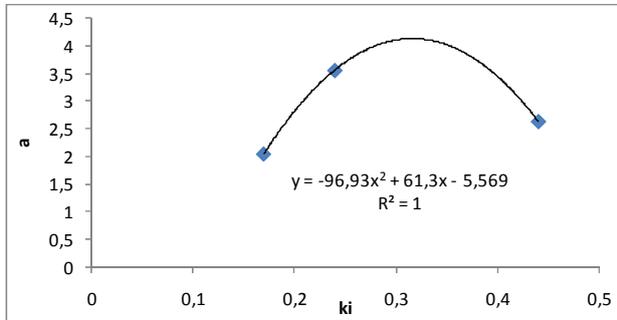


Figure 31 : Variation de (a) en fonction de l'Hydraulicité Ki (années sèches).

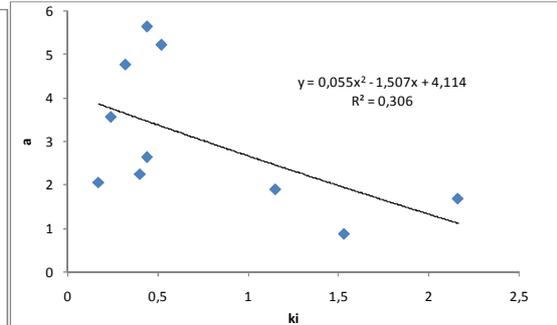


Figure 30 Variation de (a) en fonction de l'Hydraulicité Ki.

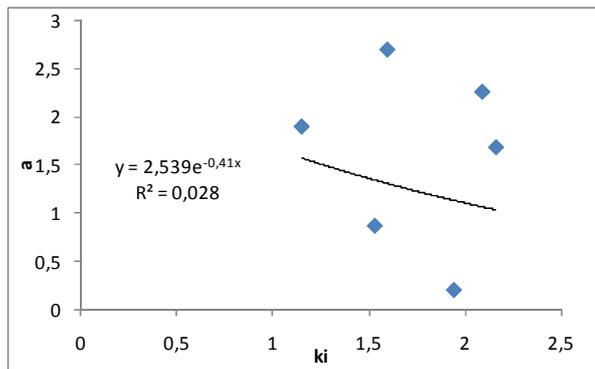


Figure 32 : Variation de (a) en fonction de l'Hydraulicité Ki(années humides).

Ce paramètre est bien lié à l'indice K; avec un $R > 0.55$ (figure 30). En décomposant la période d'analyse, la relation est très forte entre a et K_i pour les années sèches (figure 31). Par contre, elle l'est moins pour les années humides (figure 32) avec un coefficient $R = 0,16$. Les figures 32 et 33 montrent qu'effectivement le facteur a , désignant l'erosabilité, est bien corrélé à l'hydraulicité en période de sécheresse.

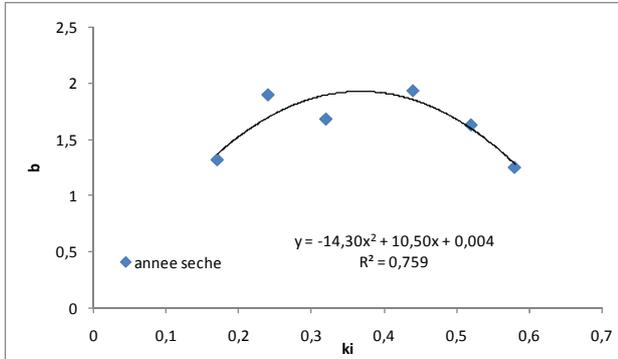


Figure 34 : Variation de l'exposant (b) en fonction de L'hydraulicité Ki(années sèches).

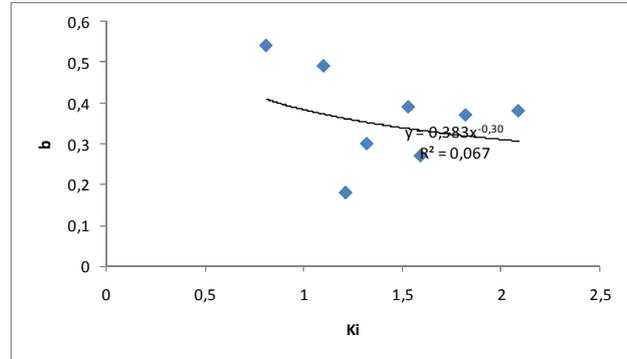


Figure 33 : Variation de l'exposant (b) en fonction de L'hydraulicité (années humides).

Les figures 33 et 34 montrent, quant à elles, que l'exposant b est corrélé à Ki uniquement en période humide.

Les années ayant un indice d'hydraulicité inférieur à l'unité montrent une évolution particulière de a et b. On remarque que lorsque K, augmente, les valeurs de a évoluent dans le même sens, tandis que celles de b évoluent dans le sens contraire.

Conclusion générale

L'étude à différentes échelles temporelles, de la relation de puissance a permis d'appréhender la complexité d'approche du transport solide et d'analyser le comportement des paramètres de l'équation. Il a été possible de définir une relation très forte entre a et l'hydraulicité pour les années sèches. L'analyse à l'échelle saisonnière de la relation puissance débit solide - débit liquide est très représentative du contexte semi - aride du bassin étudié. En effet, le transport solide s'affaiblit en été et avec les premiers orages de l'automne, la concentration des sédiments en suspension reprend, se stabilise en hiver et chute au printemps. L'exposant b est bien relié au caractéristique de l'écoulement, tandis que a est considéré comme paramètre représentatif de l'état du sol, constant pour un même bassin et une même saison. L'analyse à l'échelle mensuelle fait ressortir pratiquement les mêmes conclusions qu'à l'échelle saisonnière. En particulier, la relation paramètre a - pluie moyenne mensuelle est très bonne. À l'échelle de l'événement averse-crue, le modèle varie d'une crue à une autre. De plus le comportement de a et b est plus détaillé. Ainsi, les faibles valeurs de a signifieraient un état de saturation du sol, alors que les fortes valeurs de b caractériseraient l'écoulement durant la saison d'automne.

A travers cette étude, on peut dire que le bassin du haut Cheliff offre, de fait, des conditions très favorables à la mobilisation et au transport des matériaux fins car des précipitations agressives s'abattent sur un ensemble morphologique très sensible à l'érosion ($D_s = 414,79$ tonne/ Km^2)

Au contraire, dans le bassin du moyen Cheliff, la charge en suspension est relativement faible par (station Abadia: $D_s = 135.32$ tonne/ Km^2) car l'entraînement des matériaux fins est limité par le facteur végétation, de plus les terrains sont peu perméable contrebalance donc celui des autres facteurs plus favorables à l'érosion hydrique telles que l'abondance des précipitations et les pentes relativement forte.

Références bibliographiques

ABH Chélif.Zahrez.(2009)-Rapport de synthèse du PDARE de la région Chélif. Zehrez. Agence de bassin hydrographique de Chélif.pp13-25

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.

Achite., M, Touaibia, T et Ouillon., S, 2006. Erosion hydrique en Algérie du Nord :

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.

Ampleur, Conséquences et Perspectives, P.1.

Benaicha., A, 2011. Etude des processus des transports solide et leur impact sur l'alluvionnement des barrages, Mémoire de Magister en Hydraulique, Université Hadj Lakhdar Batna, P.8-12-13.

Benkhaled. AEK et al, 2003.Analyse de la relation de puissance :débit solide-débit liquide à l'échelle du bassin versant de l'Oued Wahrane (Algérie).

Bouguerra., S, 2014.Quantification et modélisation du transport solide dans un cours 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.

Gisler. S ;liniger H et Prasuhn V(2011) . Carte à Haute résolution du risque d'érosion au 1:20000 (GRE2). Recherche agronomique suisse 2(4) pp148-155

Hadidi., A ,2008.Une nouvelle approche de la détermination de taux d'envasement des barrages, Mémoire de Magistère en Hydraulique, Université Aboubeker Belkaid, P.5-6-66

Kawadri S ;Dahman A,2012. Caractéristique physico-chimique d'oued Chélif (Haut et Moyen Chélif)

Miramon.R.R.(1997). Cartographie des zones sensible à l'érosion dans les rougies de Camarés (sud-Aveyron). Application à une région test sur la commune de Montalaur ; Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme d'études supérieur spécialisées (DESS) Aménagement rural et développement locale. Mont pellier, Septembre 1997. p52

Mokhtari Elhadi, 2008. Contribution à l'étude du transport solide en suspension Bassin de l'oued Chélif-Ghrib pp 38-39.

Mokhtari Fatima, 2012. Etude de l'aspect qualitatif et quantitatif de la dégradation de sol en fonction de différent système d'utilisation des terres dans le micro bassin de Tefless Tenèse. W Chleff. Aspect météorologique et technique p09-11-13-14.

Roose E. et Sabir M.(2002). Stratégies traditionnelles de conservation de l'eau et des sols dans le bassin méditerranées .classification en vue d'un usage renouvelé (<http://horizon.documentation.ird.fr>).

Touaïbia., B ,2000. Erosion-Transport solide-Envasement des barrages. Cas du bassin versant de l'oued Mina, Thèse de doctorat, INA. Algérie, p1-6-63-114.