

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
خميس مليانة جيلالي
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 : Ecologie et environnement

Spécialité : Bioclimatologie

Importance de la concentration et ses liens avec l'écoulement des crues du Cheliff.

Présenté Par : M^{elle} Kadri Hakima.

M^{elle} Belhathat Hakima.

Soutenu le: Devant le Jury :

Présidente : M^{me} Hallouz faiza MCB UDBKM

Promoteur : Mr Mehaigne Madjid MCB UDBKM

Co-promoteur : M^{elle} Teberbi Anisa.

Examineurs:

M^{me} Nabti MAA UDBKM

M^{me} Abdbaki MAA UDBKM

Année universitaire : 2017/2018.

Sommaire

Remerciement.....	i
Dédicaces.....	ii
Résumé.....	iii
Liste des abréviations.....	iv
Liste des figures.....	v
Liste des tableaux.....	vi
Table des matières.....	vii
Introduction générale.....	01

CHAPITRE I :APERÇU BIBLIOGRAPHIQUE

I.1.Les crues.....	03
I.1.1. Les causes des crues.....	03
I. 2.Erosion	03
I.2.1. les formes de l'érosion	03
I.2.2.processus de formation de l'érosion.....	04
I.3.Erosion hydrique	04
I.3.1.Origine et mecanisme	05
I.4. Erosion hydrique dans bassin versant.....	06
I.5. Forme érosion hydrique	06
1.5.1. érosion en nappe	06
1.5.2 . Erosion linéaire.....	06
I.6. Facteurs qui influencent l'érosion.....	09
I.6.1. Influence du climat	09
I.6.2. Morphologie du terrain.....	09
I.6.3. Sol	09
I.6.4. Couvert végétal	09
I.6.5. L'homme	09
I.7. station hydrométrique	10
I.8. transport solide.....	10
I.8.1.Modes de transport solide.....	11
I.8.1.1.Transport solide par charriage.....	11
I.8.1.2.Transport suspension	12

CHAPITRE II :PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

II.1. Situation géographique	14
II.2. Caractéristiques morphométriques.....	15
II. 3. Caractéristiques hydro climatologiques.....	16
II. 3.1. Climatologie	16
II.3.1.1. Pluviométrie	16
II.3.1.2.Température	16
II.3.1.3 .Evapotranspiration	16
II.3.Réseau hydrographique	17
II.3.3.Stations Hydrométriques.....	17
II .3.4.Agriculture	18
II.4.Mobilisation des ressources en eau superficielle.....	18
II.4.1.Barrages	18
II.4.2.Retenues collinaires	19

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

III.1. Données Et Méthodologie	21
III.2. Méthode de travail	22
III.2.1. Mise en forme et traitement des données.....	25
III.3. Puissance des crues	27
III.4. Ajustement de débit instantané maximal par la loi log normal.....	28

CHAPITRE IV :RESULTATS ET DISCUSSIONS

IV.1.Genèse, Gravité et fréquence des crues	30
IV.1.1. La genèse des crues et leur extension dansle temps et l'espace.....	30
VI.1.1.1.Les crues de saison froide.....	30
VI.1.1.2.Les crues de saison chaude.....	34
VI.2. puissance des crues et leur durée de récurrence.....	37
VI.2.1. coefficient de puissance de crue « A ».....	37
VI.2.2 rapport débit de point/débit moyen maximal journalier.....	39
VI.3. crues maximales annuelles fréquentielles.....	39
VI.3.1.Ajustement à une loi de log normal	39
IV.4. L'importance de la turbidité et ses liens avec l'écoulement des crues.....	46
IV.5. Evaluation des apports solides dans les stations hydrométriques.....	53

IV.5.1. Échelle instantanée (Crues)	53
IV.5.2. Échelle mensuelle	60
IV.5.3.Échelle saisonnière	63
IV.5.4. Échelle annuelle.....	65
Conclusion générale.....	74
Références bibliographiques	
Annexes	



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 **Meheiguene 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.

Mes remerciements également à M^{me} hallouz.f. pour avoir accepté d'honorer de sa présence en président le jury.

Mes remerciements s'adressent aussi à M^{me} Nabti. DJ.d'avoir accepté d'examiner ce travail et participer au jury sans oublier son aide et ses renseignements.

Mes remerciements vont à M^{me} Abdbaki .A. pour avoir accepté d'examiner ce travail et honorer le jury.

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 Bioclimatologie.

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



Dédicaces

*Je remercie **Allah** le tous puissant de m'avoir aidé à l'élaboration de ce modeste travail, ainsi que les personnes qui ont contribué de près ou de loin qu'ils trouvent ici le témoignage de ma gratitude.*

Je dédie ce présent mémoire :

A mes très chers et adorables parents que dieu les gardent, qui m'ont bien encouragé pour atteindre mon but et je les remercie surtout pour leur amour et leur soutien moral,

- ✓ *A mes frères : **Hamid, Belkasem ,BILAL ,Aissa et ABD ARAHMANE** et leur marie*
- ✓ *et ma sœur : **Zohra***
- ✓ *a A tout ma famille chacun par son nom **kadri***
- ✓ *A mon promoteur **Mr mehaiguene Madjid** pour ses conseils et ses Consultations qui m'ont tout aidé à la réalisation de mon travail.*
- ✓ *A Ma binôme **Hakima** et sa Famille **belhathat***

*Ainsi qu'à toute ma famille de l'université Djilali Bounaama Khemis Miliana, surtout la promotion «**bioclimatologie 2018**»*

KADRI HAKIMA.



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 amour et de son affection, ainsi qu'à ma très cher père qu'est à l'origine de ce qui je suis ;*
- ✓ *A Mes très chers frères (**Ahmed ; Mohamed et kheir Edinne**) et Mes très chers sœurs (**Naima ; Meriem**)*
- ✓ *A tout ma famille chacun par son nom **belhathat***
- ✓ *A Ma binôme **Hakima** et sa Famille **kadri** ;*

*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 «**bioclimatologie 2018**»*

HAKIMA BELHATHAT

RÉSUMÉ

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 sur 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.

La puissance A est très élevée dans la saison froide ; par contre la saison chaude il est très faible.

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 $Y = a X^b$. 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 : bassin du Cheliff. 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 a 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'autre 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, courbe de transport solide, relation de puissance.*

Abstract

The study on different time scales, the relationship of power enabled to grasp the complexity approach of solid transport it has been possible to define a strong relationship between a and the water for the dry years . the seasonal level of relationship power solid flow analysis –liquid flow is very representative context semi –arid basin studied .

The power and very student in the cold season; however the warm season it is very low.

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.

المخلص

الدراسة المتعلقة بجدول زمنية مختلفة، العلاقة بين القدرة على فهم تعقيدات نهج النقل الصلبة وتحليل سلوك من تحديد علاقة قوية بين المياه والسنوات الجافة. التحاليل الموسمية ومستوى العلاقة -تحليل تدفق السائل ممثل جداً في المناطق شبه

" " عالية جدا الصيف هي جد ضعيفة

ترتبط تدفقات الرواسب المعلقة عند مصب مستجمعات المياه ارتباطا وثيقا بمعدلات التدفق.

العلاقات التي تربط بين هاتين المعاملين على مفاهيم مشابهة تتضمن قانون القدرة $Y = aXb$.

صحة هذه العلاقة ، فقد تم إجراء تحليل نوعي للقيمة الم () () لمنطقة مستجمعات المياه تقع في المنطقة شبه : () .

أدت المقاييس الزمنية المختلفة للتحليل المستخدم إلى شرح سلوك معاملات المعادلة بهدف فهم أفضل لهذه العلاقة وربط هذه المعلمات بالعوامل التي تحفز التدفق الصلب.

يتعلق الهدف الرئيسي بالجوانب النظرية والعملية لظاهرة النقل الصلب في التعليق ، حيث أتاحت النتائج تحديد النماذج الموسمية . لظاهرة النقل الصلب في مستجمع المياه. من ناحية أخرى ، أثبت حدث

العاصفة الخام أنه أنسب وحدة هيدرولوجية لتحليل النقل .

الكلمات المفتاحية: الجزائر، مستجمعات المياه

Liste des Abréviations

- ANRH** : Agence Nationale des Ressources Hydriques.
- ONM** : office Nationale de la Météorologique.
- ABH** : Agence du Bassin Hydrographique de Chleff Zahrez.
- Q_s** : débit solide (Kg/s).
- Q_l** : débit liquide (m³/s).
- D_s** : Dégradation spécifique (tonne/km²).
- Ki** : hydraulicité.
- Cv** : coefficient de variation (%).

Numéro	Liste des figures Titre	Page
Figure 01	: Rejaillissement du sol et de l'eau suite à l'impact d'une goutte d'eau ou effet splash.....	05
Figure 02	: Modes de transport par ruissellement.....	05
Figure 03	: Erosion en ravines.....	07
Figure04	: les principaux types de l'érosion hydrique.....	07
Figure05	:Erosion en griffes, et en ravines.....	08
Figure06	: le phénomène de transport solide.....	10
Figure07	: les différents types de transport solide.	11
Figure08	Transport en charriage(Oued Cheliff-Ghrib), (Mokhtari El, 2008).....	12
Figure 09	: turbidité des eux de l'oued Chélif a la station khemis Miliana	12
Figure 10	: Bassin versant Haut et Moyen Cheliff. (ABH 2006).....	14
Figure 11	: Localisation des stations hydrométriques du bassin haut et moyen Cheliff.....	18
Figure12	: crue de février 1976 (Ponteba Défluent).....	33
Figure 13	: variations journalières des débits et de la turbidité crue septembre 1992.....	36
Figure14	: Ajustement a une loi de log normal des débits journaliers et instantanés maximaux annuelles de la station 012203.....	42
Figure15	: variation journalière des débits liquides et de turbidité à la station Ponteba Défluent(Crue de Novembre 1977).....	47
Figure 16	: variation journalière des débits et de turbidité à la station Ghrib Amont (Crue de Mars1990)	48
Figure 17	: variation journalière des débits et de turbidité à la station Al Abadia (Crue Avril 1992).....	50
Figure 18	: variation journalière des débits liquides et de la turbidité à la station Djenan Ben Ouadah (Crue Avril 1996).....	51
Figure 19	: variations journalières des débits et de la turbidité crue d'avril 1992.....	52
Figure 20	: Evolution débit solide-débit liquide des crues de station Tamzgida.....	53
Figure 21	: Evolution débit solide-débit liquide des crues de station Ghrib Amont	53

Figure 22 : Evolution débit solide-débit liquide des crues de station Ponteba Defluent.....	54
Figure 23 : Evolution débit solide-débit liquide des crues de station Djenan Ben Ouadah.....	55
Figure 24 : Evolution débit solide-débit liquide des crues de station Arib chélif.....	55
Figure 25 : Evolution débit solide-débit liquide des crues de station Tikazal.....	56
Figure 26 : Relation entre (a) et l'exposant b	56
Figure 27 : variation du paramétré (a) en fonction du débit max de la crue.....	57
Figure 28 : variation du paramétré (b) en fonction du débit max de la crue.....	57
Figure 29: Evolution débit solide - débit liquide à l'échelle mensuelle de station Bir Ouled Tahar.....	61
Figure 30: Evolution débit solide - débit liquide à l'échelle mensuelle de station Djenan ben Ouadah	61
Figure 31: Evolution débit solide - débit liquide à l'échelle mensuelle de station Marabout blanc	62
Figure 32: Evolution débit solide - débit liquide à l'échelle mensuelle de station Arib Cheliff.....	62
Figure 33: Evolution débit solide - débit liquide à l'échelle mensuelle de station Bir Oulad tahar	62
Figure 34 : Relation mensuelle entre (a) et l'exposant b	63
Figure 35 : Relation saisonnière entre le paramètre (a) et l'exposant b	65
Figure 36 : Evolution débit solide- débit liquide à l'échelle annuelle a la station Tamazgouida.....	67
Figure 37 : Evolution débit solide- débit liquide à l'échelle annuelle a la station marabout blanc.....	67
Figure 38 : Evolution débit solide- débit liquide à l'échelle annuelle a la station Arib Chliffe.....	68
Figure 39 : Evolution débit solide- débit liquide à l'échelle annuelle a la station Arib Ebda..	69
Figure 40 : Relation annuelle entre le paramètre a et l'exposant b	69
Figure 41 : Variation de (a) en fonction de l'Hydraulicité.....	70

Figure 42 : Variation de (a) en fonction de l'Hydraulicité K_i . (Années sèches).....	70
Figure 43 : Variation de (a) en fonction de l'Hydraulicité K_i (années humides).....	71
Figure 44 : Variation de l'exposant (b) en fonction de l'hydraulicité K_i (années sèches).....	71
Figure 45 : Variation de l'exposant (b) en fonction de l'hydraulicité k_i (années humides).....	72

Liste des tableaux

Numéro	Titre des tableaux	Numéro page
Tableau 01:	Caractéristiques morphométriques des bassins versants de la région d'étude.	15
Tableau 02:	Caractéristiques des stations hydrométriques situées dans le bassin du Haut et du Moyen Cheliff	17
Tableau 03 :	Les barrages en exploitation.....	19
Tableau04 :	données collectées des débits liquides et turbidité dans la station 012001	21
Tableau05 :	données collectées des débits liquides et turbidité des années a la station de 011210	22
Tableau06 :	Résultat de calcul à la station 012001	23
Tableau07 :	Résultat de calcul à la station de011210.....	24
Tableau08:	Paramètres statistiques des variables, concentration, débit liquide et débit solide à l'échelle annuelle dans le bassin versant Moyen Cheliff	26
Tableau 09 :	Paramètres statistiques des variables, concentration, débit liquide et débits solides à l'échelle annuelle haut chéiff.....	27
Tableau 10:	crués de saison froide (novembre-avril) débit journalier et instantanés maximaux observés aux stations sur cours d'eau principale.....	31
Tableau 11	crués de saison chaude (mai- octobre) débit journalier et instantanés maximaux observés aux stations sur cours d'eau principale.....	35
Tableau 12 :	crués extrêmes de saison froide (1975/1976-1997-1998)	38
Tableau13 :	crués extrêmes de saison chaude (1975/1976-1997-1998).....	38
Tableau14 :	resultat d'ajustement a la loi log normale de station ponteba defluent	40
Tableau15 :	debits instantanes maximaux annuels et duree de recurrence (période de référence	42
Tableau 16:	turbidité et dérations spécifique lors crue..Novembre 1977	47
Tableau 17:	turbidité et dégradations spécifique lors crue Mars 1990.....	48
Tableau 18:	turbidité et dégradations spécifique lors crue <i>d'avril 1992</i>	49

Tableau 19: turbidité et dégradations spécifique lors crue d'avril 1996.....	50
Tableau 20: valeurs caractéristique des paramètres de la relation de puissance lors de la montée et de la décrue.....	58
Tableau 21 : caractéristique des crues d'Automne.....	59
Tableau 22: caractéristique des crues d'Hiver.....	59
Tableau23 : caractéristique des crues de printemps.....	59
Tableau 24 : Relations débit solide - débit liquide à l'échelle mensuelle.....	60
Tableau 25 :Relations débit solide - débit liquide à l'échelle saisonnière.....	64
Tableau 26 : Relation débit solide débit liquide à l'échelle annuelle.....	62

Introduction générale

L'ampleur de l'érosion et du transport solide dans les bassins versants des zones semi-arides méditerranéennes a suscité l'intérêt d'un grand nombre de chercheurs et ingénieurs qui ont multiplié cette dernière décennie, les études et les investigations, pour essayer de comprendre et d'expliquer les mécanismes de ces phénomènes, leurs causes et leurs conséquences.

En Algérie, par exemple les études d'aménagement hydromécaniques butent sur le problème de manque de données sur le transport solide afin dévaluer son importance. Cela conduit l'ingénieur a utilisé les méthodes empiriques disponibles pour évaluer les quantités solides transportées annuellement par le cours d'eau étudié.

La recherche de modèles reliant les paramètres hydroclimatiques (précipitations, écoulements et/ou transport de matériaux solides) a fait l'objet de nombreuses études. On peut citer les travaux de (Walling et *al.*, 1981; Demmak,1982; Megnounif et *al.*, 2000, 2003; Katlan et *al.*, 1987 ; Probst et *al.*, 1992; Terfous et *al.*, 1999, 2001, 2003 ; Ghenim,2001 ; Achite et Meddi,2002; Benkhaled et Remini., 2003),... 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. Le transport solide en Algérie, est mesuré dans les stations hydrométriques des bassins versants pour la quasi-totalité des épisodes d'écoulement. Généralement, on se limite au débit en suspension. L'estimation du charriage représente toujours un problème dont la solution n'est pas complète. (Larfi et Remini ,2006) et (Bouanani ,2004).

Dans ce contexte, nous allons étudier la problématique de l'érosion hydrique et de transport solide en Algérie du nord. Dans le bassin versant de cheliff, comme dans l'ensemble de la région semi aride, l'érosion hydrique pose de nombreux problèmes ; les principaux sont liés à l'évaluation de la dégradation spécifique et des transports solides .Cet aspect de la dynamique découle des mécanismes complexes de la morphogenèse de versants et particulièrement. L'objectif principal de cette étude sera la quantification du transport solide et la dégradation spécifique ainsi qu'à la détermination des périodes d'érosion active et la recherche d'un modèle reliant les débits solides aux débits liquides au niveau de cheliff à partir des données observées entre 1975 et 2002 au droit de 11 stations hydrométrique .

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.

Chapitre I
Synthèse Bibliographique

I.1. Les crues

Les crues sont un phénomène naturel. Toutefois les catastrophes entraînées par les inondations sont le résultat d'une interaction entre ce phénomène naturel et des processus écologiques, économiques et sociaux.

I.1.1. Causes des crues

La crue est la conjugaison brutale de plusieurs facteurs :

- l'augmentation brutale du débit en amont provoqué soit par des précipitations importantes en amont et sur site, soit par une décharge brutale des eaux en amont due à un réchauffement rapide (fonte des neiges ou de glacier) ou un évènement accidentel (rupture de barrage...).

Cet apport excessif est renforcé par une diminution de l'infiltration et du stockage en amont (urbanisation excessive et non contrôlée, antécédents pluvieux récents), par l'encombrement du lit du cours d'eau provoquant des mini barrages qui cèdent la pression des eaux est trop forte.

- La baisse de l'écoulement sur le site et en aval causée par l'encombrement du cours d'eau à caractère accidentel (éboulement, glissement de terrain, travaux dans le lit du cours d'eau) ou due à la négligence (urbanisation, absence de nettoyage).

Parmi ces facteurs, certains sont prévisibles, d'autres ne sont pas, certains sont imparables, d'autres peuvent être évités(Asnouni2013).

I.2.Erosion

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

I.2.1. Formes de l'érosion**a) Erosion hydrique**

-l'érosion aratoire ou mécanique sèche : c'est le travail du sol qui arrache les particules, les transporte et les déposes.

- l'érosion thermique : la différence de température peut dégrader le sol et effriter les roches.

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

-l'érosion causée par les êtres vivant : parmi les êtres vivant qui causent le plus de dégâts c'est bien l'homme, en dégradant directement le sol ou en favorisant d'autres facteurs.

b)Erosion éolienne

Est le phénomène de dégradation du sol sous l'action du vent qu'arrache.

I.2.2.processus de formation de l'érosion

Les phénomènes physiques de l'érosion par l'eau peuvent être rattache a deux théoriques successifs. En effet pour que le processus de désagrégation des matériaux sol, pris au sens large se produit, il faut qu'il ya ait détachement de particules élémentaires de la masse du sol dont la compacité est caractérisée par sa nature géologique. Il ya donc un premier forme d'énergie mis en jeu qui n'est autre que l'énergie cinétique de la pluie. La particule élémentaire une fois détachée de la masse, exigera une autre forme d'énergie pour être déplacé cette autre forme de l'énergie n'est autre le ruissellement.

Pour que l'érosion prenne naissance en un point quelconque, il faut qu'il ya d'abord destruction du matérielle en place (usure) et transport de ce point vers un autre point (a l'échelle du champ). On sur une surface horizontale il ne peut y avoir transport , et tout particule de matériau que sera détachée da la masse compacte par une force extérieur ,par exemple l'énergie cinétique de la pluie , ne subira qu'un déplacement locale de faible importance et dans des direction aléatoire (splash ou echadoussuves) .pour qu'il vaut transport il faut que la surface ait un pente c'est de cette pente (énergie gravitaire) que l'on tirera les concepts d'amont et d'avale à prendre en considération dans les processus physique de l'érosion par l'eau.(zadam 2007)

I.3. Erosion hydrique

L'érosion hydrique comporte deux processus qui sont le détachement des particules comme phase préparatoire puis leurs transports à un lieu de dépôt (Djouhara 2012). Elle se définit comme la part de sol due a l'eau qui arrache et transport la terre vers un lieu de dépoté.

I.3.1. 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,2008) **Mécanisme**

➤ Erosion par l'impact de la goutte de pluie

Les sols subissent un martèlement considérable causé par les gouttes de pluie. Les premières gouttes s'infiltrent dans le sol d'autant plus aisément qu'il est meuble et que sa porosité.

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.



Figure 01 : Rejaillissement du sol et de l'eau suite à l'impact d'une goutte d'eau

Ou effet splash (Hadidi ,2008)

➤ Erosion par ruissellement

Le ruissellement agit sur le sol par des actions de détachement et de transport comme la précipitation.

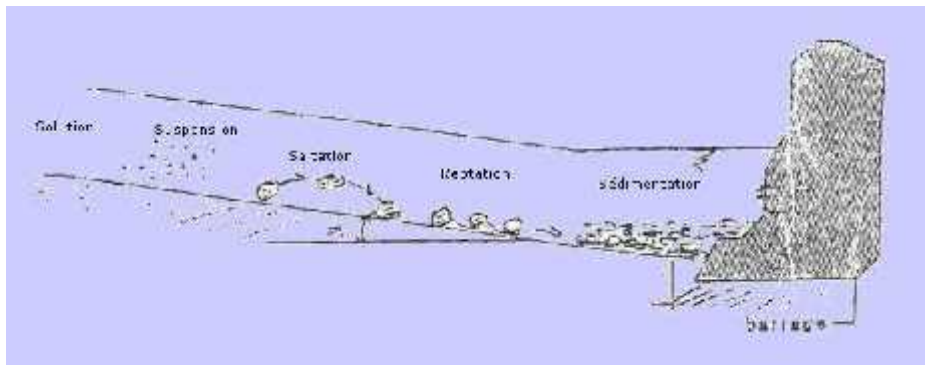


Figure 02 : Modes de transport par ruissellement (Hadidi ,2008)

1.4. Erosion hydrique dans un bassin versant

L'érosion hydrique correspond à séparation entre la particule et son support, sans inclure le transport et la sédimentation, même s'il se produit toujours un micro-transport. Ce phénomène est très répandu dans les pays semi-arides où la dégradation spécifique dépasse 2000t/km²/an.

L'érosion hydrique se développe lorsque les eaux de pluies ne pouvant plus s'infiltrer dans le sol, ruissellent sur la parcelle en emportant les particules de terre. Ce refus du sol à absorber les eaux en excédent apparait soit lorsque l'intensité de pluies est supérieure à la capacité d'infiltration de la surface du sol. (Ehyounssi, 2011).

I.5. Formes de l'érosion

1.5.1. Erosion en nappe

L'érosion en nappe appelée encore (sheet Erosion) est beaucoup plus importante sur les sommets des versants, ainsi que sur les terres de faibles pentes régulièrement cultivées. L'érosion en nappe provoque l'enlèvement plus ou moins uniforme d'une mince couche ou "nappe" de sol. Car l'énergie des gouttes de pluie s'applique à toute la surface du sol et le transport des matériaux détachés s'effectue par le ruissellement en nappe. C'est le stade initial de la dégradation des sols par érosion.

L'érosion en nappe s'effectue selon deux étapes :

-le détachement des particules de terre causé par le choc des gouttes de pluies : effet splash.

-le ruissellement superficiel lorsque l'intensité de la pluie

1.5.2 . Erosion linéaire

Elle se présente généralement comme des lignes parallèles le long des versant, leur tracés sont fins, la largeur et la profondeur ne dépassent pas 10cm. Il est admis que les griffes sont les premiers signes d'une érosion linéaire.

a) Griffes

Elle se présente généralement comme des lignes parallèles le long des versant, leur tracés sont fins, la largeur et la profondeur ne dépassent pas 10cm. Il est admis que griffes sont les premiers signes d'une érosion linéaire.

b) Ravine

Il s'agit d'une incision linéaire suivent le sens de pente, dont la profondeur minimale est de 1m ; celle-ci peut atteindre 2à3m.la ravine peut être classée comme ravin selon certaines description. Par contre la largeur peut avoir une dizaine de mètres quant à la longueur elle est très variable.



Figure03 : érosion en ravine.

c) Ravin

C'est la forme la plus marquée. Sa profondeur est supérieure à 3m, quant à la largeur, set égale à celle d'une ravine par contre, la largeur peut atteindre un kilométrique de long.

d) Ravinement généralisé (bad-lands)

Il s'agit d'un ensemble de ravins et de ravines juxtaposées liées les aux autres par des lignes de crêtes aiguës. C'est une forme plus organisée et hiérarchisée et chenaux. Le profil général, longitudinal est redressé, la pente est forte et régulière, le versant est généralement dénudé. Les bad-lands représentent le stade ultime du ravinement.

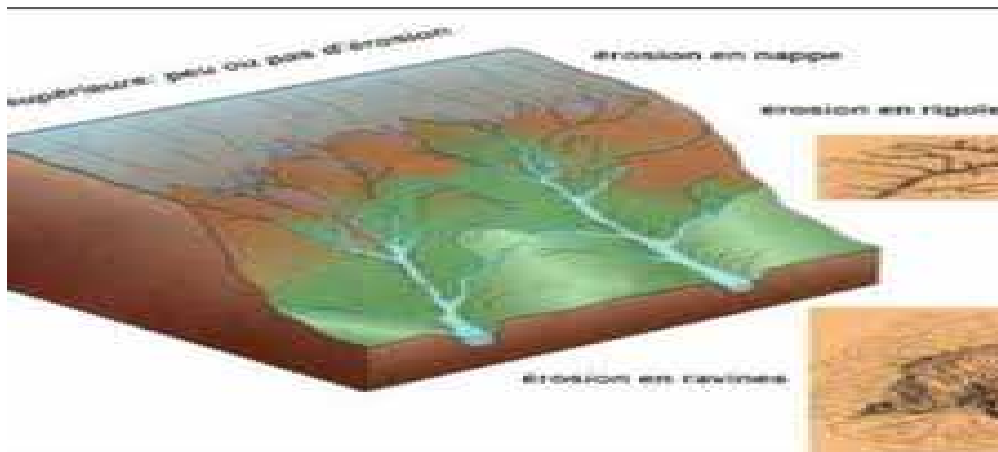


Figure 04 : les principaux types de l'érosion hydrique.(Benharkat ;2015)

e) Rigoles

Il s'agit de sillon qui se caractérise par une largeur généralement entre 20 et 30 cm et d'autant de profondeur, par contre, la longueur est très variable, elle est liée à la longueur des versants. Les rigoles apparaissent surtout lors des grandes averses, elles s'effacent facilement lorsque le paysan effectue un labour profond, à part quelques rigoles qui peuvent évoluer en ravines même ou en ravins.

f) Glissement de terrain

Les glissements consistent en une descente massive et relativement rapide de matériaux le long d'un versant. Le déplacement de matière s'effectue le long d'une surface de glissement facilitant l'intervention de la gravité.

g) Glissements rapides

Les glissements de terrain en planches sont des décollements d'une couche plus ou moins épaisse du sol, glissant sur un horizon plus compact (souvent de la roche altérée), servant de plans de glissement. Ce phénomène est très courant sur les schistes dont le pendage est parallèle à la topographie

(Pendage conforme), sur les gneiss et sur les marnes en voie d'altération.

h) Glissements rotationnels en "coups de cuillère

Ce sont des glissements où la surface du sol et une partie de la masse glissent en faisant une rotation, de telle sorte qu'il apparaît une contre pente sur le versant. Il s'agit souvent de toute une série de coups de cuillère, laissant au paysage un aspect moutonné.

i) Coulées boueuses

Ce sont des mélanges d'eau et de terre à haute densité, qui emportent à grande vitesse (jusqu'à 80km/h) des masses considérables de boue et blocs de roches de taille imposante. Lorsqu'elles viennent de se produire, elles se présentent sous forme d'un canal terminé par une langue de matériaux de texture très hétérogène nommée cône de déjection. Les matériaux fins sont repris ultérieurement par l'érosion hydrique en nappe ou en rigole, laissant en place une masse de cailloux et de blocs de taille très hétérogène.

I.6. Facteurs qui influencent l'érosion

Les facteurs de l'érosion devant être prise en compte pour étudier les phénomènes érosifs font maintenant l'objet d'un consensus et regroupent le climat, le sol la topographie la couvert végétal, l'homme.

I.6.1. 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. **(Benaïcha, A, 2011)**

I.6.2. Morphologie du terrain

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, 2011).**

I.6.3. 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).**

I.6.4. 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,2011)**

I.6.5. 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,2012)**

I.7.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 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).

I.8. 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, 2014).

I.8.1. Modes de transport solide

I.8.1.1. 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,2014).



Figure08 : Transport en charriage (Oued Cheliff-Ghrib), (Mokhtari El, 2008)

I.8.1.2. 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. (Bouguerra, 2014)

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 (figure 09)

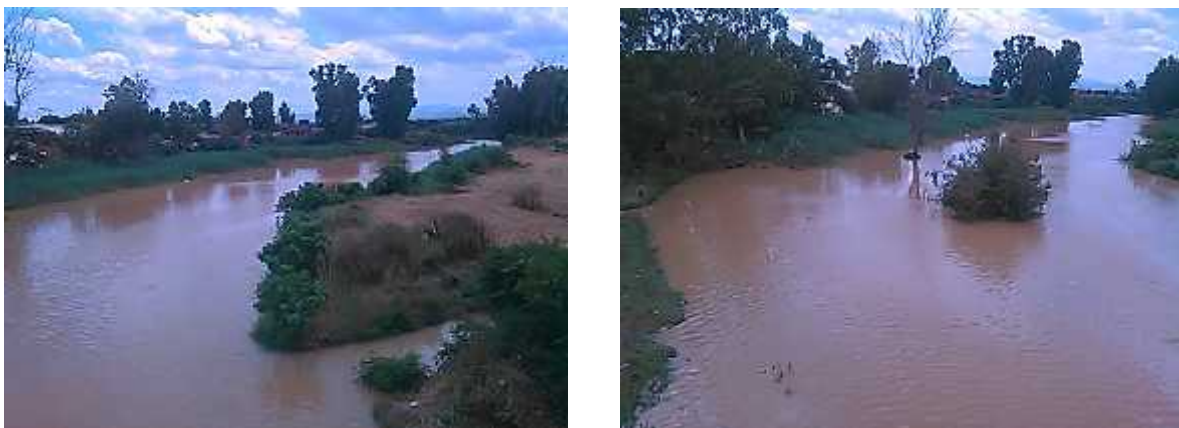


Figure 09 : turbidité des eaux de l'oued Chélif à la station khemis Miliana.

Chapitre II

Présentation de la zone d'étude

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 Boudj-bounaama.
-) A l'est par djebel Gountas.
-) A l'ouest par le bassin du bas Cheliff. (ABH, 2006)

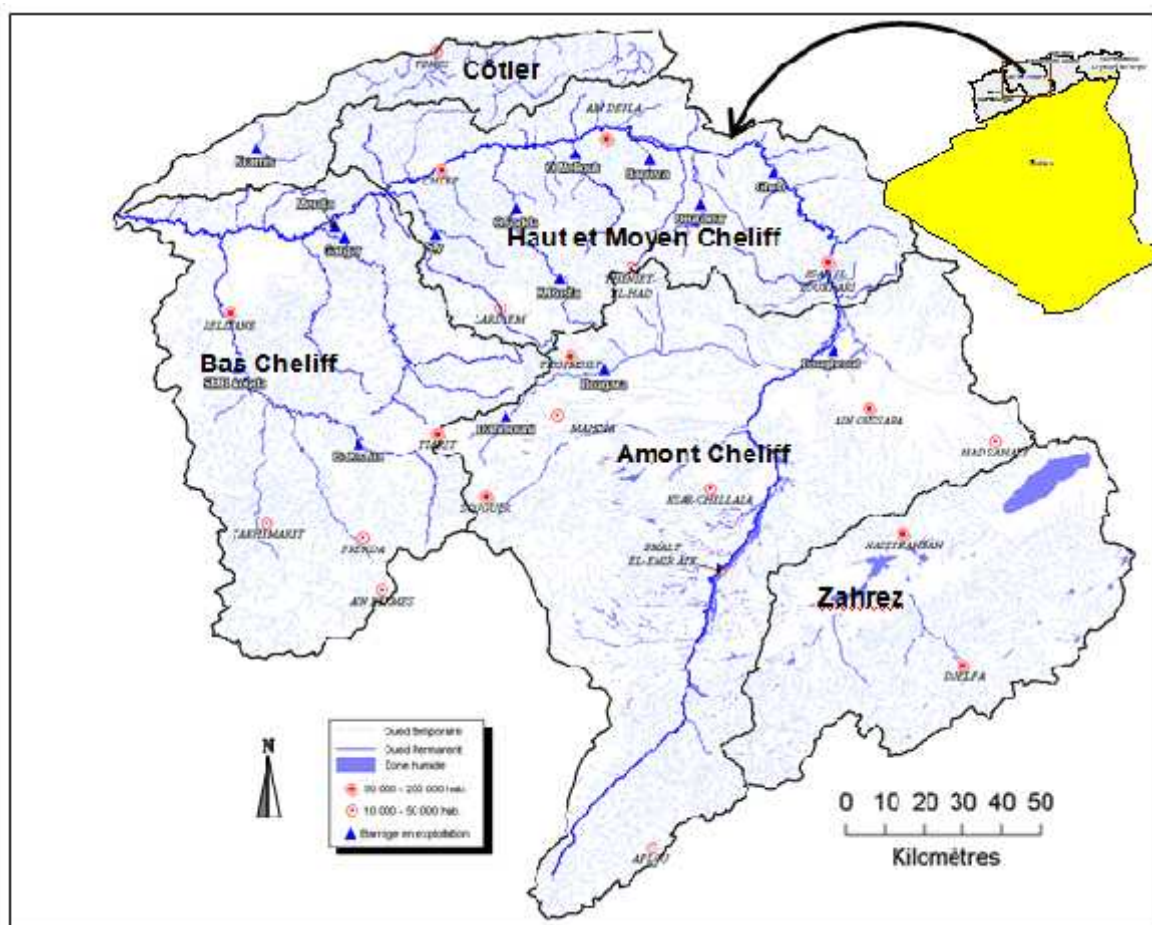


Figure 10: Bassin versant Haut et Moyen Cheliff. (ABH 2006)

II.2. Caractéristiques morphométriques

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 morpho métriques existant entre les unités de la région d'étude. Cependant le bassin du Haut et Moyen Cheliff à l'aval Boughzoul, montrent des caractères morpho métriques 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 morpho métriques 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).

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). 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)

II.3.1.3. Évapotranspiration

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 d'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. (Figure 09). (ABH, 2006)

II.3. 2 Réseau hydrographique

Le bassin du Haut et du Moyen Cheliff regroupe onze (11) sous bassins hydrographiques du 0113 au 0123. 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)

II.3.3. Stations Hydrométriques

Le réseau d'observation de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) compte 11 stations hydrométriques (tableau 02).

Tableau 02: Caractéristiques des stations hydrométriques situées dans le bassin du Haut et du Moyen Cheliff. (Source ABH 2006)

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	-	-	-	-	-

(*) Données Manquantes

(-) Station hors service

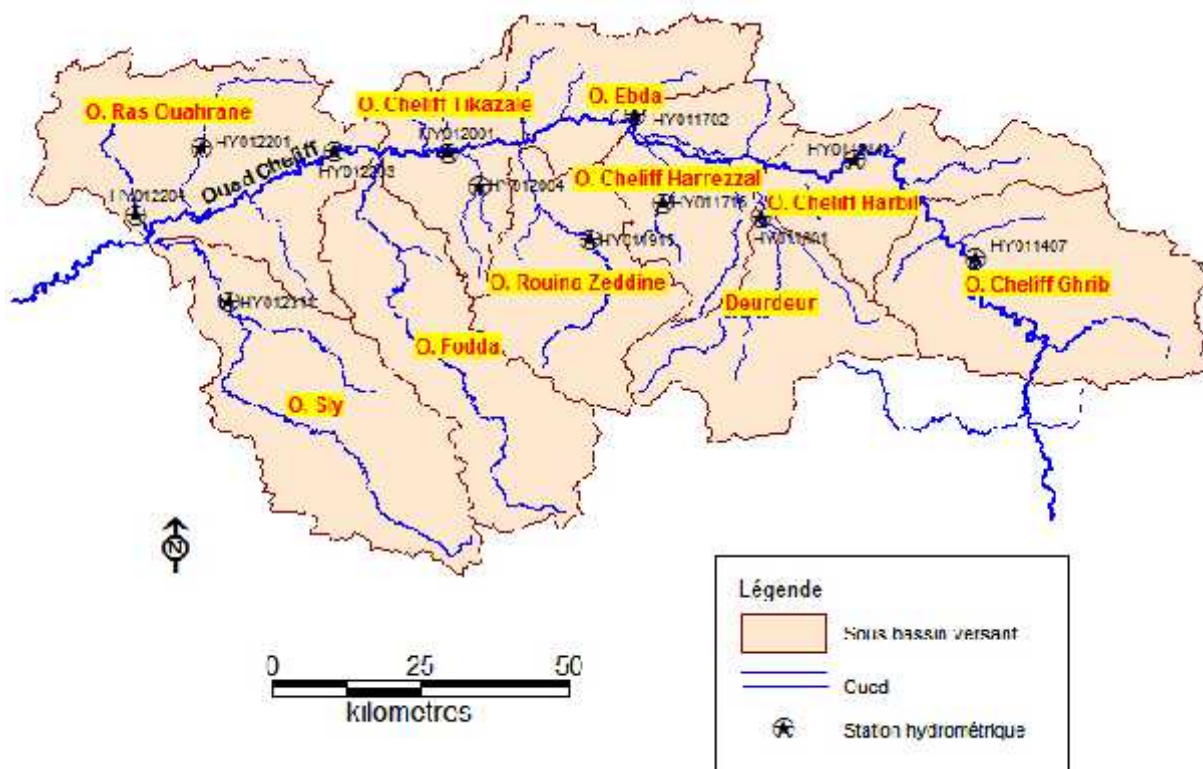


Figure 11: Localisation des stations hydrométriques du bassin haut et moyen Cheliff

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 03 : 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 1973/1993

II.4.2.Retenues collinaires

Les retenues collinaires recensées dans le bassin du Haut et du Moyen Cheliff sont au nombre de (56) retenues. Cependant la majorité des retenues collinaires sont abandonnées, vu leur taux d'envasement très avancé, qui atteint presque les 100%. (ABH, 2006)

Chapitre III
Matériels et Méthodes

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'étaient 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

Tableau07 : données collectées des débits liquides et turbidité dans la station 012001

Code station	date	heure	hauteur	débit liquide (m ³ /S)	Turbidité(g/L)
012001	01-avr-1992	13:00	140	17,23	6,55
012001	02-avr-1992	13:00	136	15,73	2,31
012001	03-avr-1992	13:00	134	14,97	2,72
012001	04-avr-1992	13:00	130	13,47	2,02
012001	05-avr-1992	13:00	130	13,47	1,41
012001	06-avr-1992	13:00	128	12,71	1,05
012001	07-avr-1992	13:00	128	12,71	1,14
012001	08-avr-1992	13:00	128	12,71	18,8
012001	09-avr-1992	13:00	325	175	78,8
012001	10-avr-1992	13:00	309	147,48	70,9
012001	11-avr-1992	13:00	275	102,5	37
012001	12-avr-1992	13:00	262	87,16	31,1
012001	13-avr-1992	13:00	185	35,7	7,1
012001	14-avr-1992	13:00	168	28,56	8,5
012001	15-avr-1992	13:00	160	25,2	7,8
012001	16-avr-1992	13:00	160	25,2	0,81
012001	17-avr-1992	13:00	150	21	7,86
012001	18-avr-1992	13:00	138	16,48	9,05
012001	19-avr-1992	13:00	134	14,97	3,63
012001	20-avr-1992	13:00	133	14,6	5,63
012001	21-avr-1992	13:00	120	9,7	6,1
012001	22-avr-1992	13:00	120	9,7	2,92
012001	23-avr-1992	13:00	114	7,78	1,71
012001	24-avr-1992	13:00	110	6,5	2,41
012001	25-avr-1992	13:00	108	6,04	2,31
012001	26-avr-1992	13:00	104	5,12	11,4
012001	27-avr-1992	13:00	98	3,86	14,5
012001	28-avr-1992	13:00	96	3,52	9
012001	29-avr-1992	13:00	94	3,18	7,24
012001	30-avr-1992	13:00	94	3,18	8,3

(source :l'ANRH)

Tableau08 : données collectées des débits liquides et turbidité des années a la station de 011210

Code de station	Date	Heure	Hauteur	Débit 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 :

$Q.s.=(Ql * \text{Turbidité}). Qs$: débit solide Kg/s

Ql : débit liquide m^3/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 (m ³ /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.

$$Q_s = a Q_l^b \quad (2)$$

Q_s : débit solide (Kg/s)

Q_l : 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.

III.2.1.Mise en forme et traitement des données

Nous avons basé le traitement des données sur le Logiciel Excel(tableaux 05), Nous avons sélectionnés les crues instantanés (débits liquides et solides max) dans les 11 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	max	min	moyenne	Ecart-type	Coefficient de variation(%)
012201	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
012001	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
012204	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
012311	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 tableau11, 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 Chélif

Station	Variables hydrométriques	Nombre observation	max	min	moyenne	Ecart-type	Coefficient de variation(%)
011210	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
011407	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
011501	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
011514	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
011601	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
011702	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
011715	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
011801	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 importante des débits solides, témoignés par des valeurs très élevées du coefficient de variation 258% et 257% de la station 011210,011601 respectivement.

III.3. Puissance des crues (le coefficient A de meyer-coutagne-pardé)

Exprimé par la formule suivante : $A = \frac{Q}{\sqrt{S}}$

S : surface réceptrice du bassin en k^2

Q : débit maximal absolu m^3/s

III.4 Etude statistique**III.4.1 Ajustement de la série des débits instantané maximal par la loi log normal**

La fonction de répartition de la loi log normal s'écrit :

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$

Chapitre IV
Résultats et Discussion

IV.1.Genèse, Gravité et fréquence des crues

Les crues seront ici étudiées à travers les débits journaliers et instantanés maximaux de saison froide et de saison chaude dont les valeurs sont toujours supérieures aux débits moyens de hautes eaux et donc au module.

Cependant, les valeurs des débits de crues sont sujettes à des erreurs d'évaluation dues aux extrapolations théoriques des courbes de tarage dans leur partie supérieure. De plus, la brièveté des observations hydrométriques récentes et l'absence d'anciennes chroniques de crues ne permettent pas de tirer des conclusions définitives quant à la gravité et la fréquence des crues véhiculées par les oueds du Haut et Moyen Cheliff, du moins au cours de ce siècle. Les quelques indications d'archives disponibles se limitent aux hauteurs d'eau maximales des graves crues de 1976 enregistrées en certaines stations et à quelques valeurs de crues isolées. Les cotes maximales enregistrées en 1976, ont été par ailleurs atteintes au cours de la période de référence 1975/2001, ce qui prouve que l'échantillon étudié est représentatif du phénomène général.

Ces réserves étant faites et compte tenu des conditions météorologiques particulières d'alimentation des cours d'eau, il a semblé nécessaire de distinguer les crues de saison froide de Novembre à Avril (tableau10) des crues de saison chaude de Mai à Octobre (tableau11). Ces deux grands types de crues se différencient, en effet tant par leur genèse et leurs mécanismes de propagation que par leur puissance, leur durée, fréquence et leur extension géographique.

IV. 1.1. La genèse des crues et leur extension dans le temps et l'espace

VI.1.1.1.Les crues de saison froide

a)Leur genèse

Elle est favorisée par la convergence de facteurs essentiels pour l'alimentation en eau et le ruissellement superficiel : précipitations abondantes et efficaces, sols saturés par les pluies préparatoires d'automne, notamment dans les secteurs peu perméables, températures faibles et donc possibilités d'évapotranspiration limitées, influence très réduite du couvert végétal.

Tableau10 : crues de saison froide (novembre-avril) débit journalier et instantanés maximaux observés aux stations sur cours d'eau principale.

station	1975-1976	1976-1977	1990-1991	1991-1992	1992-1993	1993-1994	1996-1997	1997-1998	moyenne	Ecart type
011407	a		13/01/1990	12/12/1991	27/04/1992					
	b		30,1	13,6	26,5				23,4	8,67582849
	c		16,789	8,053	19,948				14,92	6,161
	d		1,792	1,689	1,328				1,59	0,243
011514	a		12/12/1990	21/02/1991	26/01/1992		13/01/1996			
	b		15,54	57,10	173,4		9,4		63,86	0,442
	c		5,582	20,45	85,563		4,305		28,97	128,130
	d		2,783	2,79	2,02		2,183		28,44	79,678
011702	a			06/10/1991	27/01/1992		07/02/1996			
	b			61,64	311,2		136		135,25	0,373
	c			40,15	187,367		60,926		75,21	196,686
	d			1,53	1,66		2,232		2	0,37
012001	a		19/01/1990		28/01/1992	01/03/1993				
	b		10,90		350	7,78			122,89	73,447
	c		3,17		107,04	3,90			38,03	0,119
	d		3,438		3,269	1,99			2,89	322,440
012203	a	21/12/1975	08/02/1976					23/11/1997		
	b	249	705					86,92	397,46	95,699
	c	64,79	200,13					38,26	119,19	0,233
	d	3,84	3,51					2,27	2,89	0,860

a : date du débit de pointe d : b/c.

b : débit instantané maximal (m³/s) c : débit moyen journalier maximal (m³/s).

Ce sont donc les paramètres morpho-métriques du bassin-versant et du réseau hydrographique (forme des bassins, pente des thalwegs, hiérarchisation du chevelu, densité de drainage.....) ainsi que les caractéristiques physiques des lits des oueds qui jouent pleinement leur rôle et déterminent des nuances dans la propagation et l'évolution des crues. Ces dernières ont une alimentation essentiellement pluviale car la neige n'intervient de façon efficace que dans les secteurs montagneux élevés, supérieurs en général à 1200 m d'altitude.

Les averses génératrices de ces crues hivernales ont un caractère à la fois durable et extensif, affectant parfois tout ou une grande partie du bassin. Il s'agit en fait d'épisodes pluvieux plus ou moins longs susceptible d'engendrer non seulement une unique montée des eaux mais également plusieurs crues successives telles celles de février 1976(tableau10) que nous étudierons ultérieurement.

b) Leur répartition temporelle

Le tableau montre que les valeurs extrêmes des débits instantanés maximaux ont une distribution annuelle variable selon les secteurs géographique du bassin ; aussi, malgré quelques concordances, il ne semble pas exister de liaison étroite entre les valeurs des crues et celles de l'hydraulicité annuelle abordée ultérieurement. Il en est presque de même en ce qui concerne leur fréquence mensuelle effective qui ne concorde pas tout à fait avec les valeurs des C.M.D (coefficient du débit moyenne) en effet, les crues de saison froide, plus fréquentes à la fin qu'au début de la période de hautes eaux, se produisent surtout et en Avril et en Mars et, à un degré beaucoup moindre, en Février. Elles ne coïncident donc pas nécessairement avec les moins les plus pluvieux de l'année car elles sont déterminées plus par la nature même des averses, notamment leur intensité –en interaction avec les autres facteurs du ruissellement – que par l'apport pluviométrique mensuel.

c) Leur répartition spatiale

L'évolution des crues de l'amont à l'aval du bassin est fonction de la répartition des précipitations ainsi que de l'organisation et de la densité du réseau hydrographique.

La vitesse de propagation des maximums, elle même fonction de plusieurs facteurs (pente, profondeur du lit mineur et étendue du lit majeur, hiérarchisation du chevelu) constitue un élément fondamental dans l'évolution spatiale des crues. Dans notre cas, nous disposons de relevés horaires précis du passage des ondes de crues aux stations hydrométriques, il nous a

semblé facile de proposer des interprétations à partir de plusieurs analyses des hydro grammes journaliers.

On peut néanmoins distinguer d'après leurs caractéristiques physico géographiques propre, les bassins telliens favorables à une vitesse de propagation élevés des bassins à faiblesse des pentes et la concentration assez lâche du réseau hydrographique déterminent des vitesses de translation beaucoup plus atténuées.

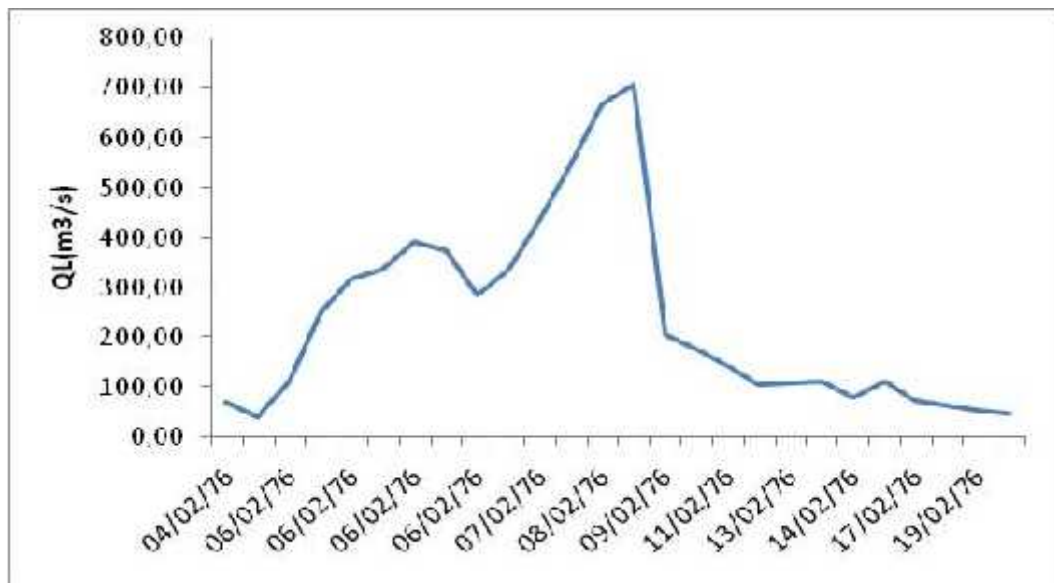


Figure12 : crue de février 1976 (Ponteba Defluent)

Il faut noter enfin que cette comparaison des hydro-grammes de crue est seulement indicative car il est possible qu'ils soient dus à des averses qui ont des durées de récurrence différentes en raison de la variabilité de leur répartition spatiale.

Les crues exceptionnelles de février 1976 : les graves crues de février 1976 pour lesquelles on possède quelques indications concernant le bassin du Haut et du Moyen Cheliff, méritent d'être analysées brièvement. Elles rappellent celles produites 42 ans avant, c'est-à-dire en février 1976 et qui, généralisées à une grande partie du territoire algérien, ont causé de grosses inondations notamment dans bassin de cheliff. Ces crues de février 1976 ont été engendrées par des précipitations anormales dues à des invasions froides en méditerranée qui provoquèrent une forte instabilité, elle-même, due à une masse d'air chaude préexistante (J. car off et G. Sithe, 1958)

L'hydro gramme relatif à ces crues donne une image suggestive de la rapidité et la brutalité caractérisant la montée des eaux.

Le débit de point du 08-02-76 (le débit de la pente égal 705 m³/s) se présente donc comme un évènement assez rare qu'il importe de prendre en compte dans les calculs de probabilités de dépassement des crues.

VI.1.1.2. Les crues de saison chaude

a) Leurs caractères généraux

Les crues de saison chaude liées par une durée et une extension spatiale plus faible que celles des crues de saison froide. Leur puissance est également moins élevée bien que parfois, à la suite d'averses torrentielles, elles peuvent atteindre des proportions jamais égalées en période de hautes eaux, ce qui entraîne des inondations brutales.

Tableau 11: crues de saison chaude (mai- octobre) débit journalier et instantanés maximaux observés aux stations sur cours d'eau principale.

Station		1976-1977	1977-1978	1989-1990	1990-1991	1991-1992	1992-1993	1993-1994	1994-1995	1996-1997	1997-1998	moyenne	Ecart type
011407	a			05/09/1989	27/06/1990	01/09/1991	08/05/1992	06/05/1993					
	b			174	33,25	30,16	47	100,30				110,05	89,803
	c			50,92	26,95	23,85	21,07	68,62				38,28	20,695
	d			3,41	1,23	1,26	2,23	1,46				1,91	1,250
011514	a					05/10/1991				01/06/1996	18/09/1997		
	b					64				23,18	21	42,5	24,221
	c					41, 122				12,55	5,62	19,76	18,817
	d					1,55				1,84	3,73	2,37	1,184
011702	a				03/10/1990	06/10/1991	05/05/1992		23/09/1994	13/06/1996			
	b				32,18	61,64	14,44		196	28,72		66,59	74,353
	c				12,34	40, 155	7,93		57,61	9 ,112		25,42	22,338
	d				2,60	1,53	1,82		3,40	3,15		2,5	0,813
012001	a					05/05/1992		07/05/1993					
	b					60,6		9,10				34,85	36,416
	c					20,17		3,11				11,64	12,063
	d					3, 004		2,92				2,96	0,059
012203	a	02/05/1976	19/05/1977										
	b	111	89,3									100,15	15,344
	c	40,02	28,13									28,13	8,407
	d	2,77	3,17									3,17	0,283

a : date du débit de pointe d : b/c.

b : débit instantané maximal (m³/s) c : débit moyen journalier maximal (m3/s).

Les crues de saison chaude les plus fréquentes en début et en fin de saison, plus précisément en Mai et en septembre. Ce sont les crues de septembre (mois des premières pluies) qui revêtent un caractère de gravité élevée en raison de la forte intensité des averses et de l'absence de couvert végétal ; ces paramètres peuvent l'emporter sur les effets de l'évaporation et du pouvoir absorbant du sol, très élevés en cette période.

Du fait de l'aspect localisé des averses, les crues de saison chaude sont, en général, moins concordantes qu'en saison froide. Parfois, la crue affecte surtout le bassin supérieur, comme ce fut le cas en septembre 1994 : le maximum enregistré le 23 septembre sur le Moyen Chélif à 011702 ($196\text{m}^3/\text{s}$) s'atténue rapidement vers l'aval peu affecté par le phénomène ; la pointe de crue se réduit le 24 septembre à $33,5\text{m}^3/\text{s}$ à la station 011407.

L'ensemble de la crue de septembre 1992 :

Cette crue est un exemple limite du dernier cas souligné ci-dessous. L'étude des hydrogrammes journaliers correspondants (figure 13) permet de déceler la réaction des différents cours d'eau à la suite des averses assez exceptionnelles qui se sont succédées du 24 au 26 septembre.

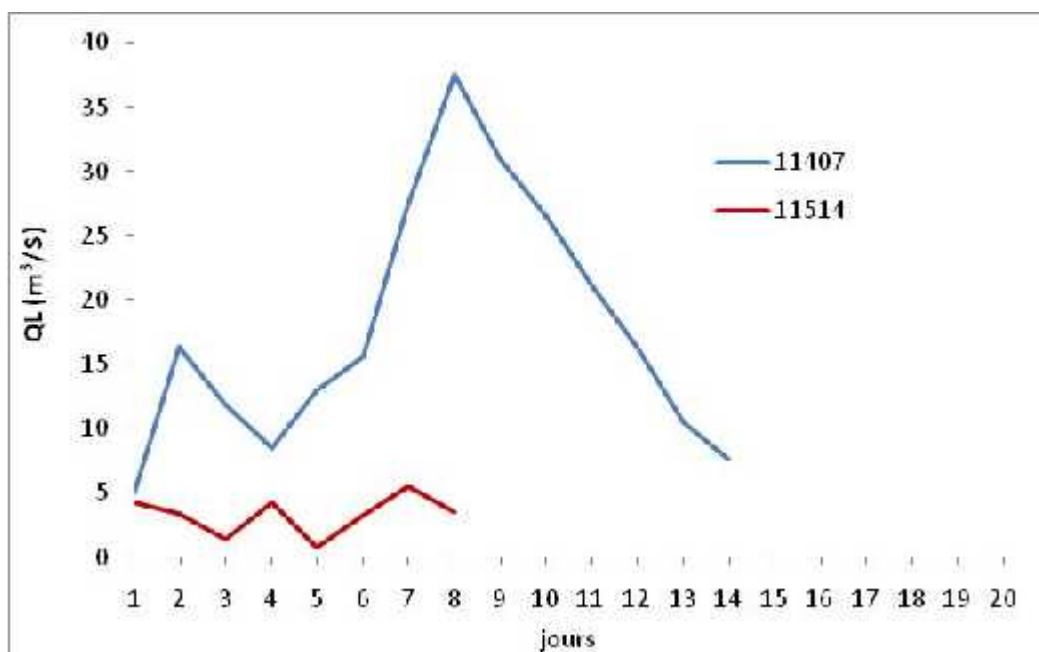


Figure 13 : Variations journalières des débits et de la turbidité crue septembre 1992

Malgré les fortes possibilités d'évaporation et d'infiltration, l'intensité particulièrement élevée des précipitations a provoqué des montées importantes des niveaux d'eau ont atteint : près de 1,24m à la station 01407, 1,15 m à la station 011514, et environ. Contrairement à la crue

principale d'Avril 1992 analysée précédemment ces ondes de crues n'ont pas évalué uniformément et ce, malgré la concomitance de la montée des eaux à partir du 25 juin.

Les différences constatées au sujet de l'évolution des crues sont dues aux caractéristiques même des averses (intensité et extension spatio-temporelle) d'une part, et d'autre part aux capacités d'infiltration et d'interception, très variables d'un secteur à l'autre du bassin.

Il importe enfin de souligner, comme dans le cas des crues de saison froide, la brutalité caractérisant la montée de l'hydrogramme en juin 1992. La phase de décrue est également rapide en raison de l'arrêt de l'averse après la pointe de crue et du faible soutien de l'écoulement fluvial par les eaux de nappe aux réserves faibles en cette fin de saison chaude.

VI.2. puissance des crues et leur durée de récurrence

VI.2.1. Coefficient de puissance de crue « A »

Plusieurs critères peuvent caractériser la puissance d'une crue : sa cote maximale, son débit maximal absolu et spécifique, son volume. Le coefficient A de Meyer-Coutagne-Pardé constitue, quant à lui, un bon élément d'approche dans le cadre d'une analyse comparative de crues entre des bassins de tailles différentes, les valeurs correspondantes calculées pour les crues maximales de saison chaude relatives à la période 1976-1998 (tableau 13) permettent de constater les fortes variations de la puissance des crues extrêmes d'une station à l'autre : en saison froide, le coefficient A oscille entre 0,31 (011407) et 10,27 (012203) (tableau 12) ; en saison chaude, il varie entre 0,39 (011702) et 7,93 (011905).

Ces fortes variations sont liées aux conditions d'alimentation et de ruissellement très différent d'un secteur hydrologique à l'autre et saison à l'autre.

Tableau 12 : Crues extrêmes de saison froide

Station	Jour du maximum	Surface km ²	débit maximal m ³ /s	débit maximal spécifique l/s/km ²	A
011407	12/12/1991	1898	13,6	7,2	0,31
011501	01/3/1991	157	7,95	50	0,63
011514	26/1/1992	1164	173,4	140	5,08
011601	26/1/1992	1890	170	80	3,91
011702	27/01/1992	2204	311,2	141	6,62
011715	09/11/1990	102	10,44	100	1,03
011801	26/1/1992	270	134	490	8,155
011905	21/4/1997	435	42	90	2,01
012001	28/1/1992	4098	350	80	5,46
012004	02/1/1990	130	8,95	60	0,785
012201	07/1/1995	262	30,4	110	1,915
012203	8/2/1976	4704	705	140	10,27

Tableau13 : Crues extrêmes de saison chaude

Station	Jour du maximum	Surface km ²	débit maximal m ³ /s	débit maximal spécifique l/s/km ²	A
011407	4/9/1989	1898	174,667	92	4,00
011501	5/10/1991	157	66	420	5,27
011514	26/5/1992	1164	75,40	60	2,21
011601	01/10/1991	1890	196	103	4,5
011702	30/9/1994	2204	61,9	20	0,39
011715	23/9/1994	102	24,02	230	2,38
011801	04/5/1992	270	29,5	100	1,79
011905	24/5/1998	435	165,35	380	7,93
012001	5/5/1992	4098	60,60	10	0,94
012004	24/10/2000	130	10,51	80	0,92
012201	01/10/1994	262	63,25	241	3,90
012203	2/5/1976	4704	115,4	20	1,68

S : surface réceptrice du bassin en km² q : débit maximal spécifique en l/s/km²

Q : débit maximal absolu m³/s

A : $\frac{Q}{\sqrt{S}}$

La puissance des crues de saison froide est dans l'ensemble plus élevée qu'en saison chaude.

La puissance de crue février 1976 est la plus forte observée pendant la période considérée.

Cette puissance "record" correspondant à la crue généralisée février 1976 analysée plus haut, représente un débit maximal instantané enregistré à la station Ponteba Défluent $705\text{m}^3/\text{s}$, soit un débit spécifique de l'ordre 140l/s/k^2 . Elle est comparable à la crue du EL Abadia en janvier 1992, dont le coefficient ($A=5,46$), correspond à un débit maximal instantané de $350\text{m}^3/\text{s}$ et un débit spécifique de 80l/s/k^2 .

VI.2.2. Rapport débit de point/débit moyen maximal journalier

Un facteur autre que la puissance maximale des débits doit être pris en considération dans l'étude de la variabilité des crues : le rapport du débit instantané maximal au débit moyen journalier maximal. ce rapport permet de confirmer le caractère très aléatoire du régime méditerranéen du bassin.

En effet, en valeurs absolues (tableau 12 et 13) ce rapport peut atteindre des proportions remarquables : il s'élève en saison chaude à 3,41 sur le 011407 (station Ghrib Amont) et, en saison froide à 3,84 sur le 012203 (station Ponteba Défluent). Les valeurs moyennes varient en saison chaude de 1,91 à 110,05 (station 011407 Ghrib Amont), en saison froide, de 1,59 (station 011407 Ghrib Amont), à 397,46 (012203 Ponteba Défluent).

Ces données mettent ainsi en évidence la forte irrégularité de l'écoulement au cours d'une journée de crue et, à plus forte raison en saison chaude où les averses sont très localisées, brèves et d'intensité très variable. Comme on l'a vu précédemment, elles entraînent des montées d'eau extrêmement rapides et brutales se traduisant par des hydrogrammes très pointus.

Cet aspect de forte irrégularité de l'écoulement de crue va encore apparaître dans le cadre des estimations fréquentielles des débits instantanés et journaliers maximaux annuels.

VI.3. Crues maximales annuelles fréquentielles.

VI.3.1. A justement à une loi log normale

Du fait du caractère arbitraire des limites saisonnières des crues inhérent aux régimes hydrologiques différenciés du bassin. Les lois de probabilité utilisées n'ont pas permis des ajustements satisfaisants des courbes de fréquences de crues prises séparément, en saison chaude. C'est pourquoi, on a tenu compte des crues maximales annuelles qui, comme le montre l'exemple du bassin du Haut Cheliff ont une distribution statistique qui s'adapte à une loi log normale notamment celle des débits instantanés maximaux (figure 14).

Valeurs de départ	Valeurs classées	Ordre de classement	Fréquence expérimentale	Variable réduite	Valeur expérimentale	Valeur théorique	Borne inférieure	Borne supérieure
11,6	55,6	31	0,575	0,190	55,6	56,53	41,51	78,22
37,49	64,65	32	0,594	0,238	64,65	59,68	43,85	82,89
47,98	71	33	0,613	0,287	71	63,06	46,33	87,94
223	71,24	34	0,632	0,337	71,24	66,68	48,97	93,40
80	72,21	35	0,651	0,387	72,21	70,57	51,80	99,34
11	76,28	36	0,670	0,439	76,28	74,78	54,83	105,83
11	80	37	0,689	0,492	80	79,34	58,10	112,96
27,8	83,12	38	0,708	0,546	83,12	84,32	61,63	120,82
71	86,92	39	0,726	0,602	86,92	89,78	65,47	129,55
34,5	89,3	40	0,745	0,659	89,3	95,80	69,66	139,30
86,92	100,6	41	0,764	0,719	100,6	102,49	74,28	150,27
14	108,8	42	0,783	0,782	108,8	109,98	79,40	162,74
55,6	111	43	0,802	0,848	111	118,45	85,13	177,06
45,3	112,4	44	0,821	0,918	112,4	128,13	91,60	193,68
21,5	115,4	45	0,840	0,993	115,4	139,35	99,02	213,29
31,2	119,6	46	0,858	1,074	119,6	152,59	107,65	236,83
100,6	134	47	0,877	1,162	134	168,52	117,89	265,75
76,28	223	48	0,896	1,261	223	188,25	130,38	302,38
47,7	225	49	0,915	1,373	225	213,63	146,15	350,70
29,66	249	50	0,934	1,506	249	248,13	167,15	418,37
119,6	312,6	51	0,953	1,673	312,6	299,37	197,55	522,61
112,4	439,3	52	0,972	1,907	439,3	389,18	249,03	714,61
32,4	705	53	0,991	2,349	705	639,38	384,18	1297,85

Fréquence	U de Gauss	Valeur théo.	Borne inf.	Borne sup.	Valeur	Fréq. théo.	Pér. Ret.
0,99	2,33	623,93	376,10	1260,09	45	0,495	2,0
0,9	1,28	192,80	133,23	310,94	193	0,900	10,0
0,5	0,00	45,66	33,36	62,51	624,2	0,990	100,0
0,1	-1,28	10,82	6,71	15,65	-	-	-
0,01	-2,33	3,34	1,65	5,54	-	-	-

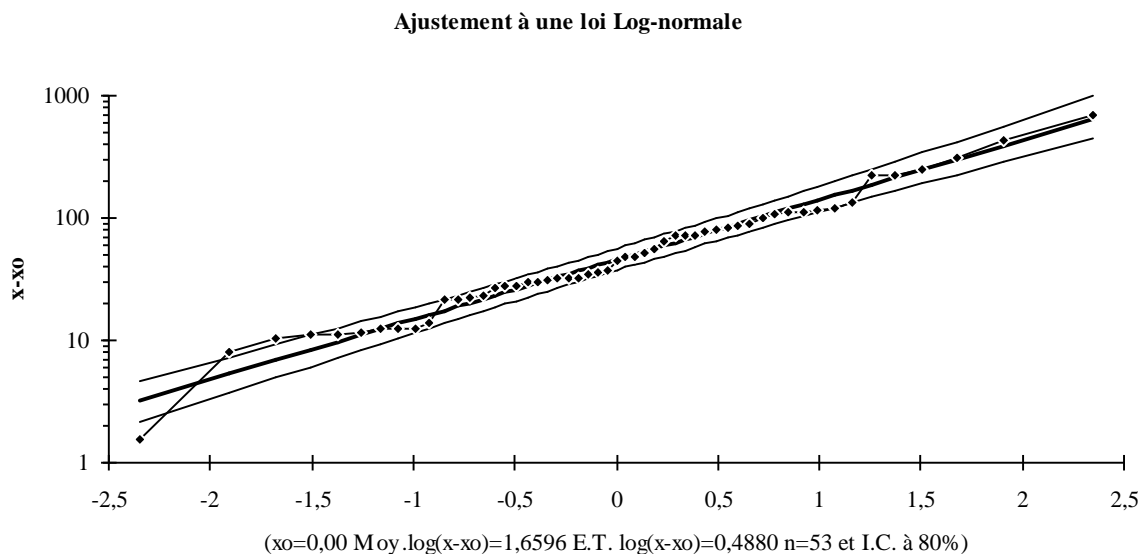


Figure 14 : Ajustement a une loi de log normale des débits journaliers et instantanés maximaux annuels de la station 012203.

D’après cette Figure on remarque que les points s’alignent à la droite. Ce qui s’explique par un mieux d’ajustement de ces données à cette loi (loi log-normale).

Tableau15 : débits instantanés maximaux annuels et durée de récurrences (période de référence).

station	Superficie du B.V. (km ²)	Paramètres D’ajustement (loi log normal)		Duréede récurrence			Q(10ans)/Q(2ans)
				2ans	10ans	100ans	
011407	1898	a=1,57 b=0,38	Q	38	116	291,9	3,05
			q	20,02	61,11	153,79	
			r	0,21	0,66	1,67	
011514	1164	a=1,26 b=0,48	Q	18,5	77	249,5	4,16
			q	15,89	66,15	214,34	
			r	0,23	0,96	3,11	
011601	500	a=1,13 b=0,61	Q	14	83,5	362,7	5,96
			q	28	167	3,86	
			r	0,64	3,86	16,79	
011702	2204	a=1,47 b=0,48	Q	30	124,5	397,9	4,15
			q	13,61	56,48	180,53	
			r	0,10	0,44	1,40	
011715	102	a=1,07 b=0,45	Q	11,9	45,7	136,45	3,84
			q	116,66	448,03	1337	
			r	4,45	17,09	51,03	
011801	270	a=1,16 b=0,53	Q	15	70,5	254	4,07
			q	55,55	261,11	11,18	

station	Superficie du B.V. (km ²)	Paramètres D'ajustement (loi log normal)		Duréede récurrence			Q(10ans)/Q(2ans)
				2ans	10ans	100ans	
			r	2,38	11,18	40,30	
011905	435	a=1,06 b=0,55	Q q r	12 27,85 1,21	59,5 136,78 6	224 514 22,60	3,84
012001	4098	1,48 b=0,61	Q q r	30 7,32 0,05	188 45,87 0,36	819,5 199,97 1,60	4,7
012004	130	a=-0,64 b=0,95	Q q r	0,23 1,76 25,27	3,85 29,61 423,07	38,65 297,30 4247	16,73
012201	262	a=0,96 b=1,01	Q q r	9 34,35 0,95	185 706,10 19,53	2118 8083,96 223,68	20,55
012203	4704	a=1,65 b=0,48	Q q r	45 9,56 0,03	193 41,02 0,13	624,2 132,69 0,44	4,28

On remarque que les écarts relatifs entre les quantiles sont très importants, ce qui reflète le caractère de forte irrégularité des crues que l'on a déjà souligné et surtout leur gravité en fréquence rare. L'aspect de brutalité des écoulements extrêmes apparait également à travers le rapport élevé entre le maximum instantané et le maximum journalier ; ce rapport est d'autant plus élevé que la durée de retour est importante.

Afin de permettre les comparaisons entre les débits de même fréquence, on a établi pour les différentes stations du bassin Cheliff des estimations se rapportant à la période de référence de chaque station (tableau 15). Mais, vu la brièveté de la série, ces estimations n'autorisent à présenter les valeurs relatives aux crues centennales qu'à titre indicatif.

Les résultats de cette analyse sont les suivants

-les crues biennales (période de retour une année sur deux) exprimées en valeur spécifique, montrent de nettes différences dans le comportement des bassins :

- la crue biennale de station 012004 tikazal a une valeur très faible 1,76 l/s/ [km²) et serait due à la forte capacité d'infiltration et d'évaporation d'un bassin ou l'apport pluviométrique est relativement faible.

- Cette valeur est relativement plus élevée sur la station 011514 Djenan ben ouadah $15,89 \text{ l/s/ [km]}^2$), 011702 supérieur: Arib chéloff $13,61 \text{ l/s/ [km]}^2$) 012001 El abadia $7,32 \text{ l/s/ [km]}^2$) ,012203 Ponteba défluent $9,56 \text{ l/s/ [km]}^2$), mais elle reste modérée dans l'ensemble en raison du rôle joué par la lithologie et de la faiblesse des pentes des thalwegs.
- L'accroissement du débit de pointe biennal sur la station 011601 inférieur 28 l/s/k^2 ; apport du bassin intermédiaire : 500 l/s/k^2), station 011905 Bir oulede tahar $27,85 \text{ l/s/k}^2$ apport du bassin intermédiaire: 435 l/s/k^2), serait liée à l'augmentation des précipitations , à une relative augmentation des pentes et à l'accentuation de la vitesse de propagation des crues à la sortie des gorges bassin de Cheliff

La station (012201) $34,35 \text{ l/s/ [km]}^2$) et station 011801: $55,55 \text{ l/s/ [km]}^2$) réagit de façon intense aux averses car les pentes sont relativement fortes, les précipitations assez abondantes et surtout de forte intensité, la végétation faible. A titre de comparaison, on constate qu'à superficie équivalente,

La station (011715) constitue le secteur hydrologique le plus dangereux $116,66 \text{ l/s/ [km]}^2$) car, malgré l'influence du couvert végétal, il réunit toutes les conditions physiques favorable au déclenchement de crues énormes : précipitations maximales, pentes assez fortes, terrains en majorité imperméables.

En somme, on retiendra qu'en crue biennale ce sont les bassins se trouvant à station 011715, 011801 (bassin intermédiaire) qui ont , dans l'ordre , le comportement hydrologique le plus dangereux.

L'augmentation des débits de crue en fréquence est controversée

Pour la station 012201, l'accroissement relatif entre la crue biennale et centennale est énorme (le rapport est de 1 à 96) alors qu'il est particulièrement faible pour 011407 (rapport 1 à 3). CET accroissement est également fort au niveau de station (012004); au contraire, il est atténué pour les stations 011514 et 011702. Ces différences apparaissent nettement même si l'on s'en tient seulement aux rapports respectifs des crues de fréquence biennale et de fréquence décennale (c'est d'ailleurs pour ces fréquences que les débits estimés sont les plus surs).

Ce sont les bassins du Cheliff qui deviennent les plus dangereux en fréquence rare ; ceci serait lié, à la nature des précipitations dans ce secteur qui, malgré leur faiblesse quantitative moyenne, Peuvent avoir une très forte intensité en fréquence rare. Cette intensité croissante est susceptible de provoquer sur des terrains très mal protégés par la végétation, des crues d'une grande ampleur.

Ces hypothèses ne pourront être confirmées ou infirmées qu'après une analyse statistique fine des averses (durée, intensité, fréquence) et surtout une synthèse issue de la comparaison de la répartition fréquentielle des crues et des pluies extrêmes. Ce travail n'a pu être entrepris dans le cadre de cette étude en raison du manque de données pluviographiques dans le temps et dans l'espace pour la période concernée.

On ne peut conclure l'analyse statistique des crues sans signaler au passage le problème fondamentale posé par l'échantillonnage. Pour ce faire, il suffit de comparer les quantiles de la station ponteba defluent. Les estimations se rapportant à la période courte sont plus optimistes car on n'y observe pas des crue dont la gravité soit comparable. Si on se réfère uniquement aux observations relatives à cette série. Ce simple fait concrétise la signification relative de valeurs probables déterminées à partir de séries d'observation de longueur statistiquement insuffisante eu égard à la fréquence de l'estimation recherchée. Néanmoins , pour résoudre les divers problèmes pratiques motivant l'étude des crues (aménagement en vue de la lutte contre les inondations , etc.), l'emploi de méthode d'analyse fréquentielle demeure indispensable quelque soit les observations disponibles pour permettre une évaluation des événements hydrologiques exceptionnels, évaluation qui devra être modulée en dernière analyse en fonction de considérations à la fois humaines, techniques et économiques.

VI.4. 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 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 auxquelles 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 Novembre 1977 (figure 16), celle de Mars 1990 (figure 17), celle Avril 1992 (figure 18), celle de Avril 1996 (figure 19). 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 Novembre 1997- mois de forte hydraulicité – 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 :

$$DS = \frac{t \cdot \left(\frac{g}{l} \cdot \frac{k}{m^2} \right) \cdot V_i}{s \cdot d \cdot b \cdot (km^2)}$$

D .S= dégradation spécifique journalière

Tableau 16 : Turbidité et dégradations spécifique lors crue Novembre 1977.

Station 012203 Ponteba Defluent			
Date	Débites liquides (m ³ /s)	Turbidité (g /l)	Dégradation Spécifique journalière (tonne /km ²)
7	0,15	0,3	0,0008
8	9,08	30,49	5,084
9	6,77	0,2	0,024
10	7,04	1,01	0,130
11	6,51	0,82	0,098
12	6,25	0,53	0,060
13	6,25	0,77	0,088
14	11,6	0,1	0,021
15	6,01	0,1	0,011
moyenne	6,63	3,18	0,613

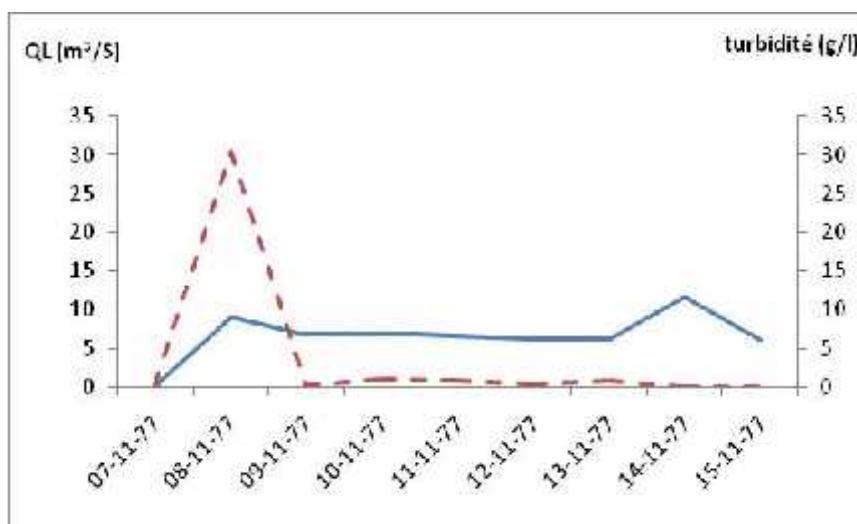


Figure15 : Variation journalière des débits liquides et de turbidité à la station Ponteba Defluent (Crue de Novembre 1977)

Tableau 17 : concentration et dératons spécifique lors crue Mars1990

Station 011407 Ghrib Amont			
Date	Débits liquide (m ³ /s)	Turbidité (g /l)	Dégradation spécifique journalière (tonne /km ²)
14	12,580	00	00
15	25,600	5,86	6,828
15	20,200	19,60	18,022
16	11,560	15,20	7,998
17	9,520	2,50	1,083
18	8,500	00	00
moyenne	14,66	7,19	5,655

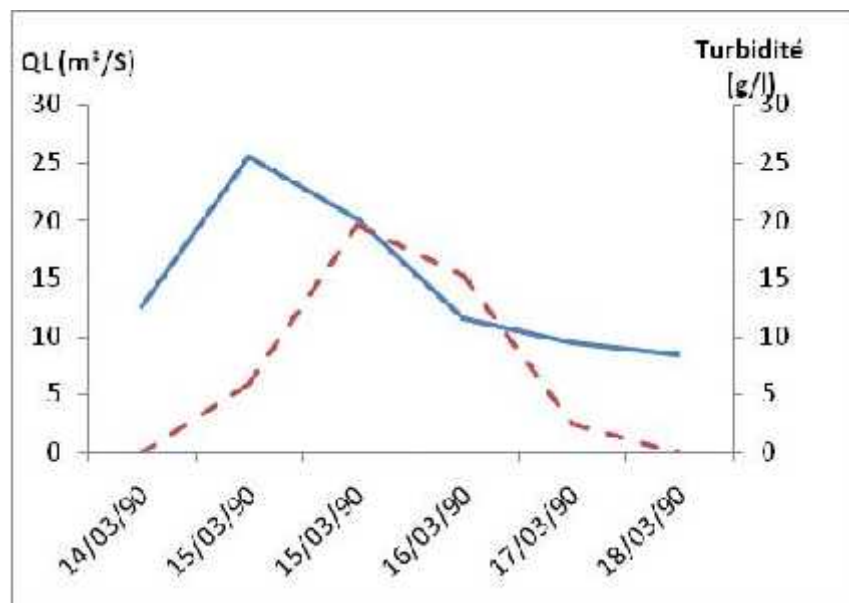


Figure 16 : Variation journalière des débits et de concentration à la station Ghrib Amont (Crue de Mars1990)

Tableau 18: Turbidité et dégradations spécifique lors crue d'avril 1992.

Station :El Abadia 012001			
Date	Débits liquides (m³ /s)	Turbidité (g /l)	Dégradation spécifique journalière (tonne /km³)
01	17,23	6,55	2,379
02	15,73	2,31	0,766
03	14,97	2,72	0,858
04	13,47	2,02	0,573
05	13,47	1,41	0,400
06	12,71	1,05	0,281
07	12,71	1,14	0,305
08	12,71	18,8	5,037
09	175	78,8	290,740
10	147,48	70,9	220,455
11	102,50	37	79,959
12	87,16	31,1	57,150
13	35,70	7,1	5,344
14	28,56	8,5	5,118
15	25,20	7,8	4,144
16	25,20	0,81	0,430
17	21	7,86	3,480
18	16,48	9,05	3,144
19	14,97	3,63	1,145
20	14,60	5,63	1,733
21	9,70	6,1	1,247
22	9,70	2,92	0,597
23	7,78	1,71	0,280
24	6,50	2,41	0,330
25	6,04	2,31	0,294
26	5,12	11,4	1,230
27	3,86	14,5	1,180
28	3,52	9	0,667
29	3,18	7,24	0,485
30	3,18	8,3	0,556
moyenne	28,85	12,33	23,010

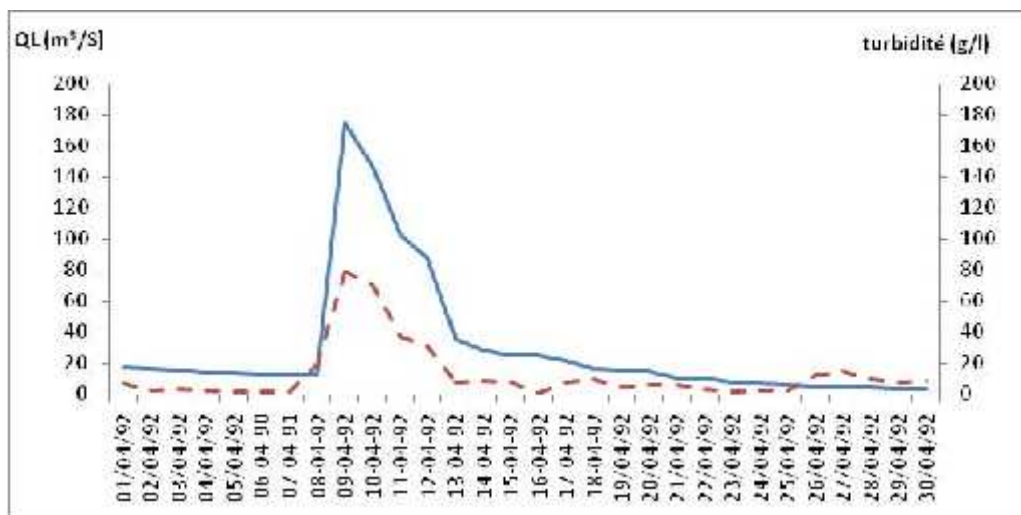


Figure 17 : Variation journalière des débits et de concentration à la station Al Abadia (Cruce Avril 1992)

Tableau 19 : concentration et dégradations spécifique lors crue Avril 1996.

Station : Djenan Ben Ouadah 011514			
Date	Débits liquide (m ³ /s)	Turbidité (g /l)	Dégradations spécifique journalière (tonne /km ²)
25	1,281	0,68	0,064
26	15,30	5,03	5,712
26	15,30	4,47	5,076
27	8,55	3,11	1,973
27	19,05	5,00	7,070
28	5,28	2,69	1,054
28	5,62	14,19	5,919
29	26	14,87	28,697
29	31,6	13,81	32,392
29	37,2	15,27	42,164
29	42,6	14,34	45,343
29	48	16,05	57,184
29	51,2	12,02	45,680
29	43,68	12,18	39,490
30	34,96	2,73	7,084
moyenne	25,708	9,10	21,660

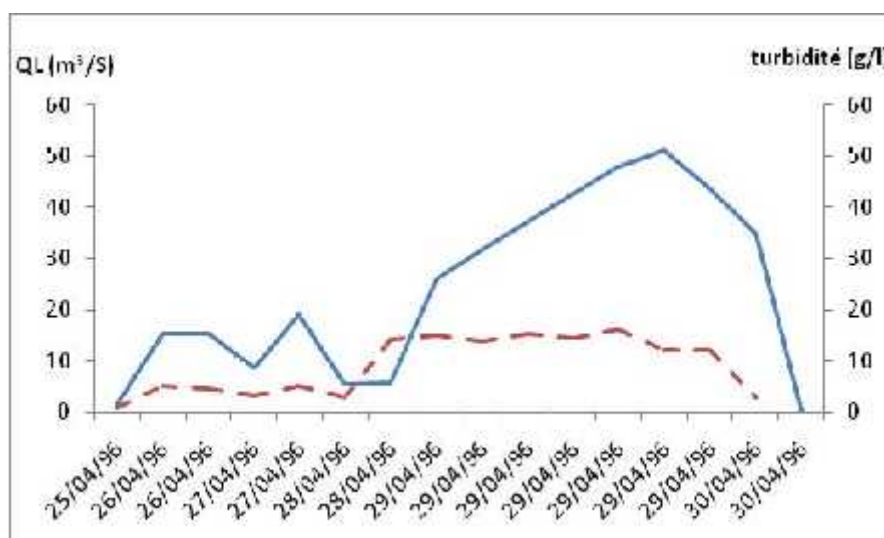


Figure 18 : Variation journalière des débits liquides et de la turbidité à la station Djenan Ben Ouadah (Crue Avril 1996).

La turbidité moyenne du mois de Novembre 1977 est peu variable dans Haut et Moyen Cheliff et est de l'ordre de 03 ,18g/l Tableau (16).

Cependant, elle s'accroît nettement à l'aval, c'est-à-dire sur le Moyen Cheliff (3,18g/l) en raison de l'apport important en troubles d'oued Cheliff et ses affluents comme en peut témoigner la valeur élevée de la turbidité enregistrée à l'amont de ce dernier (station EL Abadia 23,01/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 Ghrib amont, représente plus de 18,21 tonnes de matériaux transportés en un mois pour un volume d'eau total d'environ 14,66m³.

Compte tenu de la forte variation de la turbidité (figure 17), les moyennes mensuelles ne sont pas hautement significatives, et comme on peut le constater au regard des données relatives aux journées du 15 Mars 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 (Ghrib Amont) ou ont été enregistrées les valeurs extrêmes, la turbidité s'est élevée à plus de 19,60g/l le 15 Mars et à plus de 15,20 g/l le 16 Mars, ce qui implique des dégradations

spécifiques journalières respectivement de 18,21 tonnes/k² et de 08,08 tonnes/k². Mais, du fait de l'apport fluvial considérable de la partie inférieure du bassin haut et moyen Cheliff, cette dégradation a atteint des valeurs encore plus élevées à la station Ponteba soit 05,08g/l le 08 novembre (figure 15) Par ailleurs, l'allure générale des courbes relatives à la relation turbidité-débit est semblable à celle des hydro-grammes plus particulièrement lors de la montée des eaux. (15, 16,17, 18).

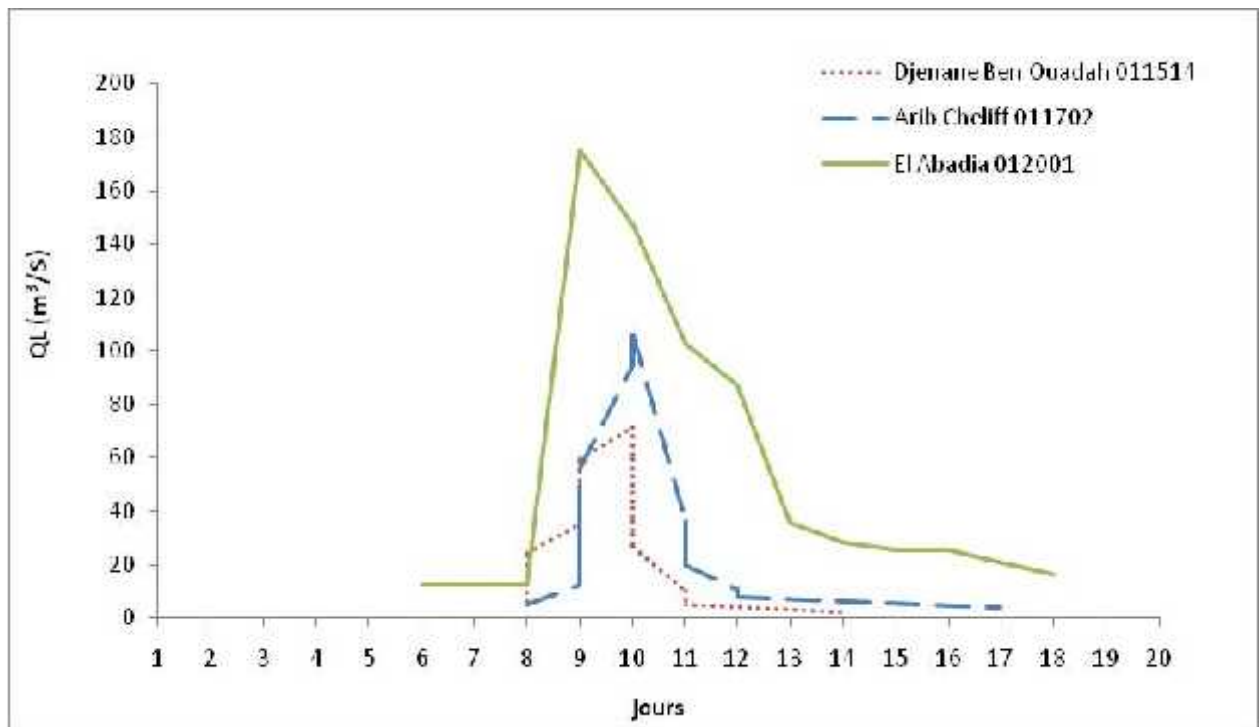


Figure 19 : Variations journalières des débits et de la turbidité crue d'avril 1992

Aux stations (011514 Djenan Ben Ouadah) fait exception : le maximum de turbidité est enregistré avant le maximum de l'onde de crue. Dans ce cas, la 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 décapés de leur pellicule superficielle.

En fait, il semble que c'est dans le bassin contrôlé par la station (012001 El Abadia) (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 012001 El Abadia).

VI.5.Évaluation des apports solides dans les stations hydrométriques

VI.5.1. Échelle instantanée (Crues par heure)

L'averse est l'unité temporelle la plus adéquate pour les analyses hydrologiques en relation avec le transport solide (Benkhaled ; 2003). 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.(tableaux 01 l'annexe)

Les figures (20, 21, 22, 23, 24, 25, 26) nous montrent évolutions de la relation $Q_s=f(Q_l)$ de différente station.

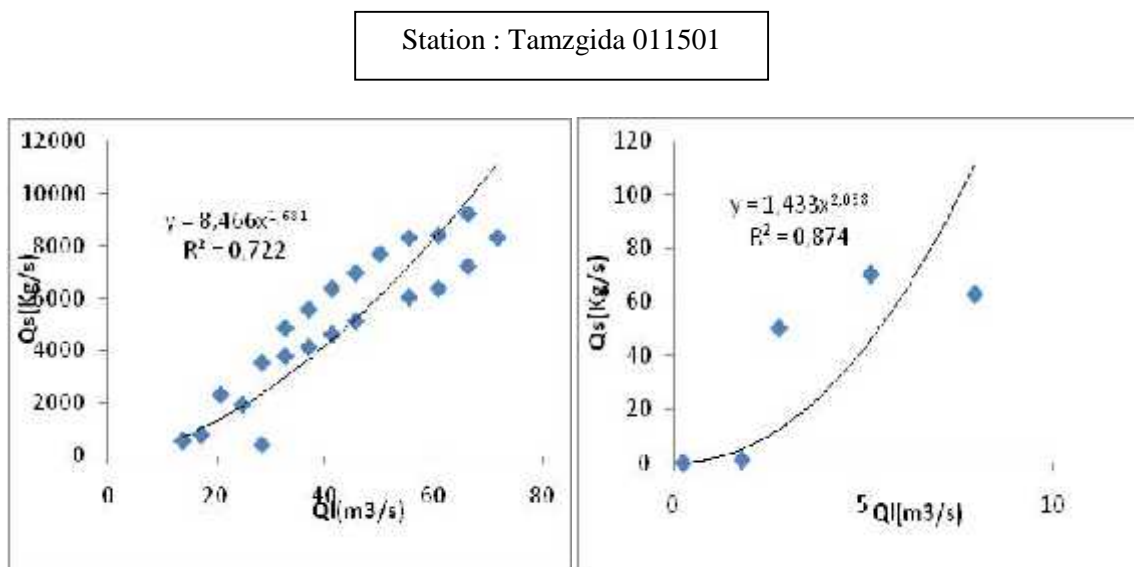


Figure 20 : Évolution débit solide-débit liquide des crues de station Tamzgida

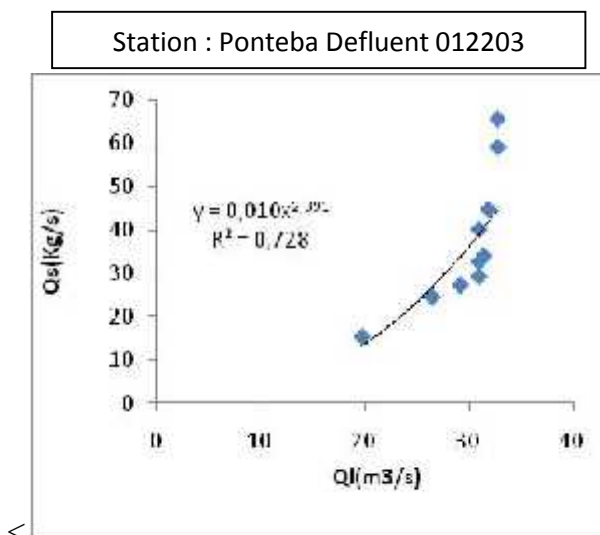


Figure 22 : Evolution débit solide-débit liquide des crues de station Ponteba Defluent

Station : Djenane Ben Ouadah 011514

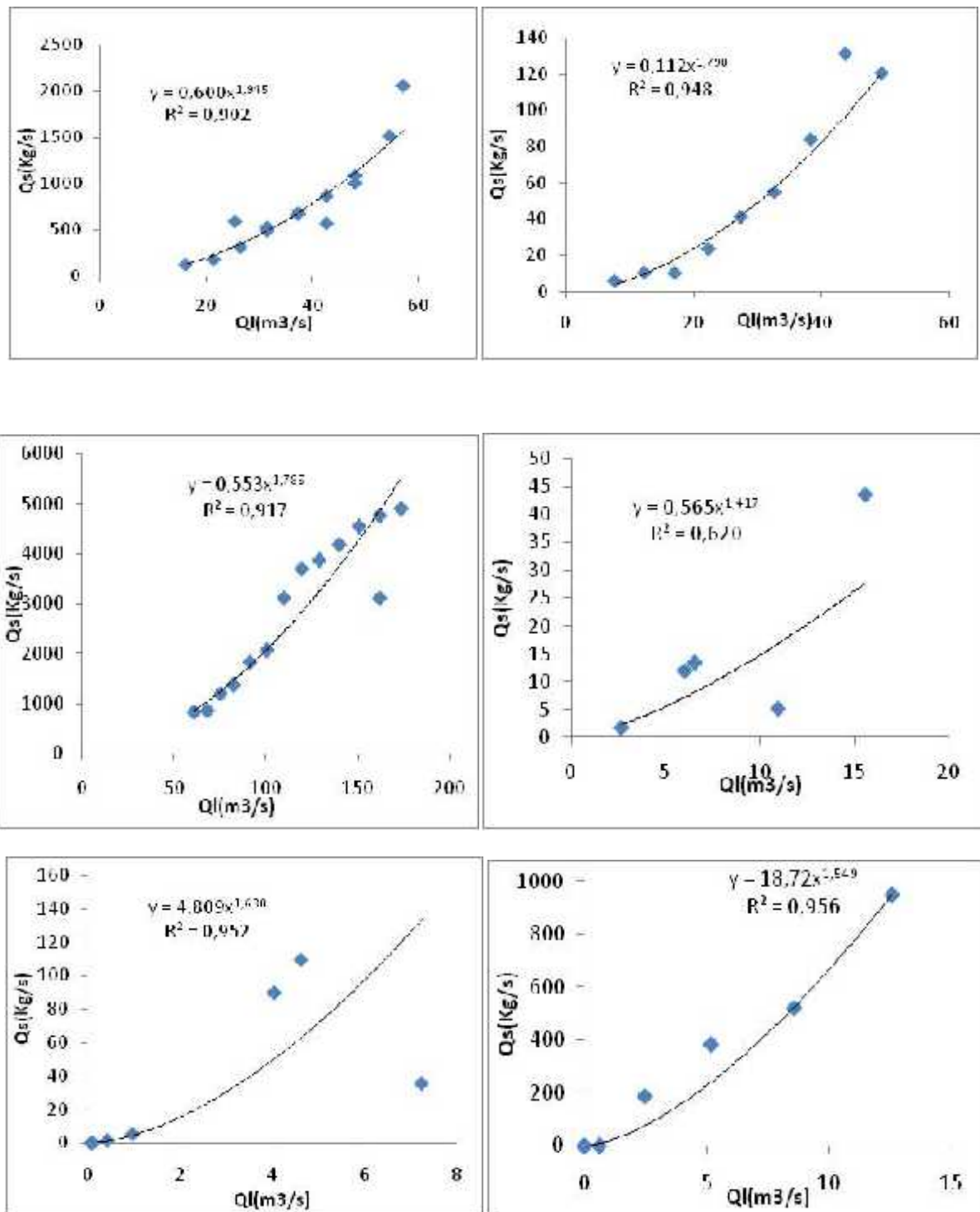


Figure 23 : Evolution débit solide-débit liquide des crues de station Djenan Ben Ouadah

Station : Arib Chélif 011702

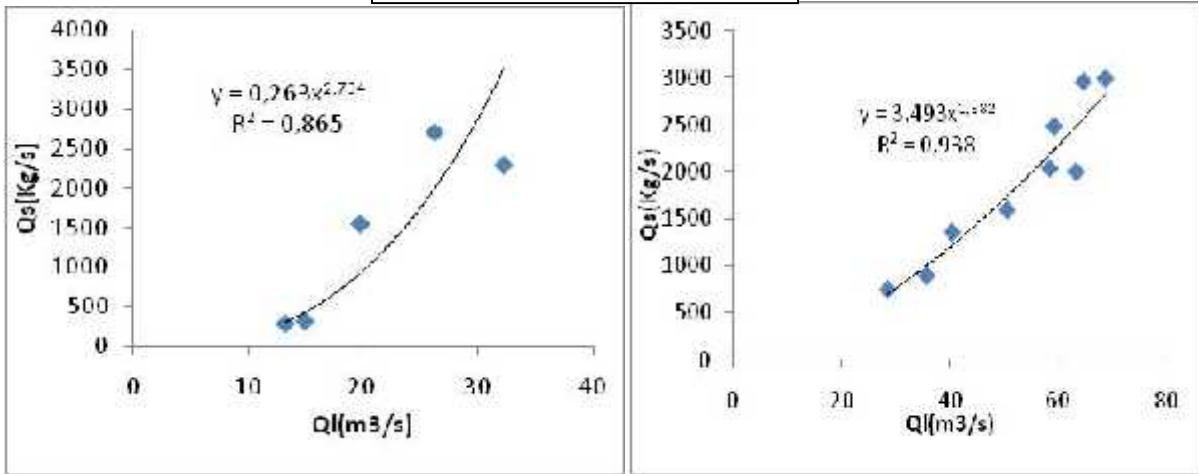


Figure 24 : Evolution débit solide-débit liquide des crues de station Arib Cheliff

Station : Tikazal 012004

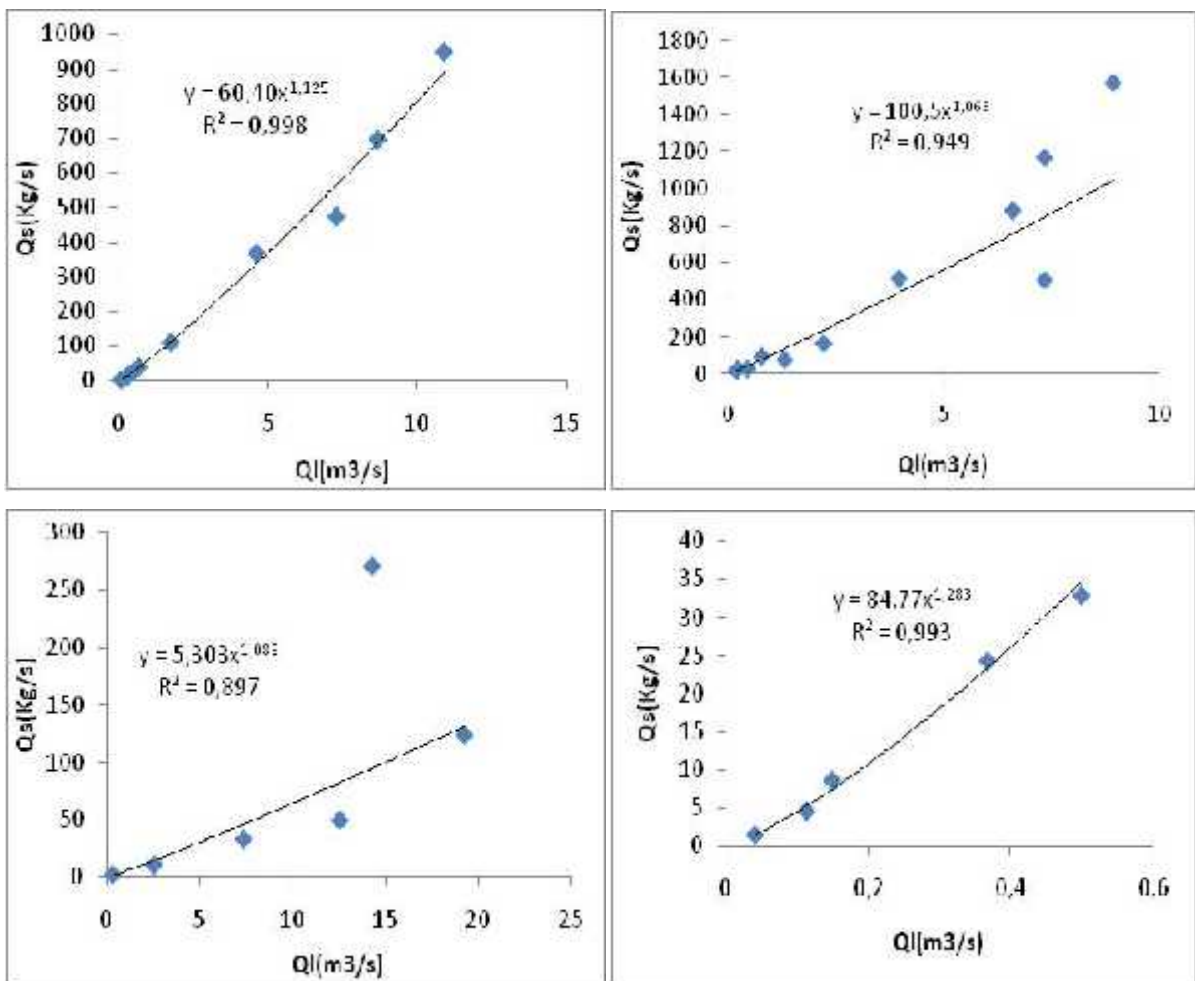


Figure 25 : Evolution débit solide-débit liquide des crues de station Tikazal

Pour l'ensemble des valeurs de a et de b , il y a une tendance inverse d'évolution des deux paramètres (figure 26). Les crues donneraient beaucoup plus de détails sur le comportement de a et b ainsi que sur leur signification.

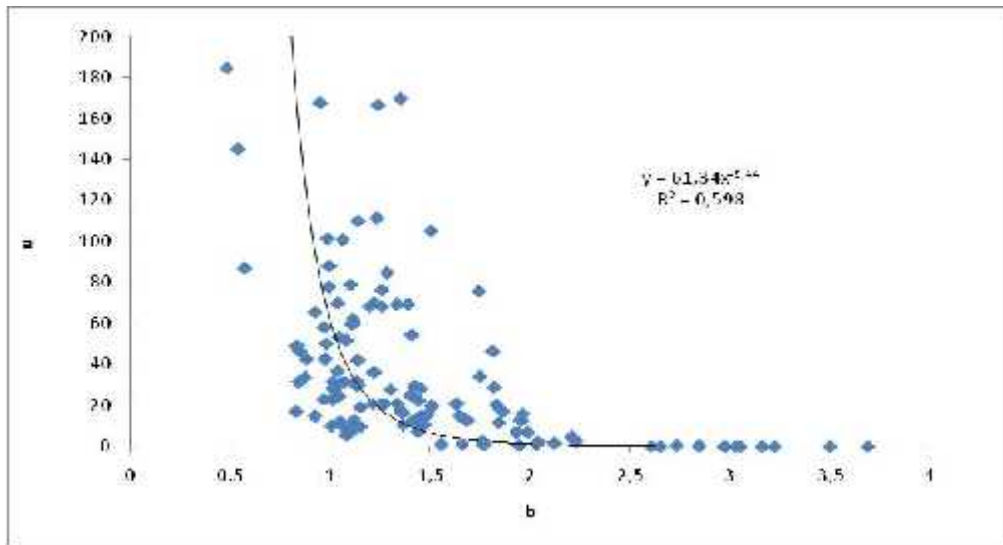


Figure26 : Relation entre (a) et l'exposant b .

Ainsi, à la valeur la plus forte de b , correspond la valeur la plus petite de a ($b = 3,16$ et $a = 0,001$). Les fortes valeurs de b caractériseraient en particulier les crues associées à la saison de Automne (Septembre-octobre- novembre). 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 . La saison de printemps est marquée par une même tendance d'évolution en général.

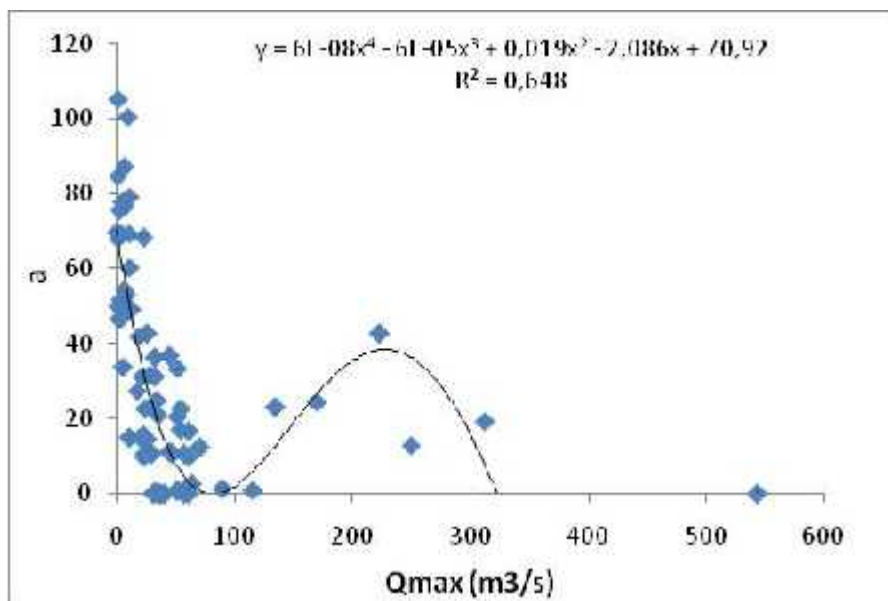


Figure27: variation du paramétré (a) en fonction du débit max de la crue

Le paramètre **a** a été relié au débit liquide maximal (figure 27). L'évolution des deux paramètres s'effectue en deux phases différenciées par le minimum de l'hyperbole ($a = 0,0019$ et $Q = 543\text{m}^3/\text{s}$). Le facteur **a** diminue inversement au débit liquide max jusqu'au seuil de $89\text{ m}^3/\text{s}$ pour ensuite évoluer dans le même sens et de manière presque linéaire. L'allure de la courbe ainsi que le coefficient de corrélation ($R = 0,64$) permettent de conclure que la relation n'est pas directe.

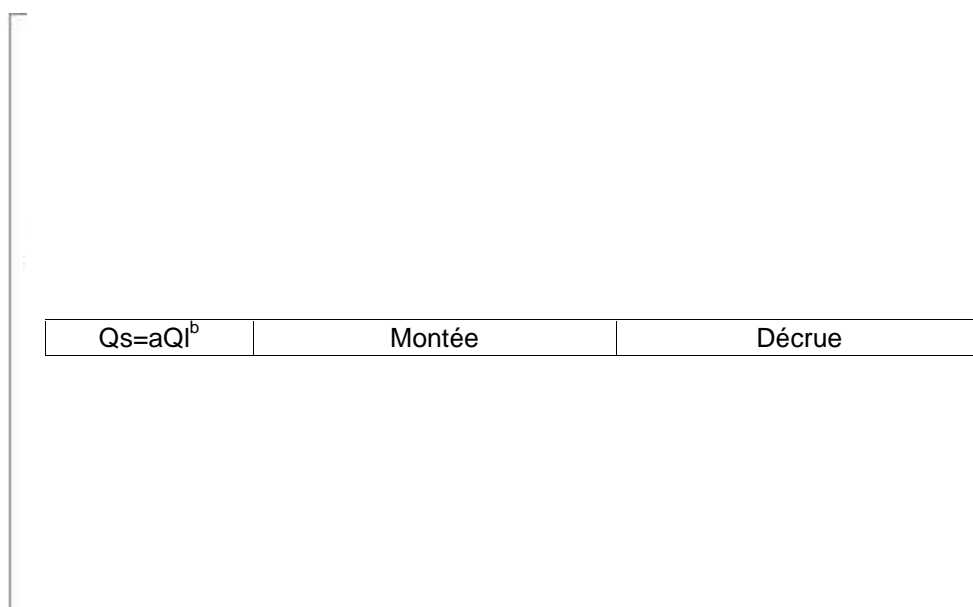


Figure28: variation du paramétré (b) en fonction du débit max de la crue

Concernant l'exposant **b**, celui-ci est marqué par trois ordres de variation observée pour l'ensemble des données de crues analysées (figure 28). Pour la gamme des débits élevés ($223.249.312,6$) ainsi que pour les plus petits débits ($0,05.0, 15. 0,41$) l'exposant **b** n'évolue guère et il est pris respectivement égal à $1,45$ et $2,35$. Entre les deux gammes **b** évolue inversement au débit max. On obtient sur ce même intervalle les plus fortes valeurs de **b**, la valeur moyenne étant d'environ 2 . Par ailleurs, en considérant que l'exposant **b** est la pente de la courbe sur échelle log-log, il apparaît visiblement que la crue du 2 février 1976 est l'unique événement qui montre une variation de Q_s et de Q_l assez proportionnelle. La pente de la droite d'ajustement de la variable transformée est de $0,22$.

L'analyse à l'échelle de la crue a été étendue à la décomposition de l'hydro gramme selon les phases de montée et de décrue. Les résultats sont détaillés dans le tableau20.

Tableau20 : valeurs caractéristique des paramètres de la relation de puissance lors de la montée et de la décrue.

	a	b	R ²	a	b	R ²
42,066QI ^{1,141}	40,406	1,1529	0,981	46,391	1,1068	0,838
7,2566QI ^{1,921}	6,3046	1,8349	0,861	8,0908	1,9294	0,906
8,7388QI ^{1,107}	11,927	1,0382	0,913	7,1975	1,0832	0,991
24,274QI ^{0,995}	9,6094	1,3825	0,938	26,822	1,0162	0,999
13,661QI ^{1,466}	9,3314	1,6012	0,918	19,902	1,3672	0,944
1,1275QI ^{1,728}	0,8807	1,7818	0,889	5,5898	1,319	0,804
2,9556QI ^{1,630}	1,8783	1,7283	0,997	6,9047	1,4182	0,99
95,977QI ^{1,045}	120,39	1,0108	0,987	34,564	1,3063	0,791
1,2306QI ^{1,474}	4,8395	1,0809	0,996	9,8057	0,8984	0,986
43,447QI ^{1,148}	73,925	1,0423	0,996	45,651	1,1309	0,998
0,1435QI ^{2,230}	0,116	2,5025	0,874	0,0173	2,7508	0,992
9,6843QI ^{1,238}	8,933	1,2543	0,985	12,718	1,1836	0,983
6,954QI ^{1,292}	20,974	1,0844	0,967	1,2133	1,6332	0,96
5,3926QI ^{1,4718}	11,332	1,333	0,946	1,0798	1,8266	0,994
13,461QI ^{0,518}	14,876	0,6028	0,826	2,2188	1,3961	0,894
5,675QI ^{1,528}	6,3956	1,5793	0,977	0,1783	2,6243	0,989
13,993QI ^{1,122}	14,874	1,202	0,929	7,1098	1,1263	0,969
3,1463QI ^{0,965}	3,0956	1,3635	0,959	0,0126	3,2282	0,992
0,0972QI ^{2,424}	237,25	0,3502	0,767	0,114	2,233	0,995
88,06QI ^{0,99}	95,104	0,9738	0,851	80,82	1,01	0,99
2,995QI ^{1,3202}	4,4304	1,2522	0,97	0,1453	2,5762	0,999
10,174QI ^{1,172}	13,272	1,137	0,937	8,0877	1,2167	0,912
0,0476QI ^{2,383}	5,1563	1,3014	0,689	0,0485	2,2977	0,945
14,556QI ^{1,107}	41,775	0,8852	0,874	3,5192	1,3655	0,836
49,824QI ^{0,850}	40,127	0,9382	0,962	3,6161	1,3933	0,805
12,448QI ^{1,454}	13,102	1,4504	0,974	10,443	1,4696	0,9
8,4665QI ^{1,681}	1,1898	2,1882	0,53	15,932	1,5001	0,904
6,8071QI ^{1,817}	3,4144	2,0434	0,994	8,1882	1,85	0,967
8,45QI ^{1,21}	2,62	1,68	0,92	18,05	0,9	0,8
30,755QI ^{1,1728}	31,174	1,1435	0,986	34,225	1,2231	0,986

Les crues des saisons automne et printemps apportent des réponses quant au comportement des paramètres a et b, la saison de Hiver sont caractérisés par des valeurs de a en décrue plus faibles qu’une montée et des valeurs de b plus fortes en décrue, nous résumons ces observations dans les tableaux(21, 22,23)

Tableau21 : caractéristique des crues d’Automne

a montée	a décrue	Concentration maximal (g/l)	Position du maximum du C	Temps de montée (heurs)	a décrue/ a montée
1,1898	15,932	71,6	Avant le max de Q	0,91	13,390
3,4144	8,1882	15	Avant le max de Q	4,47	2,398
8,933	12,718	439,3	Position Simultanée	15,05	1,423
2,62	18,05	22	Avant le max de Q	24	6,889
31,174	34,225	45,8	Position Simultanée	22,88	1,097

Sur l’ensemble des données les valeurs de a pour la saison d’automne sont les plus élevées inversement à celle de b qui sont assez faible et stable, le rapport de variation en décrue par rapport à la montée et également élevé.

Pour les 02 premières crues et on enregistre la production de la concentration maximale avant. Celle du débit liquide maximal ce décalage signifierait que a serait indépendant de débit liquide maximal. Résultat confortant les analyses précédant.

Tableau22 : caractéristique des crues d’Hiver

a montée	a décrue	Concentration maximal (g/l)	Position du maximum du C	Temps de montée (heurs)	à décrue/a montée
20,974	1,2133	170	Position Simultanée	7,3	0,057
11,332	1,0798	59,6	Avant le max de Q	30,3	0,095
14,876	2,2188	10,32	Avant le max de Q	52,3	0,149
6,3956	0,1783	21,35	Avant le max de Q	5,41	0,027
14,874	7,1098	125	Avant le max de Q	10	0,478
3,0956	0,0126	15,95	Avant le max de Q	13	0,004
237,25	0,114	47	Avant le max de Q	6	0,0004

Tableau23: caractéristique des crues de printemps

a montée	a décrue	Concentration maximal (g/l)	Position du maximum du C	Temps de montée (heurs)	à décrue/a montée
95,104	80,82	100	Avant le max de Q	6	0,849
0,1116	0,0173	29,5	Avant le max de Q	11,5	0,155
73,925	45,651	96	Avant le max de Q	2	0,617
4,4304	0,1453	21,95	Avant le max de Q	26,45	0,032
13,272	8,0877	47,6	Avant le max de Q	4,4	0,609
5,1563	0,0485	70	Position Simultanée	6	0,009
41,775	3,5192	223	Position Simultanée	8,3	0,084
40,127	3,6161	119	Position Simultanée	24	0,090
13,102	10,443	56	Avant le max de Q	42	0,797

Les saisons d’hiver et de printemps est caractérisé par des valeurs de a en décrue plus faible qu’en Montée et des valeurs de b plus fort en décrue, la variation de a en les deux saisons (hiver, printemps) n’est pas fort, de plus les concentrations sont inférieures à celle de saison automne, le temps de montée dépasse le temps de concentration du bassin(52,3heures dans la saison d’hiver ; 42heures dans la saison printemps). (Tableau 22-23)

VI.5.2.Échelle mensuelle

L'analyse effectuée à l'échelle mensuelle fait ressortir pratiquement les mêmes conclusions qu'à l'échelle saisonnière (tableau25).

Les modèles obtenus pour l'échelle mensuelles ont regroupés au tableau(24).

Tableau 24 : Relations débit solide - débit liquide à l'échelle mensuelle

station	Date	QS =a Ql ^b	R ²	R	a	b
011514	mars-96	QS=0,84Ql ^{1,228}	0,749	0,86	0,84	1,228
	mars-99	QS=1,828Ql ^{1,269}	0,82	0,90	1,828	1,269

		$QS=1,052Ql^{1,713}$	0,803	0,89	1,052	1,713
011601	Oct-91	$QS=6,807Ql^{1,817}$	0,965	0,98	6,807	1,817
	Avr-96	$QS=1,297Ql^{1,697}$	0,887	0,94	1,297	1,697
	Avr-92	$QS=1,576Ql^{1,284}$	0,735	0,85	1,576	1,284
011702	Mai-92	$QS=0,841Ql^{1,429}$	0,517	0,71	0,841	1,429
	Oct-91	$QS=4,311Ql^{1,722}$	0,649	0,80	4,311	1,722
	Sept-94	$QS=4,886Ql^{1,533}$	0,822	0,90	4,886	1,533
	Déc-94	$QS=10,18Ql^{1,516}$	0,580	0,76	10,18	1,516
011801	Janv-94	$QS=10,02Ql^{2,233}$	0,958	0,97	10,02	2,233
011905	Févr-94	$QS=9,612Ql^{1,634}$	0,942	0,97	9,612	1,634
	Janv-96	$QS=18,42Ql^{1,698}$	0,843	0,91	18,42	1,698
	Janv-99	$QS=8,569Ql^{1,699}$	0,89	0,94	8,569	1,699
012001	Janv-95	$QS=10,94Ql^{1,536}$	0,855	0,92	10,94	1,536
	Avr-92	$QS=1,281Ql^{1,56}$	0,719	0,84	1,281	1,56
012201	Nov-97	$QS=5,285Ql^{1,514}$	0,846	0,91	5,285	1,514
012203	Nov-97	$QS=26,071Ql^{1,156}$	0,069	0,26	26,071	1,156

Les figures (29, 30, 31, 32,33) nous montrent l'évolution de la relation $Q_s=F(Q_l)$ de différentes stations étudiées.

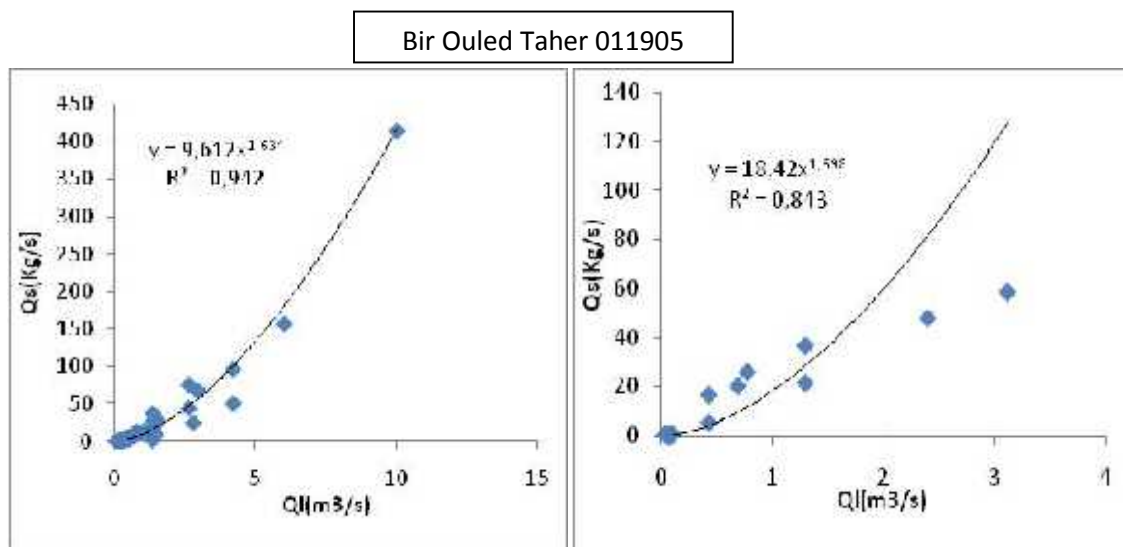


Figure 29 : Evolution débit solide - débit liquide à l'échelle mensuelle de station Bir Ouled Taher

Djenan Ben Ouadah 011514

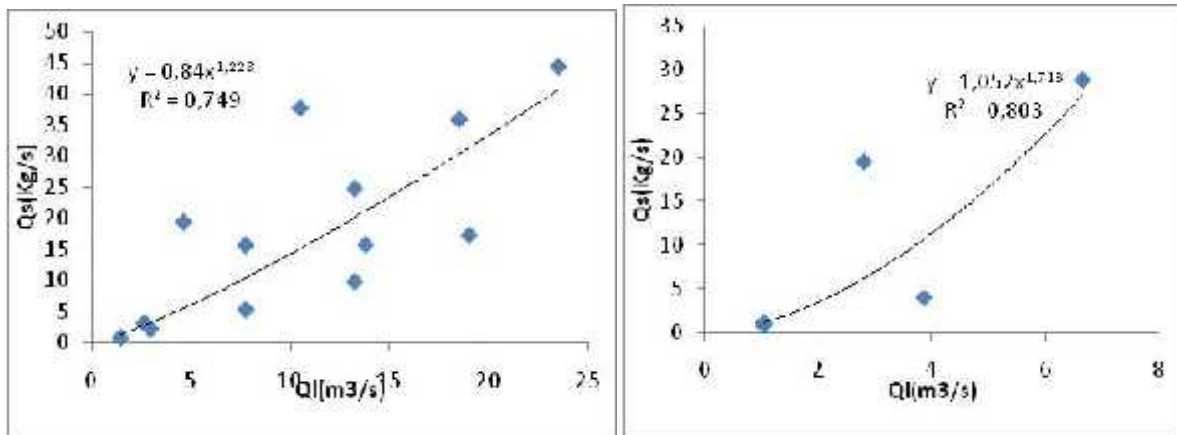


Figure 30 : Evolution débit solide - débit liquide à l'échelle mensuelle de station Djenan Ben Ouadah

Marabout Blanc 011601

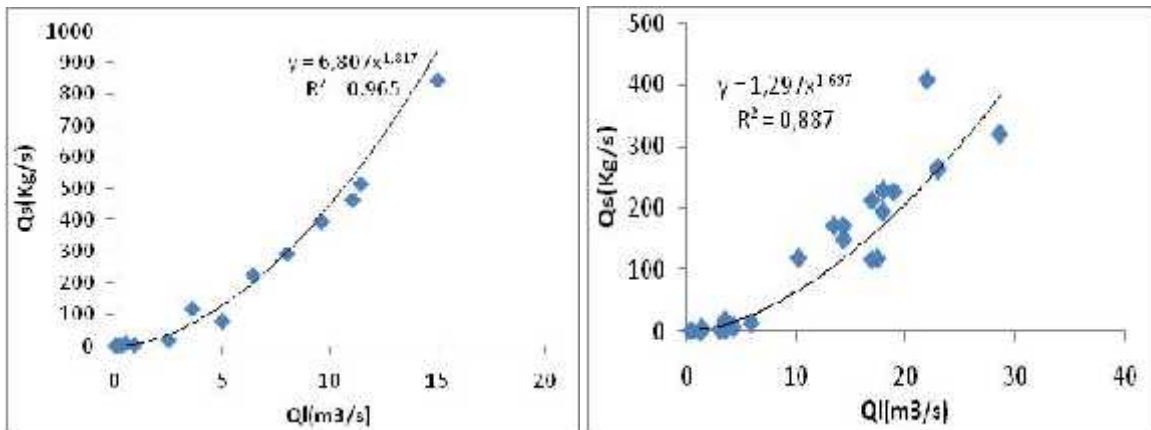


Figure 31 : Evolution débit solide - débit liquide à l'échelle mensuelle de station Marabout blanc

Arib cheliff 011702

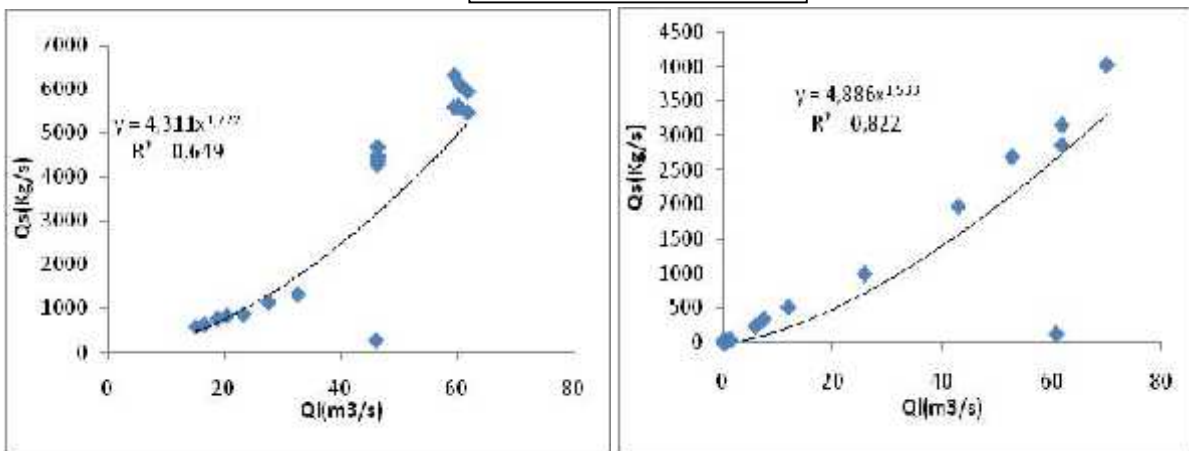


Figure 32 : Evolution débit solide - débit liquide à l'échelle mensuelle de station Arib Cheliff

Bir Ouled Tahar 011905

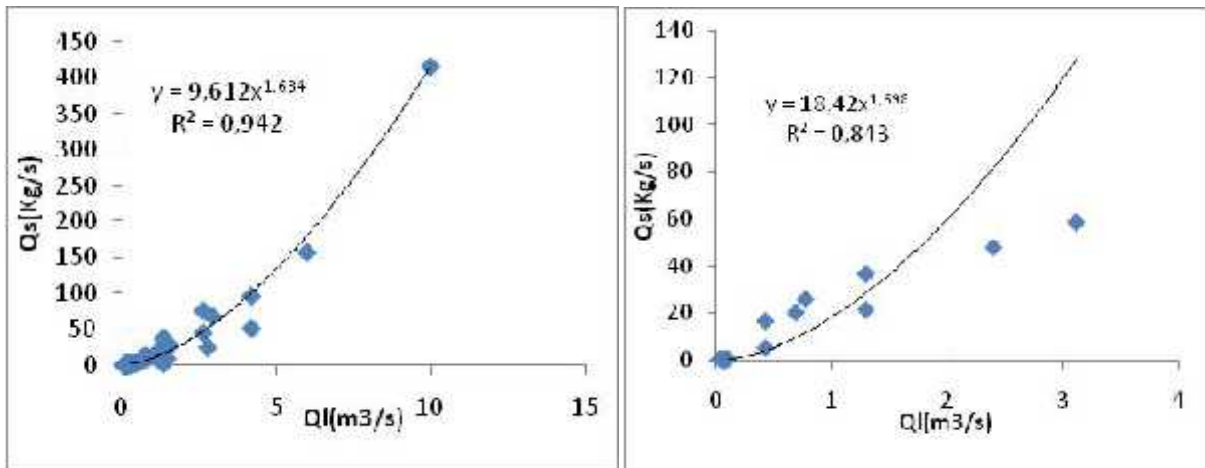


Figure 33 : Evolution débit solide - débit liquide à l'échelle mensuelle de station Bir Ouled Tahar

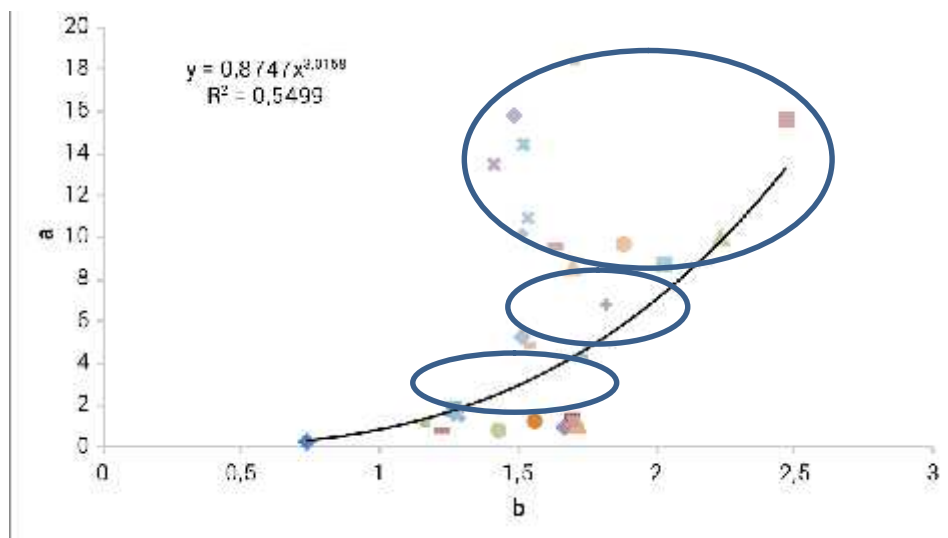


Figure34 : Relation mensuelle entre (a) et l'exposant b.

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 5,93 avec un Cv = 0,93 conservant ainsi le même ordre de variation des échelles temporelles précédentes. Par contre, pour l'exposant b et de 1,58, son coefficient de variation est plus faible (Cv = 0,20). Le résultat à l'échelle de la saison est retrouvé sur la figure (34) 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-sédimentologie durant cette période et précisément de la nature et de l'état de surface du sol.

VI.5.3.Échelle saisonnière

L'analyse effectuée à l'échelle saisonnière fait ressortir pratiquement les mêmes conclusions qu'à l'échelle mensuelle (tableau 25).

Tableau 25: Relations débit solide - débit liquide à l'échelle saisonnière

	saison	QS =a Ql ^b	R ²
011514	printemps	QS=0,84Ql ^{1,228}	0,749
		QS=1,828Ql ^{1,269}	0,82
		QS=1,052Ql ^{1,713}	0,803
011601	automne	QS=6,807Ql ^{1,817}	0,965
	printemps	QS=1,297Ql ^{1,697}	0,887
		QS=1,576Ql ^{1,284}	0,735
011702	printemps	QS=0,841Ql ^{1,429}	0,517
	automne	QS=4,311Ql ^{1,722}	0,649
		QS=4,886Ql ^{1,533}	0,822
	hiver	QS=10,18Ql ^{1,516}	0,58
011801	hiver	QS=10,02Ql ^{2,233}	0,958
011905	hiver	QS=9,612Ql ^{1,634}	0,942
		QS=18,42Ql ^{1,698}	0,843
		QS=8,569Ql ^{1,699}	0,89
	printemps	QS=1,281Ql ^{1,56}	0,719
012001	hiver	QS=10,94Ql ^{1,536}	0,855
012201	automne	QS=5,285Ql ^{1,514}	0,846
012203	automne	QS=26,071Ql ^{1,156}	0,069

Le tableau (25) 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 $Q_s = 26,071Q^{1,156}$. Ce modèle se confirme davantage par l'allure de la relation entre a et b (figure 35).

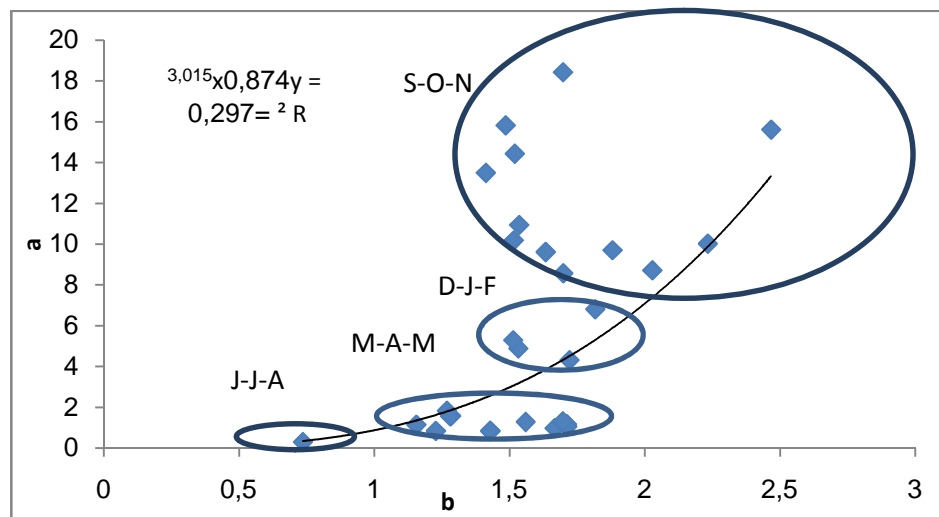


Figure35 : Relation saisonnière entre le paramètre (a) et l'exposant b .

La relation graphique entre le paramètre a et l'exposant b illustrée dans la (figure 35) montre que cette échelle d'analyse est très représentative du phénomène de transport solide dans un bassin semi aride.

VI.5.4.Echelle 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, 33 modèles de puissance représentatifs de la période 78/99 ont été obtenus (tableau 26).

Tableau 26 : Relation débit solide débit liquide à l'échelle annuelle.

station	DATE	QS=QL	R ²
011514	1994*	QS=1,009QL ^{1,671}	0,819
		QS=4,705QL ^{1,511}	0,883
	1995*	QS=4,660QL ^{1,876}	0,972
011601	1996*	QS=1,297QL ^{1,697}	0,887
		QS=6,244QL ^{1,475}	0,757
	1999*	QS=2,439QL ^{1,655}	0,883
	1990*	QS=4,676QL ^{1,602}	0,313
	1995	QS=3,986QL ^{1,573}	0,632
	1999*	QS=5,392QL ^{1,471}	0,901
011702	1994	QS=4,886QL ^{1,533}	0,822
		QS=2,131QL ^{1,018}	0,814
		QS=1,004QL ^{2,322}	0,733
	1992*	QS=5,630QL ^{1,61}	0,641
		QS=1,576QL ^{1,284}	0,735
011801	1990*	QS=5,621QL ^{1,448}	0,448
	1992*	QS=4,277QL ^{1,338}	0,774
	1993*	QS=2,918QL ^{1,684}	0,31
	91	QS=3,732QL ^{1,236}	0,87
		QS=2,889QL ^{1,258}	0,92
011905	1999*	QS=5,790QL ^{1,618}	0,948
	1991*	QS=5,086QL ^{1,799}	0,935
	1992*	QS=5,119QL ^{1,835}	0,935
	1995*	QS=5,552QL ^{1,478}	0,824
		QS=5,158QL ^{1,781}	0,794
	1998*	QS=5,517QL ^{1,924}	0,840
		QS=5,448QL ^{1,572}	0,961
1999*	QS=5,188QL ^{1,696}	0,873	
011502	1991*	QS=5,383QL ^{1,802}	0,975

012201	1992*	$QS=5,561QL^{1,382}$	0,782
012203	1978	$QS=2,262QL^{1,978}$	0,818
	1997	$QS=5,285QL^{1,514}$	0,846
	1999	$QS=4,614QL^{1,648}$	0,657
012001	1994	$QS=3,777QL^{1,959}$	0,956

*année sèche

Tamazguida 011501

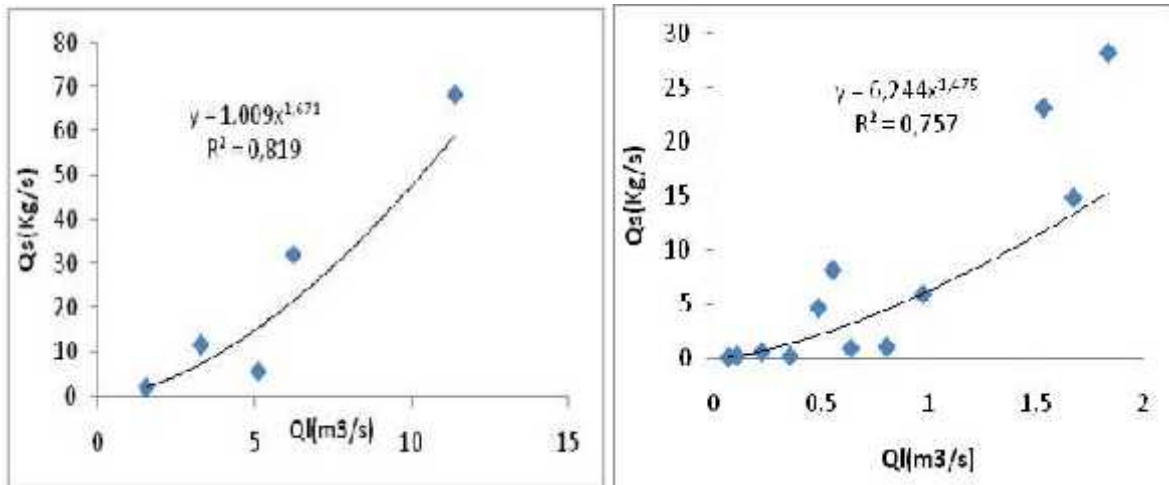
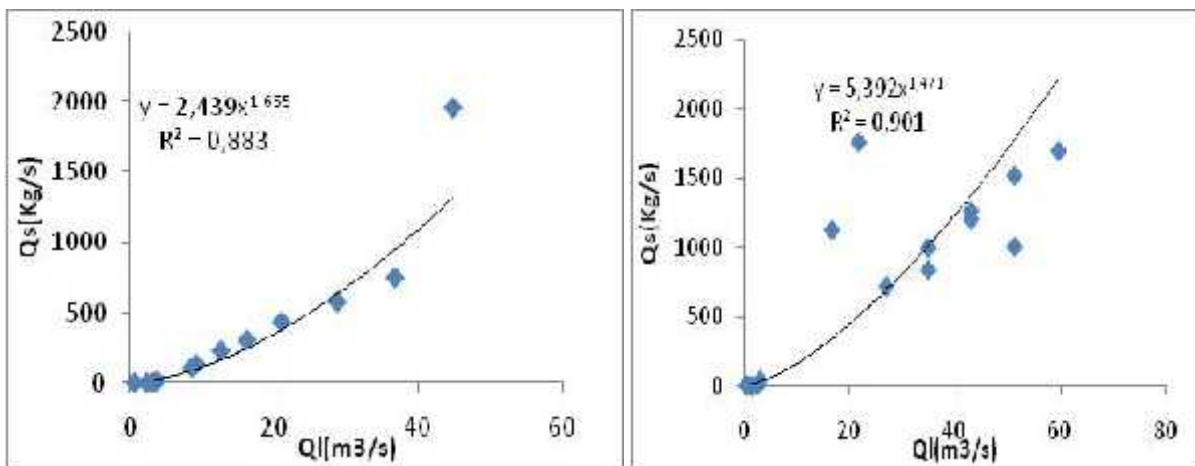


Figure 36 : Evolution débit solide- débit liquide à l'échelle annuelle a la station Tamazguida

Station : Marabout Blanc (011601)



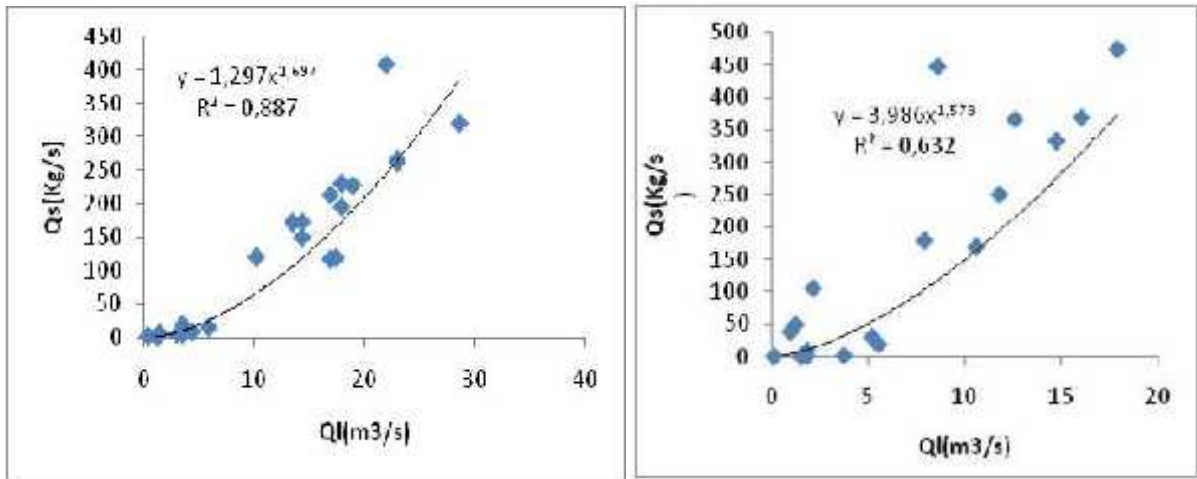


Figure 37: Evolution débit solide- débit liquide à l'échelle annuelle a la station marabout blanc

Station : Arib Cheliff (011702)

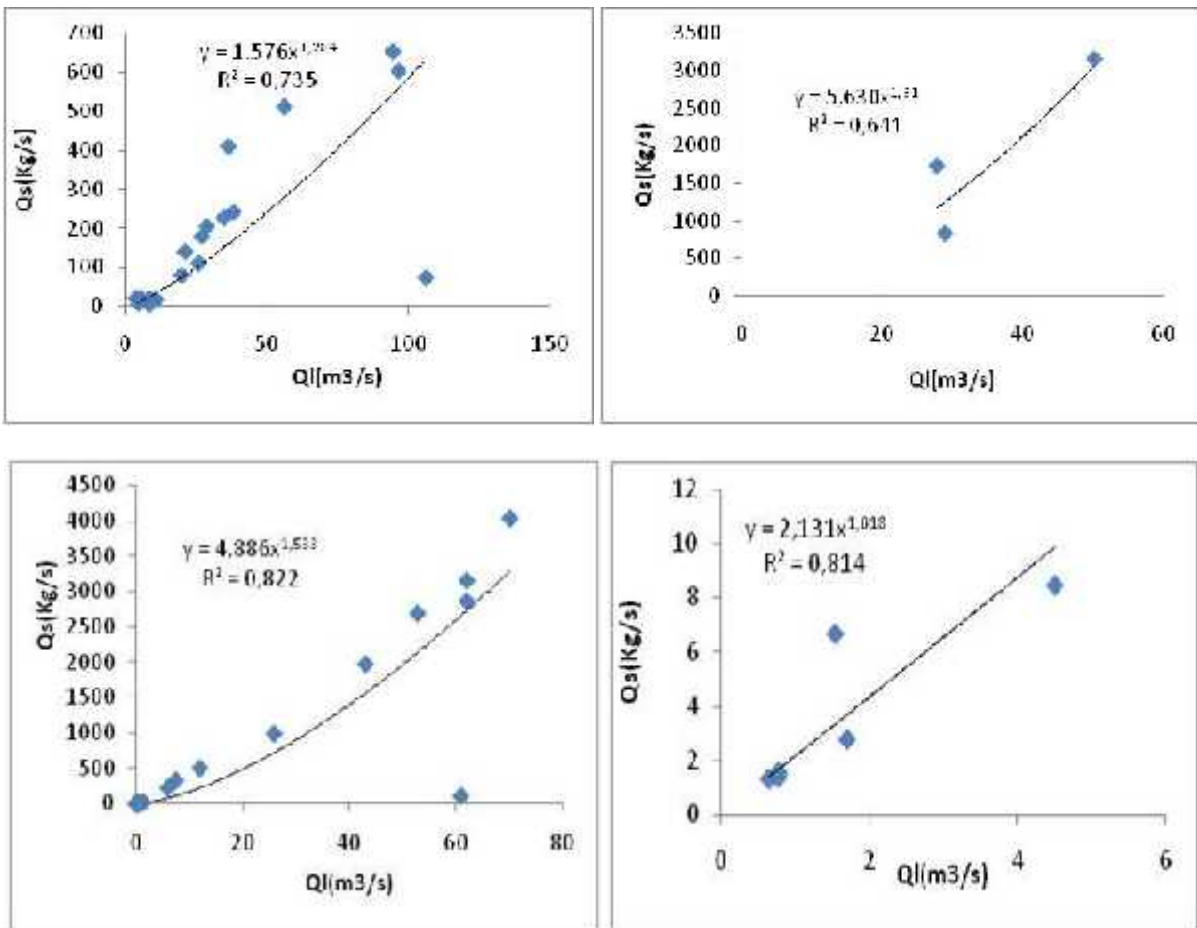


Figure 38 : Evolution débit solide- débit liquide à l'échelle annuelle a la station Arib Cheliff

Station : Arib Ebda(011801)

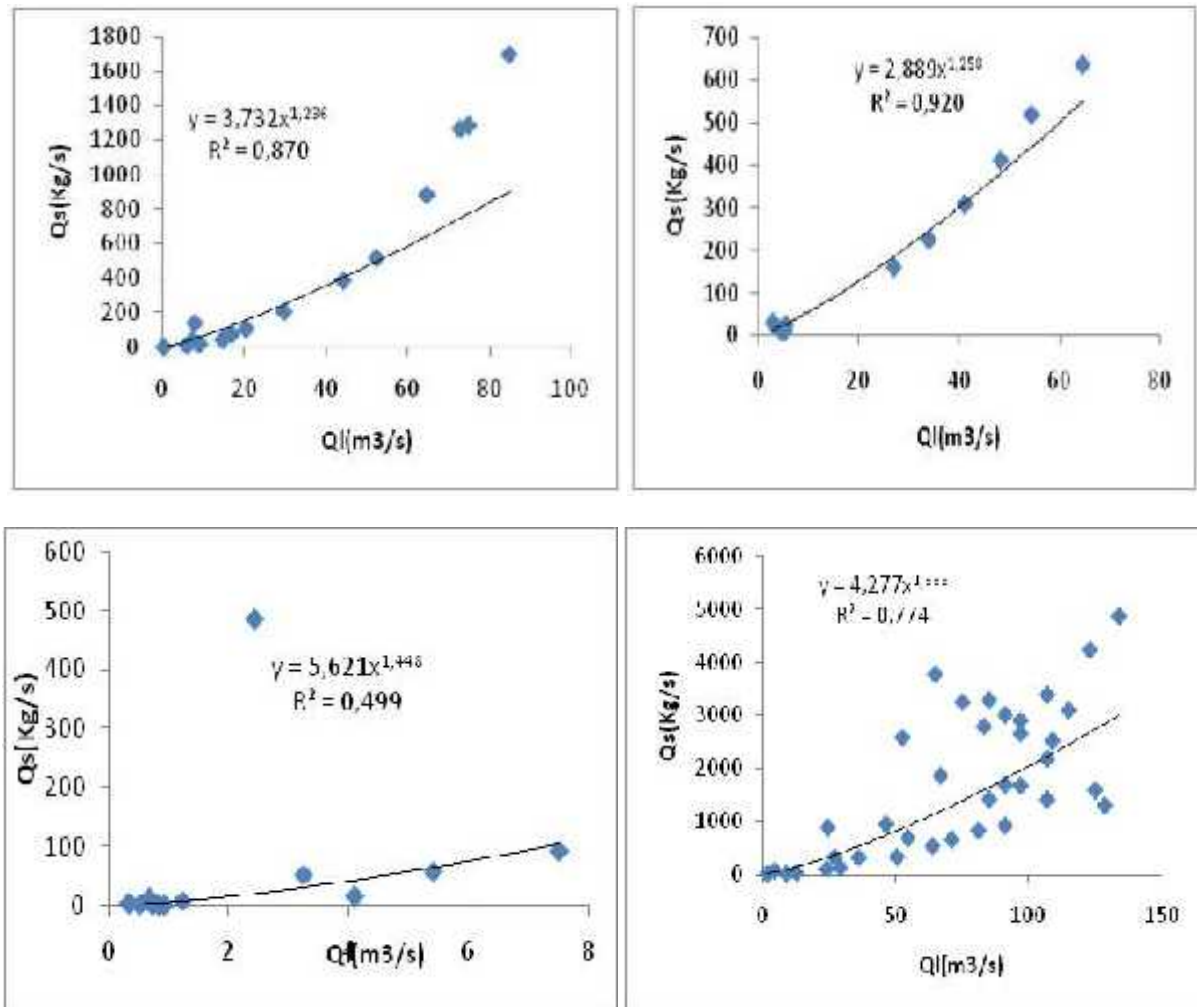


Figure 39 : Evolution débit solide- débit liquide à l'échelle annuelle a la station Arib Ebda

Les graphes des figures (36,37, 38, 39) ont été réalisés dans le but de connaître la variation de a par rapport à b . On constate que l'exposant b varie entre 1,018et 1,97alors que a varie entre 1,004et 5,57.

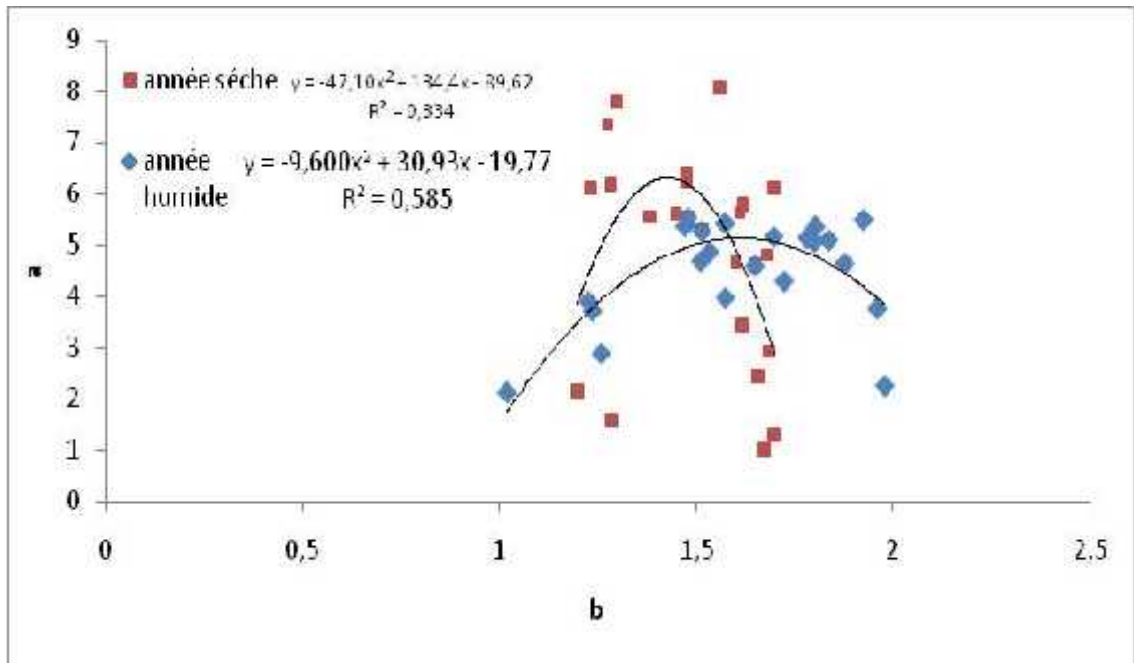


Figure 40 : Relation annuelle entre le paramètre *a* et l'exposant *b*

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, 1994 ,1997 et 1999. Le facteur *b* étant lié directement à la superficie de drainage en période de crues, on observe aussi une faible variation de cet exposant ($C_v = 0,15$). 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 sèche est très marquée

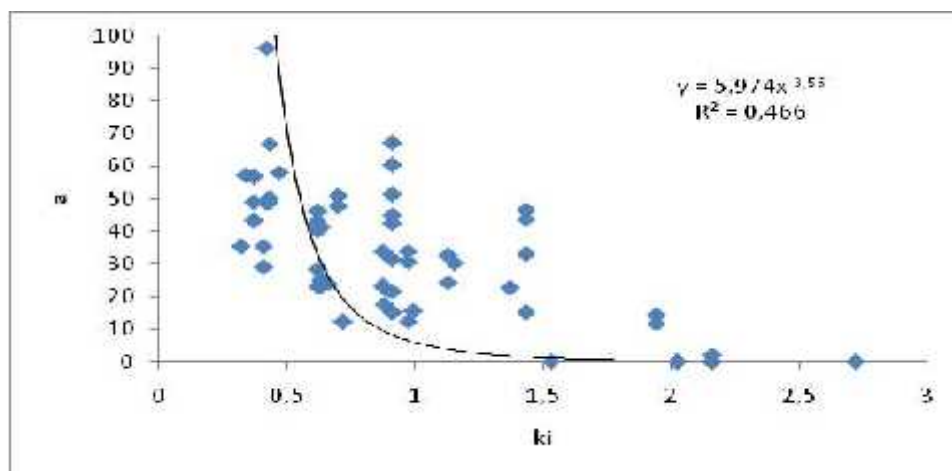


Figure 41 : Variation de (*a*) en fonction de l'Hydraulicité

Le paramètre a est bien lié à l'indice K ; avec un $R > 0.40$ (figure 41).

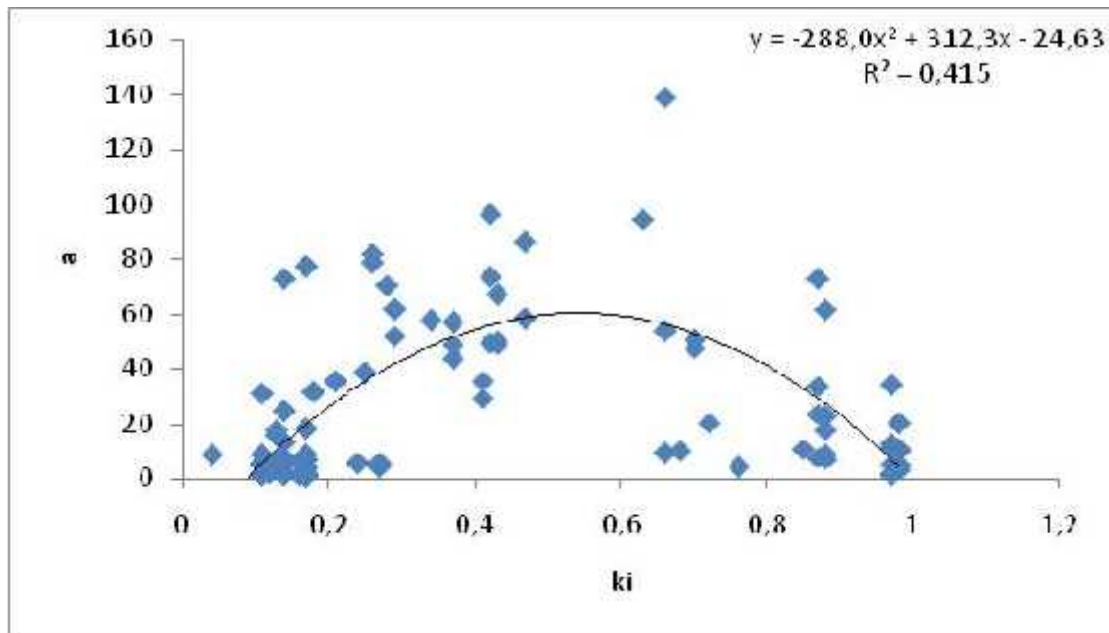


Figure 42 : Variation de (a) en fonction de l'Hydraulicité Ki. (Années sèches).

En décomposant la période d'analyse, la relation est très forte entre a et Ki pour les années sèches (figure42).

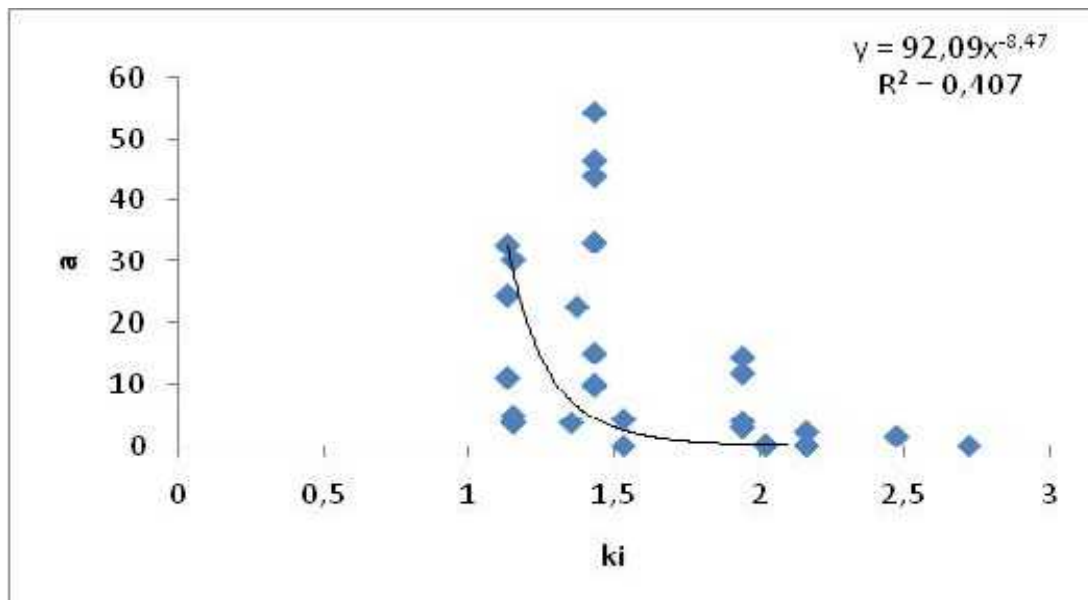


Figure 43 : Variation de (a) en fonction de l'Hydraulicité Ki (années humides).

Pour les années humides (figure 43) avec un coefficient $R = 0,407$.

Et pour les figures 42 et 43 montrent qu'effectivement le facteur a, désignant l'érodabilité, est bien corrélé à l'hydraulicité en période de sécheresse.

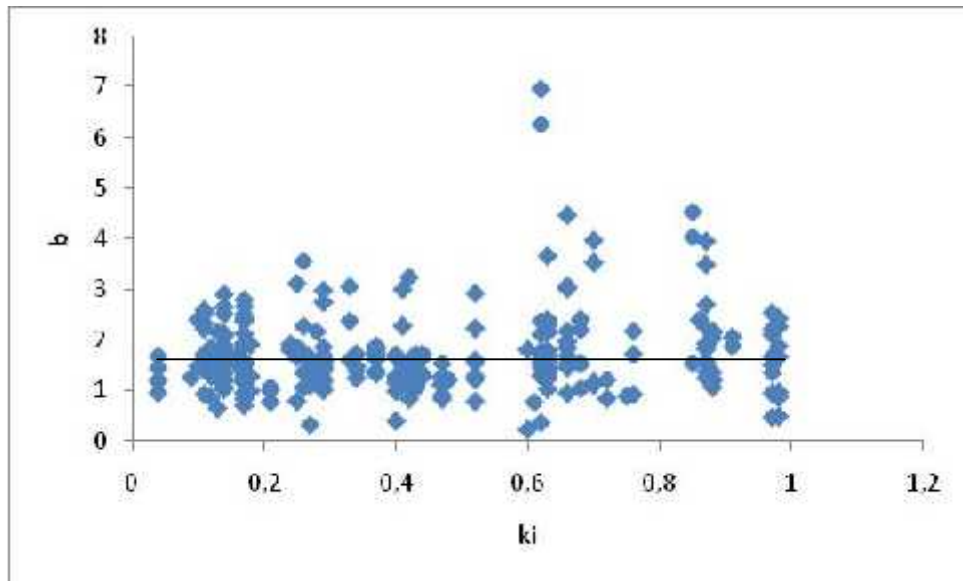


Figure 44 : Variation de l'exposant (b) en fonction de L'hydraulicité Ki (années sèches).

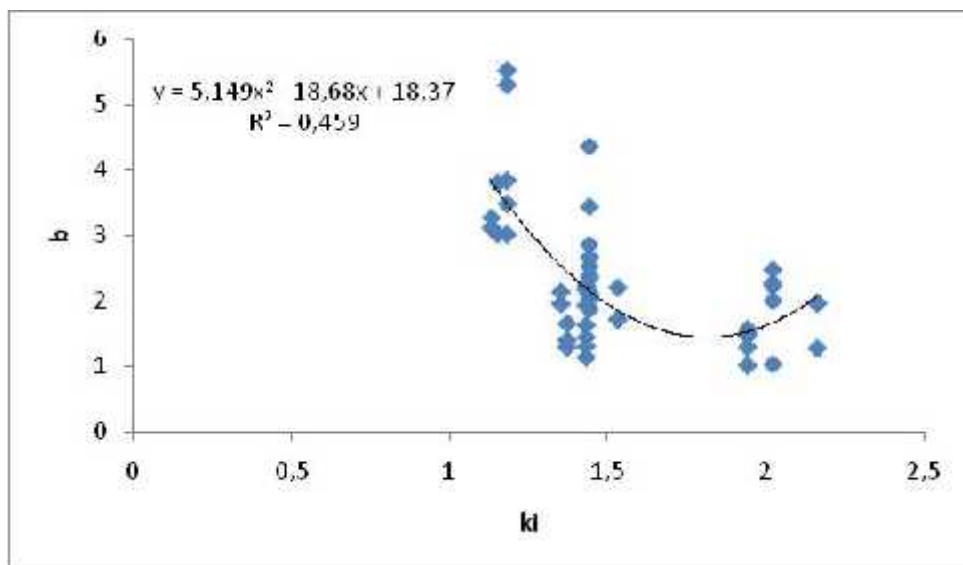


Figure 45 : Variation de l'exposant (b) en fonction L'hydraulicité ki (années humides).

Les figures 44 et 45 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

Conclusion Générale

Le problème de disponibilité des données relatives au transport solide se pose avec acuité en Algérie. Par ce travail, dans un premier temps, des modèles explicatifs de la variation du débit solide par le débit liquide ont été développés pour différents cas de regroupements de données (instantanés, annuelles, mensuelles et saisonnières).

Au cours de cette étude, il a été possible de définir une approche statistique d'évaluation des apports solides en suspension basée sur les relations débit liquide-débit solide. Cette approche globale semble satisfaisante pour la quantification des apports solides dans les bassins versants jaugés à partir des données observées de débit liquide et de concentration en matière en suspension.

La puissance A est très élevée dans la saison froide 10,27 par contre la saison chaude très faible égale 7,93.

La relation retenue entre les débits solide et liquide depuis les travaux de Remy-Berzencouitch et des chercheurs américains, est de type : $Q_s = a Q_l^b$

Cette expression fournit une première approximation de la variation dans le temps du débit solide des cours d'eau .

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 sur 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 caractère 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 Cheliff offre, de fait des conditions très favorables à la mobilisation et au transport des matériaux fins car des précipitations

Conclusion Générale

agressives s'abattent sur un ensemble morphologique très sensible à l'érosion ($D_s=290$ tonne/ Km^2) pour la station de el abadia(012001)

Au contraire, dans le bassin du Cheliff, la charge en suspension est relativement faible par (station Grib amont : $D_s=79,31$ 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

Références bibliographiques

Ammari .,A,2012 .Vulnérabilité à l'envasement des Barrage (cas du bassin hydrographique des côtiers Algérois) Thèse de doctorat, Université Mohamed Khider Biskra p 1-7-9-13-15-16.

Ampleur , Conséquence et perspective,p1.

Benaicha . , A , 2011 .Etude des processus des transports solide et leur impact sur l'alluvionnement des barrage , Mémoire de Magister en Hydraulique, Université Hadj lakhdar Batna ,P8-12-13.

Bougerr . ,S , 2014.Quantification et modélisation du transport solide dans un cour d'eau de l'Algérie septentrionale : cas du bassin versant de l'oued Boumessaoud (Tlemcen),Mémoire de Magister en Hydraulique, Université Aboubeker Belkaidaid Tlemcen, p

Djouhra . ,B ,2012 .Développement , interprétation et évaluation de la précision de la relation entre la concentration des sédiment en suspension et le débit liquide . Etude de cas : sous bassin versant de l'oued Tafna et d'oued Isser , mémoire de Magister , janvier 2012,p13-29-76-77-78-81.

Gisler . ,S ; linger H et Prasuln V(2011).Carte à Haute résolution du risque érosion au rester 2*2m GRE2). Recherché agronomies Suisse2(4),p 148-155.

Hadidi. ,A , 2008 . Une nouvelle approche de détermination de taux d'envasement des barrage , Mémoire de Magister en Hydraulique, Université Aboubeker Belkaid,p5-6-66.

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 Dee Camarés (sud- Aveyron).Application à une région test sur la commune de Monteur ; Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme d'étude supérieur spécialisées (DESS) Aménagement rural et développement locale. Mont pallié, Septembre 1997,p52.

Mokhtari .,E,2008. Etude de l'aspect qualitatif de la dégradation de sol en fonction de différent système d'utilisation des terres dans micro bassin de Tefless Tenèse .W Chleff. Aspect météorologique et technique, p38-39.

Mokhtari .,F,2012.Etude de l'aspect qualitatif et quantitatif de la dégradation de sol en fonction de différent système d'utilisation des terres dans la micro bassin de Tefless Tenèse .W Chleff Aspect météo logique et technique ,p9-1113-14.

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 ([htt://horizon . documentation. Ird.fr](http://horizon.documentation.Ird.fr)).

Touaibia., B,2000.Erosion –Transport solide- Envasement des barrage .cas du bassin versant de de l'oued mina, Thèse de doctorat, INA. Algérie, p1- 6-63-114.

Annexe

Annexe

Station	la Date	Qs=aQI ^b	R ²	R	a	b
011407	06.05.93	88,068QI0,993	0,864	0,929516	88,068	0,993
	23.09.94	101,2QI0,9886	0,929	0,96384646	101,2	0,9886
	24.09.94	24,769QI1,4027	0,984	0,99196774	24,769	1,4027
011514	28.01.92	2,5484QI1,7598	0,902	0,94973681	2,5484	1,7598
	21.01.94	0,3419QI2,842	0,711	0,84320816	0,3419	2,842
	18.10.94	36,61QI1,0364	0,98	0,98994949	36,61	1,0364
	06.02.96	22,733QI1,0091	0,995	0,99749687	22,733	1,0091
	22.11.97	9,6896QI1,1526	0,988	0,99398189	9,6896	1,1526
	19.01.99	16,978QI1,8616	0,875	0,93541435	16,978	1,8616
	02.03.99	0,0097QI2,8461	0,901	0,9492102	0,0097	2,8461
011601	26.01.92	24,497QI1,0398	0,962	0,98081599	24,497	1,0398
	23.09.94	96,777QI1,0358	0,957	0,97826377	96,777	1,0358
	01.10.94	59,59QI1,104	0,98	0,98994949	59,59	1,104
	15.10.94	68,385QI1,191	0,98	0,98994949	68,385	1,191
	13.11.94	33,853QI1,7566	0,969	0,98437798	33,853	1,7566
	06.02.96	12,892QI1,6855	0,954	0,97672924	12,892	1,6855
	13.06.96	15,188QI1,4808	0,958	0,97877474	15,188	1,4808
	02.09.96	166,64QI1,2445	0,992	0,99599197	166,64	1,2445
	07.10.97	76,395QI1,2604	0,997	0,99849887	76,395	1,2604
	01.03.99	10,77QI1,4477	0,944	0,97159662	10,77	1,4477
011702	03.10.90	0,2639QI2,7345	0,865	0,93005376	0,2639	2,7345
	15.03.91	10,546QI1,1263	0,976	0,98792712	10,546	1,1263
	05.10.91	31,147QI1,0782	0,984	0,99196774	31,147	1,0782
	16.10.91	0,0258QI2,651	0,533	0,73006849	0,0258	2,651
	21.10.91	0,0007QI3,1627	0,468	0,68410526	0,0007	3,1627
	22.10.91	0,0022QI3,056	0,989	0,99448479	0,0022	3,056
	29.01.92	32,07QI1,1303	0,977	0,9884331	32,07	1,1303
	24.09.94	42,652QI0,9759	0,987	0,99347874	42,652	0,9759
	18.10.94	58,301QI0,9759	0,988	0,99398189	58,301	0,9759
	29.04.96	14,629QI0,9226	0,893	0,94498677	14,629	0,9226
011714	14.04.90	20,128QI1,8389	0,833	0,91268834	20,128	1,8389
	16.07.90	49,156QI0,8378	0,81	0,9	49,156	0,8378
	21.08.90	51,653QI1,0845	0,989	0,99448479	51,653	1,0845
	15.03.91	9,7503QI1,0071	0,998	0,9989995	9,7503	1,0071
	27.01.92	6,7075QI1,0967	0,701	0,83725743	6,7075	1,0967
	23.04.92	42,066QI1,1413	0,934	0,96643675	42,066	1,1413
	28.12.93	22,415QI1,4424	0,97	0,98488578	22,415	1,4424
	23.09.94	16,849QI0,8344	0,851	0,92249661	16,849	0,8344
	06.01.95	77,694QI0,9936	0,996	0,997998	77,694	0,9936
	04.02.97	19,572QI1,507	0,946	0,97262531	19,572	1,507

Station	la Date	Qs=aQl ^b	R ²	R	a	b
011801	29.04.90	14,815Ql1,6533	0,952	0,97570487	14,815	1,6533
	05.05.90	6,7505Ql1,9314	0,868	0,93166518	6,7505	1,9314
	08.09.90	167,4Ql0,9516	0,998	0,9989995	167,4	0,9516
	09.12.90	28,888Ql1,8213	0,917	0,95760117	28,888	1,8213
	09.04.92	12,26Ql1,0489	0,419	0,64730209	12,26	1,0489
	03.11.92	1,1833Ql2,0301	0,982	0,99095913	1,1833	2,0301
	08.02.94	7,4236Ql1,4434	0,64	0,8	7,4236	1,4434
	17.02.94	27,492Ql1,024	0,919	0,95864488	27,492	1,024
	29.09.94	110,01Ql1,1486	0,884	0,94021274	110,01	1,1486
	14.03.95	0,7634Ql1,5524	0,877	0,93648278	0,7634	1,5524
011905	10.12.90	20,564Ql1,2676	0,721	0,84911719	20,564	1,2676
	28.01.91	20,585Ql1,6337	0,999	0,99949987	20,585	1,6337
	15.03.91	10,443Ql1,4696	0,9	0,9486833	10,443	1,4696
	31.03.91	10,571Ql1,4631	0,976	0,98792712	10,571	1,4631
	02.05.91	15,982Ql1,9695	0,961	0,98030607	15,982	1,9695
	27.01.92	11,99Ql1,414	0,939	0,96902012	11,99	1,414
	10.03.92	20,853Ql1,3356	0,711	0,84320816	20,853	1,3356
	08.12.92	169,53Ql1,355	0,999	0,99949987	169,53	1,355
	22.04.93	54,299Ql1,4139	0,962	0,98081599	54,299	1,4139
	28.12.93	87,052Ql0,5792	0,855	0,9246621	87,052	0,5792
	20.01.94	12,948Ql1,9588	0,612	0,78230429	12,948	1,9588
	04.02.94	11,749Ql1,8418	0,995	0,99749687	11,749	1,8418
	08.10.95	27,892Ql1,3057	0,712	0,84380092	27,892	1,3057
	14.01.96	20,265Ql1,3286	0,689	0,83006024	20,265	1,3286
	16.01.96	29,31Ql1,4251	0,755	0,86890736	29,31	1,4251
	12.06.96	46,506Ql1,8111	0,943	0,97108187	46,506	1,8111
	14.05.98	69,337Ql1,3917	0,914	0,95603347	69,337	1,3917