



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعرييرج

Université Mohammed El Bachir El Ibrahimî B.B.A

كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers

قسم العلوم الفلاحية

Département des Sciences Agronomiques



## Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine des Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Aménagement hydro -agricole

### Intitulé:

*Etude du flux hydro-sédimentaire dans un système exoréique de  
l'Algérie du nord: cas du bassin versant de l'oued Isser*

### Présenté par :

Dahamna Wiam & Madani Reguia

Soutenu le 12/06/2024, Devant le Jury:

	Nom & Prénom	Grade	Affiliation / institution
Président	Mr.BENSEFIA Sofiane	MCA	Université de B.B.A
Encadreur	Mr. DEFFAF Ammar	MAB	Université de B.B.A
Examineur	Mme. CHOURGHAL Nacira	Pr	Université de B.B.A

Année universitaire 2023/2024

## REMERCIEMENTS

Avant tous, je remercie Dieu tout puissant qui m'a guidé tout au long de ma vie, qui m'a permis de m'instruire et d'arriver aussi loin dans mes études, qui m'a donné courage et Patience pour passer tous les moments difficiles, et qui m'a permis d'achever ce travail.

Je tiens à présenter mes humbles et sincères remerciements ainsi que toute ma reconnaissance et ma profonde gratitude à mon encadreur **DEFFAF AMMAR**, pour tout son dévouement lors de mon encadrement, pour tout son aide et ses précieux conseils et ses encouragements incessants, et surtout pour sa patience et sa compréhension.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements à Mme **HAMLATE** et à Mlle **LARABI, H** responsables à l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH) de la wilaya d'Alger. Leur précieuse assistance, leur soutien inestimable et les données qu'elles ont partagées ont enrichi considérablement notre travail

J'exprime ma profonde reconnaissance à tous les membres du jury :

- Mme CHOURGAL Nacira examinateur
- Mr BENSEFIA Sofiane président du jury

Je leurs doit un grand respect.

Ainsi que tous les membres de ma famille pour le soutien moral même lors des moments difficiles.

**DAHAMNA & MADANI**

## ***Dédicace***

*Tout D'abord, je tiens à remercier DIEU de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail*

*Je tiens à dédier cet humble travail à :*

*A ma tendre mère et mon très cher père pour tous le soutien et l'amour*

*Que vous portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours*

*A mes précieuse sœur : **HAFIDHA, SABRINA , SOUMIA, ASSIA, RADHIA***

*A mon cher frère :**MOUNIR***

*A mes petits anges :**SONIA , RASSIM , RANIM, ISRAE,MAYA,ANES,***

***JASSIM , FIRAS , LOUAI.***

*A mes très cher amis : **MAROUA ,KENZA ,KHOULOUD , WIAM ,ASSIA.***

*A toute ceux qui m'aiment et que j'aime.*

# *Dédicaces*

*A dédie ce travail*

*À qui a été le premier à soutenir la réalisation de mon ambition pour qui était mon refuge et ma main droite à ma vie. À celui à travers qui j'ai vu le chemin de ma vie et de mon estime de soi, au cœur compatissant, à celui dont les prières m'entouraient. Je dédie mon diplôme à ma très chère mère*

***Toukali .N***

*À mon père **Mohamed**, pour son soutien, son affection et la confiance qu'il m'accordé*

*À mon adorable sœur **HANANE** pour son amour, soins et encouragements*

*À mes chères frères :**SALEH ADINE, DJAFER, MOURAD.***

*À tous les membres de ma famille*

*À toutes mes chères amies: **MAISSA, KENZA, KHOULOU, ASSIA, KHAOULA, CHERIFA, CHAHINAZ, RIMA, SONIA.***

*À femme de mon frère : **MERIDJI.N***

*À mes ange : **YASSMINE, ALI YUCEFE, FATIMA, RITAJE.***

*À la mémoire de ma grand mère : **MARZOUGI.FATIMA.***

*À mon chère amie **MAISSA**.pour m'avoir soutenu.*

***WIAM***

### Résumé

L'étude des flux hydrosédimentaires dans le présent travail a été menée sur le bassin versant de l'oued Isser. Elle se base sur des données de débit et de concentration en MES, reconstituées à partir des prélèvements au niveau de la station hydrométrique de Lakhdaria. Les objectifs de ce travail sont d'une part d'examiner la relation entre le débit solide et le débit liquide, d'autre part de quantifier les flux hydrosédimentaires, et enfin d'estimer le taux d'érosion. Une approche statistique a été utilisée, la régression en puissance reliant le débit solide au débit liquide. Les résultats obtenus montrent que les flux hydrosédimentaires subissent une très forte variabilité temporelle, due essentiellement à l'irrégularité du régime annuel d'écoulement, lié fortement à l'influence des précipitations. En effet, l'analyse de l'évolution des exportations solides en suspension montre que les apports sédimentaires les plus abondants sont réalisés en hiver et au printemps, avec des contributions de 54% et 38%. La dégradation spécifique annuelle est très variable, avec un coefficient de variation de 103%. Elle varie de  $1.47 \text{ t.km}^{-2}.\text{an}^{-1}$  pour l'année (2000/01) à  $1087.71 \text{ tonnes.km}^{-2}.\text{an}^{-1}$  pour l'année (2006/07), avec une moyenne annuelle de  $272.87 \text{ tonnes.km}^{-2}.\text{an}^{-1}$ . Ces quantités peuvent avoir plusieurs conséquences néfastes sur les terres agricoles et sur l'envasement des barrages.

**Mots clés :** bassin versant, flux hydrosédimentaires, débit, concentration, régression en puissance, dégradation spécifique, envasement.

## **Summary**

The study of hydrosedimentary flows in the present work was conducted on in the watershed of the wadi Isser. It is based on flow and suspended sediment concentration data, reconstructed from the samples taken at the Lakhdaria hydrometric station. The objectives of this work are on the one hand to examine the relationship between solid flow and liquid flow, on the other hand to quantify the hydrosedimentary flows, and finally to estimate the erosion rate. A statistical approach was used, the power regression linking solid flow to liquid flow. The results obtained show that the water flows undergo a very high temporal variability, mainly due to the irregularity of the annual flow regime, strongly linked to the influence of precipitation. The analysis of the evolution of solid suspended exports shows that the most abundant sedimentary inputs are made in winter and spring, with contributions of 54% and 38%. The annual specific degradation is very variable, with a coefficient of variation of 103%. It ranges from 1.47 t.km<sup>-2</sup>.year<sup>-1</sup> for the year (2000/01) to 1087.71 t.km<sup>-2</sup>.year<sup>-1</sup> for the year (2006/07), with an annual average of 272.87 t.km<sup>-2</sup>.year<sup>-1</sup>. These quantities can have several adverse consequences on agricultural land and on the siltation of dams.

**Keywords:** watershed, water flow, flow, concentration, power regression, specific degradation, siltation.

## الملخص

يتناول هذا الموضوع دراسة الحمولة الصلبة النوعية على مستوى الحوض التجميحي لواد يسر و تعتمد هذه الدراسة على معطيات التدفق السائل و تركيز الحمولة الصلبة النوعية، من خلال عينات مأخوذة من محطة القياس الهيدرومترية الاخضرية. تهدف هذه الدراسة من جهة، إلى فحص العلاقة بين التدفق الصلب والسائل، ومن جهة أخرى، إلى تقدير احجام تدفقات المياه والرواسب، وأخيراً تقدير معدل التعرية. تم استخدام النهج الإحصائي في هذه الدراسة، حيث تم استخدام نموذج علاقة القوة لربط التدفق الصلب بالتدفق السائل. أظهرت النتائج المتحصل عليها أن تدفقات احجام المياه والرواسب تخضع لتقلبات زمنية شديدة، ناجمة أساساً عن عدم انتظام النظام السنوي للتدفق، الذي يرتبط بشكل كبير بتأثير الأمطار. تظهر تحليل تطور الرواسب العالقة أن أكثر إسهامات الرواسب تتم في الشتاء والربيع، بنسب مساهمة تبلغ 54% و 38% على التوالي. الحمولة الصلبة النوعية تتغير بشكل كبير، حيث بلغ معامل التغيير 103%. ويتراوح قيمة الحمولة الصلبة النوعية بين 1.47 طن/كلم<sup>2</sup>/سنة للعام (01/2000) إلى 1087.71 طن/كلم<sup>2</sup>/سنة للعام (07/2006)، مع متوسط سنوي قدره 272.87 طن/كلم<sup>2</sup>/سنة. يمكن أن تؤدي هذه الكميات إلى عدة آثار سلبية على الأراضي الزراعية وعلى توحد السدود.

الكلمات الرئيسية: حوض تجميحي ، تدفقات المياه والرواسب، تدفق، تركيز ،علاقة القوة، الحمولة الصلبة النوعية ، توحد

## TABLE DES MATIERES

DEDICACE.....	
REMERCIEMENTS.....	
RESUME.....	
SUMMARY.....	
الملخص.....	
I. LISTE DES TABLEAUX.....	
II. LISTE DES FIGURES.....	
III. LISTE DES ABREVIATION.....	
INTRODUCTION GENERALE.....	1
<b>CHAPITRE 1 : PRESENTATION DU BASSIN</b>	
Introduction.....	3
I. Diagnostic physico-géographique du bassin versant de l’oued Isser.....	4
I.1. Situation géographique.....	4
I.2. Caractéristiques morphométriques du bassin versant de l’oued Isser.....	5
I.2.1. Altitudes et pentes.....	5
I.3. Réseau Hydrographique.....	8
II. Géologie du bassin de l’oued Isser.....	9
II.1. Lithologie du bassin.....	10
III. Végétation du bassin versant.....	11
IV. Ressources en eaux.....	12

<b>IV.1. Barrages Opérationnels</b> .....	12
<b>IV.2. Eaux souterraines</b> .....	13

## **CHAPITRE 2 : DONNEES ET METHODES**

<b>I. Données pluviométriques</b> .....	14
<b>I.1. Postes pluviométriques et choix de la période d'étude</b> .....	14
<b>I.1. Comblement des lacunes</b> .....	15
<b>II. Données hydrosédimentaire</b> .....	15
<b>II.1. Technique de mesures des transports solides en suspension en Algérie</b> .....	15
<b>II.1.1. Calcul du débit solide en suspension</b> .....	16
<b>II.2. Etude fréquentielle des données de débits liquides et de concentrations en MES</b> ..	17
<b>II.2.1. Analyse des données de mesures</b> .....	17
<b>II.2.2. Chronologie des concentrations en MES et de débits</b> .....	18
<b>II.2.3. Ordres de grandeur des variables mesurées</b> .....	22
<b>III. Méthodologie</b> .....	23

## **CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSION**

<b>I. Variabilité temporelle des pluies</b> .....	24
<b>I.1. Variabilité interannuelle des pluies</b> .....	24
<b>I.2. Variabilité mensuelle des pluies</b> .....	25
<b>II. Ajustements des pluies moyennes annuelles</b> .....	28
<b>III. La courbe hydrosédimentaire (ratingcurve)</b> .....	30
<b>III.1. La régression unique débit liquide-débit solide Ql-Qs</b> .....	30

III.1.1. Signification des paramètres de la régression a et b.....	32
IV. Quatification des flux hydrosédimentaitres.....	33
IV.1. Variabilité temporelle desflux hydrosédimentaitres.....	33
IV.1.1 Variabilité annuelle des flux hydrosédimentaires.....	33
IV.1.2 Variabilité mensuelle des flux hydrosédimentaires .....	35
IV.1.3.Variabilité saisonnière des apports liquides et solides.....	37
CONCLUSION GENERALE.....	39

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
Tableau 1	Principaux paramètres du bassin versant étudié.....	5
Tableau 2	Répartition altimétrique du bassin versant Isser.....	5
Tableau 3	Classification des pentes du bassin de l'Isser.....	7
Tableau 4	Répartition des potentialités en eaux souterraines par unité Hydrogéologique.....	13
Tableau 5	Postes pluviométriques et pourcentage d'information pluviométrique disponible (période 1972/73-2010/2011).....	15
Tableau 6	Caractéristiques de la station hydrométrique da Lakhdaria et période de mesure.....	17
Tableau 7	Paramètres statistiques de la concentration C et de Débit liquide Ql et de débit solide Qs.....	18
Tableau 8	Fréquence d'échantillonnage annuelle observée à la station hydrométrique de Lakhdaria (Période 1971/2001).....	20
Tableau 9	Fréquence d'échantillonnage mensuelle et saisonnière observée à la station hydrométrique de Lakhdaria (Période 1971/2001).....	21
Tableau 10	N .d'observation selon l'ordre de grandeur de la concentration des sédiments en suspension au niveau de la station de Lakhdaria.....	22
Tableau 11	Paramètres statistiques des pluies annuelles.....	25
Tableau 12	Caractéristiques des pluies mensuelles de postes pluviométriques Etudiées durant la période 1971/72-2010/11.....	26
Tableau 13	Valeurs de U de Gauss, fréquences et période de retour.....	29
Tableau 14	Hauteurs de pluie en mm pour différentes périodes de retour au niveau des postes pluviométriques étudiées.....	30
Tableau 15	paramètre de la régression $Q_s = aQ_L^b$ et coefficient de corrélation.....	31
Tableau 16	Quelques valeurs de paramètre a et de l'exposant b publiées pour des bassins versants voisins.....	32
Tableau 17	Variabilité annuelle des apports hydrosédimentaires et valeurs annuelles de la dégradation spécifique.....	34
Tableau 18	Variabilité mensuelle des apports hydrosédimentaires au niveau de la station de Lakhdaria (période : 1986/87-2006/07).....	36
Tableau 19	Valeurs des apports liquides moyens saisonniers en $hm^3$ et des apports solides moyens saisonniers en tonnes.....	37

## Liste des figures

### Liste des figures

<b>Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
Figure 1	Situation géographique et MNT du bassin versant de l'oued Isser....	4
Figure 2	Courbe hypsométrique du bassin de l'Isser.....	6
Figure 3	Carte d'altitude du bassin versant de l'oued Isser Isser (DEFFAF, A. + modification des étudiantes).....	7
Figure 4	Carte des pentes du bassin versant de l'oued Isser Isser (DEFFAF, A. + modification des étudiantes).....	8
Figure 5	Carte de réseau hydrographie du bassin versant de l'oued Isser Isser (DEFFAF, A. + modification des étudiantes).....	9
Figure 6	Carte lithologique du bassin versant de l'oued Isser Isser (DEFFAF, A. 2022).....	10
Figure 7	Carte d'occupation du sol du bassin de l'oued Isser (Source BNEDER, 2011).....	11
Figure 8	Localisation de barrages dans le bassin de l'oued Isser Isser (DEFFAF, A. + modification des étudiantes).....	13
Figure 9	Répartition spatiale des postes pluviométrique étudiés.....	14
Figure 10	Corrélation des pluies annuelles entre les stations pluviométriques étudiées.....	15
Figure 11	Organigramme de calcul d'un débit solide moyen journalier (Demmak, 1982).....	17
Figure 12	Chronologie des débits et des concentrations mesurées à la station de Lakhdaria durant la période d'étude (1971/2002) :(a) concentration en MES et valeurs des concentrations ; et (b) débits liquides et valeurs des débits.....	19
Figure 13	Fréquence annuelle et cumulé des observations de la concentration durant la période d'étude.....	21
Figure 14	Fréquence des observations de la concentration durant la période d'étude.....	22
Figure 15	Variabilité des précipitations annuelles à la station de Lakhdaria.....	24
Figure 16	Variabilité des précipitations annuelles à la station de Bsibsa.....	24
Figure 17	Variabilité des précipitations annuelles à la station de Beni Slimane...	25
Figure 18	Variations mensuelles des précipitations à la station de Lakhdaria.....	27
Figure 19	Variations mensuelles des précipitations à la station de Bsibsa.....	27

## Liste des figures

---

Figure 20	Les variations mensuelles des précipitations à la station de Beni Slimane.....	27
Figure 21	Ajustements graphique des précipitations annuelles à la station de Lakhdaria.....	28
Figure 22	Ajustements graphique des précipitations annuelles à la station de Bsibsa.....	28
Figure 23	Ajustements graphique des précipitations annuelles à la station de Beni Slimane.....	29
Figure 24	Régression entre les débits solides et les débits liquides instantanés entre 1971 et 2002 sur l'Oued Isser à la station de Lakhdaria.....	31
Figure 25	Variabilité interannuelle des apports hydrosédimentaires au niveau de la station de Lakhdaria (période : 1986/87-2006/07).....	35
Figure 26	Variation mensuelle des apports hydrosédimentaires au niveau de la station de Lakhdaria.....	35
Figure 27	Répartition saisonnière des apports liquides et solides au niveau de la station de Lakhdaria (période : 1986/87/2006/07).....	38

**Liste des abréviations**

**MNT** : modèle numérique du terrain

**CV** : Coefficient de Variation

**$\sigma$**  : Ecarttype

**MES** : Matière En Suspension

**Qs** : Débit solide

**Ql** : Débit liquide

**C** : Concentration en MES

**AL** : Apport Liquide

**AS** : Apport Solide

**Ds** : Dégradation Spécifique

**S** : surface du bassin

**R** : coefficient de corrélation

# Introduction générale

L'eau est universellement reconnue comme un élément vital indispensable à la vie et comme un facteur crucial pour le développement d'un pays. Par conséquent, il est nécessaire de la préserver et de la gérer avec la plus grande rigueur possible.

L'Algérie du nord est un pays caractérisé par des ressources en eau renouvelables limitées, irrégulières, et principalement localisées le long de la bande côtière. Face à ce défi, l'Agence Nationale des Barrages et des Transferts (ANBT) a entrepris la construction de près de 74 grands barrages, totalisant une capacité de stockage d'eau de 8,5 milliards de m<sup>3</sup> jusqu'à présent (Remini, 2017). Cependant, ces ouvrages sont confrontés à des problèmes de sédimentation et d'envasement qui entraînent parfois des pertes de capacité de stockage importantes. Ces phénomènes sont provoqués par l'érosion hydrique, affectant à la fois les versants et le réseau hydrographique, en raison de la faible couverture végétale et de l'intensité des précipitations, ce qui conduit à une dégradation excessive des sols agricoles.

Des études récentes ont examiné l'érosion et le transport de sédiments dans les bassins hydrographiques en Algérie. Dans certaines régions, comme le bassin versant de l'oued Agrioune, le taux d'érosion spécifique atteint la valeur de 5000 t.km<sup>-2</sup>.an<sup>-1</sup> (Demmak, 1982). L'infrastructure hydraulique algérienne subit une perte de capacité estimée à 45 millions de m<sup>3</sup> par année, en raison de l'érosion et du transport de sédiments (Remini et al, 2009). Ce phénomène, pouvant être de grande ampleur, risque de combler les retenues des barrages et ainsi de stériliser complètement les efforts d'aménagement des ressources en eau et des cours d'eau algériens (Achite et Meddi, 2005).

Dans ce travail, nous avons choisi le bassin versant de l'oued Isser en raison de son importance cruciale pour les infrastructures hydrauliques qui approvisionnent la capitale en eau potable, ainsi que pour l'irrigation de la plaine de la Mitidja, tout en tenant compte du problème majeur de l'érosion dans cette région. À ce jour, le bassin de l'oued Isser comprend quatre barrages opérationnels, dont le barrage réservoir de Koudiat Acerdoune, le deuxième ouvrage hydraulique en Algérie, offrant une capacité de stockage initiale de 640 millions de m<sup>3</sup>, ainsi que les barrages de Beni Amrane, Ladrat et Beni Slimane.

Dans la présente étude, l'étude des flux hydrosédimentaires constitue le fond du mémoire, et est articulée autour plusieurs aspects. Les objectifs de ce travail consistent d'une part à la recherche d'une corrélation entre les débits solides et les débits liquides dans un système exoréique de l'Algérie du Nord, à savoir le bassin versant de l'oued Isser. D'autre part de quantifier et analyser les flux hydrosédimentaires, en examinant leurs variations spatio-temporelles. Enfin, cette étude vise également à évaluer les pertes de terres agricoles associées à ces phénomènes hydrologiques.

Ce travail est organisé en trois chapitres comme suit :

- **Le premier chapitre** décrit le contexte physico-géographique du bassin. Il présente les principaux facteurs qui influent sur la dynamique des matières en suspension et sur les transports solides du bassin de l'oued Isser
- **Le deuxième chapitre** est consacré à l'étude statistique des 3 postes pluviométriques à l'échelle annuelle et mensuelle au niveau du bassin de l'oued Isser sur la période de 1972/73-2010/11.
- **Le troisième chapitre** constitue le fond de notre travail, se concentre sur l'analyse des flux hydrosédimentaires. Notre démarche vise à établir une régression reliant les débits solides aux débits liquides au niveau de la station de Lakhdaria. Il s'attache aussi à la quantification des bilans des flux hydrosédimentaires afin de déduire un taux d'érosion à l'échelle du bassin.

***Chapitre 1:***  
***Présentation du bassin***

### Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons le bassin versant de l'oued Isser et examinons le contexte physico-géographique afin de caractériser ses particularités. Nous mettons en lumière les principaux facteurs qui influent sur les écoulements liquides ainsi que sur la dynamique des matières en suspension et les transports solides au sein du bassin de l'oued Isser.

## I. Diagnostic physico-géographique du bassin versant de l'oued Isser

### I.1. Situation géographique

Le bassin versant de l'oued Isser, comme beaucoup d'autres bassins à écoulement exoréique dans le Nord de l'Algérie, est situé au centre-nord de la région d'Alger, à environ 70 km au sud-est de la capitale. Il s'étend sur une superficie de 4149 km<sup>2</sup>, représentant ainsi 8,72% de la superficie totale du bassin Algérois, Hodna, Soummam. Sa configuration géographique présente une forme allongée orientée du Sud-Ouest vers le Nord-Est (figure 1).

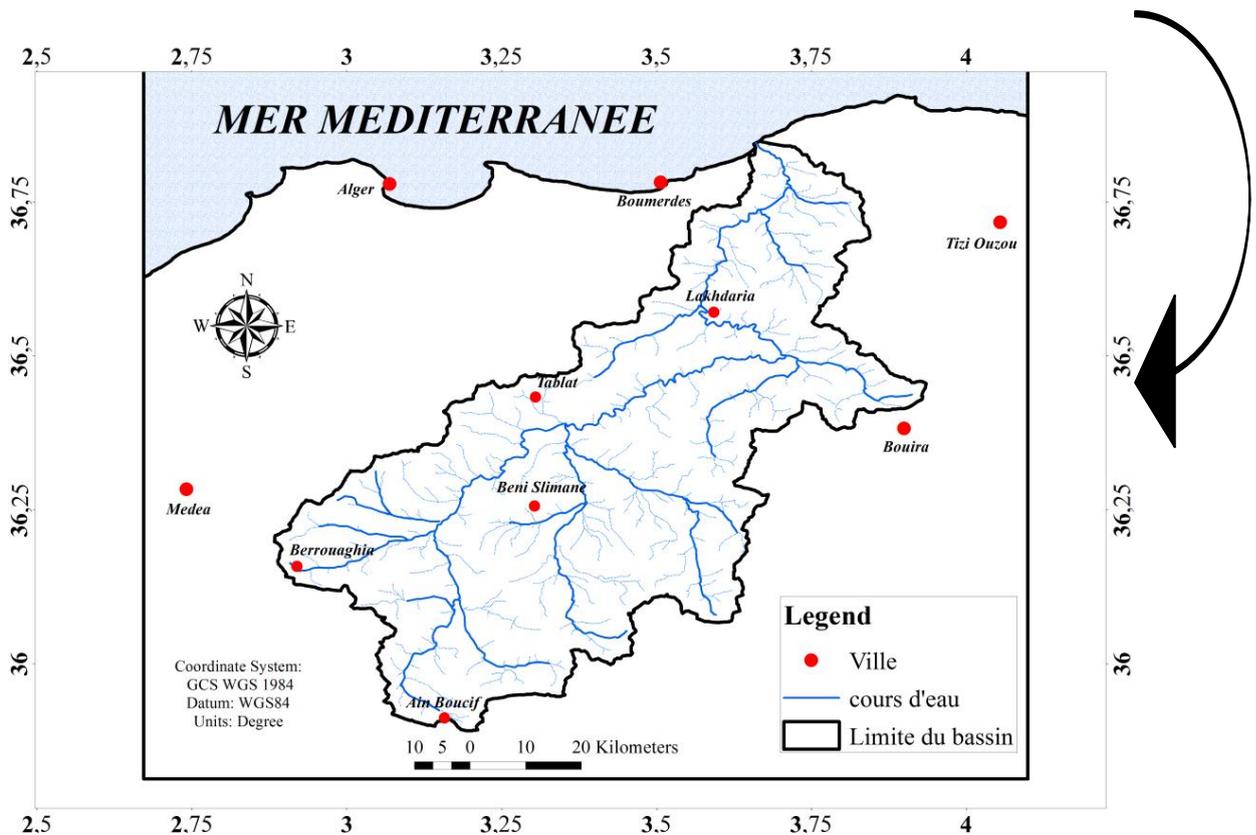
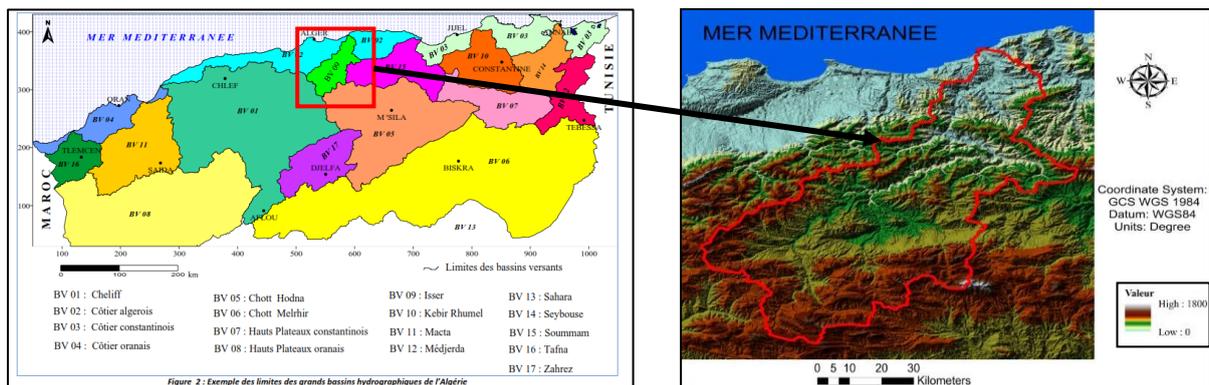


Figure 1 : Situation géographique et MNT du bassin versant de l'oued Isser

Il est limité :

- au Nord Est par le bassin côtier algérois est.
- au Sud Est par le bassin du Chott Hodna et le bassin de la Soummam.
- au Sud-Ouest par le bassin du Cheliff.
- au Nord-Ouest par le bassin côtier algérois ouest.

## **I.2. Caractéristiques morphométriques du bassin versant de l'oued Isser**

### **I.2.1. Altitudes et pentes**

Les caractéristiques morphométriques du bassin de l'oued Isser sont résumées dans le tableau 1.

**Tableau 1** : Principaux paramètres du bassin versant étudié

<b>Paramètres</b>	<b>Code</b>	<b>Unité</b>	<b>Bassin versant</b>
Surface	S	km <sup>2</sup>	4149
Périmètre	P	km	434
Indice de compacité	Kc		1.88
Altitude maximale	H <sub>max</sub>	m	1810
Altitude moyenne	H <sub>moy</sub>	m	750
Rectangle équivalent	Re	km	98.20
Indice de pente globale	Ig	m/km	32.98
Densité de drainage	D <sub>d</sub>	km/km <sup>2</sup>	3.6
Temps de concentration	Tc	h	19

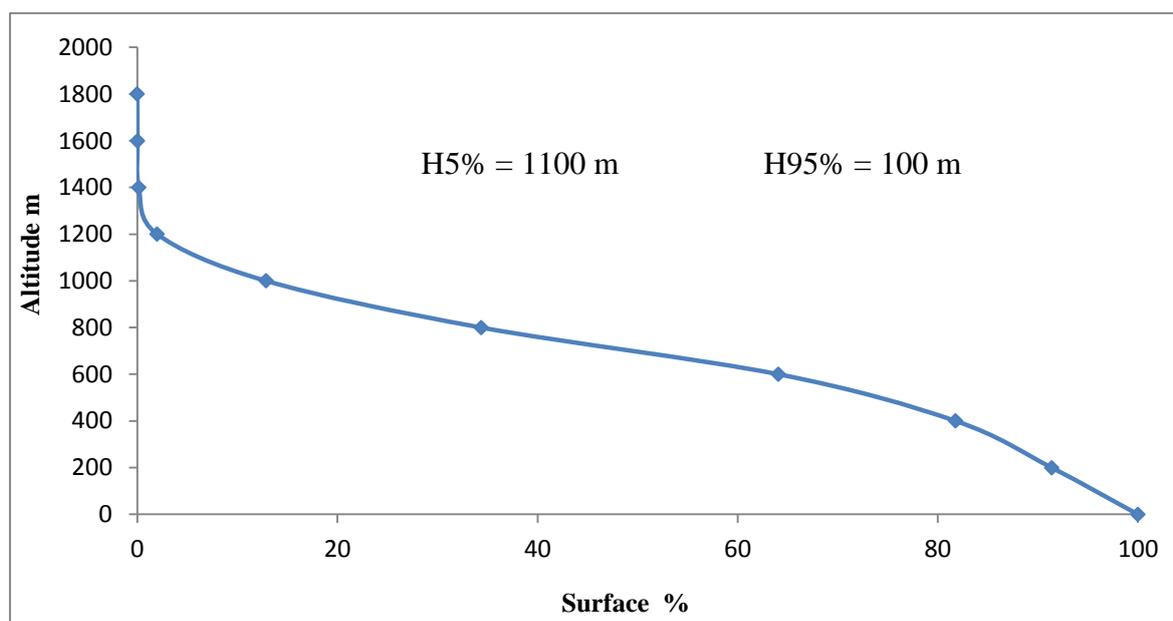
**Référence : DEFFAF, A : 2022**

Le tableau 2 présente la répartition hypsométrique du bassin de l'oued Isser

**Tableau 2** : Répartition altimétrique du bassin versant Isser

<b>Tranche d'altitude</b>	<b>moyenne</b>	<b>Superficie Partille</b>		
		<b>Km<sup>2</sup></b>	<b>%</b>	<b>% cumulés</b>
(m)	(m)			
1600-1800	1700	1,03	0,02	0
1400-1600	1500	5,12	0,12	0,02
1200-1400	1300	76,39	1,84	0,14
1000-1200	1100	451,3	10,88	1,98
800-1000	900	891,86	21,50	12,86
600-800	700	1233,25	29,72	34,36
400-600	500	733,97	17,69	64,08
200-400	300	398,75	9,61	81,77
0-200	100	357,28	8,61	91,38
<b>Totaux</b>		<b>4149</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

La figure 2 représente la courbe hypsométrique du bassin de l'Isser

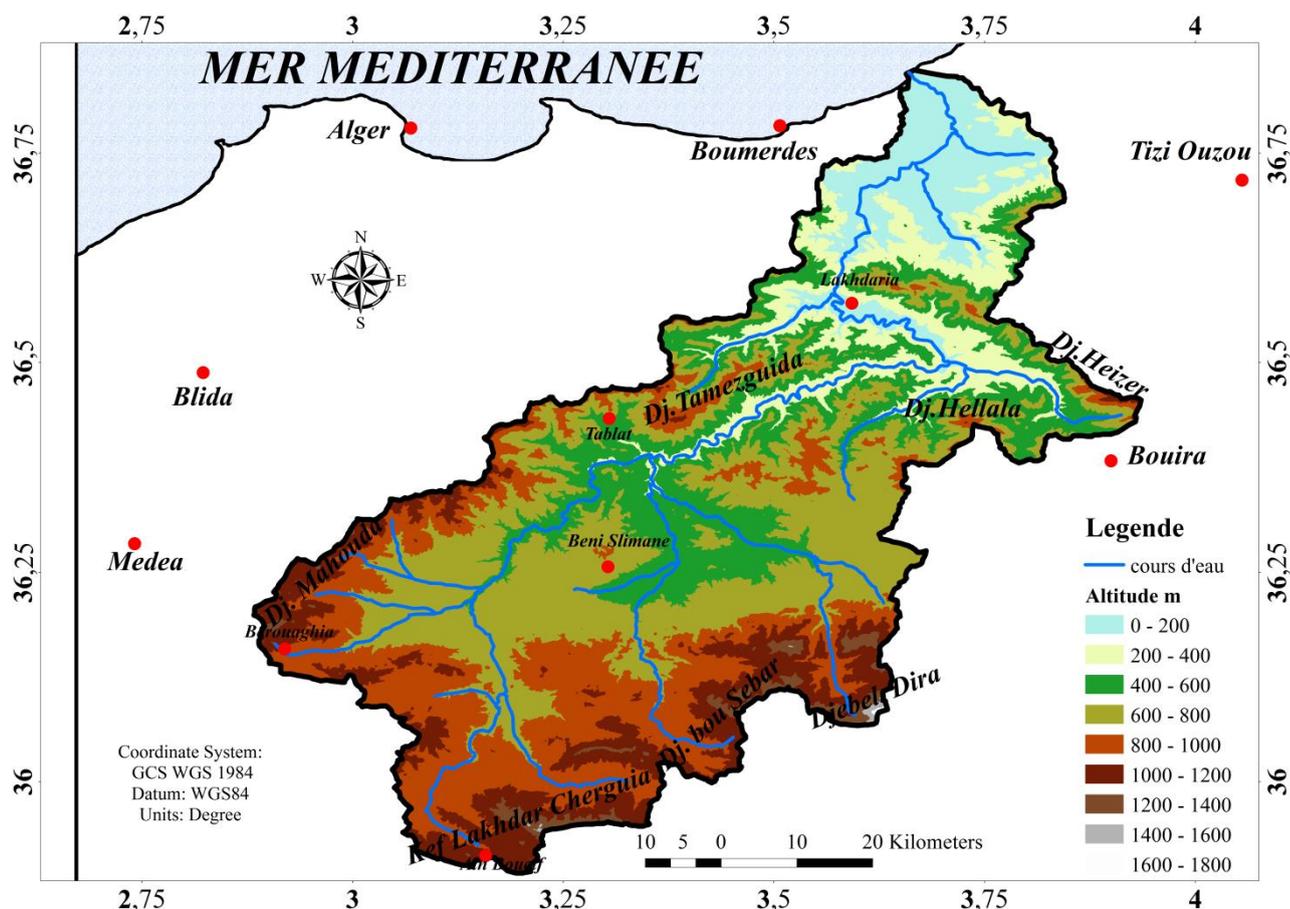


**Figure 2 :** Courbe hypsométrique du bassin de l'Isser

Le Haut Isser présente une superficie de 2558 km<sup>2</sup>, et une altitude maximale de 1810 m au niveau de Djebel Dira qui appartient à la chaîne des Bibans. La limite avale du sous bassin coïncide avec la station du Pont de La Traille avec une altitude de 360 m. Les lignes de crête du Haut Isser se situent entre 1301m au niveau de Djebel Mahouda, 1407 m au niveau de Kef Lakhdar Cherguia, et la côte 1810 m au Djebel Dira, point culminant du bassin. Plus de 50% de la surface du Haut Isser est comprise entre les altitudes 600 à 1000 m (fig. 3).

Au niveau du Moyen Isser, Le relief est plus au moins accentué, environ 64% de la superficie correspond à des altitudes qui varient entre 400 et 800m. Il se situe entre l'altitude 1130 m au Djebel Tamesguida et à 90 m à la station Lakhdaria (DEFFAF, A. 2022).

Au Bas Isser, plus de 50 % de la superficie est marquée par des altitudes inférieures à 200 m. Elles sont comprises entre 0 m à l'embouchure de la baie de Zemmouri à 1031 m sur la bordure du massif occidental de Djurdjura (fig.3).

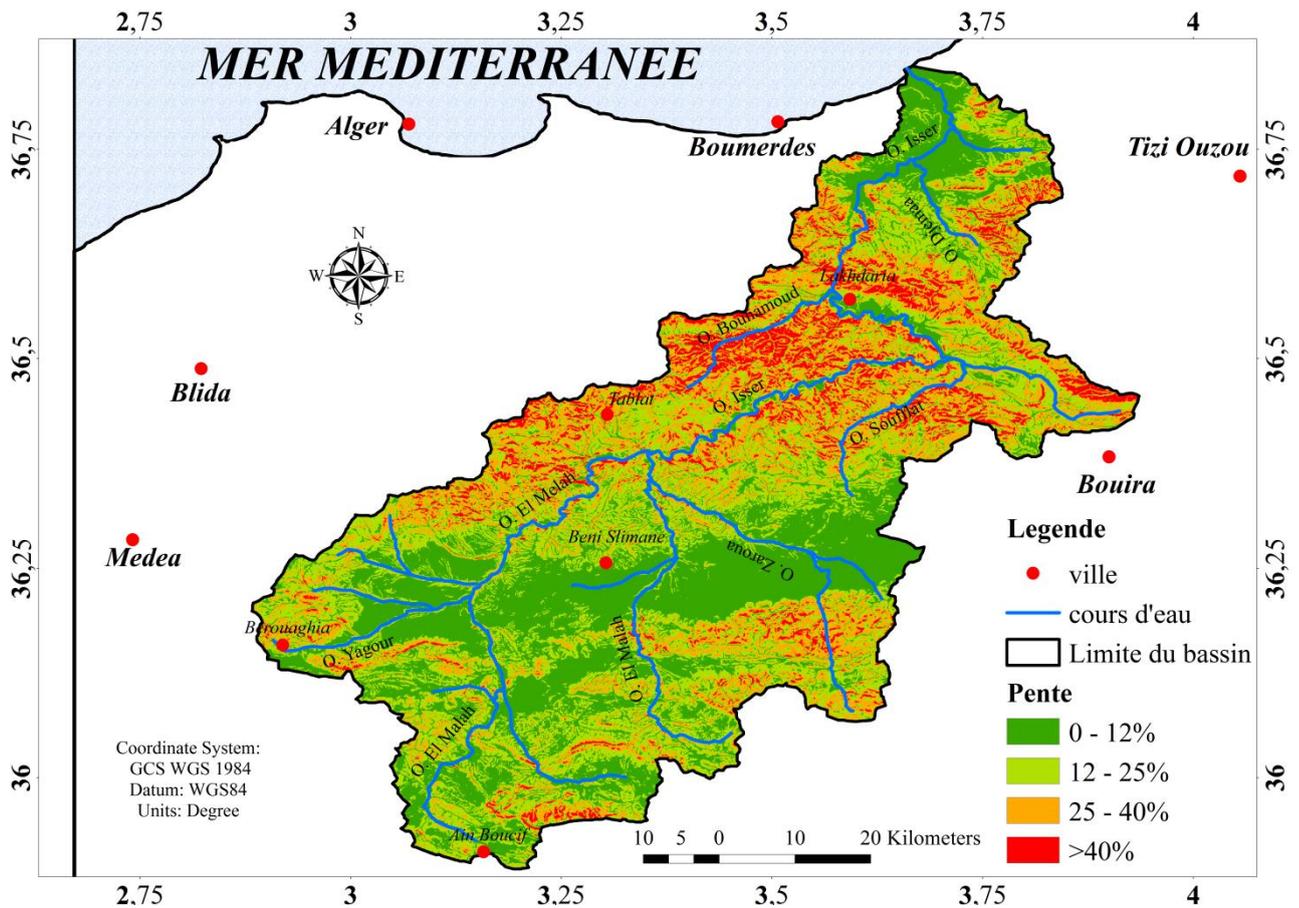


**Figure 3 :** Carte d'altitude du bassin versant de l'oued Isser (DEFFAF, A. + modification des étudiantes)

Concernant les pentes dans le bassin versant de l'oued Isser, le tableau 3 expose les diverses catégories de pentes. La classe de 12-25 % couvre 34,67 % de la surface totale du bassin, favorisant ainsi l'écoulement des eaux pluviale et par conséquent le transport de particules en suspension.

**Tableau 3:** Classification des pentes du bassin de l'Isser

Classe des pentes	Superficie Km <sup>2</sup>	Pourcentage %
0-12%	1460,16	35,19
12-25%	1438,57	34,67
25-40%	912,00	21,98
>40%	338,27	8,15
Totale	4149	100



**Figure 4** : Carte des pentes du bassin versant de l’oued Isser (DEFFAF, A. + modification des étudiantes)

### I.3. Réseau Hydrographique

Dans le Haut Isser, les eaux qui prennent leurs sources dans les montagnes de l’Atlas tellien se rejoignent pour former l’oued EL Malah, oued Zeroua et oued Yagour. Ses derniers vont eux même se rejoindre et prendre le nom d’oued Isser au niveau du Pont de La Traille (fig. 5).

Au niveau de Pont de la Traille, l’oued Isser draine environ 60% de son bassin et ne reçoit plus en aval que les oueds Soufflat, oued Bouhamoud et oued Djemaa.

Le franchissement de l’Atlas amène l’oued à changer plusieurs fois de direction avant d’atteindre les gorges de Lakhdaria qui vont lui permettre de rejoindre la plaine côtière au niveau de l’oued Isser. Il s’écoule dans une série de méandres dans la basse vallée avant de se jeter à la mer.

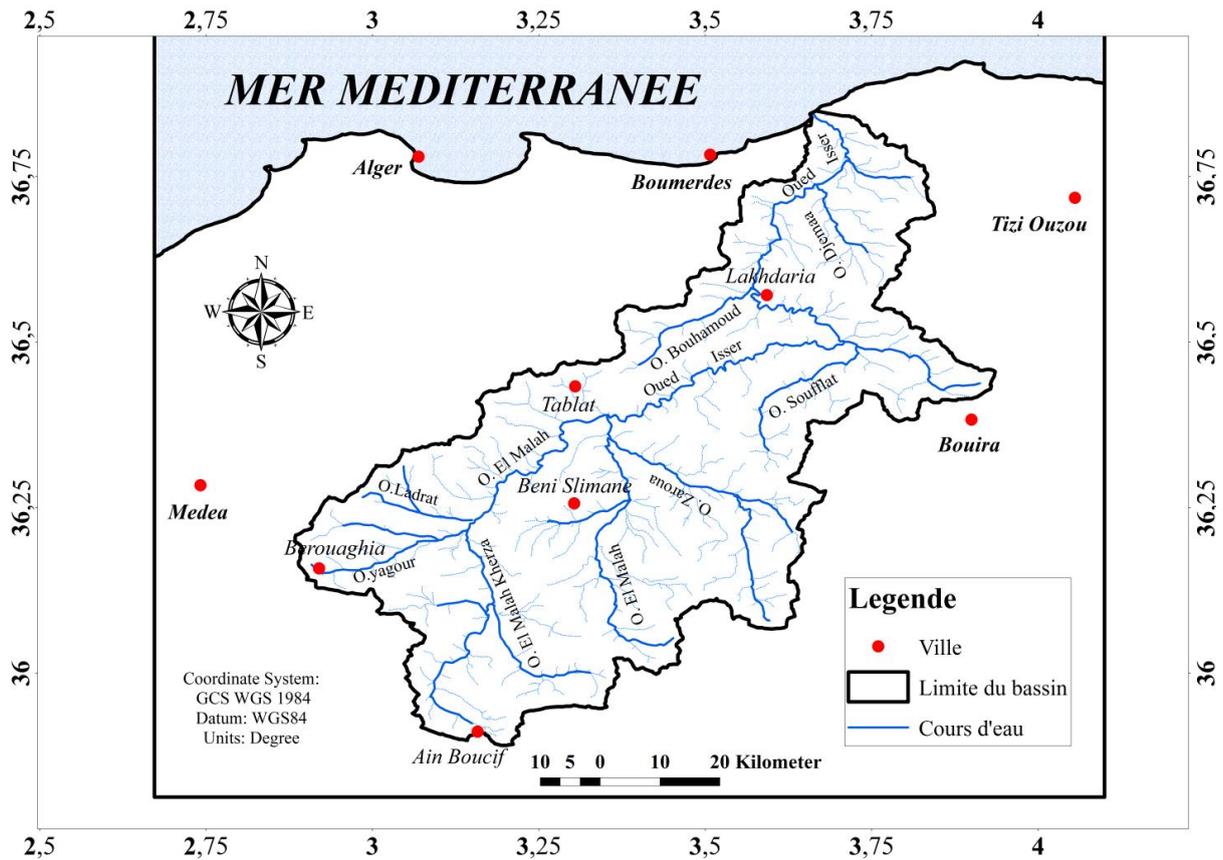


Figure 5 : Carte de réseau hydrographie du bassin versant de l’oued Isser (DEFFAF, A. + modification des étudiantes)

## II. Géologie du bassin de l’oued Isser

Du point de vue géologique, le bassin d’étude est constitué de plusieurs structures tectoniques, qui se répartissent du Nord au Sud comme suit :

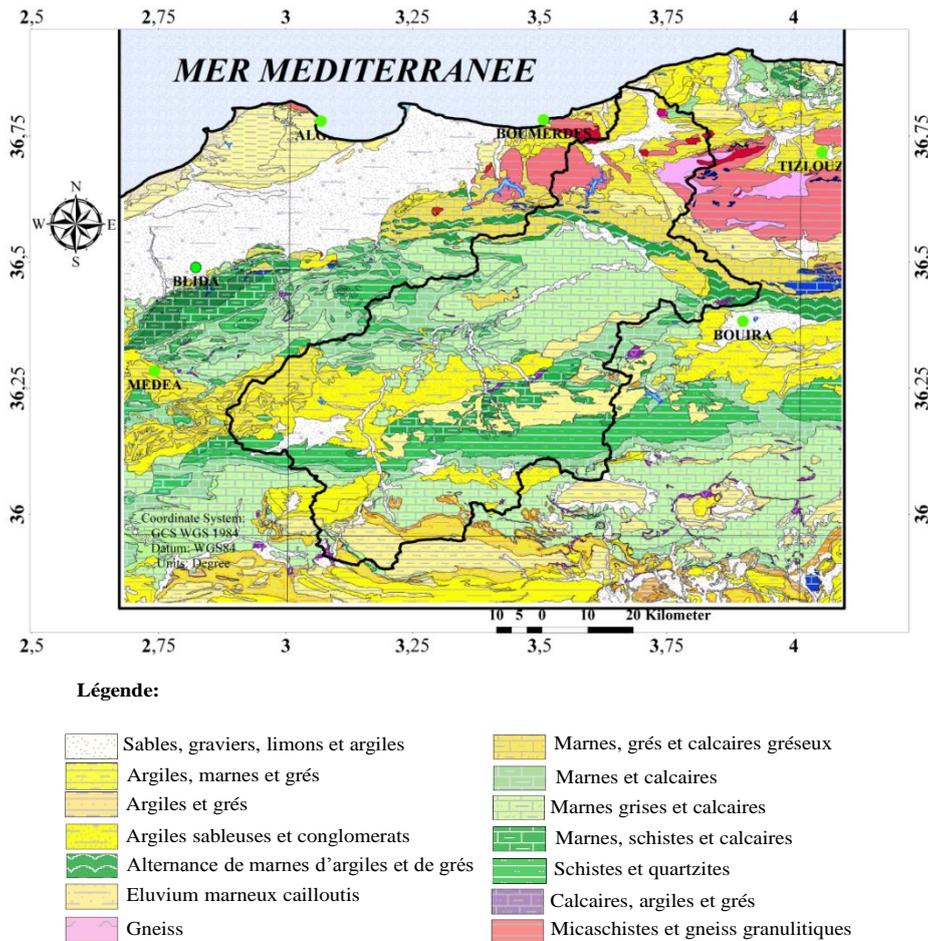
Au Nord, dans le massif Kabyle, les époinçements des roches du socle métamorphique sont recouverts par une nappe allochtone de flysch créacés et paléogènes (LAEFI et Remini, 2006).

Au Sud, apparaissent la chaîne calcaire et les nappes de flysch. La structure géologique du bassin d’étude est marquée par la présence de terrains métamorphiques précambriens, recoupés localement par des intrusions des roches basiques et acides, ainsi que par la présence de formations quaternaires. Les dépôts quaternaires sont représentés sous forme de terrasses alluviales et marines, correspondant à la fois aux lits mineurs de l’oued Isser. Les terrasses alluviales, sont liées dans leur formation et dans leur répartition géographique, aux différents déplacements latéraux de l’oued Isser (LAEFI et Remini, 2006).

## II.1. Lithologie du bassin

La lithologie joue un rôle important sur le ruissellement, l'infiltration, l'érosion et le transport solide. La description lithologique du bassin versant nous permet de connaître le degré d'érodibilité et de dégradation.

Le bassin versant de l'oued Isser est largement composé des roches tendres telles que les marnes et les argiles (figure 6). Du fait de leur fragilité, ces formations sont particulièrement sensibles à l'érosion, surtout en raison de la forte pente du terrain.



**Figure 6:** Carte lithologique du bassin versant de l'oued Isser (DEFFAF, A. 2022).

### III. Végétation du bassin versant

La caractéristique la plus apparente du Haut Isser est l'absence d'une couverture végétale arbustive dense, ce qui favorise le phénomène de l'érosion. Les collines marneuses du Haut Isser sont couvertes des cultures céréalières, maraîchères et fourragères. On y trouve aussi, mais en faible quantité de l'arboriculture fruitière (LAEFI et Remini, 2006).

Le Moyen Isser est dépourvu d'un couvert végétal forestier dense, seuls subsistent les forêts au sud du bassin, mais elles sont souvent dégradées. Les cultures annuelles occupent la quasi-totalité des terres agricoles. Les plaines, tout au long de l'oued Isser, sont couvertes de cultures maraîchères et d'arboriculture fruitière. Les collines sont occupées par la céréaliculture et l'arboriculture (LAEFI et Remini, 2006).

Le même problème de végétation arbustive se rencontre dans le Bas Isser. Les cultures annuelles dominant la majeure partie basse du bassin à savoir l'arboriculture fruitière, fourragère et aussi céréalicultures qui occupent les plaines.

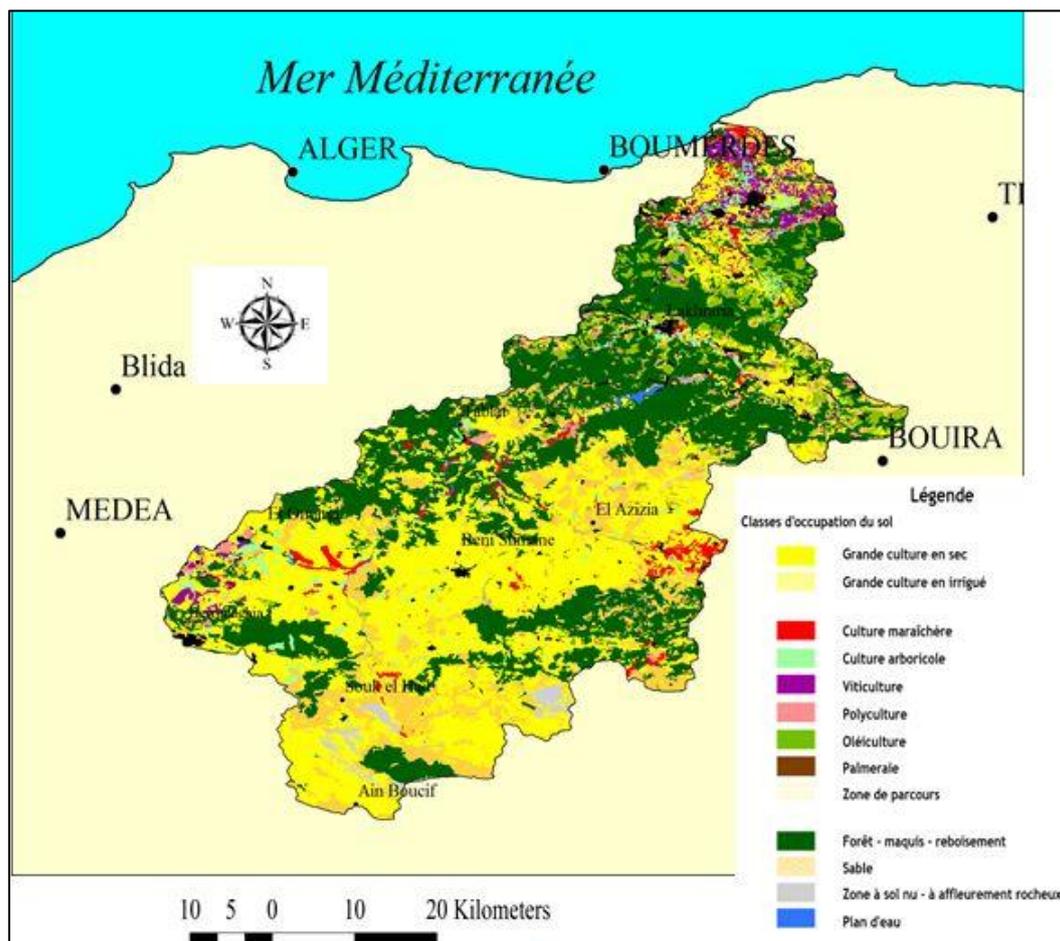


Figure 7: Carte d'occupation du sol du bassin de l'oued Isser (Source BNEDER, 2011)

## IV. Ressources en eaux

### IV.1. Barrages Opérationnels

- **Barrage Beni Amrane**

Le barrage de Beni Amrane, d'une capacité initiale de stockage de 16 Mm<sup>3</sup> est situé à l'aval de la station hydrométrique de Lakhdaria à 15 kilomètres à l'Est de la ville de Boumerdes dans la région Nord de l'Algérie. Il régularise les eaux de l'oued Isser. Le barrage a été construit et mis en service en 1988. C'est un barrage poids mixte, réalisé par l'Agence Nationale des Barrages et Transferts (ANBT). Le barrage a été surélevé en juillet 2003, portant la retenue normale à 67.00 m. augmentant de 7.1 Mm<sup>3</sup> supplémentaires la capacité de stockage.

- **Barrage Ladrat**

C'est un petit barrage dans le Haut Isser avec une capacité de stockage initiale de 10 hm<sup>3</sup> drainant un bassin versant d'une superficie de 73 Km<sup>2</sup>. Il se situe sur l'oued Ladrat à 20 kilomètres de la ville de Médéa et a été mis en eau en 1990. Cet ouvrage est destiné à l'irrigation avec un apport moyen annuel de l'ordre de 7.8 hm<sup>3</sup>.

- **Barrage de Koudiat Acerdoune**

Le barrage de Koudiat Acerdoune est un ouvrage hydraulique réalisé en béton compacté au rouleau et mis en eau en 2008. Il se situe dans la wilaya de Bouira sur l'oued Isser Moyen, à 14 km au Sud de la ville de Lakhdaria et à environ 80 km au Sud-Est d'Alger. De par sa position géographique, dans le cœur du Moyen Isser, cet ouvrage est considéré comme le plus grand barrage du Centre du pays. Il a permis de créer une retenue d'eau d'une superficie de 1800 hectares et d'une capacité de 640 hm<sup>3</sup> destinés à l'irrigation du périmètre de la Mitidja-Est et de la plaine du Moyen-Isser (108 millions de m<sup>3</sup> par an pour 19 000 Ha) ainsi qu'à l'alimentation en eau potable (AEP) d'une quinzaine d'agglomérations réparties à travers les territoires des wilayas de Bouira, M'sila, Médéa et Tizi Ouzou (70 millions de m<sup>3</sup> par an).

- **Barrage de Beni Slimane**

Le barrage est situé dans la wilaya de Médéa, à environ 7 km au sud de la ville de Beni Slimane. Il contrôle un bassin versant de 180 km<sup>2</sup>, et a pour objectif de stocker et régulariser les apports de l'oued Mellah dans la wilaya de Médéa. Le barrage forme une retenue d'une capacité de 28 hm<sup>3</sup>, à la côte de retenue normale 715, avec un volume régularisé de 6,7 hm<sup>3</sup>/an. Cet ouvrage est destiné à l'AEP et l'irrigation de la zone à l'aval (2000 Ha).



***Chapitre 2:***  
***Données et méthodes***

## I. Données pluviométriques

### I.1. Postes pluviométriques et choix de la période d'étude

Nous avons tout d'abord focalisé notre travail sur trois postes pluviométriques au niveau du bassin versant de l'oued Isser, fournies par les services de l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH, Alger). Le choix de ces stations s'est basé sur leur faible taux de lacunes par rapport aux autres. Elles sont réparties en trois zones distinctes : le Bas Isser, représentant le domaine tellien du Nord ; le Moyen Isser, correspondant au domaine Sud Tellien ; et enfin le Haut Isser, représentant le domaine des Hautes plaines. La figure (9) illustre la répartition spatiale des postes pluviométriques sélectionnées avec leurs codes.



**Figure 9** : Répartition spatiale des postes pluviométrique étudiés

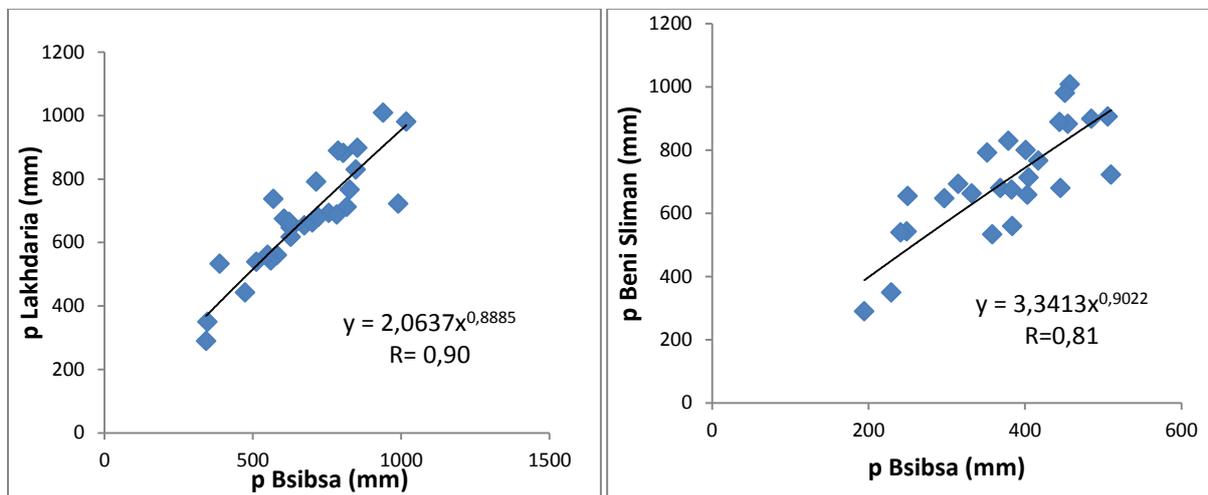
La période d'étude retenue inclut celle concernée par l'analyse du transport solide en suspension. Elle s'étale sur 40 ans de 1971/72 à 2010/11 (Tableau 5). Cette période permet d'aboutir à des résultats significatifs concernant la variabilité des précipitations.

**Tableau 5 :** Postes pluviométriques et pourcentage d'information pluviométrique disponible (période 1972/73-2010/2011)

Poste pluviométrie	Code	X	Y	Z	Période	% d'information
LakhdariaGorgue	09-05-02	579,3	370	50	1972/2011	87%
Bsibsa	09-04-19	570,25	354,5	820	1972/2011	92.30%
Beni Slimane	09-03-02	557,2	322,65	600	1972/2011	80%

### I.1. Comblement des lacunes

Nous avons comblé les lacunes des données pluviométriques par la méthode de régression. Cette méthode consiste à estimer les valeurs manquantes d'une station lacunaire à partir des observations d'une autre station de référence voisine. Cette méthode nécessite un coefficient de corrélation élevé pour être appliquée efficacement. Les résultats sont clairement présentés dans la figure (10).



**Figure 10:** Corrélation des pluies annuelles entre les stations pluviométriques étudiées

## II. Données hydrosédimentaires

### II.1. Technique de mesures des transports solides en suspension en Algérie

En Algérie, les données de mesure des transports solides en suspension sont disponibles à partir des années 1968-1970 grâce au réseau hydrométrique installé par L'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (A.N.R.H). Les mesures de turbidité s'intègrent aux techniques qui sont appliquée au niveau des stations hydrométriques. La mesure est basée sur une méthode opérationnelle qui consiste en l'application des instructions et consignes concernant la façon d'effectuer les prélèvements, leur fréquence ainsi que les analyses au laboratoire.

La méthode d'échantillonnage systématique du transport solide sur les cours d'eau algériens est l'échantillonnage uni ponctuel. Les débits liquides sont obtenus soit à partir de la courbe de tarage qui permet de transformer les hauteurs d'eau lues sur une échelle limnimétrique, soit à partir des hauteurs d'eau enregistrées par un limnigraphe à flotteur. Quant à la concentration, à chaque lecture de hauteur d'eau, on prélève un échantillon d'eau turbide sur la rive à la surface de l'oued au moyen d'un flacon de 50 cl. Les sédiments filtrés sur papier filtre (0.45µm) sont ensuite séchés à l'étuve pendant 30 minutes à une température de 105 °C. Ramenée à l'unité de volume 1 litre, cette charge est attribuée à la concentration en matières en suspension instantanées véhiculée par le cours d'eau en g.l<sup>-1</sup>. En période de crue, les prélèvements sont intensifiés jusqu'à des intervalles de temps d'une heure à la même 15 minutes en fonction de la vitesse de l'augmentation des débits liquides. Les mesures de débit liquide et de concentration sont effectuées avec une faible fréquence temporelle et sont également discontinues.

La technique de mesure a fait l'objet de critiques sévères de la part des chercheurs algériens. (Demmak, 1982), a montré que la principale difficulté est la non-uniformité des concentrations en sédiments dans la section de mesure et sa variabilité temporelle très importantes. Si on procède à un prélèvement en surface du cours d'eau, la teneur de l'échantillon sera nettement inférieure à la teneur de la verticale sauf si l'écoulement est très turbulent. Une bonne technique de mesure est l'utilisation d'une turbidisonde qui permettrait d'échantillonner l'oued en différents points selon les verticales de mesure et les différentes profondeurs.

### II.1.1. Calcul du débit solide en suspension

Le débit solide en suspension d'un cours d'eau est calculé comme le produit du débit liquide et de la concentration de sédiments en suspension mesurés, rapporté à une période de temps (secondes). Il est exprimé par l'équation suivante :

$$Q_s \text{ (kg.s}^{-1}\text{)} = Q_l \text{ (m}^3\text{.s}^{-1}\text{)} * C \text{ (g.l}^{-1}\text{)}$$

Un organigramme de la méthode de calcul d'un débit solide (Demmak, 1982) est donné à la figure (11).

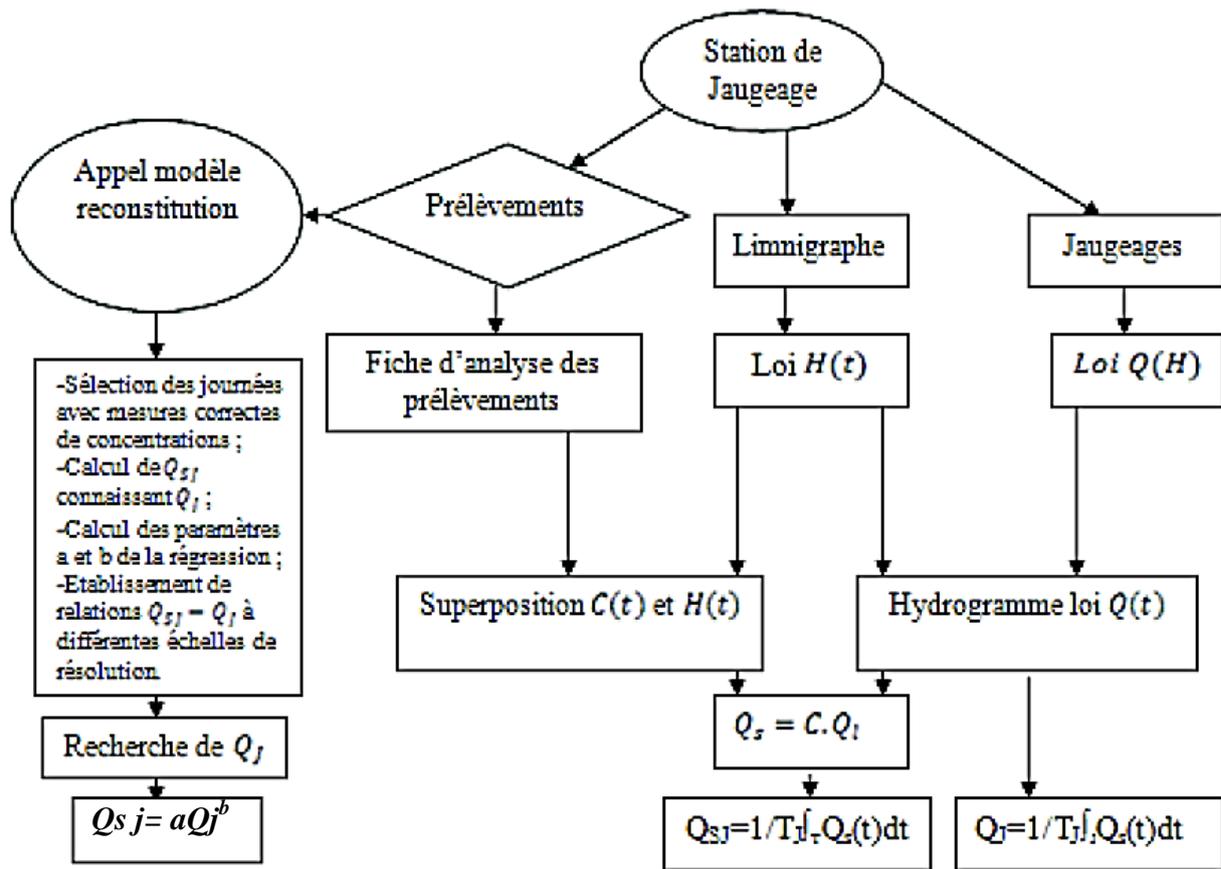


Figure 11 : Organigramme de calcul d'un débit solide moyen journalier (Demmak, 1982)

## II.2. Etude fréquentielle des données de débits liquides et de concentrations en MES

Les données hydrosédimentaires analysées dans le cadre de cette étude sont basées sur l'acquisition de données de mesure au sein de la station hydrométrique de Lakhdaria. Cette station située à l'amont du barrage de Beni Amrane, contrôle une superficie de 3615 km<sup>2</sup> soit 87% de la surface totale du bassin versant de l'oued Isser. Les caractéristiques de la station de Lakhdaria sont présentées dans le tableau (6).

Tableau 6 : Caractéristiques de la station hydrométrique de Lakhdaria et période de mesure

Oued	Station	Code	Surface (km <sup>2</sup> )	Période d'observation
Isser	Lakhdaria	09-05-01	3615	1971/72 à 2000/01

### II.2.1. Analyse des données de mesures

L'étude repose sur l'analyse des données relatives aux concentrations de sédiments en suspension  $C$  (g.l<sup>-1</sup>), aux débits liquides  $Q_l$  (m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>) et aux débits solides  $Q_s$  (kg.s<sup>-1</sup>) à une échelle instantanée. Ces données sont recueillies à la station hydrométrique de Lakhdaria sur

une période s'étalant de 1971-1972 à 2000-2001, totalisant 8251 couples des débit-concentration.

Au cours de cette période, le débit liquide maximal atteint  $1432 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , tandis que le débit liquide minimal est estimé à  $0,005 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , avec une moyenne de  $59,14 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Le coefficient de variation est de 192. En ce qui concerne les débits solides, le débit maximal est de  $126485 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ , le débit minimal est de  $0,001 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ , avec une moyenne de  $1589,84 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ . Quant aux concentrations en MES maximale et minimale, elles sont respectivement de  $234,29 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$  et  $0,008 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ , avec une moyenne de  $17,01 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ . Le coefficient de variation est de 197. Le tableau 7 résume les différents paramètres statistiques des données de mesure.

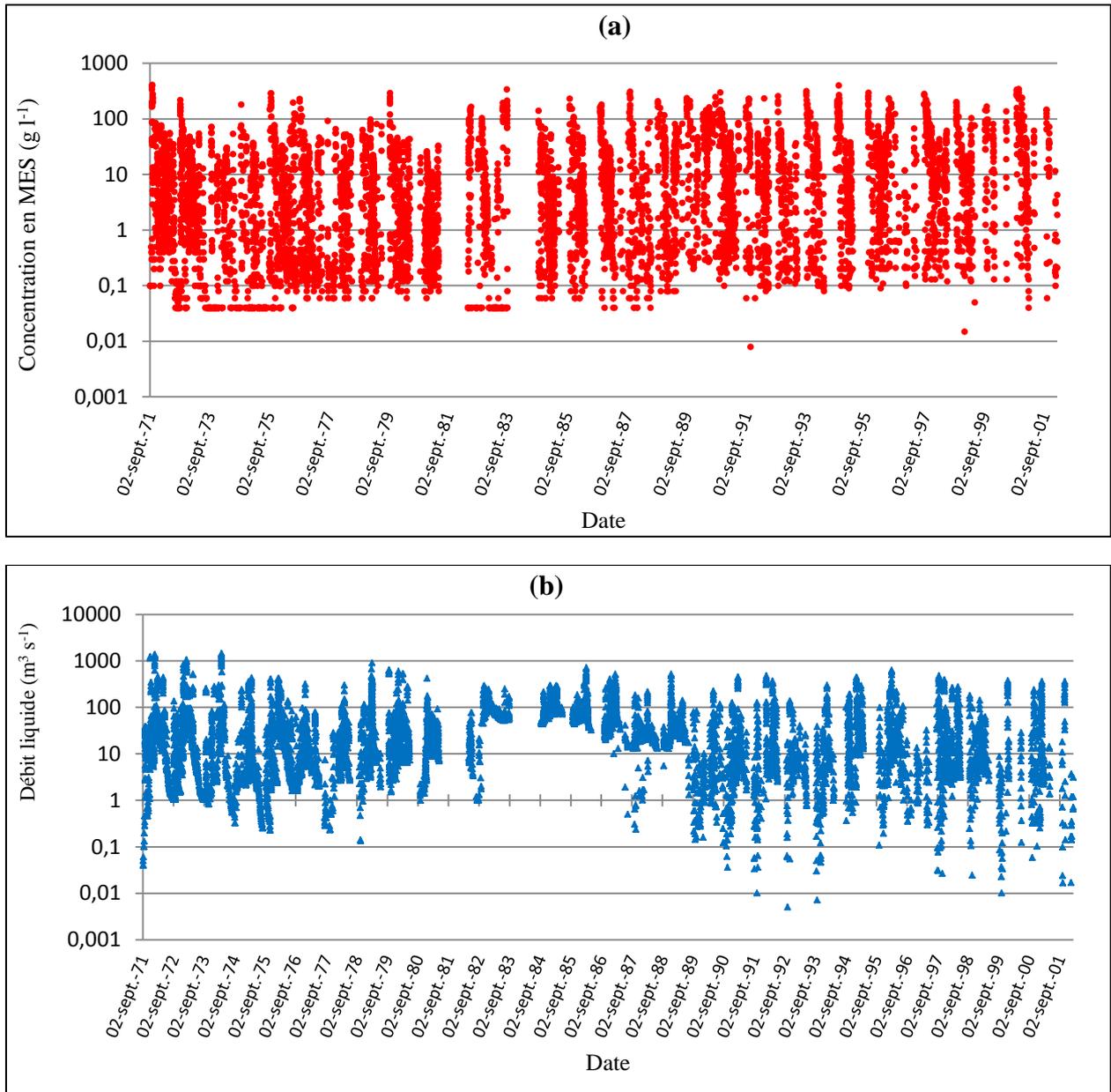
**Tableau 7** : Paramètres statistiques de la concentration C et de débit liquide QL et de débit solide Qs

Paramètre Statistique	Débit liquide $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	Débit solide $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$	Concentration $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$
N d'observation	8251	8251	8251
Moyenne	59.14	1589.84	17.07
Maximum	1432	126485	234.29
Minimum	0.005	0.001	0.008
Cv %	191	8	197

### II.2.2. Chronologie des concentrations en MES et de débits

La figure (12) présente la Chronologie des débits et des concentrations mesurées à la station de Lakhdaria durant la période d'étude (1971/2002) dans le bassin versant de l'oued Isser. En effet, Les données de concentrations des matières en suspension instantanées varient dans une gamme très large sur le bassin de l'oued Isser. Les valeurs mesurées à la station hydrométrique peuvent être très fortes. Les mesures de concentration de MES varient de  $0,008 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$  jusqu'à la valeur la plus forte  $410 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$  mesurée le 27 septembre 1971 à 13 heures pour un débit de  $12,76 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (h=68 cm).

Les erreurs de mesure qui ont été détectés dans cette station sont plus apparentes. Dans les données fournies par l'A.N.R.H. Nous avons trouvé une concentration de  $1340 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$  à 8 heures le 28 novembre 1998 pour un débit de  $11,21 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Le 30 novembre 1998 à 11 heures on a trouvé une concentration de  $1988 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$  pour un débit de  $28,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , et à 17 heures du 24 novembre 2000 on a trouvé une concentration de  $1659 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$  pour un débit de  $1,98 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Ces valeurs n'ont pas été utilisées.



**Figure 12 :** Chronologie des débits et des concentrations mesurées à la station de Lakhdaria durant la période d'étude (1971/2002) : (a) concentration en MES et valeurs des concentrations ; et (b) débits liquides et valeurs des débits

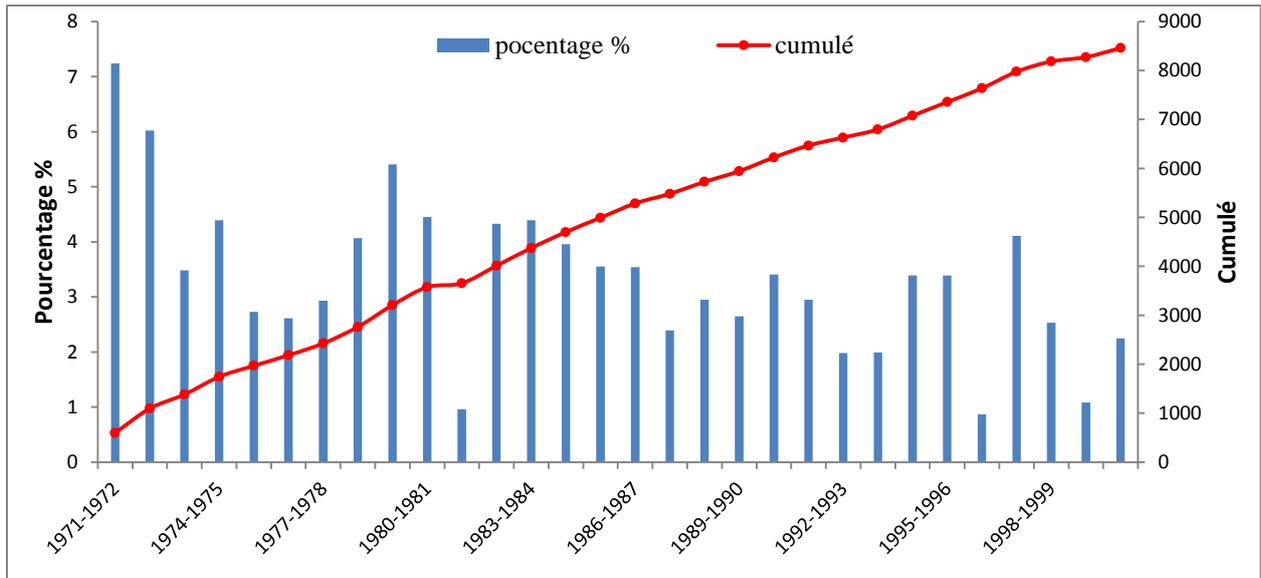
Le tableau 8 présente la fréquence d'échantillonnage de concentration de MES à l'échelle annuelle dans le bassin versant de l'oued Isser au niveau de la station de Lakhdaria. D'une année à l'autre, les séries des données sont irrégulières et sont également discontinuées, elles présentent parfois des lacunes d'observations. L'année avec le plus grand nombre d'échantillons de mesures est 1971/1972 ( $n=572$ ) soit 7.24% de la fréquence d'échantillonnage totale. Ces données permettent une étude détaillée sur les transports solides en suspension dans le bassin versant de l'oued Isser.

**Tableau 8:** Fréquence d'échantillonnage annuelle observée à la station hydrométrique de Lakhdaria (Période 1971/2001)

Années	N	pourcentage %	C max	C moy	Date de C Max	Qlcorr à C max
1971-1972	597	7,24	410	16,59	27-sept-71	12,76
1972-1973	497	6,02	217,7	13,07	06-sept-72	134,7
1973-1974	287	3,48	72,2	7,16	25-sept-73	207,2
1974-1975	362	4,39	182,5	5,51	22-sept-74	0,89
1975-1976	225	2,73	289,2	19,62	24-sept-75	29,35
1976-1977	215	2,61	91,95	6,31	17-août-77	7,3
1977-1978	242	2,93	66,04	8,34	24-nov-77	27,54
1978-1979	336	4,07	98,28	11,38	23-janv-79	59,8
1979-1980	446	5,41	293,3	12,08	20-sept-79	557
1980-1981	367	4,45	50,91	4,11	18-déc-80	258,4
1981-1982	80	0,96	166,1	31,36	10-juin-82	13,4
1982-1983	357	4,33	341,7	15,86	23-août-83	169
1983-1984	362	4,39	160,8	4,02	18-nov-83	172
1984-1985	327	3,96	141,2	8,49	13-sept-84	50,5
1985-1986	293	3,55	232,3	13,08	30-sept-85	83,33
1986-1987	292	3,54	182,2	22,77	26-oct-86	261
1987-1988	197	2,39	311,9	21,61	11-oct-87	135
1988-1989	243	2,95	208,6	22,22	16-sept-88	37,2
1989-1990	219	2,65	248,2	54,60	23-août-90	3,7
1990-1991	281	3,41	300,9	21,08	19-oct-90	22,25
1991-1992	243	2,95	233,4	25,42	11-avr-92	67,48
1992-1993	163	1,98	257,5	15,55	26-sept-92	7,58
1993-1994	165	1,99	319,4	30,36	11-sept-93	7,07
1994-1995	280	3,39	400,3	43,71	12-oct-94	24,35
1995-1996	280	3,39	295,9	30,52	07-oct-95	18,36
1996-1997	72	0,87	282,1	23,26	26-août-97	41,55
1997-1998	339	4,11	223,1	32,48	16-sept-97	45,6
1998-1999	209	2,53	201,3	21,59	22-sept-98	18,436
1999-2000	89	1,08	167,9	33,93	30-sept-99	0,87
2000-2001	186	2,25	344,6	47,66	26-oct-00	217,35
N	8251	100	6791	623,74		2690,96
Moyenne	275	3,33	226,4	20,79		89,69
Max	597	7,24	410	54,60		557
MIN	72	0,87	50,91	4,02		0,87

N= taille de l'échantillon. **Qlcorr à C<sub>max</sub>** : débit liquide correspond à la concentration maximale

La variation du nombre de mesures du transport solide en suspension à l'échelle annuelle est bien illustrée dans la figure (13).



**Figure 13:** Fréquence annuelle et cumulé des observations de la concentration durant la période d'étude

A l'échelle mensuelle et saisonnière, la fréquence d'échantillonnage de la concentration des sédiments en suspension se distingue bien au cours des mois pluvieux. Le mois qui engendre le plus grand nombre de mesures de concentration en MES est le mois de Janvier, avec un nombre de mesures N= 1181, soit 14.31 % de la fréquence d'échantillonnage totale. Le plus petite nombre de mesures se situe au mois d'août N= 133. Tableau (9) et figure (14).

**Tableau 9:** Fréquence d'échantillonnage mensuelle et saisonnière observée à la station hydrométrique de Lakhdaria (Période 1971/2001)

	Mois	C max	C moy	N d'observation	Total
Automne	Sep	410	64,57	353	1985
	Oct	400,31	50,82	728	
	Nov	160,77	16,83	704	
Hiver	Déc	242,33	12,21	1035	3292
	Jan	98,28	8,452	1181	
	Fév	73,92	7,421	1076	
Printemps	Mars	123,44	7,101	1003	2305
	Avr	233,4	8,371	628	
	Mai	144,61	16,39	674	
Eté	Juin	234,29	21,15	296	580
	Juill	194,51	23,35	151	
	Aout	341,7	34,06	133	

Ces données représentent une information essentielle pour une meilleure compréhension des mécanismes contribuant au comportement hydrosédimentaire du bassin versant de l'oued Isser.

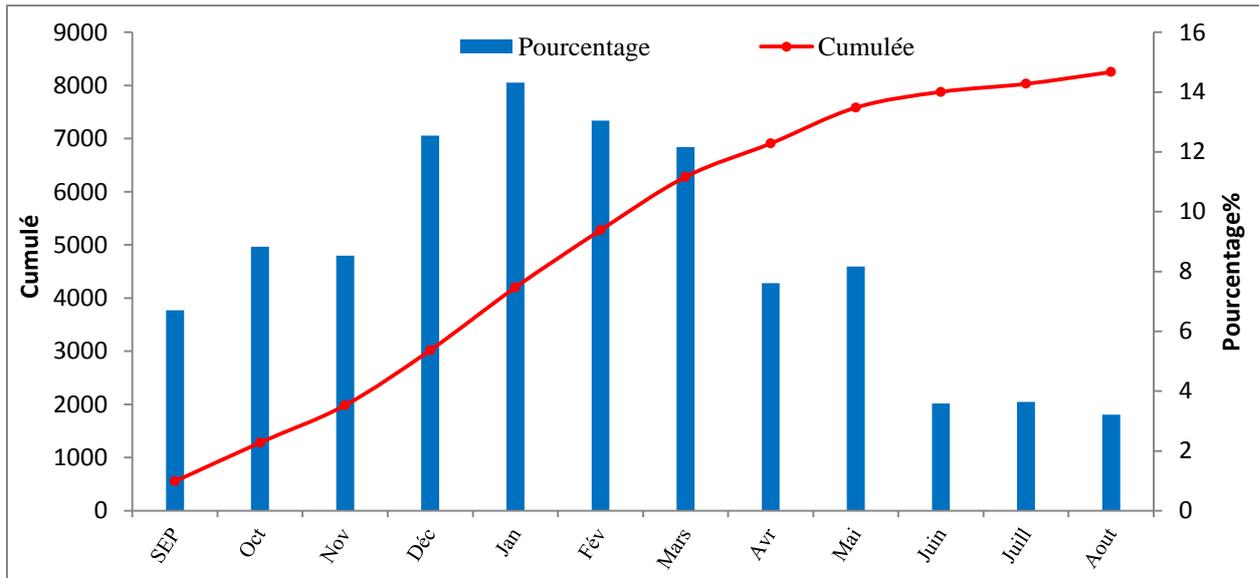


Figure 14 : Fréquence des observations de la concentration durant la période d'étude

### II.2.3. Ordres de grandeur des variables mesurées

Au cours de la période d'étude, les séries des données de concentrations de sédiments en suspension mesurées à la station hydrométrique de Lakhdaria sont étalées sur neuf ordres de grandeur, comme illustré dans le Tableau (9). Nous avons choisi ces ordres de grandeur pour montrer le nombre d'observations de chaque gamme.

La gamme des concentrations comprises entre 0.1 à 1 g.l<sup>-1</sup> présente le plus grand nombre d'observations, alors que la gamme supérieure à 200 g.l<sup>-1</sup> présente le plus petit nombre d'observations. 1962 valeurs sont supérieures à la valeur moyenne (18.67 g.l<sup>-1</sup>) soit 23.77% de la fréquence d'échantillonnage totale. 378 valeurs sont supérieures à 100 g.l<sup>-1</sup> soit 4.58% de la fréquence d'échantillonnage totale.

Tableau 10 : N. d'observation selon l'ordre de grandeur de la concentration des sédiments en suspension au niveau de la station de Lakhdaria

Ordre de grandeur de C en g.l <sup>-1</sup>	N. d'observation	Pourcentage%	Cumulé
0 - 1	2757	33,41	2757
1 - 2	739	8,96	3496
2 - 5	1108	13,43	4604
5 - 10	868	10,52	5472
10 - 18,67 (moy)	817	9,90	6289
18,67 - 50	1152	13,96	7441
50 - 100	432	5,24	7873
100 - 200	292	3,54	8165
>200	86	1,04	8251

### III. Méthodologie

L'approche méthodologique adoptée dans ce travail consiste à rechercher un modèle régressif pouvant expliquer le débit solide par le débit liquide (relation en puissance de forme:  $Q_s = a Q_l^b$ ), en étudiant cette relation à l'échelle de la totalité des données de mesures « régression unique : rating curve). Cette relation nous permet de calculer les différentes expressions du transport solide en suspension notamment les flux solides en suspension et les dégradations spécifiques.

Le débit solide en suspension instantané est le produit de la concentration en MES par le débit liquide mesuré ; il est calculé par la relation suivante :  $Q_s = C \cdot Q_l$

La courbe hydrosédimentaire (rating curve) entre le débit liquide et le débit solide (relation de forme:  $Q_s = a Q_l^b$ ) permet de générer une série de débits solides moyens journaliers pour la période 1986/87-2006/07.

L'estimation des flux solides en suspension transportée par le bassin versant de l'oued Isser se fait selon l'équation suivante:  $AS = \sum_{i=1}^N (\Delta t) \cdot (Q_s) \cdot 10^{-3}$

Les dégradations spécifiques sont évaluées par le rapport des apports solides à la surface du bassin. Elles sont calculé par:  $D_s = \frac{AS}{S}$

Où C, est la concentration de sédiments en MES en  $g.l^{-1}$ .  $Q_l$  est le débit liquide en  $m^3.s^{-1}$ .  $Q_s$  est le débit solide en suspension en  $kg.s^{-1}$ . AS est l'apport solide en suspension en tonne.  $\Delta t$  est le pas de temps entre  $t_1$  et  $t_2$ .  $D_s$  est la dégradation spécifique en  $T.km^{-2}.an^{-1}$ . S est la surface du bassin en  $km^2$ .

***Chapitre 3:***  
***Résultats et discussion***

I. Variabilité temporelle des pluies

I.1. Variabilité interannuelle des pluies

Les figures ci-dessous mettent en évidence une irrégularité dans les précipitations d'une année à l'autre. Les années 1971/72, 1975/76, 2002/03 et 2010/11 ont enregistré les précipitations les plus abondantes, tandis que les années 1996/97, 2000/01, ont été caractérisées par des précipitations très faibles pour toutes les stations.

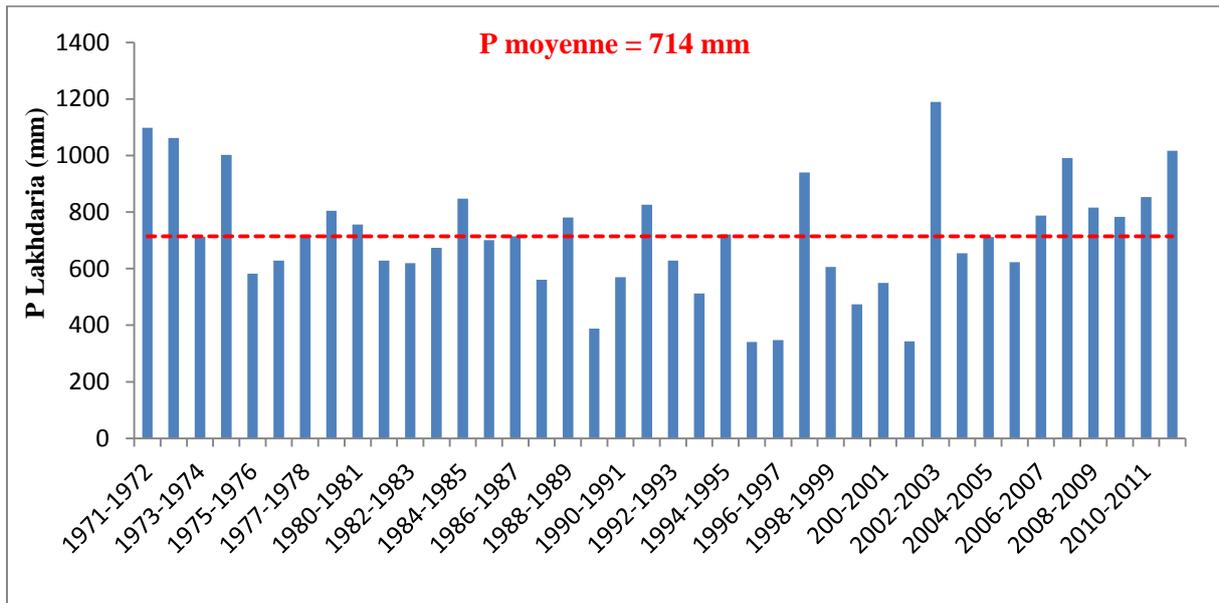


Figure 15: Variabilité des précipitations annuelles à la station de Lakhdoria

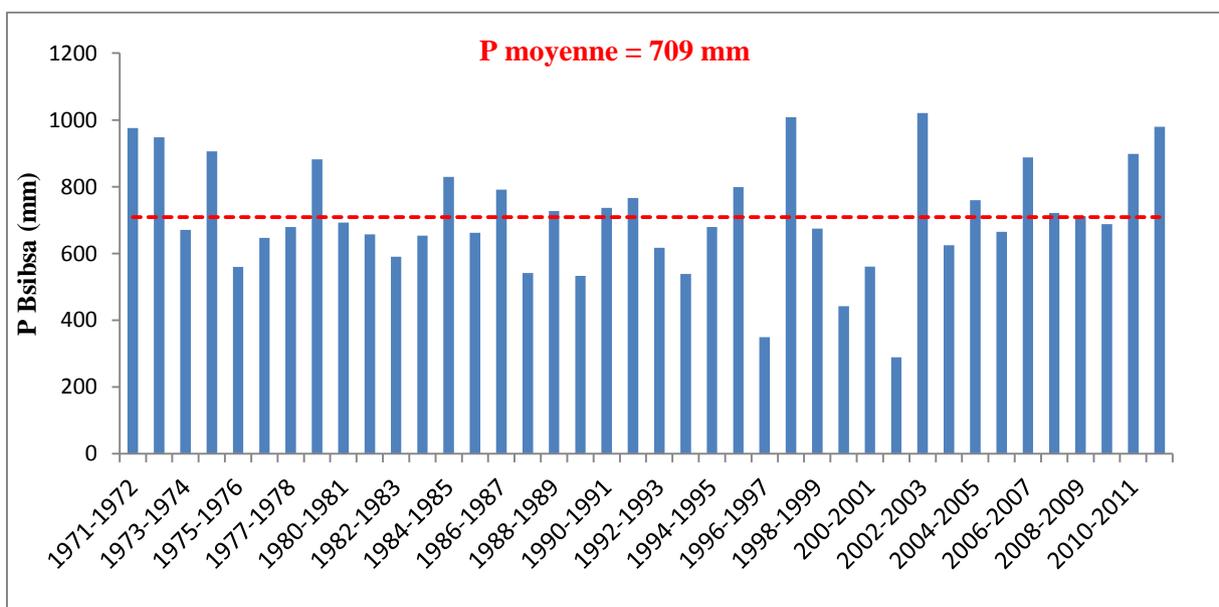
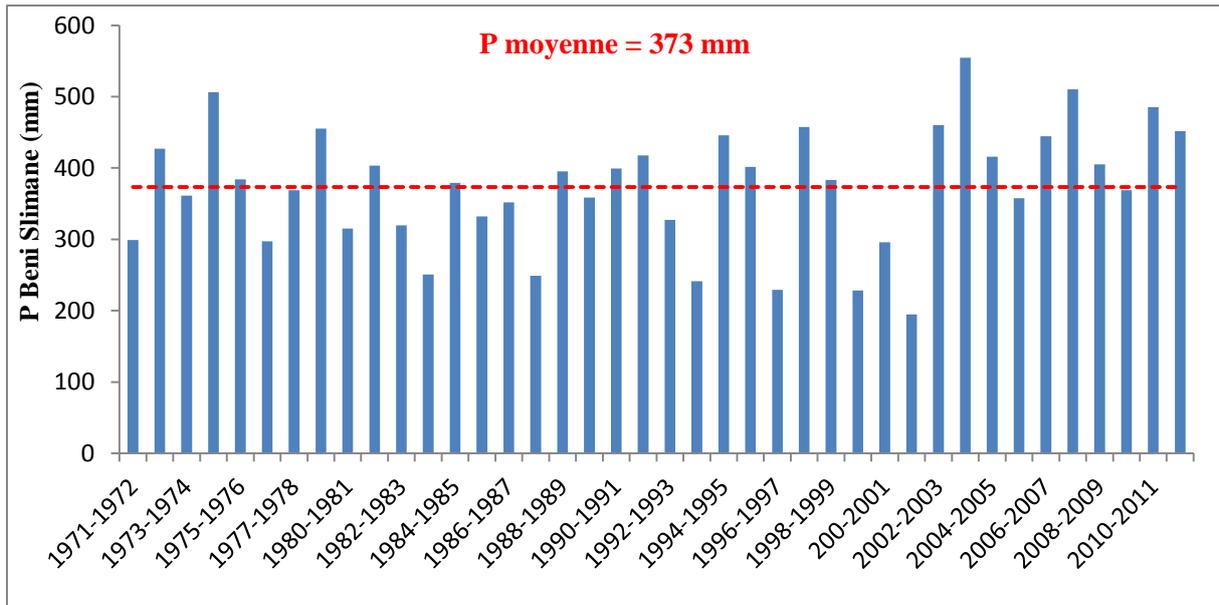


Figure 16: Variabilité des précipitations annuelles à la station de Bsibsa



**Figure 17:** Variabilité des précipitations annuelles à la station de Beni Slimane

Les précipitations moyennes annuelles présentent une irrégularité temporelle bien marquée, ceci met en évidence par les valeurs de coefficient de variation (tableau10). A cette irrégularité temporelle s'ajoute une variabilité spatiale bien distincte. Les valeurs moyennes annuelles présentent une décroissance bien marquée de la pluviométrie dans le sens latitudinal. Ces valeurs sont comprises entre 373 mm dans la partie du Haut Isser à la station de Beni Slimane et 714 mm en domaine tellien à la station de Lakhdaria (tableau11). Il est intéressant de noter que cette baisse pluviométrique est attribuée à l'influence de la continentalité.

**Tableau 11:** Paramètres statistiques des pluies annuelles

	Code	moyenne	max	min	Ecarttype	cv	cv %
Lakhdaria	09-05-02	714,05	1189,2	340,4	205,23	0,28	28,13
Bsibsa	09-04-19	709,04	1021,1	288,9	169,42	0,23	23,70
Beni Slimane	09-03-02	373,17	554,6	194,7	84,82	0,22	22,15

### I.2. Variabilité mensuelle des pluies

L'analyse des précipitations mensuelles et saisonnières joue un rôle crucial dans la compréhension du régime d'écoulement des cours d'eau et du comportement saisonnier des oueds. Le tableau 12 résume les résultats trouvés.

**Tableau 12:** Caractéristiques des pluies mensuelles de postes pluviométriques étudiées durant la période 1971/72-2010/11

		sept	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout
<b>Lakhdaria</b>	Moy	31,58	57,05	93,63	112,35	92,33	97,73	83,64	73,75	50,15	11,2	3,68	6,96
	Max	135,3	303,6	271,7	315,6	243,4	311,5	328,3	205,8	185,5	52,2	48,6	45,1
	Min	0	0	13	7,1	0	0	0	3,8	0	0	0	0
	$\sigma$	31,71	51,98	56,97	74,93	62,34	76,22	72,64	49,87	44,65	14,60	9,52	11,66
	cv%	100,4	91,5	60,8	66,6	68,2	78	87,7	68,5	90,8	130,3	258	167,4
<b>Bsibsa</b>	Moy	38,55	50,4	86,57	107,53	93,73	104,17	85,15	73,2	46,11	10,39	4,05	9,19
	Max	163,7	130,3	210	303,8	290,4	303,6	352,9	189	172,2	70,3	39,2	43,5
	Min	0	1,1	15,8	15,8	4	0	2,2	3,3	0	0	0	0
	$\sigma$	37,22	33,24	48,18	72,58	65,57	74,91	74,39	49,8	39,71	14,46	7,67	12,2
	cv%	96,54	65,28	55,65	67,49	69,95	71,915	86,35	67,1	81,81	139,1	189,3	132,7
<b>Beni Slimane</b>	Moy	28,97	32,44	41,71	41,49	45,78	46,89	42,55	36,28	33,79	9,67	6,13	7,84
	Max	141,1	99,3	97,2	103	138	104,5	154,2	84,6	144,2	51,2	54	45,4
	Min	0	0	2,1	4,5	0	0	0	0,6	0	0	0	0
	$\sigma$	30,08	26,95	24,69	26,22	32,79	27,84	35,84	24,91	34,53	12	12,4	11,7
	cv%	100,4	80,59	57,79	61,71	71,61	59,37	82,29	63,41	91,38	124	203	149

Les résultats du tableau 12 traduisent bien une très forte irrégularité de la variation pluviométrique inter mensuelle, ceci est mis en évidence à partir des valeurs élevées du coefficient de variation mensuel. Les plus fortes valeurs de C.V. ont été enregistrées pendant les mois d'été avec un C.V, qui atteint 258% en juillet, au niveau du poste pluviométrique de Lakhdaria. Cela est attribué à la période de sécheresse marquée des mois secs associés à l'apparition de quelques orages violents.

La représentation graphique des figures 18, 19 et 20 montre deux périodes pluviométriques bien distinctes .Une période sèche qui correspond à la saison d'été (juin, juillet, août), caractérisée par un déficit pluviométrique bien marqué où les précipitations ne dépassent pas les 10 mm en moyenne. La seconde, est une période humide qui correspond au reste de l'année. Cette dernière est aussi marquée par une succession de mois humides et de mois relativement secs .D'autre part, le mois le plus pluvieux se situe en hiver pour les 3 postes pluviométriques.

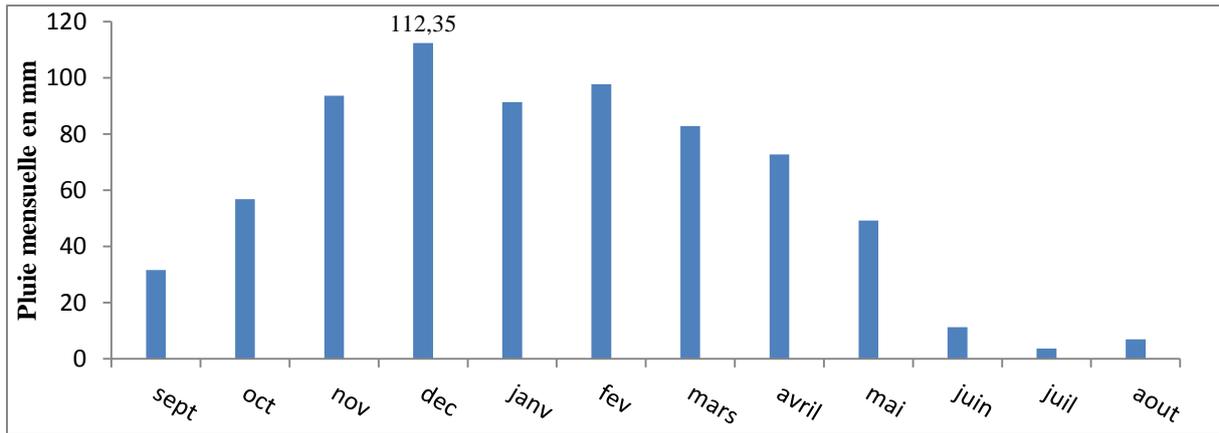


Figure 18 : Variations mensuelles des précipitations à la station de Lakhdaria

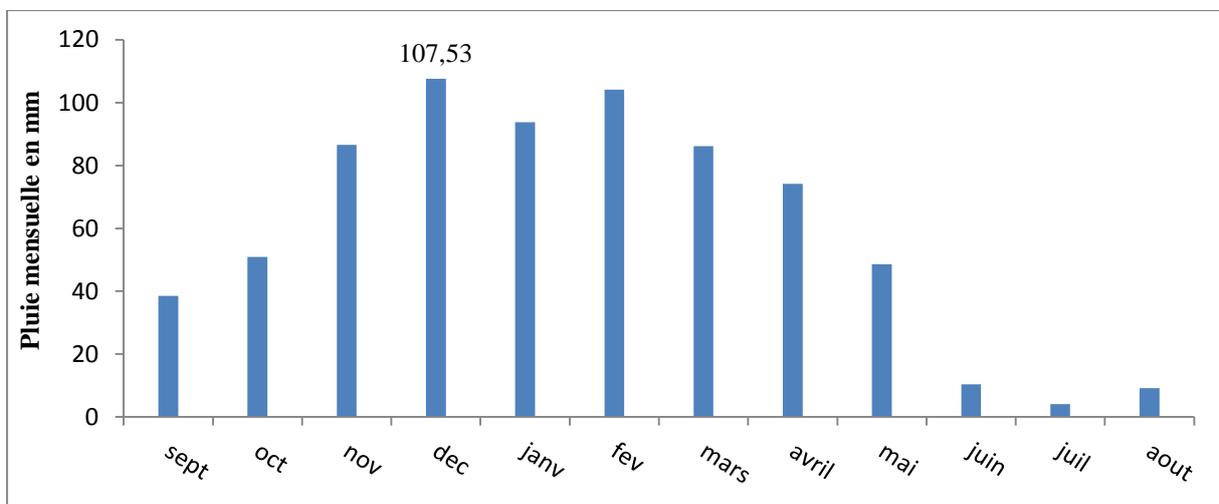


Figure 19 : Variations mensuelles des précipitations à la station de Bsibsba

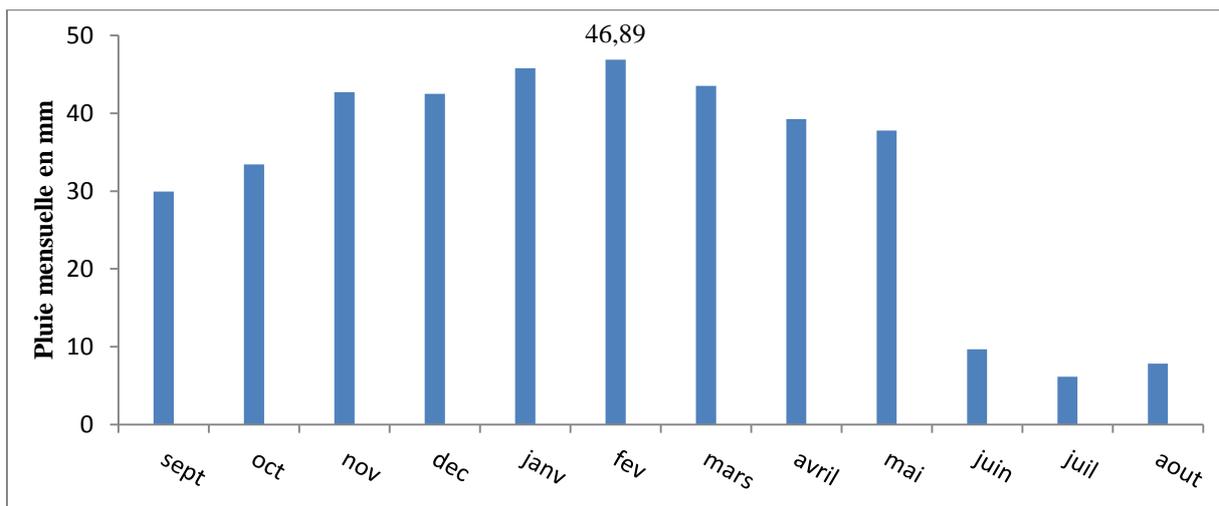


Figure 20 : Les variations mensuelles des précipitations à la station de Beni Slimane

## II. Ajustements des pluies moyennes annuelles

L'analyse statistique des précipitations annuelles a permis d'ajuster les séries d'observations des stations pluviométriques du bassin versant de l'Oued Isser. Les résultats d'ajustement montrent que les précipitations annuelles de toutes les stations s'ajustent bien à la loi Log-Normale (loi de Galton). Les figures 21, 22 et 23 illustrent graphiquement cet ajustement pour les différentes stations étudiées.

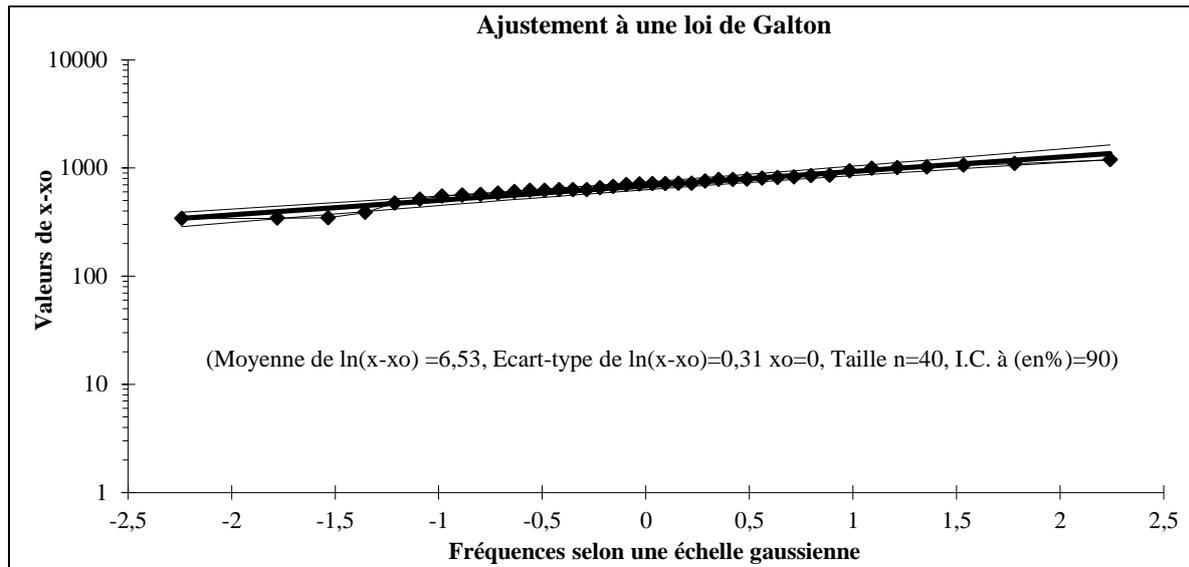


Figure 21 : Ajustements graphique des précipitations annuelles à la station de Lakhdaria

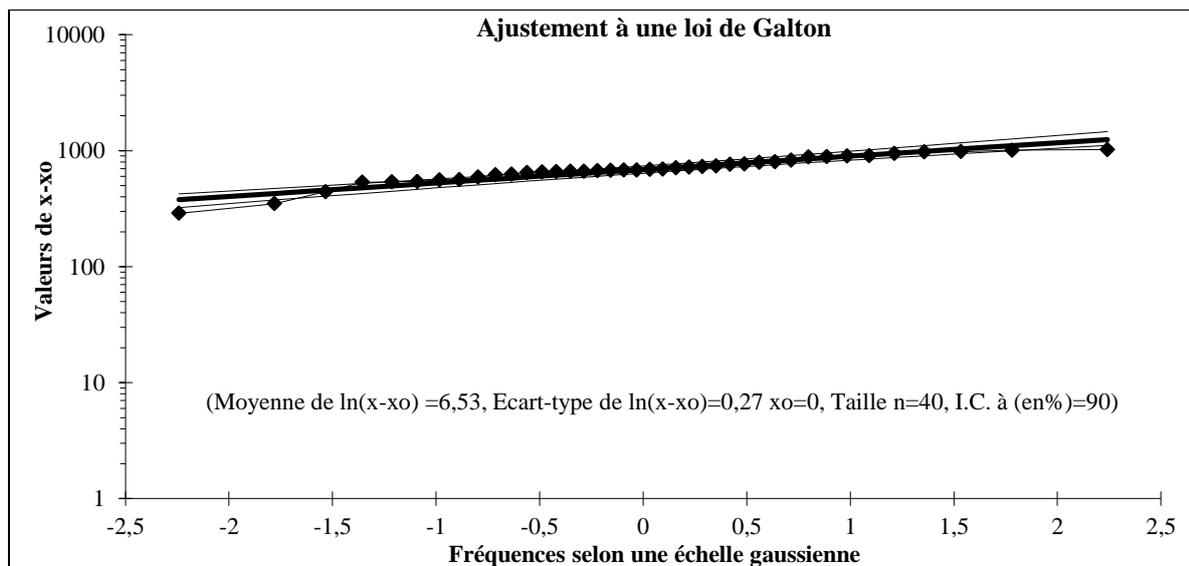
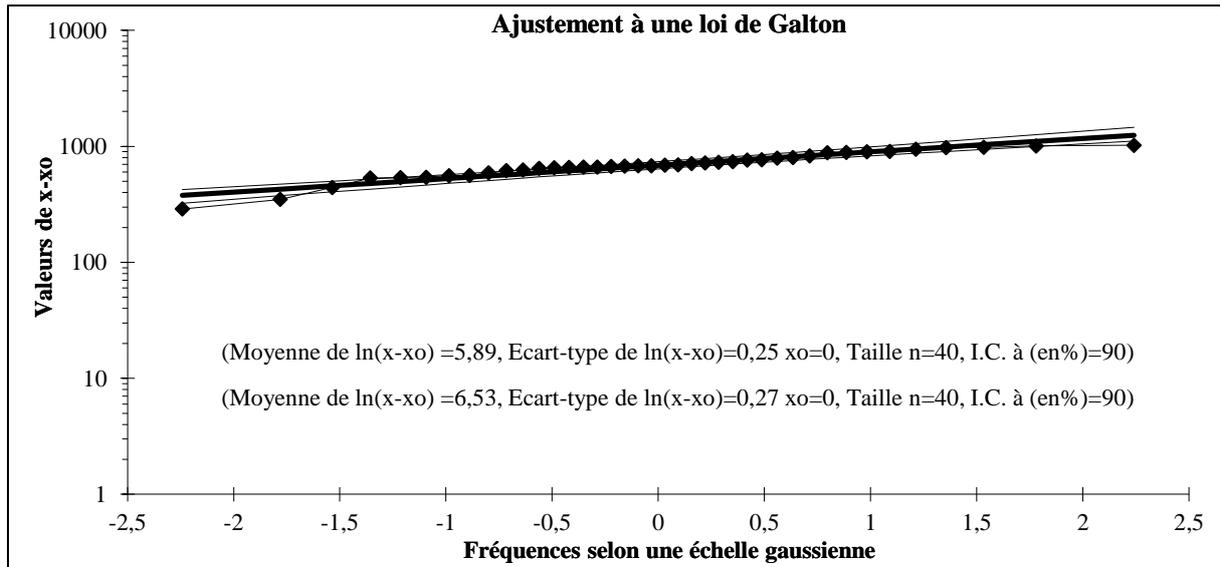


Figure 22 : Ajustements graphique des précipitations annuelles à la station de Bsibsa



**Figure 23 :** Ajustements graphique des précipitations annuelles à la station de Beni Slimane

La loi Log normale est bien adaptée à la statistique des précipitations annuelles. Dans cette loi, nous pouvons déterminer les précipitations annuelles pour différentes fréquences au non-dépassement (années humides et années sèches). Les valeurs des fréquences, des variables réduites de Gauss correspondant aux périodes de retour retenues 5, 10, 20, 50 et 100 ans sont présentées dans le tableau 13.

**Tableau 13:** Valeurs de U de Gauss, fréquences et période de retour

Quantile annuel	Année humide		Année sèche	
	F	U	F	U
Pluie moyenne	0.50	0.000	0.50	0.000
Pluie quinquennale	0.80	0.8414	0.2	-0.8414
Pluie décennale	0.90	1.282	0.1	-1.282
Pluie vingtennale	0.95	1.64	0.05	-1.64
Pluie cinquantennale	0.98	2.054	0.02	-2.054
Pluie centennale	0.99	2.33	0.01	-2.33

**Référence : Laborde, 2000**

Nous avons calculé pour chacun des 3 postes pluviométriques, les hauteurs de pluies pour différentes périodes de retour. La faiblesse des valeurs correspondant aux années sèches sont bien mises en évidence dans le tableau 14.

Les résultats trouvés montrent que les quantiles correspondant à la pluie cinquentennale et centennale sèche présentent des faibles valeurs au niveau des postes pluviométrique de Beni Slimane.

**Tableau 14 :** Hauteurs de pluie en mm pour différentes périodes de retour au niveau des postes pluviométriques étudiées

	Fréquence	PériodeHumide		PériodeSèche	
		U de Gauss	Valeurthéorique	U de Gauss	Valeurthéorique
Lakhdaria 09-05-02	Pluie moyenne	0,00	714,05	0,00	714,05
	Pluie quinquennale	0,84	885,80	-0,84	527,59
	Pluie décennale	1,28	1013,88	-1,28	460,94
	Pluie vingtennale	1,64	1132,74	-1,64	412,57
	Pluie cinquentennale	2,05	1285,16	-2,05	363,64
	Pluie centennale	2,33	1400,88	-2,33	333,60
Bsihsa 09-04-19	Pluie moyenne	0,00	709,04	0,00	709,04
	Pluie quinquennale	0,84	859,50	-0,84	549,02
	Pluie décennale	1,28	966,01	-1,28	488,49
	Pluie vingtennale	1,64	1063,22	-1,64	443,82
	Pluie cinquentennale	2,05	1185,91	-2,05	397,91
	Pluie centennale	2,33	1277,73	-2,33	369,31
Beni Slimane 09-03-02	Pluie moyenne	0,00	373,17	0,00	373,17
	Pluie quinquennale	0,84	446,12	-0,84	295,34
	Pluie décennale	1,28	496,75	-1,28	265,24
	Pluie vingtennale	1,64	542,57	-1,64	242,84
	Pluie cinquentennale	2,05	599,93	-2,05	219,62
	Pluie centennale	2,33	642,54	-2,33	205,06

### III. La courbe hydrosédimentaire (rantingcurve)

En déposant les données de mesures de la station hydrométrique de Lakhdaria et après le traitement des données, nous procédons au calcul de la régression en utilisant un tableau Excel. Nous désignons la variable de référence, soit le débit liquide ( $Ql$  en  $m^3.s^{-1}$ ) par X, tandis que Y représente la variable à évaluer, soit le débit solide ( $Qs$  en  $kg.s^{-1}$ ).

#### III.1. La régression unique débit liquide-débit solide Ql-Qs

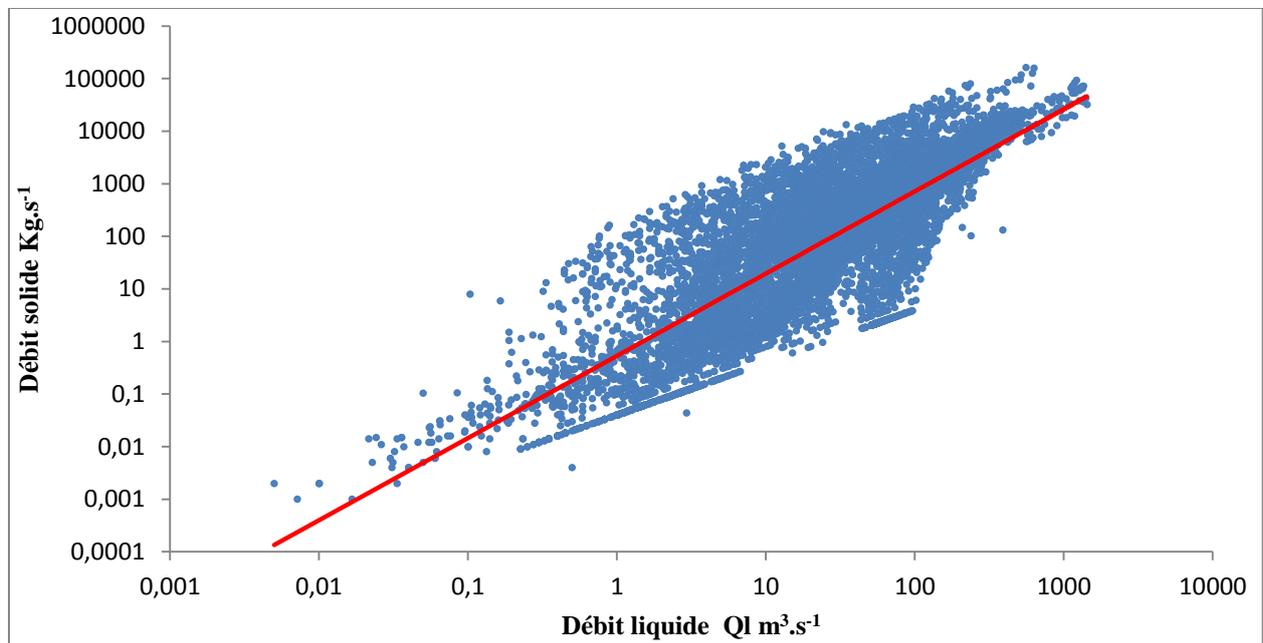
La courbe de transport solide en suspension dans le bassin d'étude montre qu'il existe une relation puissance forte entre les débits liquides et les débits solides en suspension, avec un coefficient de corrélation de 0.83. Les résultats obtenus sont reportés dans le tableau (15).

**Tableau 15:** paramètre de la régression  $Q_s = aQ_l^b$  et coefficient de corrélation

station	code	Période	N	a	b	R <sup>2</sup>	R
LAKHDARIA	09-05-01	1971/72 à 2000/01	8251	0.5328	1.5637	0,692	0,83

L'analyse graphique de la série totale montre qu'à de faibles débits liquides moins de  $1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  peuvent être associés de forts débits solides en suspension, près de  $20 \text{ Kg} \cdot \text{s}^{-1}$ , déclenchés à la suite d'orages violents. Exemple: pour un débit liquide de  $0.58 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  un débit solide de  $19.2 \text{ Kg} \cdot \text{s}^{-1}$  est calculé le 6 octobre 1990. De même, de fortes valeurs de débits liquides n'ont engendré qu'un faible débit solide moins de  $10 \text{ Kg} \cdot \text{s}^{-1}$ , dû à la vidange de nappes survenues à la suite d'une crue importante (Terfous et al, 2001).

La figure (24) montre que les débits solides varient dans des gammes jusqu'à trois ordres de grandeur, voire plus pour une valeur donnée de débit liquide. Cette variabilité dans la relation débit liquide débit solide peut être attribuée à des variations temporelles dans la disponibilité des matières en suspension dans le bassin versant de l'oued Isser. Cette disponibilité variée en fonction des saisons.



**Figure24 :** Régression entre les débits solides et les débits liquides instantanés entre 1971 et 2002 sur l'Oued Isser à la station de Lakhdaria

Pour un période allant de 1971-1972 à 2000-2001 nous avons analysé (débits liquides( $m^3/s$ )-débits solide( $kg/s$ ) avec des donnés instantanément en période d'écoulement au niveau de l'Oued Isser.

L'analyse graphique de la figure 24 montre une bonne relation en puissance liant le débit liquide et le débit solide avec un coefficient de détermination de 0.83. Le nuage de points est bien réparti autour de la droite de régression. une première analyse graphique montre qu'à de très faibles débits liquides inférieurs ou égaux à  $0.01 m^3/s$  correspondent de faibles débits solides entre  $0.0001 kg/s$  à  $0.1 kg/s$ . On reste toujours dans l'intervalle des débits de  $0.5 m^3/s$ , on a un étalage de débits solides entre  $0.005 kg/s$  et  $2 kg/s$ .

**III.1.1. Signification des paramètres de la régression a et b**

Les paramètres de régressions des courbes d'ajustement sont donnés dans le (Tableau 16). La courbe hydrosédimentaire à l'échelle de la totalité de données présente un exposant b (pente de la droite de régression) de 1.56 et un paramètre a (ordonnée à l'origine) égal à 0.53. Ces valeurs sont conformes à celles généralement observées dans d'autres régions et notamment dans les bassins versants Algériens (ELAHCENE et al.2012 ; TERFOUS et al 2001 ; CHERIF et al 2009 ; BOUCHELKHIA.2009 ; BOUANANI et al.2013 ; GHENIM et al.2007).

**Tableau 16 :** Quelques valeurs de paramètre a et de l'exposant b publiées pour des bassins versants voisins

<b>Bassin versant</b>	<b>Stations</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>R</b>	<b>Auteurs</b>
<b>Oued Isser</b>	<b>Lakhdaria</b>	<b>0.53</b>	<b>1.56</b>	<b>0.83</b>	<b>MADANI et DAHAMNA 2024</b>
Oued Mekerra	Sidi-Ali Benyoub	5.71	1.30	0.88	CHERIF et al 2009
Oued Mouillah	Mahgnia	0.40	1.70	0.50	TERFOUS et al 2001
Oued Cheliff	Ghrib	1.62	1.44	0.92	BOUCHELKHIA.2009
Oued Sikkak	Ain Youcef	0.29	1.47	0.73	BOUANANI et al.2013
Oued Sebdolu	Béni Bahdel	0.26	1.64	0.86	GHENIM et al.2007
Oued Bellah	Bellah RN11	4.62	1.38	0.90	ELAHCENE et al.2012

Une analyse globale a suggéré que les paramètres de la régression en puissance  $a$  et l'exposant  $b$  sont liés aux caractéristiques des bassins versants tels que le relief et le ruissellement (Syvitski et al, 2000), bien qu'ils puissent également varier considérablement en raison de la disponibilité des sédiments dans le bassin hydrographique (Asselman, 1999; Yang et al, 2007 ; Warrick, 2015). Selon Asselman 2000, le paramètre  $a$  représente l'érosivité du bassin versant.

### IV. Quantification des flux hydrosédimentaires

Sur la base de la régression obtenue à l'échelle de la totalité des données, une seconde série de débits solides journaliers ( $Q_{sj}$ ), étalée sur 19 ans, a été générée au site de la station de Lakhdaria à partir des débits moyens journaliers ( $Q_{lj}$ ). Ces données ont permis de quantifier les apports hydrosédimentaires véhiculés par l'Oued Isser au niveau de la station de Lakhdaria, étant donné la disponibilité des débits moyens journaliers de 1986/87 à 2006/07.

#### IV.1. Variabilité temporelle des flux hydrosédimentaires

##### IV.1.1 Variabilité annuelle des flux hydrosédimentaires

L'analyse de la variabilité temporelle des apports hydrosédimentaires est réalisée aux différentes échelles de temps (annuelle, mensuelle et saisonnière).

Les variations interannuelles sur les 19 années d'exploitation de la station hydrométrique de Lakhdaria révèlent que les apports liquides et solides connaissent une forte irrégularité, se traduisant par les valeurs assez élevées des coefficients de variation enregistrés durant la période d'étude tableau (17). Ces grandes fluctuations sont la conséquence d'une irrégularité du régime annuel d'écoulement, lié principalement à l'influence des précipitations, par leurs valeurs extrêmes très dispersées et leurs intensités très variable.

Un bilan annuel des apports liquides et solides est alors établi. Les résultats obtenus montrent que l'apport liquide moyen annuel varie de  $429,78 \text{ hm}^3$  pour l'année (2006/07) à  $5,91 \text{ hm}^3$  en (2001/02), avec un apport liquide moyen interannuel de  $178,77 \text{ hm}^3 \cdot \text{an}^{-1}$  (figure).

La figure (25) met en évidence une forte variabilité de la charge solide en suspension, avec un coefficient de variation  $CV= 111\%$ . L'apport solide en suspension moyen interannuel est de  $940156,09$  tonnes. L'année hydrologique (2006/07) a été exceptionnelle, avec un apport solide en suspension de  $3932053,88$  tonnes, soit  $22.01\%$  de l'apport solide de la période étudiée (quatre fois la valeur moyenne interannuelle). Cette année est humide et marquée par des crues exceptionnelles, avec une valeur de débit moyen journalier de  $722,78 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (crue

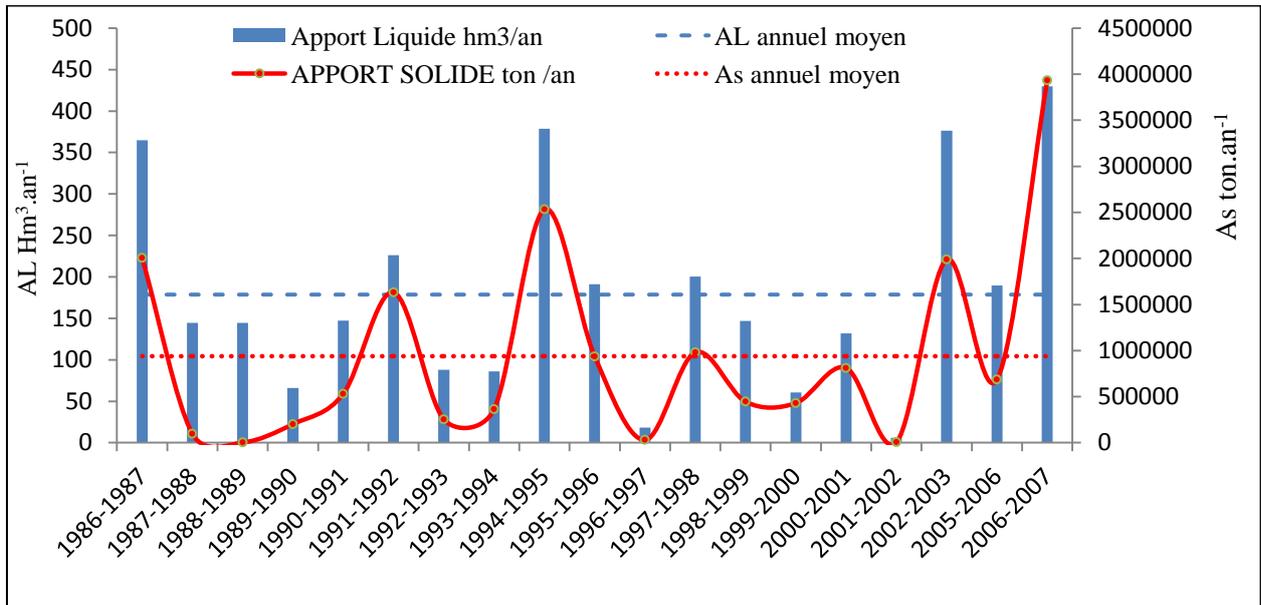
de 9mars 2007). La plus faible charge solide est de 2489,87tonnes, estimée pour l'année (2001/02) qui est une année très sèche et qui a connu le plus faible apport liquide 5.91hm<sup>3</sup>.

**Tableau 17:** Variabilité annuelle des apports hydrosédimentaires et valeurs annuelles de la dégradation spécifique

année	Flux liquide hm <sup>3</sup> /an	Flux solide ton /an	Pourcentage Aps %	Ds
1986-1987	364,66	2006495,68	11,23	564.18
1987-1988	144,68	96460,43	0,54	22.67
1988-1989	144,68	2489,88	0,01	205.63
1989-1990	65,81	201349,70	1,13	55.70
1990-1991	147,22	530581,98	2,97	146.77
1991-1992	226,00	1632356,76	9,14	451.55
1992-1993	87,96	252183,80	1,41	102.96
1993-1994	85,96	364133,16	2,04	100.73
1994-1995	378,52	2533162,24	14,18	700.74
1995-1996	191,20	936597,57	5,24	259.09
1996-1997	18,31	29520,73	0,17	8.17
1997-1998	200,52	980095,08	5,49	271.12
1998-1999	147,00	445391,03	2,49	123.21
1999-2000	60,73	429900,41	2,41	118.92
2000-2001	131,85	811482,66	4,54	224.48
2001-2002	5,91	5310,01	0,03	1.47
2002-2003	376,24	1987403,38	11,13	549.77
2005-2006	189,60	685997,50	3,84	189.76
2006-2007	429,78	3932053,88	22,01	1087.71
<b>moyenne</b>	<b>178,77</b>	<b>940156,09</b>	<b>5,26</b>	<b>272.87</b>
<b>Max</b>	<b>429,78</b>	<b>3932053,88</b>	<b>22,01</b>	<b>1087.71</b>
<b>Min</b>	<b>5,91</b>	<b>2489,87</b>	<b>0,01</b>	<b>1.47</b>
<b>σ</b>	<b>125,86</b>	<b>1043575,92</b>	<b>5,84</b>	<b>281.7</b>
<b>Cv %</b>	<b>70.4</b>	<b>111</b>	<b>111</b>	<b>103</b>

La dégradation spécifique est très variable d'une année et l'autre, avec un coefficient de variation de 103%. Elle varie de 1.47 t.km<sup>-2</sup>.an<sup>-1</sup> pour l'année (2000/01) à 1087.71 tonnes.km<sup>-2</sup>.an<sup>-1</sup> pour l'année (2006/07), avec une moyenne annuelle de 272.87 tonnes.km<sup>-2</sup>.an<sup>-1</sup>. Cette valeur se situe dans l'intervalle des valeurs estimées pour d'autres bassins tel que 610 ton.km<sup>-2</sup>.an<sup>-1</sup> pour l'oued Bellah (Elahcene et al, 2012), 364 ton.km<sup>-2</sup>.an<sup>-1</sup> pour l'oued Mouilah (Bouanani, 2004), 450 ton.km<sup>-2</sup>.an<sup>-1</sup> sur l'oued Mina (Gheraout, 2014), 539 ton.km<sup>-2</sup>.an<sup>-1</sup>

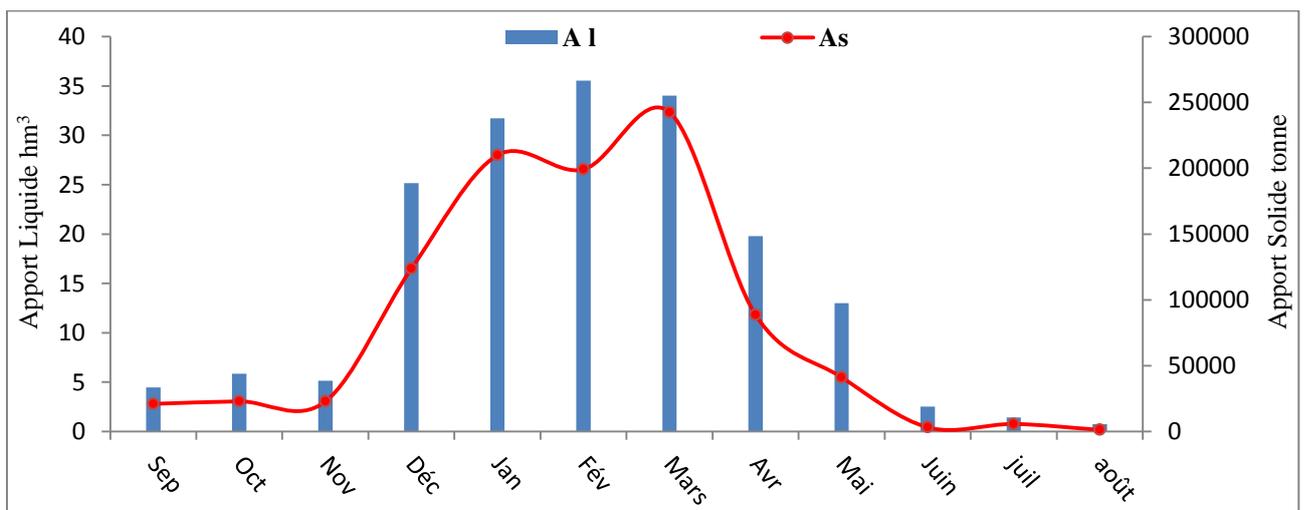
pour l’oued El Arab (Demmak, 1982) et  $237.89 \text{ ton.km}^{-2}.\text{an}^{-1}$  sur l’oued Mellah (Louamri, 2013).



**Figure 25** : Variabilité interannuelle des apports hydrosédimentaires au niveau de la station de Lakhdaria (période : 1986/87-2006/07)

#### IV.1.2 Variabilité mensuelle des flux hydrosédimentaires

Les fluctuations des apports liquides moyens mensuels et des apports solides en suspension correspondants donnent un aperçu de la tendance globale de la sensibilité du bassin versant à la production de sédiments en suspension. Ces variations mettent en lumière une forte variabilité mensuelle des apports liquides et solides.



**Figure 26** : Variation mensuelle des apports hydrosédimentaires au niveau de la station de Lakhdaria

Le tableau 18 contient les apports liquides moyens mensuels et les charges solides en suspension pour le bassin de l’oued Isser. Le mois de février a le plus important apport liquide moyen inter-mensuel (35,55 hm<sup>3</sup>). Concernant la charge solide moyenne inter-mensuelle, l’action érosive est la plus active pendant 5 mois de décembre à avril, qui contribuent fortement aux apports solides annuels. Cette variabilité mensuelle de l’apport solide en suspension est attribuée à la fréquence des crues importantes en lien avec la fréquence des orages violents.

Les valeurs mensuelles des apports liquides et solides en suspension révèlent une forte variabilité mensuelle avec des coefficients de variation très élevés. Environ 88% de la charge solide est réalisée au cours de cinq mois seulement : décembre 12.6%, janvier 21.38%, février 20.29, mars 24.71% et avril 9.02%. Pour les mois restants, l’apport solide est modeste à faible. La charge solide moyenne mensuelle la plus élevée 3190072,70tonnes est produite au cours du mois de mars figure (26). La réponse du bassin en matière en suspension durant le mois de mars est donc très élevée.

**Tableau 18:** Variabilité mensuelle des apports hydrosédimentaires au niveau de la station de Lakhdaria (période : 1986/87-2006/07)

	Apport Liquide					Apportsolide				
	Al	Max	Min	$\sigma$	CV	As	Max	Min	$\sigma$	CV
<b>Sep</b>	4,46	35,41	0,01	8,28	186	20915,31	259428,32	0,69	60465,49	289
<b>Oct</b>	5,84	31,62	0,02	7,99	137	22836,32	188261,83	0,62	47822,86	209
<b>Nov</b>	5,14	25,87	0,08	7,63	148	22766,58	184679,93	15,43	49292,76	217
<b>Déc</b>	25,16	84,51	0,06	27,98	111	123697,84	647576,80	4,20	197476,34	160
<b>Jan</b>	31,72	199,70	1,13	45,83	144	209908,54	1798562,58	984,17	431033,25	205
<b>Fév</b>	35,55	174,51	1,03	49,36	139	199145,54	1287815,38	515,14	349927,10	176
<b>Mars</b>	34,02	238,92	0,37	55,74	1,64	242573,05	3190072,70	73,51	723328,29	298
<b>Avr</b>	19,79	106,30	0,09	28,00	141	88562,20	752462,45	8,08	200771,48	227
<b>Mai</b>	13,00	48,46	0,00	16,47	127	41114,17	241599,14	0,00	69857,85	170
<b>Juin</b>	2,50	9,96	0,03	2,90	116	3094,17	17899,19	1,33	4577,63	148
<b>juil</b>	1,41	17,62	0,01	4,05	286	5628,29	96820,66	0,21	22168,37	394
<b>août</b>	0,73	5,24	0,00	1,28	175	1191,84	16107,34	0,00	3691,80	310
<b>Max</b>	<b>35,55</b>	<b>238,92</b>	<b>1,13</b>	<b>55,74</b>	<b>286</b>	<b>242573,05</b>	<b>3190072,70</b>	<b>984,17</b>	<b>723328,29</b>	<b>394</b>
<b>Min</b>	<b>0,73</b>	<b>5,24</b>	<b>0,00</b>	<b>1,28</b>	<b>111</b>	<b>1191,84</b>	<b>16107,34</b>	<b>0,00</b>	<b>3691,80</b>	<b>148</b>

**IV.1.3. Variabilité saisonnière des apports liquides et solides**

Pour mieux appréhender le phénomène de l'érosion et du transport solide en suspension dans le bassin de l'oued Isser, nous analysons la répartition saisonnière des flux hydrosédimentaires. Le tableau (19) représente les apports liquides moyens saisonniers et les apports solides correspondants au niveau de la station de Lakhdaria pour la période d'étude 1986/87-2006/07.

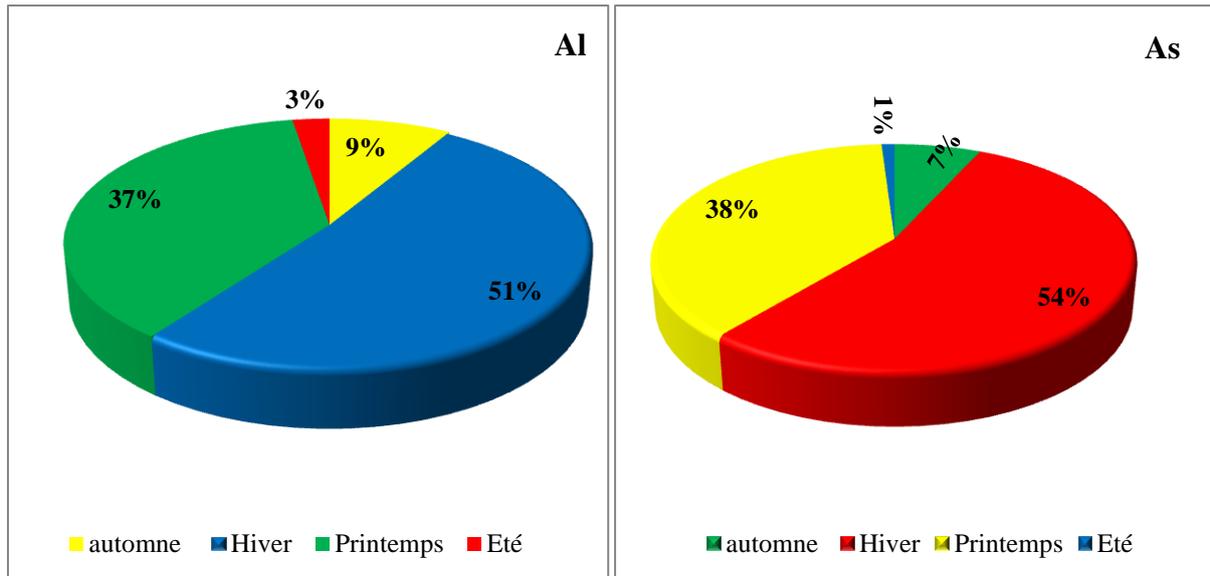
**Tableau 19** : Valeurs des apports liquides moyens saisonniers en hm<sup>3</sup> et des apports solides moyens saisonniers en tonnes

	Al hm <sup>3</sup>	%	As tonne	%
automne	15,44	8,61	66518,21	6,78
Hiver	92,43	51,55	532751,92	54,28
Printemps	66,80	37,26	372249,42	37,93
Eté	4,65	2,59	9914,30	1,01

La distinction mensuelle se propage sur la variation saisonnière des apports liquide et solide. La figure (27) illustre la contribution en pourcentage de chaque saison en apport liquide et solide. Près de 88% des apports liquides sont apportés au niveau des deux saisons l'hiver et printemps qui engendrent la quasi-totalité des apports solides en suspension dans le bassin de l'oued Isser, soit 92% des apports solides totale.

En effet, l'hiver et le printemps se distinguent par leurs apports hydrosédimentaires élevés. Le rendement des apports solides en suspension en hiver est le plus élevé pour les bassins de l'oued Isser, soit 54% de la charge totale, due essentiellement à l'abondance hivernale des écoulements de crues. Au printemps, les apports solides contribuent en seconde position après l'hiver. L'explication possible est la relative forte fréquence des crues du printemps. Par ailleurs, le printemps se caractérise par les mouvements de masse et l'effondrement des berges.

L'automne et l'été persistent comme une période sèche, coïncidant avec le régime d'étiage, caractérisé par des précipitations moins fréquentes et des crues moins abondantes. Ensemble, ces saisons ne représentent que 9% et 3% respectivement des apports liquides globaux. Leur contribution est généralement faibles à nulles sans conséquence sur le transport solide. Cependant, les orages estivaux peuvent parfois entraîner l'apport significatif de matières en suspension. Ainsi, la part de ces saisons dans la charge totale estimée à 8%.



**Figure 27:**Répartition saisonnière des apports liquides et solides au niveau de la station de Lakhdaria (période :1986/87/2006)

## Conclusion générale

Ce travail a fait l'objet de la quantification du flux hydrosédimentaires au niveau du bassin versant d'oued Isser, ainsi qu'à leur impact sur les pertes et la dégradation des terres agricoles et sur les ressources en eau. Notre étude s'appuie sur une base de données pluviométriques et des données de mesure hydrosédimentaires (débit-concentration) au droit de la station hydrométrique de Lakhdaria. Ce bassin représente un échantillon des bassins du nord de l'Algérie qui sont généralement caractérisés par un taux de transport solide élevé en raison de nombreux facteurs mis en jeu.

Le présent travail a abordé la présentation de contexte physico-géographique du bassin et faire ressortir les principaux facteurs qui influent sur les transports solides des oueds. En effet, Le bassin versant de l'Isser se caractérise par sa complexité lithologique et structurale. Les caractéristiques topographiques du bassin favorisent l'écoulement de surface et par conséquent le transport solide. Les formations lithologiques constituent de roches tendres sensibles à l'érosion notamment les marnes, les argiles et les calcaires. Le couvert végétal représente 20% de la superficie totale, le reste de la surface soit 80% est occupé par des cultures essentiellement céréalières et fourragères. La conjonction de ces différentes caractéristiques montre que le bassin versant de l'oued Isser a une potentialité érosive importante.

L'étude statistique des pluies du bassin de l'Isser a été réalisée sur 3 postes pluviométriques allant de 1972-2011, met en évidence une variabilité spatiale qui se traduit par une baisse pluviométrique latitudinale du Nord vers le Sud. De plus, les pluies moyennes annuelles présentent une irrégularité temporelle bien marquée, années humides et sèches. Les précipitations annuelles moyennes varient entre 373 mm dans la partie du Haut Isser en Hautes Plaines et 714 mm en domaine tellien.

L'étude des transports solide en suspension a été réalisée selon une approche statistique reliant le débit solide au débit liquide pour quantifier le flux hydrosédimentaires et estimer le taux d'érosion dans le bassin de l'oued Isser. L'application de la régression en puissance pour la totalité des données montre qu'il existe une relation forte entre les débits liquides et les débits solides en suspension, avec un coefficient de corrélation de 0.83.

Le flux de sédiments en suspension transportés par l'oued Isser est très variable d'une année à l'autre. Elles varient de 5310.10 tonnes pour l'année (2000/01) à 3932053,88 tonnes pour l'année (2006/07), avec une moyenne interannuelle de 980761.61 tonnes. Soit en termes de Dégradation spécifique de  $272.87 \text{ tonnes.km}^{-2}.\text{an}^{-1}$ . Cette valeur est comparable à celle trouvées pour des bassins-versants à climat et hydrologie similaires en Algérie. L'analyse de la répartition saisonnière des flux de MES montre que les apports solides en suspension les plus abondants et réguliers sont réalisés en hiver et au printemps, avec des contributions totale de 54% et 38% et avec une plus faible ampleur en automne 7% et en été 1%.

En fin, les transports solides en suspension peuvent avoir plusieurs conséquences néfastes sur les terres agricoles et sur les ressources en eau. Les particules en suspension transportées par l'eau peuvent éroder les sols agricoles, entraînant ainsi une perte de fertilité et de nutriments essentiels pour les cultures. Cela peut réduire la productivité agricole et compromettre la durabilité à long terme des terres cultivées. De plus, la sédimentation et l'envasement des retenues de barrages entraînent des pertes de capacité de stockage importantes. Ce qui peut avoir des répercussions socio-économiques et environnementales importantes. Il est impératif de mettre en place des pratiques de conservation des sols et une gestion efficace des bassins versants pour atténuer ces effets néfastes.

## Référence bibliographique

**A.N.R.H., 1993.** Carte Pluviométrique de l'Algérie du Nord à l'échelle 1/500000. Agence Nationale des Ressources Hydriques. Ministère de l'Equipement. Ed. I.N Alger.

**Achite, M. et Meddi, M., 2004.** Estimation du transport solide dans le bassin-versant de l'Oued Haddad (Nord-Ouest algérien). *Sécheresse*, 15 (4), 367–373. [http://www.jle.com/fr/revues/agro\\_biotech/sec/e-docs/00/04/0A/10/article.md?type=text](http://www.jle.com/fr/revues/agro_biotech/sec/e-docs/00/04/0A/10/article.md?type=text).

html [Accédé le 21 mars 2013]

**Achite, M. et Meddi, M., 2005.** Variabilité spatio-temporelle des apports liquides et solides en zone semi-aride. Cas du bassin versant de l'Oued Mina (Nord-Ouest algérien). *Revue des Sciences de l'Eau*, 18 (n° spécial), 37–56. [http://www.rse.inrs.ca/art/volume18/v18nS\\_37.pdf](http://www.rse.inrs.ca/art/volume18/v18nS_37.pdf)

**Achite, M. et Ouillon, S., 2007.** Suspended sediment transport in a semiarid watershed, Wadi Abd, Algeria (1973–1995). *Journal of Hydrology*, 343, 187–202.

**Benkhaled, A. et Remini, B., 2003.** Analyse de la relation de puissance: débit solide–débit liquide à l'échelle du bassin versant de l'Oued Wahrane (Algérie). *Revue des Sciences de l'Eau*, 16/3, 333–356. [http://www.rse.inrs.ca/art/volume16/v16n3\\_333.pdf](http://www.rse.inrs.ca/art/volume16/v16n3_333.pdf) [Accessed 31 October 2012].

**Bouanani, A., 2004.** Hydrologie, transport solide et modélisation. Etude de quelques sous-bassins de la Tafna. Thèse de doctorat, Université Tlemcen, Algérie.

**Deffaf, A., 2022.** Hydrologie, transport solide en suspension et envasement de barrages dans le bassin versant de l'oued Isser. Thèse de doctorat, Université de Constantine 1, Algérie.

**Demmak, A., 1982.** Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie septentrionale. Thèse Docteur Ingénieur, Université de Paris, France.

**Duan N., 1983.** *Smearing estimate: A non parametric retransformation method*. *Journal of the American Statistical Association*, 78 (383): 605-610.

**Ghenim, A., Terfous, A., et Seddini, A., 2007.** Etude du transport solide en suspension dans les régions semi-arides méditerranéenne: cas du bassin versant de l'Oued Sebdo (Nord-Ouest algériens). *Sécheresse*, 18 (1), 39–44.

**Gheraout R., 2014.** Impact du transport solide en suspension sur l'envasement du barrage de Sidi M'hamed Ben Aouda. Thèse de doctorat, Université de Blida, Algérie, 222p.

- Laborde J-P., 2000.** Hydrologie de surface, Cours Université de Nice- Sophia Antipolis, 191 p.
- Larfi, B.; Remini, B., 2006.** Le transport dans le bassin versant de l'Oued Isser ; impact sur l'envasement du barrage de Beni Amrane (Algérie). Larhyss J 5 (2006) 63–73.
- Louamri, A., Mebarki, A., et Laignel, B., 2013.** Variabilité interannuelle et intra-annuelle des transports solides de l'Oued Bouhamdane, à l'amont du barrage Hammam Debagh (Algérie orientale). Hydrological Sciences Journal, 58 (7), 1–14.
- PNUD / UNDP** (Programme des Nations Unies pour le développement/ United Nations Development Programme), 1987. Guide maghrébin pour l'exécution des études et des travaux de retenues collinaires. Ressources en eau dans les pays de l'Afrique du Nord. Projet RAB/80/011, Alger, Algérie.
- Remini, b. 2010.** La problématique de l'eau en Algérie du Nord, Office des publications Universitaires, 2005, 162 p, fig.
- Remini, b. 2017** une nouvelle approche de gestion de l'envasement des barrages. larhyss journal, issn 1112-3680, n°31, sept 2017, pp. 51-81
- Touaibia, B., 2010.** Problématique de l'érosion et du transport solide en Algérie septentrionale. Sécheresse, 21 (1), 1–6.
- Walling, D.E., 1974.** Suspended sediment and solute yield from a small catchment prior to urbaization. In : Fluvial Processes in Instrumented watersheds. Institute of British Geographers. Special Pub N° 6, pp169-192
- Walling, D.E., 1984.** The sediment yields of Africa rivers. In: D.E. Walling, S.S.D. Foster, and P. Wurzel, eds., Challenges in African hydrology and water resources (Harare Symposium). Wallingford, UK: IAHS Press, IAHS Publ. 144, 265–283. Disponible en ligne à: [http://iahs.info/redbooks/a144/iahs\\_144\\_0265.pdf](http://iahs.info/redbooks/a144/iahs_144_0265.pdf) [Accessed 31 October 2012].
- Walling, D.E., Webb, B.W., 1981.** The reliability of suspended load data. Erosion and Sediment Transport Measurement, vol. 133. IAHS Publication, pp. 177–194.
- Walling, D.E., Webb, B.W., 1982.** Sediment Availability and Prediction of Stormperiod Sediment Yields, vol. 13. IAHS Publication, pp. 327–337.
- Walling D.E. et Webb B.W., 1987.** Suspended load in gravel bed rivers : UK experience. John Wiley and Sons.
- Williams, G.P., 1989.** Sediment concentration versus water discharge during single hydrologic events in rivers. J. Hydrol. 111, 89–106.