

UNIVERSITE SAAD DAHLAB-BLIDA 1

Faculté de technologie

Département des Sciences de l'Eau et de l'Environnement



MEMOIRE DE MASTER

Filière : Hydraulique

Spécialité : Ressources Hydrauliques

Thème :

Calcul du taux de matières en suspension par les eaux de surface de bassins versants du moyen Chélif. (Algérie)

Présenté par :

Hamadou Seybou Sita

Devant le jury composé de :

M. BESSENASSE M.	Professeur, U. de Blida	Président
M. BENKACI S.	Professeur, U. de Blida	Examinatrice
M. BOUZERIA H.	Professeur, U. de Blida	Examineur
M. MASSAOUD-NACER.N	Professeur, U. de Blida	Promoteur

Promotion 2018/2019

Remerciements

Tous d'abord je remercie Dieu le tout puissant, le tous miséricordieux, le très miséricordieux de m'avoir donné le courage, la force et la patience pour réaliser ce travail.

*Par la suite j'exprime mes profondes gratitude à **Mr MESSAOUD-NACER.N** pour m'avoir encadré, pour sa disponibilité, ses conseils et son soutien tout au long de l'élaboration de mon mémoire.*

*Je remercie également le chef de notre département **Mr BENSAFIA D.** Ainsi que tous les profs du département de science de l'eau et de l'environnement*

Enfin Je remercie tous les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

À mes chers parents qui m'ont
Tout donné sans rien en retour, et ceux qui m'ont
Éclairé le chemin de la vie par leurs grands soutiens et les énormes
sacrifices qu'ils m'ont consentis durant mes études.

À mes frères et sœurs.

À tous mes oncles et les tantes.
À tous la famille Seybou Ibrahim.

À tous mes amis.

Liste des figures

Figure I.1 : Carte du bassin versant de Cheliff-Zahrez.....	2
Figure I.2 : Réseaux hydrographiques du bassin de Chélif.....	7
Figure I.3 : Carte de la formation lithologique du bassin de Chélif	8
Figure II.1. Force érosive de l'eau attribuable à la concentration de l'écoulement des eaux de ruissellement.....	10
Figure II.2. L'accumulation de sol et de débris de culture à l'extrémité basse de ce champ est un indice d'érosion en nappe.....	12
Figure II.3. Le tracé distinct formé par les eaux de ruissellement est un signe d'érosion en rigoles ayant emporté le sol.....	13
Figure II.4: Formation d'une ravine au niveau du bassin versant d'Oued Fodda.....	14
Figure II.5 : Un foyer de sapement des berges dans l'oued El Hammam	14
Figure II.6 : Un charriage très important dans l'oued Labiod en périodes de crues...	16
Figure II.7 : Transport en suspension.....	16
Figure III.1 : Stations Hydrométriques et Postes pluviométrique.....	20
Figure III.2 : Schéma d'un limnigraphe à flotteur	21
Figure III.3 : Schéma d'un limnigramme	21
Figure III.4 : Courbe de tarage $Q=f(H)$	22
Figure III.5 : Prélèvement d'échantillons d'eau au niveau d'une digue.....	23
Figure IV.1 : Corrélation entre le débit liquide et le débit solide à l'échelle annuelle pour les différentes stations.....	26
Figure IV.2 : Corrélation entre le débit de crue journalière et le débit solide en matière en suspension pour les différentes stations.....	28
Figure IV.3 : Corrélation entre le débit solides et le débit liquides à l'échelle saisonnière.....	30
Figure IV.4 : Variation spaciaux temporelle du transport solide dans le bassin de Ghrib amont (oued Chélif).....	31
Figure IV.5 : Variation spatiaux temporelle du transport solide en suspension dans l'oued sly (année 2003).....	32
Figure IV.6 : Variations spatiaux temporelle du transport solide en suspension dans l'oued Hareza (année 2004).....	33

Figure IV.8 : Variation spatiaux temporelle du transport solide Aribe Ebda année
1992-1993..... 34

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Données pluviométriques mensuelles du bassin de Cheliff(1993).....	4
Tableau I.2 : Données évapotranspirations moyenne mensuelle en mm.....	5
Tableau I.3 : Caractéristiques morphologiques des bassins du Chélif.....	6
Tableau III.1 : Stations hydrométriques de la sous-région 01.....	19
Tableau III.2 : Stations ayant des données complètes.....	24
Tableau IV.1 : Relation débit liquide et débit solide à l'échelle annuelle.....	25
Tableau IV.2 : Relation entre débit solides et débit de crue journalière.....	27
Tableau IV.3 : Relation entre le débit solide et le débit liquide à l'échelle saisonnière	29

Table des matières

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Table des matières	
Liste des abréviations	
Résumé	

Introduction générale **1**

Chapitre I : Présentation de la zone d'études

1 -Introduction	2
2-Localisation.....	2
3-Situation climatique.....	3
3.1-Temperature	3
3.2-Pluviometrie.....	3
3.3-Evapotranspiration.....	4
4-Situation morphologique.....	5
5-Situation hydrographique.....	6
6- Pédologique.....	8
7-Occupation du sol.....	8
8-Facteurérosif.....	9
9-Conclusion.....	9

Chapitre II : Généralité sur l'érosion et le transport solides

1-Introduction.....	10
2-L 'érosion hydrique.....	10
2.1-Facteurs influençant l'érosion hydrique.....	11
2.1.1-Le climat.....	11
2.1.2-La nature du sol.....	11
2.1.3-La topographie	11
2.1.4-Le couvert végétales.....	11
2.1.5-L'homme.....	12
2.2-Les formes d'érosions hydriques.....	12
2.2.1. L'érosions en nappe.....	12
2.2.2-Érosion en rigoles.....	13
2.2.3-Erosion par ravinement.....	13
2.2.4-Erosion des berges.....	14
3-Le transport solide.....	15
3.1-Mode de transport solide.....	15
3.1.1-Transport solide en charriage.....	15

3.1.2-Transport solide en suspension.....	16
4-les Effets de l'érosion et du transport solide.....	16
4.1-Effets sur le sol.....	17
4.2-effet de l'érosion sur les barrages.....	17
4.3-Effet de l'érosion et de transport solides en Algérie.....	17
5-Conclusion.....	18
Chapitre III : Matériels et méthodes	
1-Introduction.....	19
2-Collecte des données.....	19
2.1-Données hydrométriques.....	19
2.1.1-Stations hydrométriques.....	19
2.1.2-Mesure du débit.....	
2.2- Données en matières en suspension.....	22
2.2.1-Prelevement.....	22
2.2.2-Mesure de la concentration en matières en suspension.....	23
3-Traitement et mise en forme des données.....	23
4-Conclusion.....	24
Chapitre IV : Résultat et discussions	
1-Relation entre le débit liquide et le débit solides.....	25
1.1-Analyse à l'échelle annuelle.....	25
1.2-Analyse à l'échelle de crus journaliers.....	27
1.3-Analyse à l'échelle saisonnière.....	29
2-Apports spatiaux temporelle pour les différent oueds.....	31
2.1-Grihb Amont.....	31
2.2-Oued sly.....	31
2.3-Harreza.....	32
2.4-Oued Deurdeur.....	33
2.5-Arife.....	34
3-Conclusion.....	34
Conclusion générale.....	35
Références bibliographies.....	37

Liste des abréviations

MES : Matière en suspension.

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques.

ABH : Agence des Bassins Hydrographique.

ABH-CZ : Agence du Bassin Hydrographique de Chlef Zahres.

C : Concentration.

V : Volume.

Q : Débit.

Qs : Débit solide.

Ql : Débit liquide.

Qjm : Débit de crue journalier.

Fig. : Figure.

Tab : Tableau.

R^2 : Coefficient de corrélation.

Résumé

Les matières en suspension sont des particules solides fines d'origines organiques ou minérales provenant des bassins versants par l'influence de l'érosion et du transport solides. Dans les cours d'eau, ces particules sont véhiculées sous formes de courants de densités. Arrivés au niveau des barrages, ils seront piégés, décantés, tassés puis consolidés contribuant ainsi à l'envasement des barrages. Pour mettre en évidence ce phénomène dans le bassin de l'oued Chélif, les analyses ont concernées les données de cinq stations hydrométriques de la région d'étude .Les analyses à différentes échelles temporelles (journalière, annuelle et saisonnière) montrent que le phénomène est très marqué lors des épisodes de crues avec des coefficients de corrélation allant de 0.55 à 0.99. A l'échelle saisonnière, le phénomène est très présent en automne et en hiver. L'influence des facteurs physiographiques et pédologiques du bassin versant dans l'apport des matières en suspension est également mise en évidence.

Mots clés : Oued Cheliff, eaux de surface, matières en suspensions, érosion, transport solides, bassin versant.

Abstract

Suspended solids are fine solid particles of organic or mineral origin from watersheds through the influence of solid erosion and transport. In streams, these particles are transported in the form of density currents. Arrived at the level of the dams, they will be trapped, decanted, packed and consolidated thus contributing to the siltation of dams. To highlight this phenomenon in the Oued Chélif basin, the analyzes concerned the data of five hydrometric stations in the study area. The analyzes at different time scales (daily, annual and seasonal) show that the phenomenon is very marked during flood episodes with correlation coefficients ranging from 0.55 to 0.99. At the seasonal scale, the phenomenon is very present in autumn and winter. The influence of physiographic and pedological factors of the watershed in the contribution of suspended matter is also highlighted.

Key words: wadi Cheliff, surface water, suspended matter, erosion, solid transport, catchment.

Introduction générale

Les matières en suspension (MES) sont des particules solides inertes ou vivantes de petites tailles, d'origine minérale (argiles limons) ou organique. Elles sont responsables de la coloration et de la turbidité des eaux de surface.

Leur présence dans les eaux de surface est influencée par l'érosion et le transport solide.

L'apport en matière en suspension par les eaux de surface du Cheliff contribue à l'envasement des barrages de la région. Ce phénomène touche la totalité des barrages algériens. Selon **(Remini et Bouchelkia.2010)**, il y a un cumul de dépôt de vase de plus de 650 106m³ dans plus de 110 barrages algériens. Plusieurs techniques de lutte contre ce phénomène ont été expérimentées dans de nombreux sites, mais avec des résultats mitigés. Cet échec est surtout dû à la non-maîtrise du mécanisme de l'envasement et à la quantité de matériaux solides transportée dans les cours d'eau et plus particulièrement la fraction solide entrante dans les retenues.

La quantité de matières en suspension dans les cours d'eau est estimée en fonction du débit liquide : selon **(Et hanchu et al. 1986 ; Walling et al. 1981 ; Wood, 1977 et Ben Khaled AEK, 2003)**, la relation qui lie la concentration des matières en suspension et le débit liquide du cours d'eau Q est donnée par une équation de type

$$Y=aX^b \text{ avec}$$

Y : débits solides

X : débits liquides

a et b : coefficients de forme

Notre objectif est de mettre en évidence une relation liant le débit liquide des cours d'eau à la concentration en matières en suspensions, de faire une analyse mensuelle et saisonnière des apports en matières en suspension par les eaux de surface du Cheliff.

Ce mémoire s'articule sur quatre chapitres, une introduction et une conclusion générale.

Le premier chapitre sera consacré à une présentation de la zone d'étude

Dans le second chapitre nous aborderons une généralité sur l'érosion et le transport solide.

Le troisième chapitre portera sur les matériels et méthodes

Le dernier chapitre traitera les données existantes.

Chapitre I : présentation de la zone d'étude

1-Introduction

L'apport en matières en suspension par les eaux de surface du Cheliff dépend de l'érosion et du transport solides. Ces derniers sont favorisés par les paramètres géomorphologiques et géologiques de la région.

2-Localisation

Situé au nord-ouest de l'Algérie, le bassin du Cheliff présente une superficie de 43 700 km² et est limité naturellement au Nord par la Mer Méditerranée, à l'Ouest par la région Oranie –Chott Chergui, à l'Est par la région Algéroise – Hodna – Soummam et au Sud par le Sahara. Ce bassin hydrographique est divisé en trois bassins versant (ABH, 2004)

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

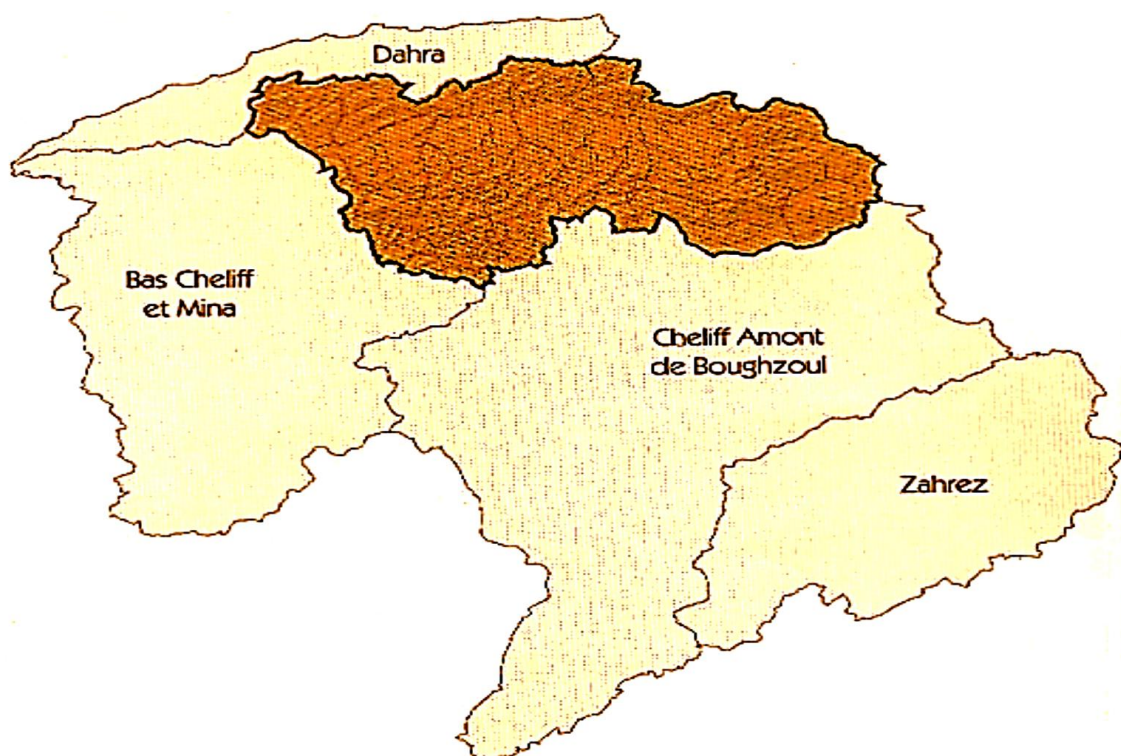


Figure I.1 : carte du bassin versant Cheliff-Zahez. (Souhila Benkaci et al, 2018)

3-Situation climatique

Le climat du bassin versant du haut et moyen Chélif, est de type méditerranéen caractérisé par des :

Températures : été très chaud, hiver doux.

Précipitations : été sec, hiver humide.

3.1-Temperatures

le bassin du Cheliff est caractérisé par une température moyenne interannuelle de 13 à 20°C , avec un maximum mensuel de plus de 30,6°C au mois de juillet a la station d'Ain Defla et un minimum mensuel de 4,6° au mois de janvier à la station de Médéa (ANRH,2004).(Kara ,2014).

3.2-Pluvometrie

le bassin du haut et Moyen Chélif est équipé d'un réseau pluviométrique de (57)postes , dont (53) sont opérationnels ,soit une densité de (05)postes par 1000km² .La pluviométrie moyenne interannuelle dans le bassin varie de 227 à 700mm, elle est concentrée sur les bassins versants sud des mont de Dahra et du Zaccar ,avec une moyenne interannuelle maximale de 700mm dans la station de SIDI MIDJA (011803)commune de ben Allal (wilaya de Ain Defla) et deux autres valeurs de plus de 600mm enregistrées dans les deux stations d'EL ANEB(011806)commune EL AMRA (wilaya de AIN DEFLA) ainsi qu'à la station Médéa –secteur(011509) , localisation au sud de l'atlas Blidéen . Les précipitations diminuent dans la station de la vallée du Cheliff ou elles varient entre 300 et 400mm, une moyenne interannuelle minimale de 227mm est enregistrée dans la station de Sidi Slimane (012119) commune de Sidi Slimane (wilaya de TISSEMSILT) (ABHCZ, 2004).ces précipitation sont surtout abondantes en novembre décembre, janvier et février pendant les saisons d'automne et hiver. (Tableau I.1)

Chapitre I : présentation de la zone d'étude

Tableau I.1 : données pluviométriques mensuelles du bassin de Cheliff(1993).

station	sept-	oct-	nov-	déc-	janv-	févr-	mars	avr-	mai-	juin	juil-	août	annu
011405	26,7	22,4	36,5	37,6	51,3	42,8	3	22,6	8,7	0	0	0	251,6
011509	42,3	19,4	92,4	68	102	63,4	1,3	54,8	7,3	0	0	0	450,8
011512	24,1	9,7	24,1	28,1	43,1	53,9	2,4	15,3	9	0	0	0	209,7
011603	34	21,9	39,4	41,7	54,6	63	8,5	21	9	1	5	0	299,1
011605	30	41,2	40,2	63,1	57,8	81,1	4,4	28,4	9,6	0	2,8	18,5	377,1
011715	16	16,3	21,9	42,1	26,1	71,2	2,4	23,1	6,1	0	0	0	225,2
011717	30	5,5	21,8	27,3	29,4	49,7	3,7	17,2	7,5	0	0	0	192,1
011803	34,1	12,3	48,3	49,1	70,4	92,1	7,7	42,9	9	0	0	4,2	370,1
011804	32,5	10	16,5	37,6	32,1	69,5	3,2	21,7	23,8	0	0	0	246,9
011901	21,9	11	20,1	31,5	24	56,8	3,1	29	3,1	0	0	0	200,5
012001	29,7	19,7	23,7	31,7	28,3	57,9	2,2	12	24,7	0	0	0	229,9
012004	0	33,7	25,5	18	0	38,4	32,7	70	14	0	0	0	232,3
012108	0,7	57,6	23,3	28,1	5,8	36,3	13,6	67	22,5	1,3	0	0	256,2
012120	12,4	20,3	27,3	27,5	34,9	80,6	1	22,4	5,5	0	0	0	231,9
012201	15,2	17,4	41,9	19,2	39,2	42,2	1,1	22	14,1	0	0	0	212,3
012203	20,5	20,3	34,2	26,1	40,3	41,2	2,2	21,9	9,6	0	0	0	216,3
012218	12,5	26,1	40,9	13,7	27,3	48,2	1,3	22,2	11,4	0	0	0	203,6
012219	4,7	29,6	24,2	1,1	46,6	10	59,8	32	25	15,	10,4	0	259
012308	15,2	20	28,1	25,4	28,7	64,9	0,3	32,8	8,8	0	0	0	224,2

(Source ARNH)

3.3-Evapotranspiration

Les données de l'évapotranspiration présentées dans le tableau ci-dessous sont relevées à partir des cartes de l'évapotranspiration mensuelle et annuelle éditées par les services de l'ANRH. D'après le tableau des données de l'évapotranspiration présentées ci-dessous, 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. (ABH, 2006).

Chapitre I : présentation de la zone d'étude

Tableau I.2 : Evapotranspirations moyennes mensuelles en mm

code	station	mois												Année
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
	Ksar El Boukhari	31	45	83	123	163	198	237	214	143	89	46	28	1400
114	Zoubiria Mongorno	28	41	76	113	151	186	220	199	136	86	43	27	1306
	Ouzera	27	40	72	105	150	190	228	203	129	81	36	18	1289
115	Médéa Secteur	34	42	80	114	146	184	218	195	136	84	46	28	1307
	Ghrib Barrage	40	54	96	122	164	199	230	214	142	94	52	35	1442
	Miliana	35	49	82	116	152	187	218	199	138	88	47	32	1343
117	El Khemis	43	57	91	123	164	199	230	211	147	95	43	32	1434
	Ain Defla	41	54	95	138	181	221	257	229	160	10	54	37	1570
118	Theniet El	27	38	72	107	145	184	212	194	130	84	40	27	1258
119	El Abadia	42	56	95	132	168	207	239	218	156	97	54	36	1500
120	Sidi Slimane	36	48	80	115	159	193	230	212	143	89	46	31	1382
121	Chlef	43	58	99	139	181	214	245	222	154	97	53	37	1542
122	Chlef ONM	42	57	95	130	174	207	237	217	153	98	52	37	1499
	moyenne	36	49	86	121	161	198	231	210	144	91	47	31	1406

(Source ABH 2006)

4-Situation géomorphologique

Morphologiquement, les sous-bassins sont caractérisés par les éléments suivants :

Les régions montagneuses du Dahra situées au Nord dont la partie méridionale représentée par les monts de Medjadja présente une altitude moyenne qui varie entre 400 et 500m par le massif de Zaccar et au sud djebel Ouarsenis. La cote altimétrique varie de 200m au niveau de la plaine à 1000 m au niveau des sommets. La plaine a une pente relativement faible (15%) Elle est bordée au nord par des cônes de déjection qui constituent la zone de transition entre la vallée et la montagne. Au centre, les plaines de l'oued Cheliff qui forme une étroite bande d'une dizaine de kilomètre de largeur. Au sud, les collines qui constituent les piémonts de l'imposant massif de l'Ouarsenis se dressent en rangs dispersés ne sont pas très étendues (5 à 10 kilomètre de large). **(Chekhchoukh, Khadraoui)**

Chapitre I : présentation de la zone d'étude

Tableau I.3 : caractéristiques morphologiques des bassins du Chélif

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 (I _g) (m/km)	Dénivelée spécifique (Ds) (m)
0113	992,85	179,96	900	600	1800	1,60	16,91	532,84
0114	1383,69	176,81	870	500	1600	1,33	17,67	657,29
0115	767,29	168,95	600	300	1300	1,70	15,01	415,78
0116	743,97	142,68	980	300	1800	1,46	19,41	568,42
0117	857,64	185,65	575	300	1600	1,76	23,87	651,09
0118	690,55	141,10	610	200	1500	1,51	23,73	619,07
0119	898,54	173,69	640	200	1700	1,62	21,38	640,87
0120	570,52	142,58	370	200	1100	1,67	14,49	346,10
0121	1161,32	212,75	785	200	1800	1,75	18,08	616,13
0122	1437,44	224,12	375	100	1100	1,66	11,31	428,80
0123	1405,47	225,12	710	100	1700	1,68	17,30	648,58

(Source ABH 2006)

5- Situation hydrographique

L'oued Chélif, est le plus important fleuve d'Algérie. Il a une longueur de 733km et prend sa source dans l'atlas saharien, il se jette dans la mer méditerranéenne, près de Mostaganem. Les principaux affluents de ce fleuve peu navigable, car trop capricieux sont :

➤ Sur la rive gauche

L'oued Deurdeur : qui Descend des monts de Taza, parmi lesquels se dresse l'Acha Oum haut de 1804m.il coule vers le nord ; au village des Kif fans, il est barré par une digue de 40m de hauteur, avec une capacité de 31 millions de mètre cubes reflueront en un lac de 200ha pour l'arrosage de 1900ha de la rive gauche du fleuve djendel à Duperré.

L'oued Rouina : venant des montagnes qui dominent teniet-el-Haad et coule du nord au sud, il se perd dans le Chélif à l'est à 3km du village auquel il donne son nom.

Chapitre I : présentation de la zone d'étude

L'oued fouda et l'oued sly : sont des affluents sur la rive gauche qui descendent des reliefs montagneux de l'Ouarsenis et se perdent dans le Chélif. Ces cours d'eau (oued Sly et oued Fouda) qui bénéficient d'un régime hydrologique favorable, ont fait l'objet d'aménagement de leurs ressources en eau (barrage de oued Fouda et sidi Yakoub)

➤ Sur la rive droite

Oued Ouahran : du plateau des Beni-Madoun, au sud de Ténès, passe près d'Ain-Beida.

Oued Dahmous : du Djebel-Tachetas, sur la rive droite du Chélif, passe au sud des Beni-Aquil et se jette dans la mer en Cherchell et Ténès.

Oued Ras : issus des monts de Dahra, ce cours d'eau présente un bassin versant, de taille modeste et un débit nul à l'étiage.

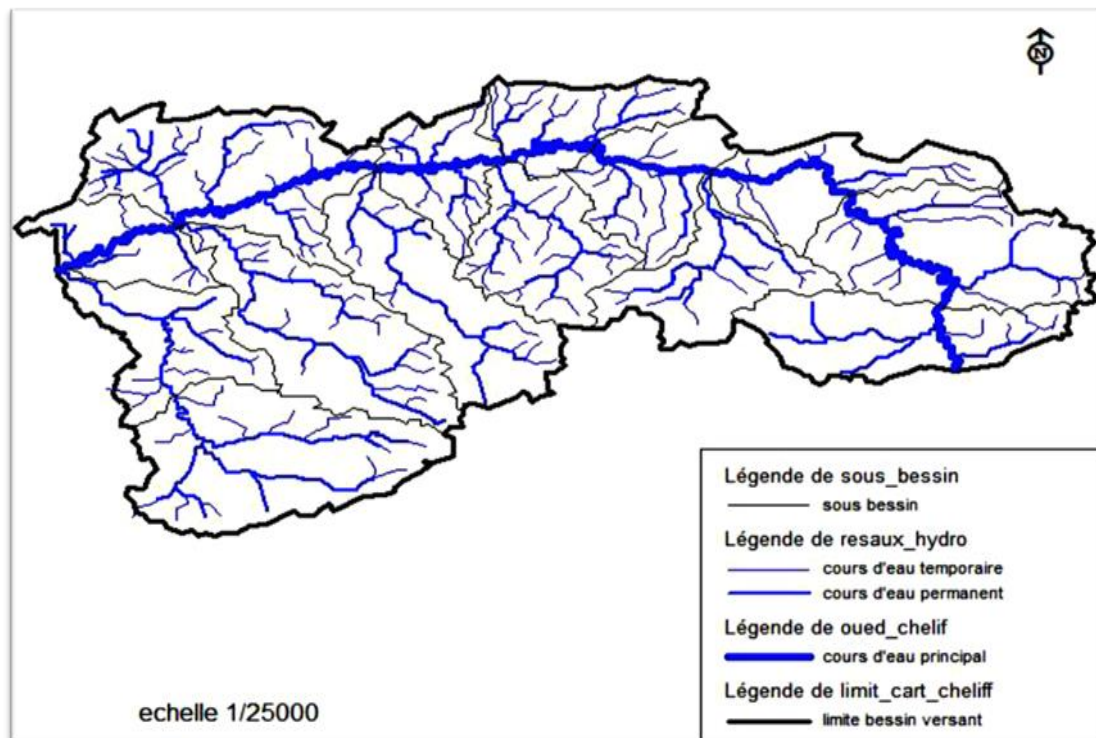


Figure I.2 : Réseau hydrographiques du moyen et du haut Chélif

6-Pédologie

Les sols des bordures des plaines sont formés par des associations de sols plus ou moins érodés, qui peuvent évoluer sur du calcaire dur ou tendre, des grès ou des marnes. Lorsque la roche n'affleure pas à la surface, ce sont des sols généralement calcimagnésiques, le plus souvent rendziniformes avec parfois la présence d'une croûte calcaire. Les sols de la plaine proprement dite comporte cinq classes : les sols salés, les sols hydro morphes, les vertisols, les sols peu évolués alluviaux et colluviaux et les sols calcimagnésiques. (A. Douaoui et al, 2006)

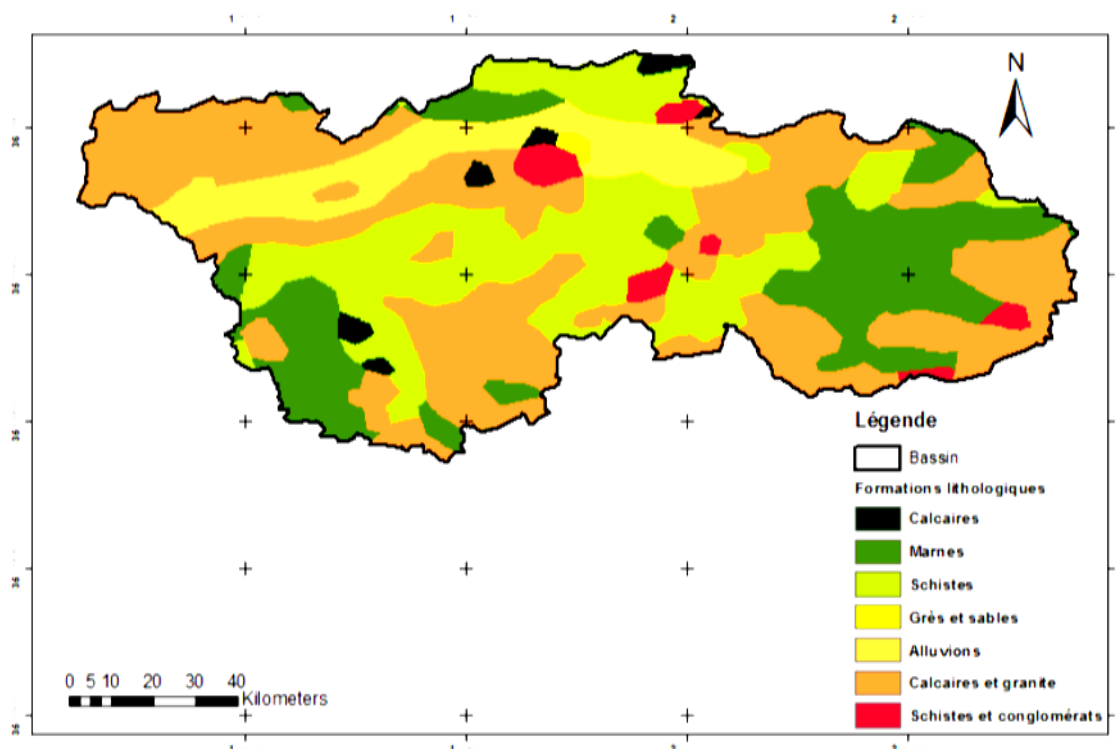


Figure I.3 : Carte de la formation lithologique du bassin de Chélif (**Souhila Benkaci et al, 2018**)

7-Occupation du sol

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

8-Facteur érosif dans la zone

Les rigoles apparaissent sur les pentes faibles et moyennes occupant 46 % de la surface totale du bassin .Sur les pentes fortes à très fortes représentant la moitié de la surface considérée (54%), les rigoles se creusent et deviennent de plus en plus profondes, les ravinements apparaissent et l'érosion devient plus importante. En été, le bassin est exposé à des vents venant du sud qui sont chargés en particules de sable, ces vents exercent une action corrosive donnant l'effet d'un mitraillage. Elle est aussi exposée à des vents venant du nord-est qui contribuent au balayage des particules fines et leurs arrachements du sol. En hiver, la région est exposée à des vents du nord-ouest portant de pluies. Sur une majeure partie du bassin, les précipitations observées varient entre moyenne et forte (300 à 600 mm). Il est clair

Chapitre I : présentation de la zone d'étude

que cet intensité fait apparaitre des crues ou de battage de sol pour favorisé l'érosion et le transport solides. **(Souhila Benkaci et al, 2018).**

9-conclusion

En résumé Chélif est un bassin hydrographique situé au nord-ouest de l'Algérie. Il a une superficie de 43 700 km², dont la quasi-totalité des sols sont des alluviaux constitués essentiellement d'éléments fins dérivés de marne ou d'argile, rendant le sol très sensible à l'érosion. Il est caractérisé par une altitude minimale de 100m, une altitude maximale de 1800m et une pente de capacité moyenne de 1.85. Ce bassin vert, favorable à l'agriculture possède un climat de type méditerranéen caractérisé par des étés chauds et secs et des hivers frais et pluvieux. Chlef, l'oued principal du bassin mesure 733m, ce qui le classe permis les plus important cours d'eau du pays.

CHAPITRE II : l'érosion et le transport solides

1-Introduction

L'**érosion** est un mécanisme d'usure et de transformation des roches et du sol par des agents d'érosion tels que l'eau, le vent, l'activité humaine (l'agriculture, l'élevage et l'urbanisation). Lors de l'érosion, des particules des roches ou du sol sont détachées et déplacées de leur point d'origine. C'est un processus de dégradation et de transformation du relief qui peut être lent et progressif, ou encore totalement violent. En Algérie du Nord, particulièrement l'Ouest du pays, les dispositions Socio-économiques, comme d'ailleurs les conditions hydro climatiques sont naturellement réunies pour intensifier et favoriser le déclenchement de ce mécanisme néfaste qui potentiellement menace l'équilibre de l'environnement tant à l'échelle régionale que locale (**Dekiche et al. 1997**).L'érosion hydrique affecte 28 % des terres de l'Algérie du Nord. Ce sont les terres à fortes pentes des massifs telliens qui sont les plus touchées. L'érosion se manifeste par la formation de rigoles et de ravines sur tous les bassins versant avec affleurement de la roche-mère et une évolution en badlands (**Hadjiat, 1997**).En général, l'érosion spécifique varie entre 2000 et 4000 t/km².an (**Demmak, 1982**), L'Algérie est de ce fait l'un des pays les plus menacés dans le monde par l'érosion. L'intensité de l'érosion hydrique varie d'une zone à l'autre. La partie Ouest, où l'érosion touche 47 % de l'ensemble des terres, est la région la plus érodée du pays ; viennent ensuite les régions du Centre (27%) et de l'Est (26%) (**Ministère de l'environnement et l'aménagement du territoire, 2000**)

2-L 'érosion hydrique

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



Figure II.1 : Force érosive de l'eau attribuable à la concentration de l'écoulement des eaux de ruissellement. (**Jim Ritter ; 2018**)

2.1-Les facteurs influencent l'érosion hydrique

Le déplacement des particules solides par l'eau (l'érosion hydrique) dépend des facteurs suivants :

- Le climat
- La nature du sol
- La topographie de la zone
- Le couvert végétal
- L'homme

2.1.1-le climat

Le climat est un facteur important qui conditionné d'une façon directe le mécanisme de l'érosion. Certaines influences climatiques constituent une partie des processus d'altération. **(Witte, 1986)**. La fréquence et l'intensité des précipitations sont les deux caractéristiques importantes du facteur climatique de l'érosion hydrique des sols. Ces caractéristiques sont à l'origine de la formation du ruissellement quand la quantité des pluies dépasse la capacité d'absorption de l'eau par le sol **(Bergsma et al, 1996)**. Le potentiel érosif de la pluie est désigné par le terme général d'érosivité. Ce paramètre est lié à l'intensité des averses. Ce taux caractéristiques des gouttes de pluie (taille, vitesse, forme, angle d'impact) qui déterminent leur énergie cinétique **(Riezebos. H et al, 1985)**.

2.1.2-La nature du 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, leurs perméabilités, la présence de certains éléments chimiques et matières organiques conditionnent l'érodabilité des sols. **(Ben aicha, A, 2011)**

2.1.3-La topographie de la zone

La pente joue un rôle très important vis-à-vis du phénomène érosif. Son inclinaison influe considérablement la vitesse de ruissellement, qui accélère à son tour le processus du transport sédimentaire. Ce dernier accentue la force d'arrachement des particules et augmente ainsi l'effet de dégradation du sol. **(Souhila Ben Kaci et al, 2018)**

2.1.4-le couvert végétal

Le risque d'érosion augmente si le sol n'est pas suffisamment protégé par le couvert végétal et/ou une couche de résidus de culture. Les résidus et la végétation protègent le sol de l'impact des gouttes de pluie et des éclaboussures d'eau. Ils ont aussi tendance à réduire la vitesse d'écoulement de l'eau et à favoriser l'infiltration de l'eau dans le sol. L'efficacité de la végétation et des résidus à réduire l'érosion dépend du type, de l'étendue et de la densité du couvert végétal. La meilleure façon de combattre l'érosion est de miser à la fois sur un couvert végétal et sur des résidus de culture (p. ex., forêts et pâturages permanents) qui couvrent complètement le sol et qui interceptent les gouttes de pluie à la surface du sol et près de celle-ci. Les résidus partiellement incorporés et

les vieilles racines ont aussi leur importance, parce qu'ils facilitent l'infiltration. **(Jim Ritter, 2018)**

2.1.5-l'homme

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

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

2.2-les formes d'érosion hydrique

2.2.1-L'érosion en nappe

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



Figure II.2 : L'accumulation de sol et de débris de culture à l'extrémité basse de ce champ est un indice d'érosion en nappe. **(Jim Ritter, 2018)**

2.2.2-Érosion en rigoles

Un micro filet ou une rigole est une dépression suffisamment petite pour pouvoir être supprimée par des façons culturales. Sur un bassin versant ou une parcelle, l'érosion en rigole succède à l'érosion en nappe par concentration du ruissellement dans les creux. À ce stade, les rigoles ne convergentes pas mais forment des ruisselets parallèles. **(Hadidi, A, 2008)**



Figure II.3 : Le tracé distinct formé par les eaux de ruissellement est un signe d'érosion en rigoles ayant emporté le sol. **(Jim Ritter, 2018)**

2.2.3-Erosion par ravinement

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



Figure II.4 : Formation d'une ravine au niveau du bassin versant d'Oued Fodda (cliché : Rimini, 2008)

2.2.4-Erosion des berges

C'est en période de crues que le phénomène se produit. Pendant la montée de la crue le niveau d'eau croît très vite dans le canal naturel pour atteindre une hauteur de 5 à 6 m (tout dépend de la section de l'oued), l'eau s'infiltré dans les berges et le fond. Généralement, dans les régions arides, on parle de crues éclairées dont la durée peut atteindre de 24 à 48 h, la descente du niveau d'eau est rapide. Elle est beaucoup plus rapide que la vidange totale d'un barrage en terre. C'est en ce moment que le glissement survient : plusieurs tonnes de terres tombent au fond de l'oued. Il faut attendre la crue suivante pour drainer cette masse de terre vers la zone de dépôt. (Remini B. & Bensafia D., 2016).



Figure II.5 : Un foyer de sapement des berges dans l'oued El Hammam (Cliché. Rimini, 2011)

3-Le transport solide

Le transport solide est l'entraînement de granulats sous l'action d'un écoulement fluide. Il existe dans différents phénomènes physiques, naturels ou industriels. Le transport des sédiments dans les rivières représente la deuxième phase de l'érosion hydrique, les mouvements des sédiments dans les cours d'eau prennent deux formes : vitesse et énergie des eaux de ruissellement, taille des particules, intensité des précipitations, caractéristiques du sol et topographie du bassin versant. Les cours d'eau affectent tous les facteurs qui divisent la sédimentation dans les rivières et les cours d'eau en une charge de suspension de sédiments ou une charge de fond. La répartition entre la charge au fond et la suspension dépend essentiellement de la taille des particules en fonction de la vitesse de l'eau et de la turbulence de l'écoulement. L'apport de sédiments est le produit de l'érosion du sol définie par les caractéristiques des paramètres hydrologiques dans le bassin versant, qu'il s'agisse de l'érosion de surface, de l'érosion des ravines, du mouvement des masses du sol ou de l'érosion des canaux, **(TACHI ,2017)**.

3.1-mode de transport solide

Il existe deux formes de transport solide :

- transport solide en charriage
- transport solide en suspension

3.1.1-transport solide en charriage

Le transport solide par charriage, représente la progression de sédiments grossiers (sables, gravier, galets et blocs), de diamètre supérieur à 1 mm, qui se déplacent par roulement ou glissement, au voisinage immédiat du fond du cours d'eau, et parcourent des distances relativement petites et discontinues dans le temps et dans l'espace. À cause des perturbations de l'écoulement, Les mesures sur le terrain du transport solide par charriage sont très coûteuses. De ce fait, les estimations de ce type de transport sont difficiles à tenir en l'insuffisance de bases de données, **(Bouanani ,2004)**



Figure II.6 : Un charriage très important dans l'oued Labiod en périodes de crues (cliché. Benguemouza, 2011)

3.1.2-transport solide en suspension

Le transport solide en suspension montre le transport de sédiments fins (argiles, limons, sables fins), de taille micronique, conservées en suspension sur toute la hauteur de la masse liquide du cours d'eau, sous l'action des fluctuations turbulentes de l'écoulement. Les sédiments se déplacent sur des grandes distances et le débit solide croît de l'amont vers l'aval (Bouanani ,2004).



Figure II.7 : Transport en suspension (Mokhtar EI, 2008)

4-les effets de l'érosion et du transport solide

4.1-effets sur le sol

L'érosion peut être un processus lent et insoupçonné, ou encore prendre des proportions alarmantes, entraînant une perte énorme de sol arable. Le lessivage de la terre arable peut résulter en une réduction du potentiel de production, en une réduction de la qualité de l'eau de surface et en l'encrassement des réseaux de drainage. (Lefkir, 2009)

4.2-effet de l'érosion sur les barrages

Les retenues créées par des barrages sur les cours d'eau naturels sont toutes confrontées au problème de l'alluvionnement. Si la rétention de grandes quantités d'eau lors des crues a un effet protecteur sur les régions sises à l'aval, les matériaux solides déposés dans les retenues peuvent en revanche porter préjudice aux ouvrages annexes, et réduire le cas échéant de manière significative la capacité

D'accumulation d'eau. La quantité de sédiments déposés dans les 100 barrages algériens était évaluée à 560 106 m³ en 1995 soit un taux de comblement de 12.5%(Remini 1999). L'envasement présente aussi un grand risque pour la stabilité de l'ouvrage par l'effet qui peut être provoqué par la poussée de la vase (de densité 1.6) dont la valeur progresse au carré de la hauteur (Remini 1999). Un autre danger présenté par l'envasement est celui du non fonctionnement de quelques organes annexes aux barrages tels que : le vidange de fond, les canaux d'irrigation. (Lefkir 2009).

4.3-effet de l'érosion et de transport solides en Algérie

Les conséquences les plus importantes de l'érosion en Algérie sont :

-Les pertes de sol : la quantité de matières en suspension emportée par l'érosion et le transport solide conduit à un appauvrissement et une dégradation des sols. La quantité de terre emportée par l'érosion spécifique en Algérie est estimée de 307 à 5453 t/km² dans le bassin de Cheliff, de 1557 à 9397 t/km² dans les côtes Algéroises, 3990 t/km² dans l'Isser, 248 t/km² dans le Soummam, 252 à 10375 t/km² dans les côtes Constantinoises, 742 t/km² dans le Seybouse, 782 t/km² dans Kebir Rhumel, 164 à 5153 t/km² dans le Chott Hodna, 794 à 2621 t/km² dans la haute plaine Constantinoise, 838 à 1260 t/km² dans le Chott Melhrir, 938 t/km² dans les Côtes Oranaises et de 301 à 406 t/km² dans la Tafna.(Mohammed Achite et al,2006)

-l'envasement précoce des barrages : L'envasement des barrages est l'une des conséquences la plus dramatique de l'érosion hydrique ; environ 180 millions de tonnes sont arrachées annuellement des bassins versants par le ruissellement dans le nord d'Algérie (Demmak, 1982). En plus de terres arrachées par l'érosion des bassins versants, une quantité non négligeable en provenance des sapements des berges participe à l'accélération de l'envasement des barrages réservoirs. (Rimini ,2002)En matière de quantité,

sur 74 grands barrages, d'une capacité de 8 milliards de m³ est amputée annuellement d'une capacité de plus de 50 millions de m³. A titre d'exemple, le barrage de Sidi M'Hamed Ben Aouad (Relizane) a reçu un volume de vase égal à 6,7 millions de m³ par année durant la période 1995-2003. Le barrage de l'Oued Fodda (Chlef) capte annuellement un volume de vase de 3,2 millions de m³ (**Remini, 1997, Remini et Hallouche, 2007a**). Au total, environ 20 grands barrages sont fortement menacés par le comblement total du réservoir à court terme si les moyens techniques de lutte ne sont pris en compte. (**Remini et Hallouche, 2007b**).

5-conclusion

L'érosion est un phénomène naturel qui se déroule sous divers formes. Il existe deux types d'érosions qui sont influencées par plusieurs facteurs. Ce phénomène peut causer des pertes des sols et d'envasement des barrages. En Algérie plusieurs millions des matières en suspension sont emportés par l'érosion pour contribuer à l'appauvrissement des sols et à l'envasement des barrages.

Chapitre III : matériels et méthodes

1-Introduction

L'apport en matières en suspension par les eaux de surfaces du Chéiff est un phénomène qui cause d'énorme dégât et dépend de plusieurs paramètres. L'analyse de ce phénomène nécessite l'utilisation d'appareils de mesures et des méthodes appropriées.

2-Collecte des données

2.1-Données hydrométriques

Les données hydrométriques proviennent de l'ARNH. Ces données sont mesurées chaque année dans les différentes stations hydrométriques présentes dans la région pour des suivis climatiques ou hydrologiques.

2.1.1-station hydrométriques

La sous-région 01 dispose de 17 stations hydrométriques (tab.III.1) sur l'oued Cheliff et ses affluents ; elles sont gérées par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (ANRH).

Tableau III.1 : Stations hydrométriques de la sous-région 01

Nom de la station	Code	Coordonnées		Oued
		X(m) 9	Y(m)	
Arib	HY011702	439500	332580	Cheliff
Arib Abda	HY011801	439650	335550	Abda
Colonnel Bougara	HY011001	432450	251920	Ouassel
Cw 54 Type A	HY012004	414380	321700	Tikezal
El Abadia I	HY012001	407155	327900	Cheliff
El Abadia li Type B	HY012008	407900	326100	Cheliff
El Ababsa	HY011715	443900	318050	Hareza
Sidi Mokarfi	HY011602	443900	302300	Deurdeur
Tamasgida	HY011501	462920	323900	Harreza
Djendel	HY011503	497000	324450	Cheliff
Djenen Ben Ouadah	HY011514	473700	325200	-
Ghrib Amont	HY011407	475650	308800	Cheliff
Kef Lasfar	HY011202	495450	252970	Ouassel
Marabout Blanc	HY011601	480150	315750	Deurdeur
Rouina Mines	HY011906	460100	324500	Ruina
Sidi Bouabdallah	HY011210	421500	245800	Ouerk
Sidi Boudaoud	HY010706	483100	229550	Ouerk

(Atlas ABH-CZ)

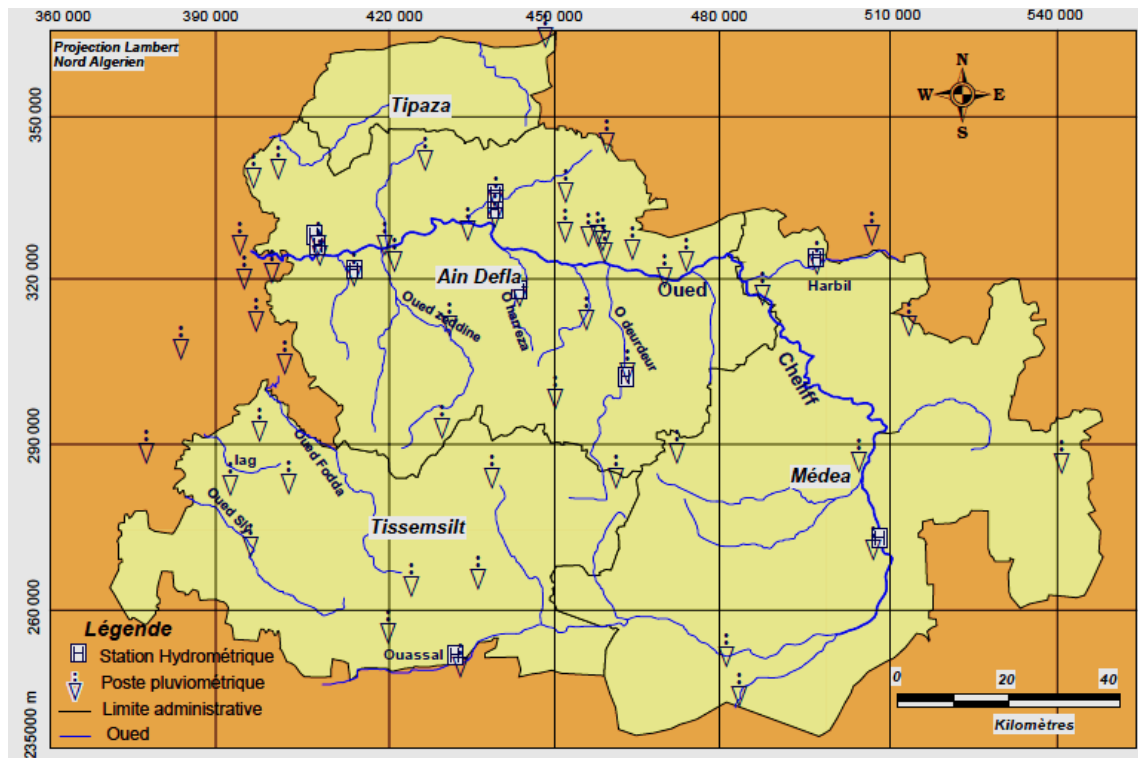


Figure III.1 : Stations Hydrométriques et Postes pluviométriques (atlas ABH-CZ)

2.1.2-Mesure du débit

Le débit au niveau de l'exutoire d'un bassin versant peut être déterminé par les méthodes suivantes :

- Méthode limnimétrique (variations $h=f(t)$)
- méthode de jaugeage par l'exploitation du chant de vitesse avec un moulinet
- méthode chimique et isotopique
- méthode d'utilisation d'un déversoir

La méthode la plus utilisée dans le bassin de Chélif est la méthode limnimétrique. Il existe plusieurs types de limnimètres, on peut citer :

- Echelle limnométrique : c'est une échelle en tollé gradué en cm et placés à la bordure de la section de mesure à l'exutoire .un observateur enregistre la variation du plan d'eau sur une fiche de terrain.
- Limnigraphe : c'est un appareil qui est installé sur la rive à l'intérieur d'un abri.il est constitué de :

- un puis creusé au même niveau que l'oued.
- équilibrations des plans d'eau oued-puits

Chapitre III : matériels et méthodes

-une poulie qui permet le mouvement du plan d'eau à un système mécanique relié à un stylet enregistreur. (fig.III.2)

On dispose au niveau de l'exutoire d'une courbe appelée courbe d'étalonnage : c'est la variation de la hauteur en fonction du temps : $H=f(t)$ (fig.III.3). A partir de cette courbe on obtiendra la variation du débit en fonction de la hauteur : $Q=f(H)$ (fig.III.3)

$$Q=f(H)=f(t).$$

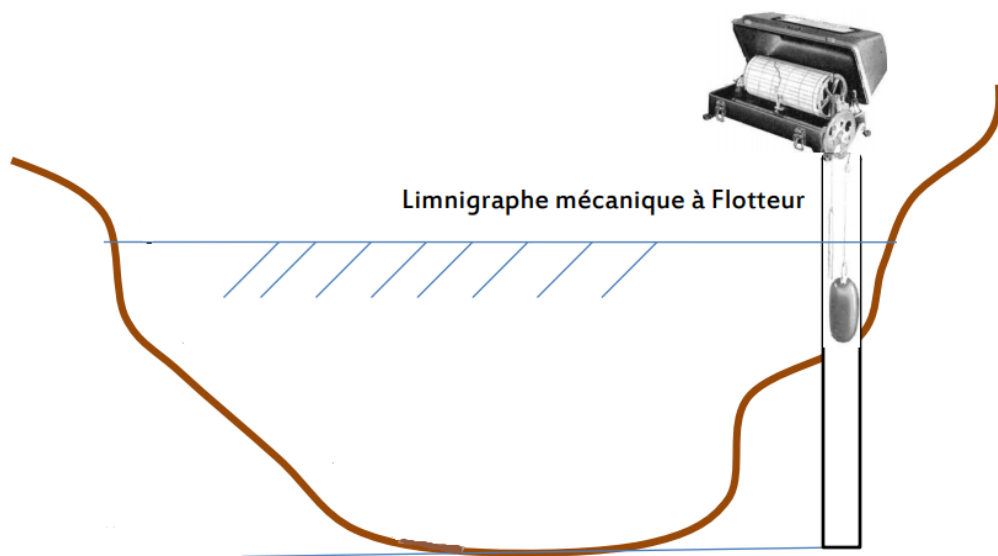


Figure III.2 : schéma d'un limnigraphe à flotteur (Roger Calvez ,2015)

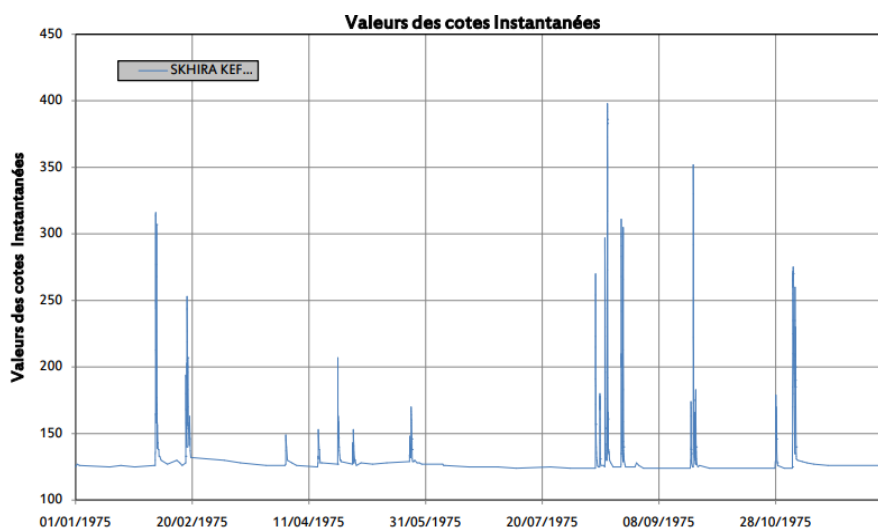


Figure III.3 : schéma d'un limnigramme (Roger Calvez ,2015)

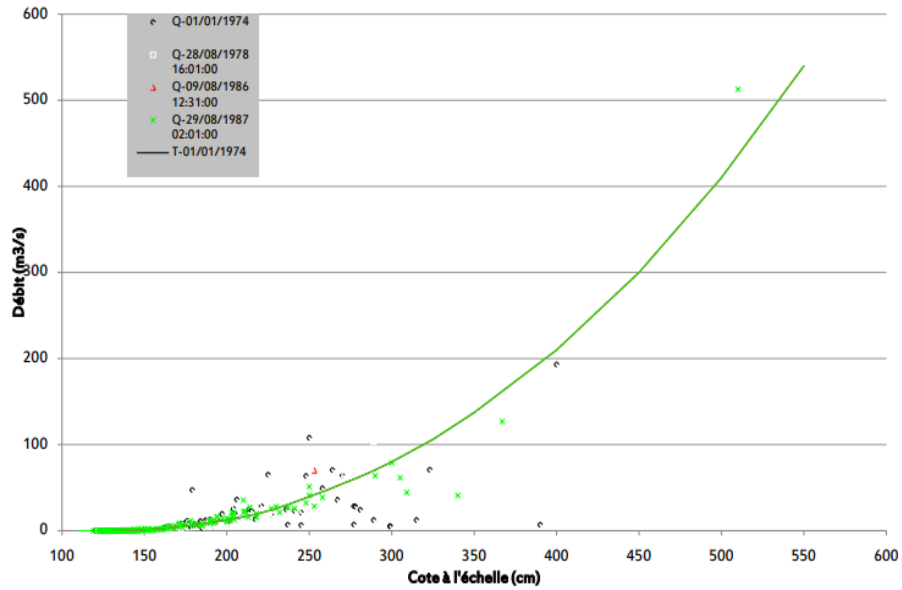


Figure III.4 : courbe de tarage $Q=f(H)$ (Roger Calvez ,2015)

2.2-données en matières en suspension

La concentration en matières en suspensions se mesure dans un laboratoire après un prélèvement dans les sites de mesure de qualité d'eau.

2.2.1-Prelevement

Le prélèvement se fait avec un matériau qui ne réagit pas avec l'eau à analyser. Les matériaux les plus utilisés sont les verres et les pyrex. Le polyéthylène est aussi souvent recommandé. Il est très important de choisir un point de prélèvement. Le plus souvent les échantillonnages sont réalisés à l'aval des digues des barrages.



Figure III.5 : Prélèvement d'échantillon d'eau au niveau d'une digue (ARNH ,2018)

2.2.2-mesure de la concentration en matières en suspension

Les matières en suspension sont des particules solides qui se trouvent dans l'eau. Ils peuvent être d'origine organique ou minérale. la concentration des matières en suspension dans l'eau se détermine par la filtration qui est un procédé de séparation solide-liquide. Pour déterminer la concentration en matières en suspension on procède de la manière suivante :

- Peser le filtre sur une balance avant l'utilisation et noté le poids M1
- Placer le filtre sur le dispositif de la filtration
- Verser l'eau à analyser sur le filtre
- Rincer le béccher puis verser l'eau sur le filtre
- Laisser l'eau s'infiltrer à travers le filtre jusqu'à ce qu'il ne reste que des matières en suspension sur le filtre.
- Enlever le filtre et sécher le sous une température de 105°C
- Déterminer le poids M2 du filtre après l'utilisation

Soit V le volume d'eau à analyser, La concentration en matière en suspension c est donné par la formule : $C = (M2 - M1) / V$ (mg/l)

3-traitement et mise en forme des données

Après rectifications des données, nous avons mené nos études sur la période hydrométrique de 1990 à 2005. Cette période présente des données en matières en suspensions et en débits liquides qui peuvent nous permettre de réaliser nos analyses. Notre étude sera menée sur cinq(5) stations hydrométriques. Ces derniers possèdent des données assez complètes en matières en suspension et

Chapitre III : matériels et méthodes

en débits pour pouvoir atteindre l'objectif dont nous souhaitons. Ces stations sont regroupées dans les tables suivant :

Tableau III.2 : stations ayant des données complètes

station	oued	code	Cordonnées en m		Superficie en km ²
			X(m)	Y(m)	
Arib abda	Abda	011801	439650	332580	660
Ghrib amont	Chélif	011407	475650	308800	1383.7
Marabout blanc	Deurdeur	011601	480150	315750	851
EL-ababsa	Harreza	011715	443900	318050	754
Ouled ben aek	sly	012311	-	-	1400

Grace aux données obtenus au niveau de ces station et en se servant du logiciels de calcule Excel, nous allons tracés les fonctions $Q_s=f(Q_l)$. La corrélation entre ces deux paramètres (Q_s, Q_l) vont nous permettre de mettre en évidence la relation entre le débit solide et le débit liquide. L'étude sera portée sur l'échelle :

- Instantané en utilisant le débit de cru journalière
- Annuelle en utilisant le débit moyen mensuelle sur l'année
- Saisonnières en utilisant le débit moyen mensuelle sur les différentes saisons de l'année

4-conclusion

Les données en débits liquides sont mesurées dans les stations hydrométriques. Il existe plusieurs méthodes de mesure, mais la méthode la plus utilisé est la méthode limnimétriques. Quant aux données en matières en suspensions, elles sont déterminées dans les laboratoires par séparations solides liquides après un prélèvement dans les stations de mesures de qualités. L'analyse est basée sur la méthode puissance de corrélation en utilisant le logiciel de calcul Excel

Chapitre IV : Résultat et discussions

1-Relation entre le débit liquide et le débit solides

Les concentrations en matières en suspensions sont généralement fonctions des débits. En effet aux forts débits liquides correspondent de fortes concentrations en matières en suspensions (**Amiotte Suchet, Probst 1995**). Cette relation dépend de plusieurs paramètres. Toutefois, s'il est difficile d'établir une formule reliant les différentes variables, du moins peut-on, en utilisant la méthode de corrélation, espérer établir une expression mathématique qui mette en évidence la relation entre ces deux phénomènes. (**Fournier et Hénin 1968**). La situation s'observe le plus souvent dans les systèmes fluviaux méditerranéens durant l'hiver ou au cours d'écoulement torrentiels spontanés en automne ou même au printemps (**Serrat, 1999**).

1.1-Analyse à l'échelle annuelle

Il s'agit de mettre en évidence la relation qui lie le débit liquide et le débit solide en matières en suspensions ($QS=aQL^b$) sur l'échelle annuelle en utilisant la méthode puissance de corrélation. Les résultats trouvés sont regroupés dans le tableau et les graphes suivants.

Tableau IV.1 : Relation débit liquide et débit solide à l'échelle annuelle

Nom de la station	code	date	Relation ($QS=aQL^b$)	Coeff de corrélation (R^2)
Oued sly	012311	2002 à 2003	$QS=25,14QL^{1,17}$	0.42
Oued harreza	011715	2002 à 2003	$QS=15,79QL^{0,71}$	0.71
GRIHB AMONT	011407	1992 à 1993	$QS=24,44QL^{1,34}$	0.60
Oued deurdeur	011601	1992 à 1993	$QS=33,13QL^{0,81}$	0.70
ARIB ABDA	011801	1990 à 1991	$QS=105,93QL^{0,98}$	0.66

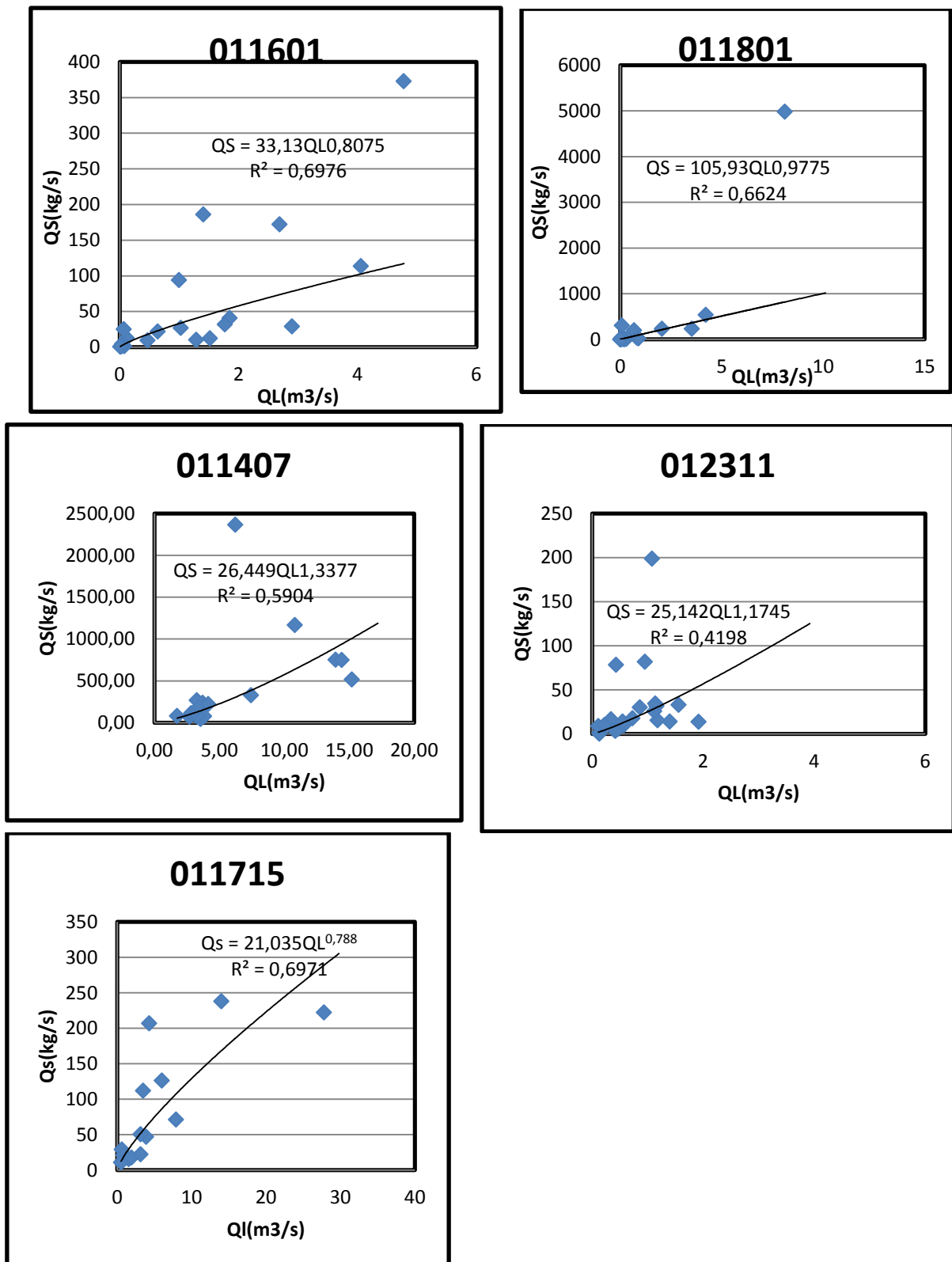


Figure IV.1 : Corrélation entre le débit liquide et le débit solide à l'échelle annuelle pour les différentes stations.

Chapitre IV : Résultat et discussions

On constate que dans la majorité des stations le coefficient de corrélation dépasse les 50%(tab.IV.1).Cela explique qu'il y a une forte relation entre le débit liquide et le débit solide dans les eaux de surface du Cheliff. D'autre part d'après les graphes on constate qu'il y a des forts débits solides associés à des faibles débits liquides, cela se produit en été au moment où le sol est très érodable. On constate également des forts débits liquides engendrant des faibles débits solides, cela se produit pendant les orages de l'hiver où le sol est moins érodable.

1.2-analyse à partir de crues journalières

L'analyse de l'apport en matière en suspension à l'échelle journalière permet de mettre en évidence la relation qui lie le débit liquide de crue journaliers et le débit solide en matière en suspension. Pour chaque station nous avons choisi cinq(5) débits de crue et nous avons déterminé leurs corrélations avec le débit solide en matière en suspension. Généralement la relation entre le débit de crues journalier et le débit solide en matière en suspension est mise en évidence par l'équation $Q_s = aQ_j m^b$. Cette relation est vérifiée par notre analyse en utilisant la méthode puissance de corrélation (fig.IV.2). Il est à noter que cette relation ne s'applique qu'à des débits inférieurs à 600m³/s au-delà la corrélation est médiocre (Serrât, 1999).

Tableau IV.2 : Relation entre débit solides et débit de crue journalière.

station	code	Nombre	Relation $Q_s = aQ_j m^b$	Coefficient (R^2)
sly	012311	5	$Q_s = 5,53Q_j m^{1,4}$	0,55
EL ABABSA (hareza)	011715	5	$Q_s = 0,11Q_j m^{2,82}$	0,99
GRIHB AMONT	011407	4	$Q_s = 0,97Q_j m^{1,97}$	0,75
Oued deurdeur	011601	5	$Q_s = 10,04Q_j m^{1,21}$	0,62
ARIB ABDA	011801	5	$Q_s = 1,81Q_j m^{1,99}$	0,78

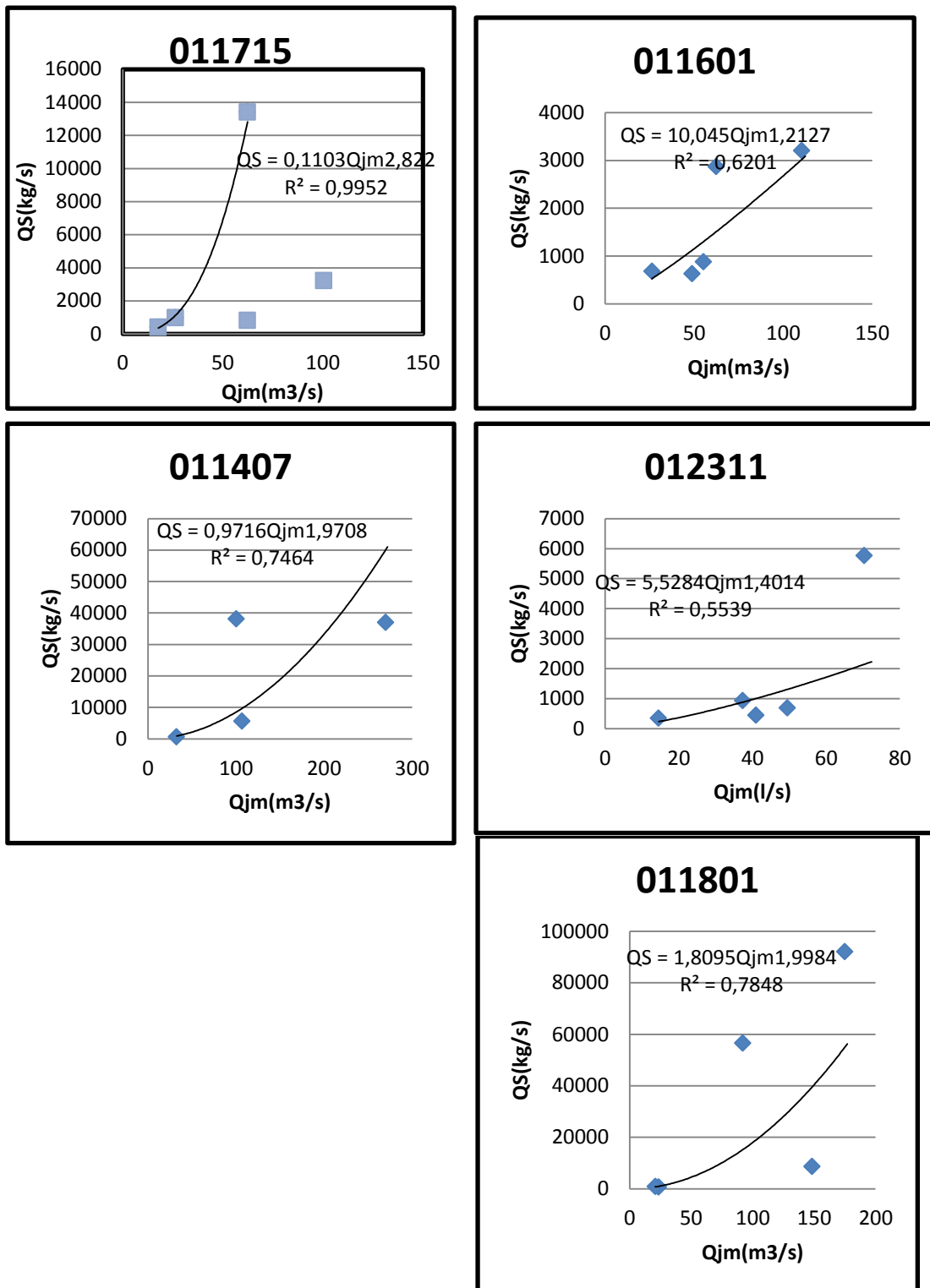


Figure IV.2 : corrélation entre le débit de crue journalière et le débit solide en matière en suspension pour les différentes stations

Chapitre IV : Résultat et discussions

On constate qu'il y a une bonne relation entre le débit liquide de crue journalière et le débit solide en matière en suspension ; le coefficient de corrélation varie entre 0,55 à 0,99 (Tab IV.2). Ceci peut être interprété par le fait que le problème est mieux cerné à l'échelle de l'événement (**Hamid Bouchelkia et Boualem Remini, 2003**). On constate également dans la majorité des événements de crue le débit solides en matière en suspension croît avec le débit liquide. A titre d'exemple dans la station de l'oued Ghrib (011407) pour un débit de crue liquide de $270m^3/s$ la quantité en matière en suspension est de 36,99t/s (fig.IV.2). Ceci est lié à l'érosion des bassins versants principalement au niveau des berges ainsi qu'à l'affouillement de la partie mobilisable du lit de l'oued (**Foudil Bouras, 2012**). A tout cela il faut aussi ajouter l'érodabilité de la région car le bassin de Cheliff se distingue comme un cas particulier de l'érosion en Algérie à cause de son érodabilité élevé (**Hamid Bouchelkia et Boualem Remini**).

1.3-Analyse à l'échelle saisonnière

Pour prouver l'influence des saisons sur le transport de matière en suspension par les eaux de surface du Cheliff, nous avons regroupé les données en matières en suspensions et en débit instantanés de la région fournie par l'ARNH selon les quatre (4) saisons de l'année (automne, hiver printemps et été). Après l'analyse des données par les méthodes puissance de corrélation entre les débits solides en matières en suspensions et les débits instantanés de l'eau (Ql), on a trouvés des courbes d'équation : $Q_s = aQ_l^b$ (fig.IV.3) où a et b sont des coefficients de variations.

Tableau IV.3 : Relation entre le débit solide et le débit liquide à l'échelle saisonnière

station	corrélacion	Hiver	printemps	été	automne
Ghrib Amont	équation	$Q_s = 25Q_l^{1,24}$	$Q_s = 43,96Q_l^{1,29}$	$Q_s = 36,5Q_l^{0,88}$	$Q_s = 17,72Q_l^{1,21}$
	Coeff (R^2)	0,85	0,75	0,61	0,82
Herrera	équation	$Q_s = 20,5Q_l^{0,85}$	$Q_s = 15,53Q_l^{0,96}$	$Q_s = 18Q_l^{0,88}$	$Q_s = 12,6Q_l^{1,50}$
	Coeff (R^2)	0,70	0,87	0,98	0,58
sly	équation	$Q_s = 20,2Q_l^{1,04}$	$Q_s = 8,4Q_l^{1,37}$	$Q_s = 33Q_l^{-0,86}$	$Q_s = 12,84Q_l^{1,0}$
	Coeff (R^2)	0,88	0,53	0,46	0,72
Deurdeur	équation	$Q_s = 12,7Q_l^{1,17}$	$Q_s = 28,2Q_l^{0,72}$	$Q_s = 11,3Q_l^{1,31}$	$Q_s = 30,6Q_l^{0,76}$
	Coeff (R^2)	0,82	0,33	0,71	0,70
Aribe	équation	$Q_s = 44,4Q_l^{1,15}$	$Q_s = 97,8Q_l^{1,05}$	$Q_s = 78,4Q_l^{1,07}$	$Q_s = 33Q_l^{0,74}$
	Coeff (R^2)	0,92	0,57	0,82	0,78

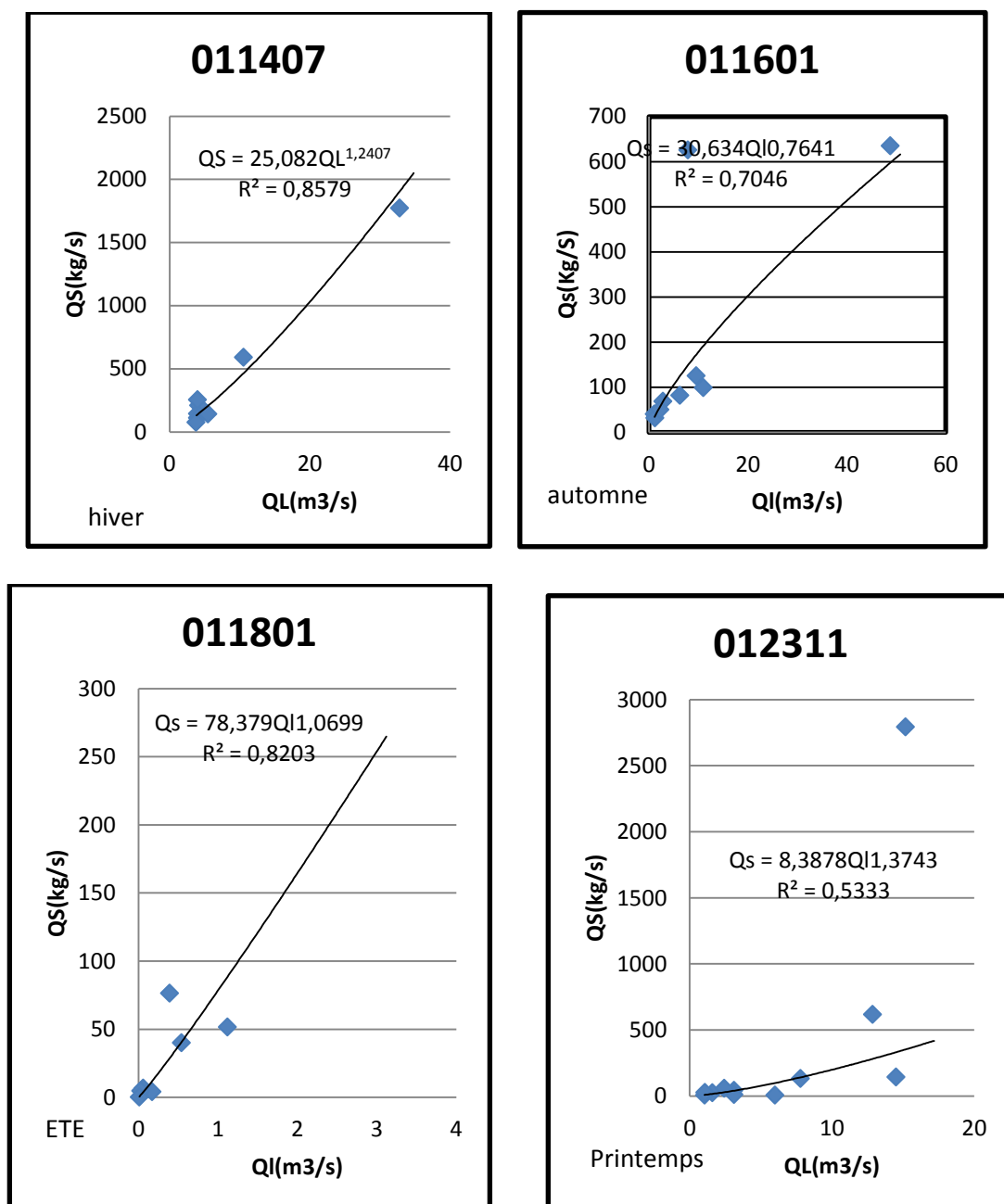


Figure IV.3 : Corrélation entre le débit solides et le débit liquides à l'échelle saisonnière

On constate qu'il y a une influence des saisons sur l'apport en matière en suspension par les eaux de surfaces. Tous d'abord le coefficient de corrélation est plus élevé durant les saisons hiver et automne qu'en printemps et été (tab.IV.3). Ceci peut s'expliquer par la régularité des apports durant ces saisons (**H. Bouchelkia et B. Remini, 2010**). On constate également des forts débits liquides engendrant des forts débits solides en hiver et en automne. Les débits liquide maximal durant ces saisons sont respectivement de 32.8m³/s et 48.82m³/s avec des débits solides de 1771.6 kg/s et 634.66kg/s par contre il y a des faibles débit liquide en été et en printemps engendrant des faibles débit solide. En effet après la grande saison sèche, les premières pluies de l'automne trouvent un sol sec et dur, difficilement érodable.

Chapitre IV : Résultat et discussions

La réponse du bassin en matière en suspension est donc très faible. Ce sont les pluies torrentielles qui surviennent en octobre et novembre qui arracheront de grandes quantités de matières solides, qui seront par la suite véhiculées en suspension par le cours d'eau. (Hallouz F et al, 2012)

2-apports spatiaux temporelle pour les différents oueds.

A partir des données fournies par l'ARNH, nous allons tracer les graphes des débits solides en fonctions des mois de l'année pour les différents oueds dont les données sont assez complètes. Cela nous permettra de mettre en évidence les différences spatiales et temporelles de l'apport en matière en suspension par les eaux de surface du Cheliff.

2.1-Grihb Amont

La charge spécifique moyenne du bassin de Ghrib est environ de $7.88 \text{ kt}/\text{km}^2/\text{an}$. Ce bassin est très favorable au transport en matière en suspension. Cela est lié aux paramètres climatiques, topographiques, lithologiques et au couvert végétal du bassin. La quantité solide maximale transportée est observable pendant le mois de mai qui correspond au printemps de l'année. La quantité minimale est enregistrée dans le mois d'août pendant l'été. Ce contexte favorable au transport solide, conduit à une forte dégradation des sols dans ce bassin versant (MEDDI, 1992).

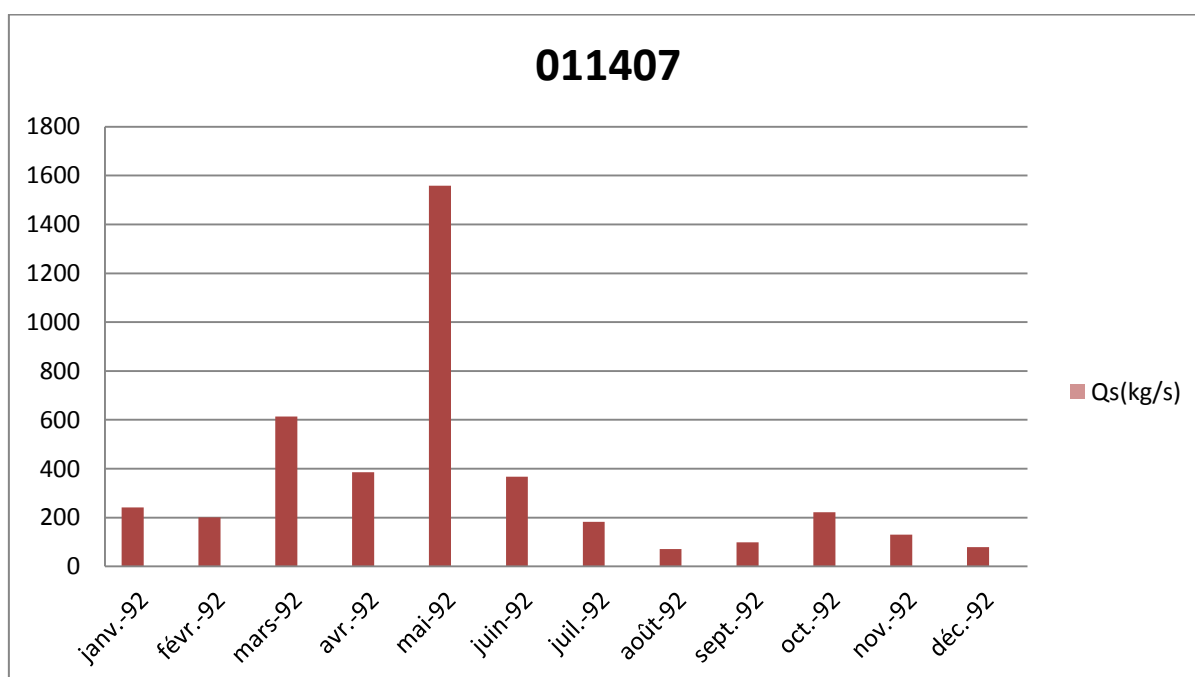


Figure IV.4 : Variation spatiale temporelle du transport solide dans le bassin de Ghrib amont (oued Cheliff).

2.2-Oued sly

Comme le bassin de Ghrib amont, le bassin de l'oued sly est très favorable au transport solides en suspension, sa charge spécifique est de $705.65t/km^2/an$. cette dernière est liée au ruissellement au couvert végétal, à la lithologie et à la topographie du bassin. Le taux élevé du transport solide dans le bassin est observable durant le mois d'avril. Le taux le plus bas est enregistré en septembre pendant l'été.

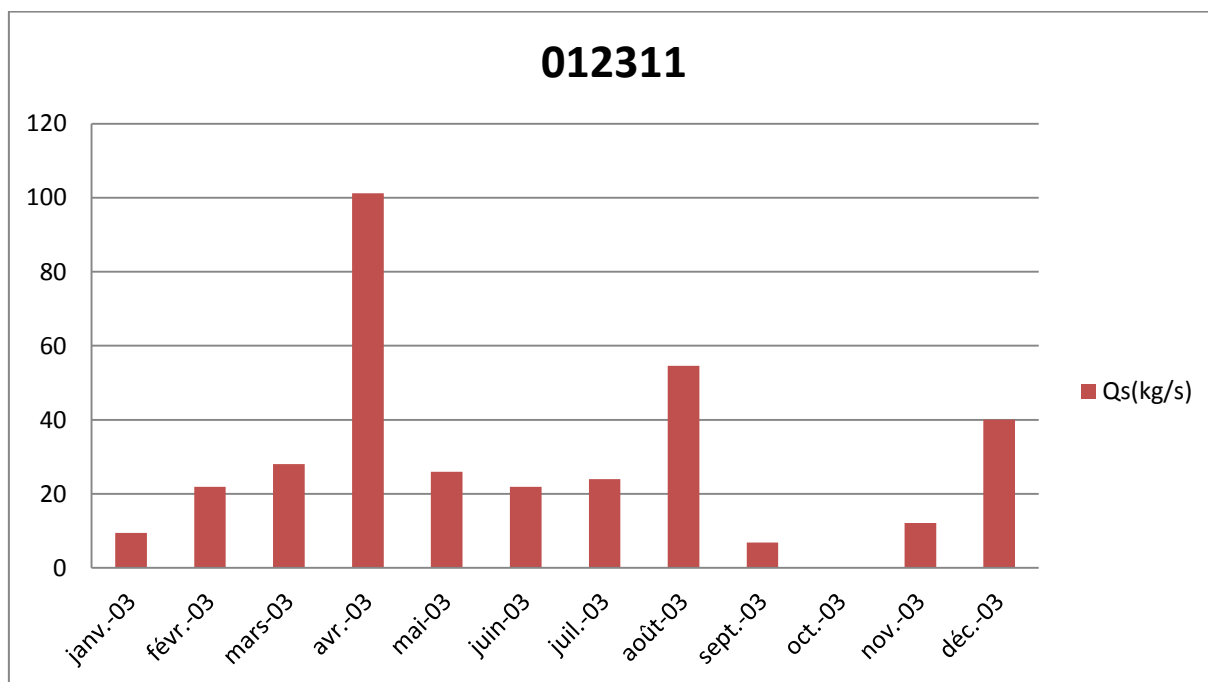


Figure IV.5 : Variation spatiaux temporelle du transport solide en suspension dans l'oued sly (année 2003)

2.3-harreza

Le taux spécifique dans le bassin de l'oued harreza est $56.51t/km^2/an$. Cela montre que ce bassin est moins favorable au transport solide qu'aux autres bassins. La quantité maximale de matière en suspension transportée dans le bassin en 2004 est de $8.45kg/s$. La quantité minimale est de $0.14kg/s$. Le transport solide dans ce bassin est très fréquent en hiver et printemps.

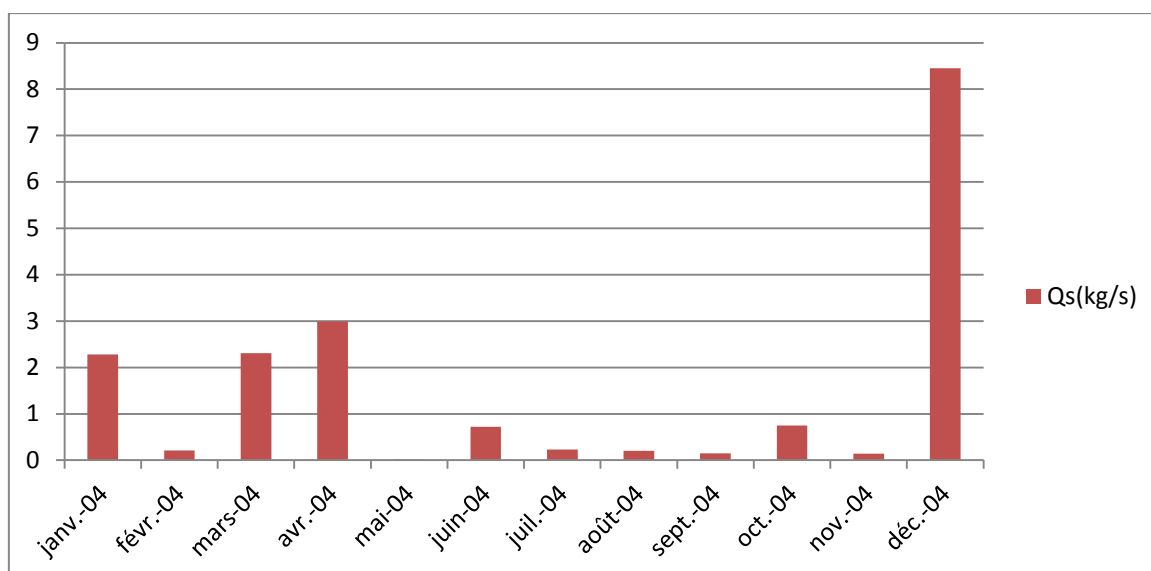


Figure IV.6 : Variations spatiaux temporelle du transport solide en suspension dans l'oued Hareza (année 2004)

2.4-oued Deurdeur

Le bassin de l'oued Deurdeur est également favorable au transport solide. La charge moyenne spécifique de ce bassin est de $1.44 \text{ kt}/\text{km}^2/\text{an}$. Le transport solide dans le bassin est très fréquent dans les mois d'octobre novembre, décembre, mars et avril. Ce qui correspondent au printemps et automne de l'année. En 2003 le débit maximal de matière en suspension dans le bassin est d'environ 141.41 kg/s

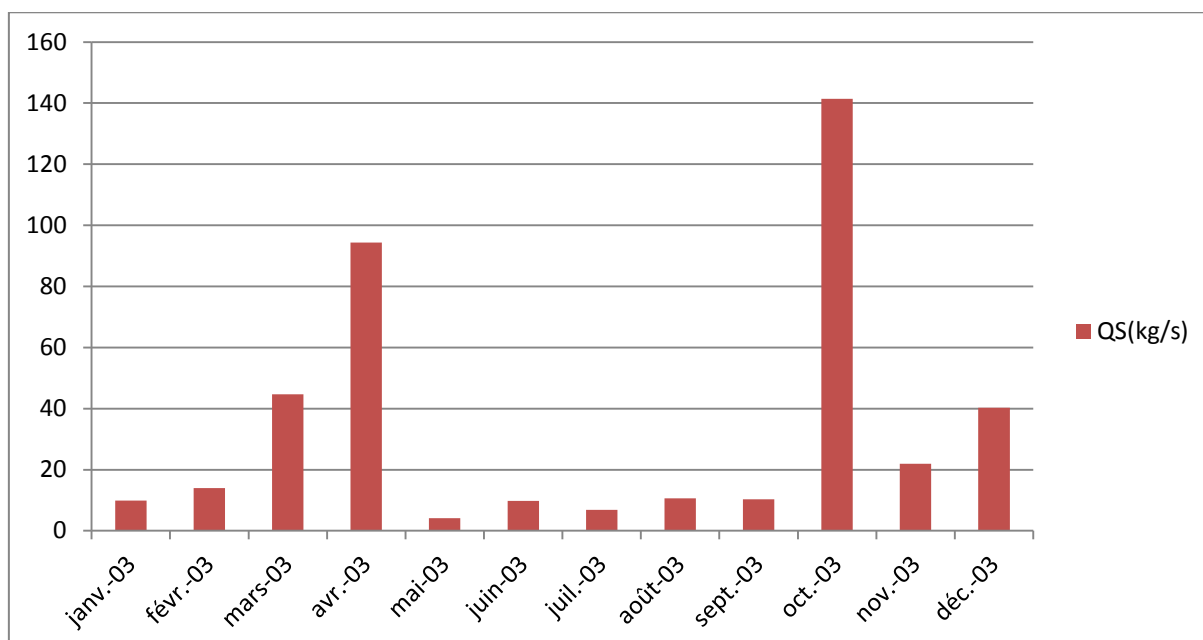


Figure IV.7 : Variation spatiaux temporelle du transport solide dans l'oued Deurdeur (année 2003).

2.5-Arife

Arife Ebda est l'un des bassins le moins favorable au transport solide .sa charge spécifique moyenne est d'environ $1.10\text{kt}/\text{km}^2/\text{an}$.Dans l'année hydrologique 1992-1993, les taux maximales des débits solides sont observables en hiver et au printemps.

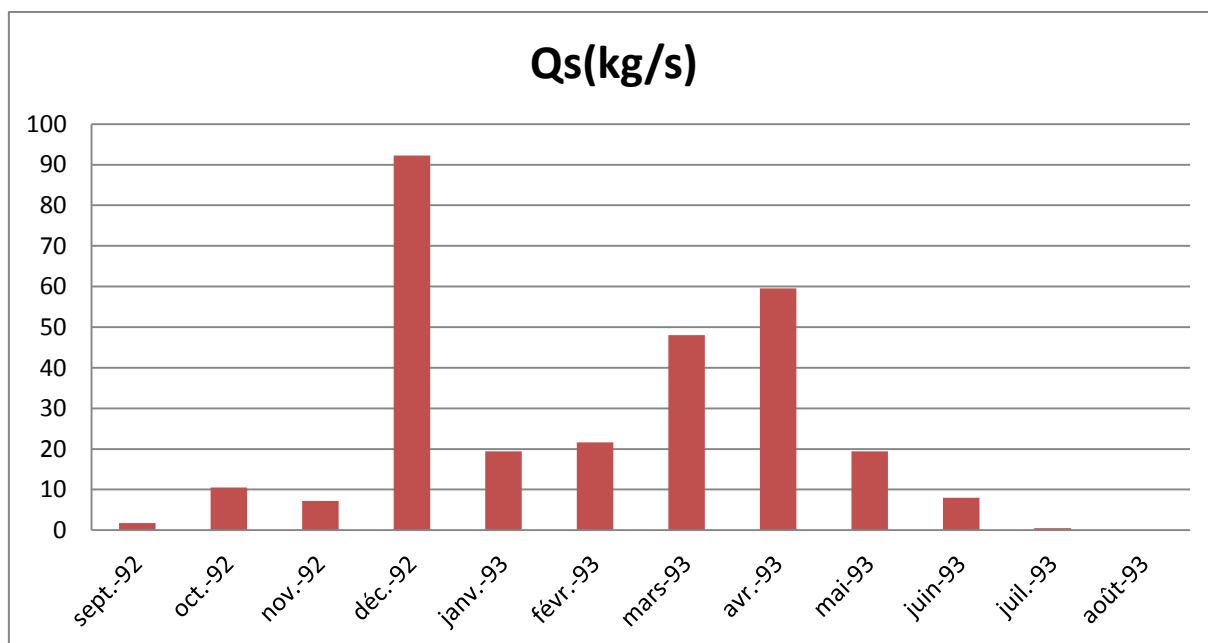


Figure IV.8 : Variation spatiaux temporelle du transport solide Arife Ebda année 1992-1993

3-Conclusion

La relation qui lie le débit solide en suspension et le débit liquide est donnée par la formule $Q_s = aQ_l^b$.Dans les eaux de surfaces du Cheliff, il y a une bonne relation entre le débit solide en suspension et le débit liquide car les coefficients de corrélation varient entre les 0.99 et 0.33.Cette relation varie selon que l'analyse soit faite à l'échelle annuelle , saisonnière ou journalière .On constate que le phénomène est mieux cerné à l'échelle journalière où le coefficient de varie de 0.99 à 0.55. D'autre part l'analyse en matière en suspension varie aussi en fonction de l'espace. Dans le bassin versant de Cheliff, le sous bassin de Ghrib est le mieux favorable à ce phénomène avec une charge spécifique moyenne de $7.88\text{kt}/\text{km}^2/\text{an}$

Conclusion générale

Le calcul des taux (apports) de matières en suspensions charriées par l'oued Cheliff dans sa partie moyenne a concernés cinq sous bassins versants dont la quasi-totalité des sols est formée d'alluvions constituées essentiellement d'éléments fins dérivés de marnes ou d'argiles, rendant le sol très sensible à l'érosion. Les altitudes varient de 100m, à 1800m avec une pente moyenne de 1.85. L'apport en matières en suspension pose le problème de l'amoindrissement des capacités de stockage des eaux de surface. Ces matières en suspensions proviennent de bassins sous l'influence de l'érosion et des sapements des berges. Ces derniers dépendent de plusieurs facteurs dont la pluviométrie, la géologie, la pédologie, la morphologie du sol, et le couvert végétal.

La quantification de ce phénomène a nécessité un traitement de données en débits solides et liquides des cours d'eau. Les débits liquides des cours d'eau sont mesurés dans les stations hydrométriques selon la méthode utilisée par la station. Quant aux débits solides, ils sont déterminés dans les laboratoires en utilisant la méthode de séparation solide-liquide après un prélèvement dans les stations de mesure de qualités d'eau.

La relation entre ces deux paramètres est mise en évidence par l'équation :

$$Y=aX^b \text{ avec}$$

Y : débits solides

X : débits liquides

a et b : coefficients de forme

L'étude à différentes échelles temporelles, de cette relation a permis d'appréhender la complexité d'approche du transport solide. On constate que le phénomène est mieux cerné durant l'échelle de crue avec des coefficients de corrélation allant de 0.55 à 0.99.

L'analyse à l'échelle saisonnière, nous montre que l'automne et l'hiver se distinguent par leurs forts débits liquides engendrant un flux important de matières solides en suspensions. Cela à cause de la régularité des facteurs influençant l'érosion et le transport solide durant ces saisons.

A l'échelle annuelle, l'analyse nous montre qu'il y a de forts débits solides associés à de faibles débits liquides et de forts débits liquides engendrant de faibles débits solides. Ces deux phénomènes se déroulent respectivement en été et en hiver et sont également liés à des paramètres influant l'érosion et le transport solide.

D'autre part, l'apport en matières en suspension varie en fonction des paramètres, climatiques, géologiques, morphologiques et du couvert végétal des sous bassins. Dans le bassin du Cheliff, le sous bassin de Ghrib engendre le taux le plus élevé de

Conclusion générale

transport en matières en suspension avec une charge spécifique moyenne de 7.88 $kt/km^2/an$. Ce qui a pour conséquence une dégradation des sols visible sur le terrain. Elle est due aux caractères favorables à l'érosion : une topographie très favorable (pentes raides), qui conduit à un écoulement très rapide favorisant l'arrachement des particules du sol après le travail de désagrégation par insolation ; et une couverture végétale discontinue, qui protège mal le sol.

Par contre le bassin versant de l'oued Hareza est le moins favorables au transport solide .Il présente une charge spécifique moyenne de 56.51 $t/km^2/an$. Cela peut être dû à une topographie qui favorise beaucoup plus l'infiltration à cause des pentes moins accentuées.

A la lumière de tous ces résultats nous pouvons conclure que les eaux de surfaces des cinq bassins étudiés présentent des charges spécifiques moyennes qui varient de 7.88(Ghrib) à 0.0565(Hareza) $kt/km^2/an$. Le phénomène (l'apport de matières en suspensions) est surtout très observé en automne et en hiver.

Références bibliographiques

Achite M. et Meddi M., 2019.Variabilité spatio-temporelle des apports liquide et solide en zone semi-aride. Cas du bassin versant de l'oued Mina (nord-ouest algérien).

Asnoui Fatiha., 2014. Etude du transport solide en suspension dans le Bassin Versant d'oued AL ABD. Mémoire master, Eau sol et aménagement.

Bouaichaoul Nadia et Mekid Tounes, 2017.Contribution à l'étude de l'impact de la variabilité du transport solide. Mémoire master, Gestion de Ressource en Eau et Environnement.

Bouchelkia H. et Remini B., 2010. Quantification du transport solide dans le bassin versant algérien du Cheliff.

Jim Ritter., 2018.L'érosion du sol – Causes et effets.

Laborde J.P., 2006.Eléments d'hydrologie de surface.

Mohammed Achite et al., 2006. Erosion hydrique en Algérie du Nord : Ampleur, Conséquences & Perspectives.

Mohamed Dermachi directeur général ABH-CZ. Atlas de bassin hydrographique cheliff-zahrez.

Remini B. & Bensafia D., 2016.Envasement des barrages dans les régions arides exemples algériens.

Roger Calvez ,2015.Hydrométrie

Souhila Benkaci A et al., 2018.Modélisation de l'érosion du bassin haut et moyen Cheliff par l'application Model builder sur Arc Gis.

Teberbi Bakhta et Bensmaili Hayat., 2017. Analyse de relation de puissance débit solide- débit liquide à l'échelle du bassin versant haut Chéiff. Mémoire master, Eau et bioclimatologie.