

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ahmed Draia Adrar

Faculté Des Sciences et de Technologies

Département Des Sciences et Technique



Mémoire De Fin D'étude En Vue De L'obtention Du Diplôme:

Master En Génie Civil

Option : Géotechnique

Thème

**Etude de la problématique de l'envasement Du Barrage Djorf-Torba
WILAYA DE BECHAR**

Membres de Jury

Présenté par

Président : M^{me} BELAIDI KHEDIDJA

M^{elle} HALA ZOHRA

Promoteur : Pr .MEKERTA BELKACEM.

M^{elle} KARROUR MALIKA

Co-promoteur : M^r. ABDELKRIMI ABDERRHMANE.

Examineur : Mr ABBOU MOUHAMED.

Année Universitaire 2018-2019

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Ahmed Draia Adrar

Faculté Des Sciences et de Technologies

Département Des Sciences et Technique



Mémoire De Fin D'étude En Vue De L'obtention Du Diplôme:

Master En Génie Civil

Option : Géotechnique

Thème

**Etude de la problématique de l'envasement Du Barrage Djorf-Torba
WILAYA DE BECHAR**

Membres de Jury

Présenté par

Président : M^{me} BELAIDI KHEDIDJA

M^{elle} HALA ZOHRA

Promoteur : Pr .MEKERTA BELKACEM.

M^{elle} KARROUR MALIKA

Co-promoteur : M^r. ABDELKRIMI ABDERRHMANE.

Examineur : Mr ABOU MOUHAMED

Année Universitaire 2018-2019

Remerciements

Nous tenons dans un premier temps à rendre Grâce à Allah pour nous avoir accordé la santé, le moral et surtout sa bénédiction pour la réalisation de nos études jusqu'à cet aboutissement.

*Tout d'abord, je tien à remercier mon encadreur **Pr. Belkacem MEKERTA** et Mon Co-encadreur **Mr. Adbe Ikrimi** et **Mr. Fateh Belaout** qui m'ont fait confiance, et qui ont bien voulu superviser ce travail.*

Nous les remercie de m'avoir fait bénéficier de leurs connaissances, de leurs orientations et de leurs critiques qui m'ont beaucoup aidé à l'amélioration de ce mémoire.

Nous remercie également le président et les membres de jury d'avoir accepter d'examiner mon travail



Dédicaes



*Je remercie tout d'abord **HALA** de m'avoir aider à réaliser ce travail*

Je dédie ce mémoire de fin d'étude

Amon très cher père et ma très chère mère

En témoignage de ma reconnaissance envers le soutien, les sacrifices et tous les efforts qu'ils ont fait pour mon éducation et ma formation

A ma chère grande mère

*Ames sœurs **Samia, Mona**, mes frères **Abdelali, Abdelmalek, Boubaker, Yassine, Younes***

A tous mes amis de l'université d'Adrar

HALA ZOHRA



Dédicaes



Je dédiece modeste travail:

Au Seigneur Tout-Puissant qui m'a Il créé

Pour mon père qui J'ai eu un avant-goût Pour la sagesse et la connaissance

*A ma mère qui m'a donné la vie et Qui J'ai Guidé mes premiers pas Dans la recherche, la
connaissance et le succès*

À mes frères Mabrouk, Miloud Ahmed, Salah et ma soeur Ibtissam et Gratuit Boudjma

A tous les membres de ma famille karrou et Bamhdi

À mes chers amis.

Et à Tous Personne D'occasion Cette Document Pour bon usage.

KARROUR MIKA

Sommaire

• Liste des figures	I
• Liste des tableaux.....	II
• Liste des photos.....	III
• Liste des symboles et des abréviations	IV

Introduction Générale	1
------------------------------------	---

Chapitre I: Problématique de l'envasement des barrages.

I.1.Introduction.....	3
I.2.Aperçu sur l'envasement à l'échelle national	3
I.3. Les modes de transport solide et la sédimentation des barrages	8
I.4. Les Causes et les conséquence de l'envasement :.....	10
I.5. Les moyens de lutte contre l'envasement	11
I.6. CONCLUSION :	12

Chapitre I: Présentation du barrage Djorf-Torba (Béchar).

II.1 INTRODUCTION:.....	14
II.2 SITUATION ET CARACTERISTIQUES DU BARRAGE.....	14
II.2.1 Situation géographique de la ville de Béchar	14
II.2.2 Situation géographique du barrage Djorf-Torba :	15
II.2.3 : Fiche technique du barrage :.....	16
II.2.4 Historique de Barrage :.....	17
II.3 : L'HYDROLOGIE ET LA GEOLOGIE DE LA ZONE D'ETUDE.....	19
II.3.1 : L'hydrologie de la zone d'étude :.....	19
II.4 ETAT DE L'EROSION DU BASSIN VERSANT :.....	22
II.4.1 Bassin versant du barrage Djorf-Torba.....	22
II.4.1.1Présentation du bassin versant de l'oued Guir.....	22

II.4.2 Caractéristique du bassin versant de l'Oued Guir:.....	23
II.5 CONCLUSION:.....	24

Chapitre III : Analyse des différents paramètres du barrage Djorf-Torba par l'application du Logiciel ArcGIS

III.1. Introduction:.....	26
III.2.Présentation du logiciel ArcGIS et les domaines d'utilisation:	26
III.2.1. Présentation du logiciel ArcGIS:.....	26
III.2.2.Domains d'utilisation du logiciel ArcGIS :.....	26
III.3. Estimation de l'érosion dans les sous bassins versants du barrage Djorf -Torba :	27
III.3.1. Détermination des différents bassins versants du barrage Djorf-Torba	27
III.3.2.Calcul de l'érosion dans les différents sous bassins versants.....	29
III.4.CONCLUSION	36

Chapitre IV : Analyse des propriétés physiques et chimiques des sédiments d'envasement du barrage DJORF-TORBA

IV.1.Introduction:.....	37
IV.2.Analyses des propriétés physiques et chimiques de la vase :	37
IV.3.Conclusion.	44
Conclusion générale Et Perspectives	46
Bibliographie.....	48

Annexes

- ✓ Les resultants des calculs de l'érosion spécifique des different sous basins versants
- ✓ Figure : courbe limites d'Atterberg

Résumé:

En raison des dépôts de boue de l'érosion des sols dans les bassins versants, des tonnes de terres sont érodées chaque année et transportées directement vers la mer ou les barrages.

Le phénomène de la sédimentation des retenues de barrage est un problème complexe dans le monde et en particulier en Algérie.

Notre étude se limitera au barrage Djorf-Torba situé sur l'oued Guir à l'ouest de l'Algérie, exactement dans la municipalité de Kanadsa, à 60 km de l'état de Béchar.

Nous avons utilisé un programme appelé Arc-Gis pour identifier les bassins versants qui alimentent l'oued principal. Ceci nous a permis d'estimer l'érosion spécifique totale en fonction de la pluviométrie.

Mots clés : sédimentation ; envasement ; barrage Djorf-Torba ; logiciel Arc-Gis ; bassin versant ; érosion spécifique.

ملخص:

بسبب الوحل في مستجمعات المياه، تتآكل أطنان الأرض كل عام وتنقل مباشرة إلى البحر أو السدود ظاهرة ترسبات خزانات السدود هي مشكلة معقدة في العالم وخاصة في الجزائر.

ستقتصر دراستنا على سد Djorf-Torba الواقع على وادي Guir في غرب الجزائر بالضبط في بلدية قنادسة على بعد 60 كم من ولاية بشار.

استخدمنا برنامجًا يسمى Arc-Gis لتحديد مستجمعات المياه التي تغذي الوادي الرئيسي.

وقد سمح لنا ذلك بتقدير إجمالي التآكل المحدد كدالة لهطول الأمطار.

الكلمات الرئيسية: الترسيب. ترسب الطمي. سد جورف طربة ؛ برنامج Arc-Gis مستجمعات المياه. تآكل معين.

Abstract:

Because of soil erosion mud deposits in watersheds, tons of land are eroded each year and transported directly to the sea or dams.

The phenomenon of sedimentation of dam reservoirs is a complex problem in the world and in particular in Algeria.

Our study will be limited to Djorf-Torba dam located on Oued Guir in the west of Algeria, exactly in the municipality of Kanadsa, 60 km from the state of Bechar.

We used a program called Arc-Gis to identify the watersheds that feed the main wadi. This allowed us to estimate the total specific erosion as a function of rainfall.

Key words: sedimentation; siltation; Djorf-Torba dam; Arc-Gis software; watershed; specific erosion.

Liste des Figures

Figure I. 1 Modes du transport solide	8
Figure I. 2 Schémas des modes de transport solide	9
Figure I.3: Décantation et tassement des particules fines	9
Figure I. 4 Mode d'envasement	10
Figure II. 5: Situation géographique de Bechar	14
Figure II. 6 : Limites géographiques de la wilaya de Bechar	15
Figure II. 7: Localisation de la région d'étude et position des coupes géologiques.....	15
Figure II. 8: Localisation du Barrage Djorf Torba- Bechar	16
Figure II. 9: Les cours d'eau qui alimentent l'Oued Guir.....	21
Figure II. 10: Carte géologique de Béchar	22
Figure III 11 Bassin versant de l'oued Guir.....	28
Figure III 12.: Bassins versants de l'oued GUIR (partie amont du barrage Djorf Torba) en MNT. .	28
Figure III. 13: Evolution du taux d'érosion spécifique E_s et de la pluie annuelle P_a en Fonction du temps du SBV (N°1)	30
Figure III. 14: Evolution du taux d'érosion spécifique E_s et de la pluie annuelle P_a en Fonction du temps du SBV (N°2)	30
Figure III. 15: Evolution du taux d'érosion spécifique E_s et de la pluie annuelle P_a en Fonction du temps du SBV (N°3)	30
Figure III. 16: Evolution du taux d'érosion spécifique E_s et de la pluie annuelle P_a en Fonction du temps du SBV (N°4)	31
Figure III. 17: Evolution du taux d'érosion spécifique E_s et de la pluie annuelle P_a en Fonction du temps du SBV (N°5)	31
Figure III. 18 : Evolution du taux d'érosion spécifique E_s et de la pluie annuelle P_a en Fonction du temps du SBV (N°6)	31
Figure III. 19: Evolution du taux d'érosion spécifique E_s et de la pluie annuelle P_a en Fonction du temps du SBV (N°7)	32
Figure III. 20: Evolution du taux d'érosion spécifique E_s et de la pluie annuelle P_a en Fonction du temps du SBV (N°8)	32
Figure III. 21: Evolution du taux d'érosion spécifique E_s et de la pluie annuelle P_a en Fonction du temps du SBV (N°9)	32
Figure III. 22 Evolution du taux d'érosion spécifique E_s et de la pluie annuelle P_a en Fonction du temps du SBV (N°10)	33

Figure III. 23: Evolution du taux d'érosion spécifique E_s et de la pluie annuelle P_a en Fonction du temps du SBV dans Bassin versant (N°11).....	33
Figure III. 24: Evolution du taux d'érosion spécifique E_s et de la pluie annuelle P_a en Fonction du temps du SBV (N°12)	33
Figure III. 25 : Evolution totale de l'érosion spécifique E_s en fonction de la période de retour P ..	34
Figure III. 26: Distribution de l'érosion pour différents bassins versants	35
Figure IV. 27: Points de prélèvement des différents échantillons	37

Liste des Tableaux

Tableau I.1– Etat de l’envasement de quelques barrages en Algérie	3
Tableau I. 2 : Taux des sédiments dans les barrages les plus envasés en Algérie.....	4
Tableau I.3:capacité des barrage Algériene en exploitation,region centre	5
Tableau I. 4 Capacité des barrages Algériens en exploitation, région Ouest	6
Tableau I.5 Capacité des barrages Algériens en exploitation, région Est	7
Tableau III.1 Caractéristiques géométriques des sous bassins versant de l’oued Guir.	29
Tableau IV. 6: Résultats de la granulométrie complète par (Tamisage à sec)	38
Tableau IV. 7: Résultats de la granulométrie par sédimentométrie.....	39
Tableau IV. 8.: Résultats du poids spécifique	40
Tableau IV .9 Réultat de Limites d' Atterberg.....	42
Tableau IV.10 Réseltat de bleu de méthylène	43
Tableau IV.11. Réseltat de l'essai chimque	44

Liste des photos

photo II. 1: Barrage Djorf Torba (partie Aval)	17
photo II. 2: Barrage Djorf Torba (partie Amont)	17
photo II. 3: Travaux de construction du Barrage Djorf Torba de 1951-1954.....	18
photo II.4 : Construction de la galerie en janvier (1968)	18
photo II.5: Dégâts de la crue du Novembre (1967).....	18
photo II. 6: Tapis du déversoir (1984)	19
photo II. 7: Barrage DJORF-TORBA.....	19

Liste des symboles et des abréviations

Es: apport solide annuel spécifique (T/km² /an) ;

Ps: pluie mensuelle moyenne du mois le plus pluvieux (mm) ;

Pa: pluie annuelle (mm);

H: pente moyenne;

S: superficie du sous bassin versant (S km²).

P: Période de retour. (ans)

WL: Limite de liquidité (%).

W_P: Limite de plasticité (%).

I_P: Indice de liquidité.(%)

VBS: la valeur du bleu (cm³).

SST: la surface spécifique totale. (m²/g)

γ_s: poids spécifique des grains solides. (g/cm³)

W_s: poids du sol sec. (g)

V_s: volume absolu des grains solides. (cm³)

Introduction Générale

Introduction générale

Le phénomène de l'envasement des barrages est la conséquence de l'érosion et du transport solide. Il enregistre les valeurs les plus élevées au Maghreb et plus particulièrement en Algérie. En matière de quantité, l'infrastructure hydrotechnique algérienne, forte de 73 grands barrages, d'une capacité de 7 milliards de m^3 est amputée annuellement d'une capacité de 45 millions de m^3 [1].

Suite à la forte érosion hydrique dans les bassins versants, des quantités considérables des sédiments sont drainées directement dans les retenues de barrages. Ces dépôts posent des problèmes aux barrages, tel que la déstabilisation de la digue, la diminution du volume utile d'eau de stockage, l'obturation des pertuis de vidange et le colmatage des canaux d'irrigation.

En outre il n'existe pas actuellement une méthode d'estimation préalable du phénomène de l'envasement qui fait l'unanimité des chercheurs vu sa complexité et le nombre importants de facteurs qui sont mis en jeu. En Algérie, plusieurs formules et modèles ont été essayés pour le calcul soit de l'érosion ou du transport solide

Nous nous intéressons au barrage Djorf-Torba qui est situé dans une zone aride, il contrôle un vaste bassin versant d'une superficie de 25834,94 Km^2 ; avec une capacité initiale de 350 millions de m^3 . C'est dans ce contexte que notre travail porte sur l'estimation du taux d'envasement du barrage Djorf-Torba situé à la wilaya de Béchar.

Dans ce qui suit, on a fait appel à la télédétection et aux systèmes d'information géographiques (ArcGis) pour évaluer et cartographier l'érosion hydrique dans le bassin versant de l'oued Guir (sud-ouest de l'Algérie).

Le mémoire s'articule en quatre chapitres:

Le chapitre I: porte sur la problématique de l'envasement des barrages en Algérie.

Le chapitre II: donne une présentation du barrage Djorf-Torba (wilaya de Béchar).

Le chapitre III: aborde une Analyse des différents paramètres du barrage Djorf-Torba par l'application du Logiciel ArcGIS

En dernier, le chapitre IV: nous renseigne sur une analyse des propriétés physiques et chimiques des sédiments d'envasement prélevés au niveau de la retenue du barrage DJORF-TORBA

Chapitre I

Problématique de l'envasement des barrages.

I.1.Introduction

Les sédimentations dans les retenues de barrages sont un problème hydraulique le plus complexe qui menace les réservoirs dans le monde et principalement au Maghreb.

Suite à la forte érosion hydrique dans les bassins versants, des quantités considérables des sédiments sont drainées directement dans les retenues de barrages. Ces dépôts posent des problèmes aux barrages, tel que la déstabilisation de la digue, la diminution du volume utile d'eau de stockage, l'obturation des pertuis de vidange et le colmatage des canaux d'irrigation. Particulièrement l'Algérie souffre de ce dépôt des sédiments au niveau des réservoirs, entraînant des pertes de capacité importantes, ce phénomène pouvant s'exprimer par l'accumulation des particules fines lors des crues causés par les pluies torrentielles.

Le présent chapitre a pour objet de donner un aperçu sur l'envasement des barrages, les problèmes posés et la distribution des sédiments dans la retenue.

I.2.Aperçu sur l'envasement à l'échelle national

Les réservoirs de barrages en Algérie sont soumis à une importante perte de capacité en raison de la sédimentation, ce qui pose de nombreux problèmes majeurs tels que la gestion des retenues dans leurs exploitations.

La réduction des potentialités hydrauliques de l'Algérie par suite de l'envasement est estimée annuellement à près de 20 millions de m³. Le tableau (I-1) montre l'état d'envasement de quelques barrages algériens en exploitation (Agence Nationale des Barrages et Transfert, ANBT).

Tableau I.1– Etat de l'envasement de quelques barrages en Algérie [2]

Barrages	Capacité initiale (Hm ³)	Volume de la vase en 2010 (Hm ³)
Fergoug	17	15
Zardezas	31	17
Oued El Fodda	225	82
Ghrib	280	227
K'sob	30	11.1
Foum El Gherza	47	39.5
Beni-Haroun	963	100

En Algérie pour certaines retenues, la sédimentation annuelle peut représenter des valeurs de l'ordre de 1 % du volume total [3]. Elle réduit donc rapidement et considérablement leurs volumes utiles, le tableau I.2 résume le taux de sédiments dans les barrages les plus envases en Algérie,

Tableau I. 2 : Taux des sédiments dans les barrages les plus envasés en Algérie [4].

Barrage	Année de la mise en eau	Superficie du bassin versant (Km ²)	Capacité Initiale (hm ³)	Apports (hm ³)	Envasement Annuel (hm ³)	Taux de Comblement en 2010(%)
Beni Amrane	1988	370	15,6	414	1,2	80
Foum ElGherza	1950	1300	47		0,6	65
Zardezas	1977		27		0,45	40
Oued ElFodda	1932	800	228	83	2,31	70
Grib	1939	23800	280	148	3,2	71
Hamiz	1935	139	21	52	0,35	66
Fergoug	1970	566	18		0,72	80
Bouhanifia	1940	7000	73		0,38	32
Bougezoul	1934		55		0,66	80
IghiEmda	1953	652	155		1,33	41
K'sob	1977	1495	29,5	50	0,3	24
Cheurfial	1885	4150	14,6		0,3	100 Barrages déclassés en 1966
Meurad	1860	18	0,9	1,5	0,005	72
M.S.Aed	1984	11	54,9	40	0,03	14
BeniBahadel	1952	1016	63	73,8	0,2	12
FoumElGueiss	1939	156		12	0,03	84

Tableau I.3: capacité des barrage Algériene en exploitation,region centre[2]

	Wilaya	Capacité Initiale	Capacité Levée 2004/2006	Capacité Levée 2014	Perte de capacité	
		Millions m ³	Millions m ³	Millions m ³	Millions m ³ /an	Taux d'envasement en %
Bouroumi	Ain Defla	188	181,862		6,138	3,26
Ladrat	Médéa	10	8,472		1,53	15,28
Meurad	Tipaza	0,322	0,195		0,127	39,44
Boukourdane	Tipaza	101,508	104,999		-3,491	-3,44
Keddara	Boumerdes	145,791	142,391		3,4	2,33
Beni-Amrane	Boumerdes	15,6	11,85		3,75	24,04
Hamiz	Boumerdes	21	15,527		5,473	26,06
Lekhal	Bouira	29,993	27,159		2,834	9,45
Taksebt	Tizi Ouzou	175	181,019		-6,019	-3,44
Tilesdit	Bouira	167	164,549		2,451	1,47
Tichy- Haf	Bejaia	81,884	_____	77,263	4,621	5,64
Koudiet accerdoune	Bouira	640	_____	618,54	21,46	3,35
Sidi-Yacoub	Chlef	285	252,85		32,15	11,28
Oued-Fodda	Chlef	225	102,85		122,15	54,29
Deurdeur	Ain Defla	114,95	105,122		9,828	8,55
Harreza	Ain Defla	75,86	76,651		-0,791	-1,04
Ghrib	Ain Defla	280	115,32		164,68	58,81
Boughzoul	Médéa	55,00	20,27		34,73	63,15
Oued Mellouk	Ain Defla	127,00	119,04		7,96	6,27
SM Bentiba	Ain Defla	75,00	_____	70,22	4,78	6,37
Total :		2813.908	1630.126	766.023	417.76	14.84

A partir le tableau I.3, nous avons constaté que dans la région centre il y'a un volume de **417.76 millions m³** a été perdu de la capacité initial total de **2813.908 millions m³**, donc presque de **15 %** de la capacité totale des barrages a été envasée.

Tableau I. 4 Capacité des barrages Algériens en exploitation, région Ouest [2]

Barrage	Wilaya	Capacité Initiale Millions m ³	Capacité Levée 2004/2006 Millions m ³	Capacité Levée 2014 Millions m ³	Perte de capacité	
					Millions	Taux
					m ³ /an	d'envasement en %
Merdja.S.Abed	Relizane	54,9	47,97	44,86	6,93	12,62
Gargar	Relizane	450	358,28		91,72	20,38
S.M.B.A	Relizane	235	153,71		81,29	34,59
Djorf-Torba	Bechar	350	260,25		89,75	25,64
Brézina	El Bayadh	122,5	108,47		14,03	11,45
Sekkak	Tlemcen	25,5	_____	24,09	1,41	5,53
Kramis	Mostaganem	45,38	_____	41,368	4,012	8,84
Bakhadda	Tiaret	56,00	39,94		16,06	28,68
Dahmouni	Tiaret	41,00	39,52		1,42	3,46
C.Bougara	Tissemsilt	12,92	11,32		1,68	13,00
Koudiat Rosfa	Tissemsilt	73	_____	66,04	6,96	9,53
Prise chellif	<i>Mostaganem</i>	50,00	_____		0	0,00
Kerrada	<i>Mostaganem</i>	69,50	_____		0	0,00
Total		2245.7	1595.023	211.896	402.671	17.93

A partir le tableau I.4, nous avons constaté que dans la région centre il y'a un volume de **402.671 millions m³** a été perdu de la capacité initial total de **2245.7millions m³**, donc presque de **18 %** de la capacité totale des barrages a été envasée.

Tableau I.5 Capacité des barrages Algériens en exploitation, région Est [2]

Barrage	Wilaya	Capacité Initiale	Capacité Levée 2004/2006	Capacité Levée 2014	Perte de capacité	
		Millions m ³	Millions m ³	Millions m ³	Millions m ³ /an	Taux d'envasement en %
F.E.Gueiss	Khenchela	3	0,045		2,955	98,50
Babar	Khenchela	41	38,01		2,99	7,29
F.E.Gherza	Biskra	47	14,89	12,9	32,11	68,32
Mexa	El Tarf	47	30,269		16,731	35,60
F.D.Gazelles	Biskra	55,5	54,74		0,76	1,37
Zit el Emba	Skikda	117,39	116,59		0,8	0,68
Beni-Zid	Skikda	40	39,39		0,61	1,53
EL Agrem	Jijel	33,9	33,04		0,86	2,54
Koudiat Medouar	Batna	69,1	74,324		-5,224	-7,56
Beni Haroun	Mila	963	—	880	83	8,62
Oued Othamania	Mila	33,6	—	31,7	1,9	5,65
Kessir	Jijel	68,19	—	59,92	8,27	12,13
Boussiaba	Jijel	120,43	—	109,37	11,06	9,18
Bougous	el taref	65,2	—	60,55	4,65	7,13
Total		2670.31	1621.215	1166.278	250.737	9.39

A partir le tableau I.5, nous avons constaté que dans la région centre il y'a un volume de **250.737millions m³** a été perdu de la capacité initial total de **2670.31millions m³**, donc presque de **9.5 %** de la capacité totale des barrages a été envasée.

Les tableaux I.3, I.4 et I.5 montrent les capacités réelles des barrages en activité en Algérie au niveau des régions centre, ouest et est. Nous notons que la majorité des barrages algériens du centre, de l'est et de l'ouest font face à un grand nombre de sédiments, estimés à 1 071 167 millions de mètres cubes en 2004/2006.

En 2014, un groupe de barrages avec un pourcentage élevé de limon ont été identifiés dans leurs réservoirs, ce qui a nécessité une intervention rapide des gestionnaires de l'ANBT.

I.3. Les modes de transport solide et la sédimentation des barrages

Le processus de transport des sédiments dans les barrages est caractérisé par deux modes de transport solide et de dépôt dans les barrages.

a) Modes du Transport solide :

Le transport solide total des sédiments est l'ensemble du transport des particules qui passent dans une section du cours d'eau, les sédiments sont transportés par plusieurs modes (Figures I.1 et I.2) [5].

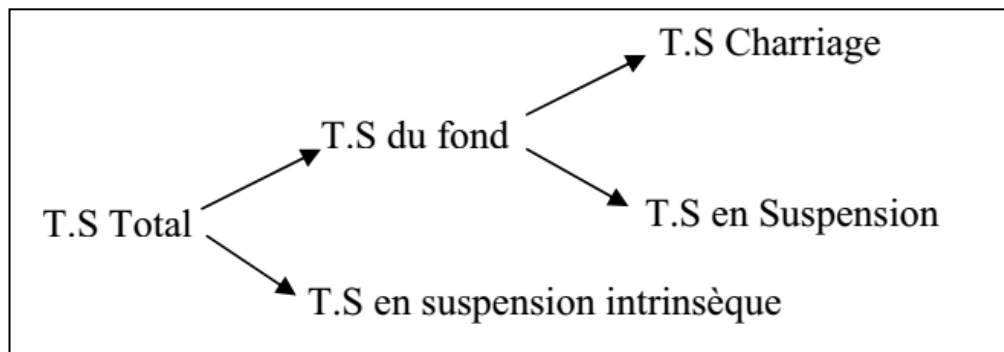


Figure I. 1 Modes du transport solide [5]

✓ Charriage :

Si les particules restent en contact étroit avec le fond, elles se déplacent en glissant, roulant ou sautant. Ce mode concerne les particules relativement grandes.

✓ En Suspension :

Les particules restent occasionnellement en contact avec le fond, elles se déplacent par bonds et restent souvent entourées d'eau. Cela concerne les particules relativement fines.

✓ Suspension intrinsèque :

Si les particules ne sont jamais en contact avec le fond, elles se déplacent en étant emportées par l'écoulement. Ceci concerne les particules très fines.

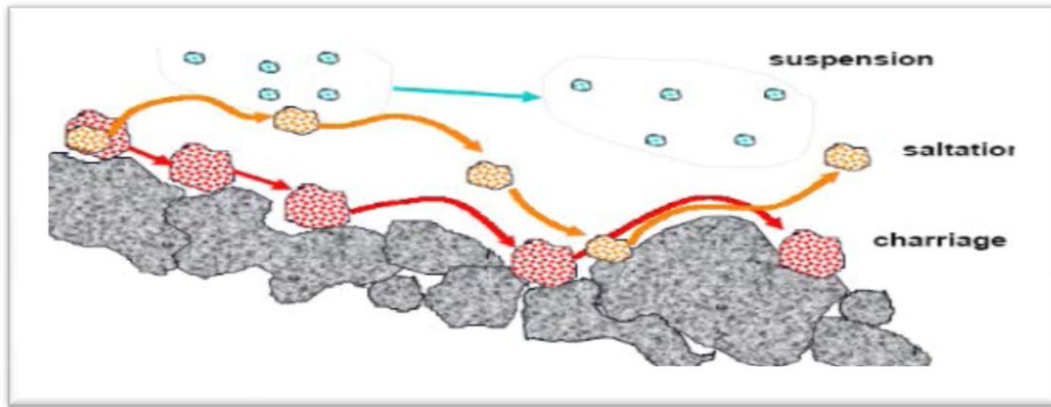


Figure I. 2 Schémas des modes de transport solide [5]

b) Sédimentation du barrage :

La sédimentation est un mécanisme qui contrôle et peut limiter la quantité des sédiments déposés, ce phénomène se produit lorsque la capacité d'écoulement du flux est dépassée et ce processus se produit pendant l'érosion hydrique lors de la décélération du ruissellement. Les particules les plus grossières sont les premières à sédimenter, les plus fines étant transportées plus loin. On parle de tri granulométrique [6]. Les différents mécanismes de l'envasement dépendent du type de retenues (la morphologie des cours d'eau) et les conditions de sédimentation existant à l'amont de la retenue (érosion et transport solide). (Figures I.3 et I.4).

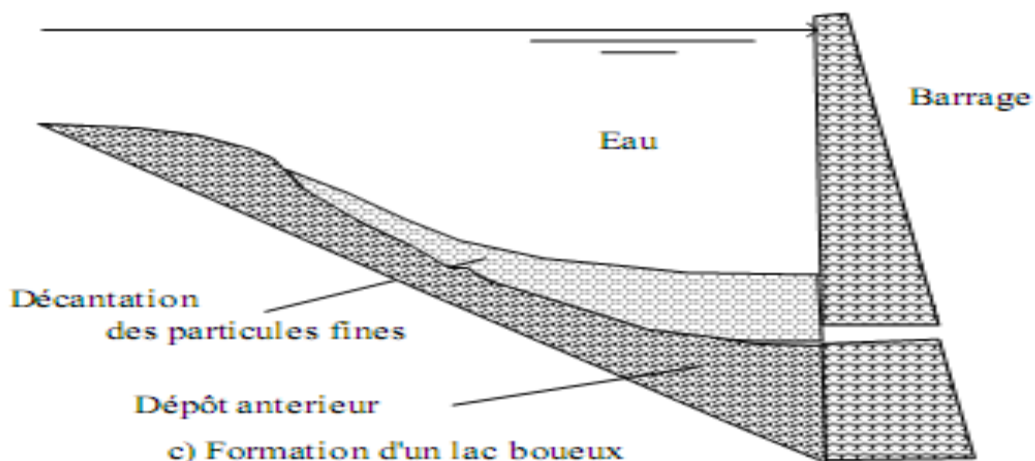


Figure I.3: Décantation et tassement des particules fines [4]

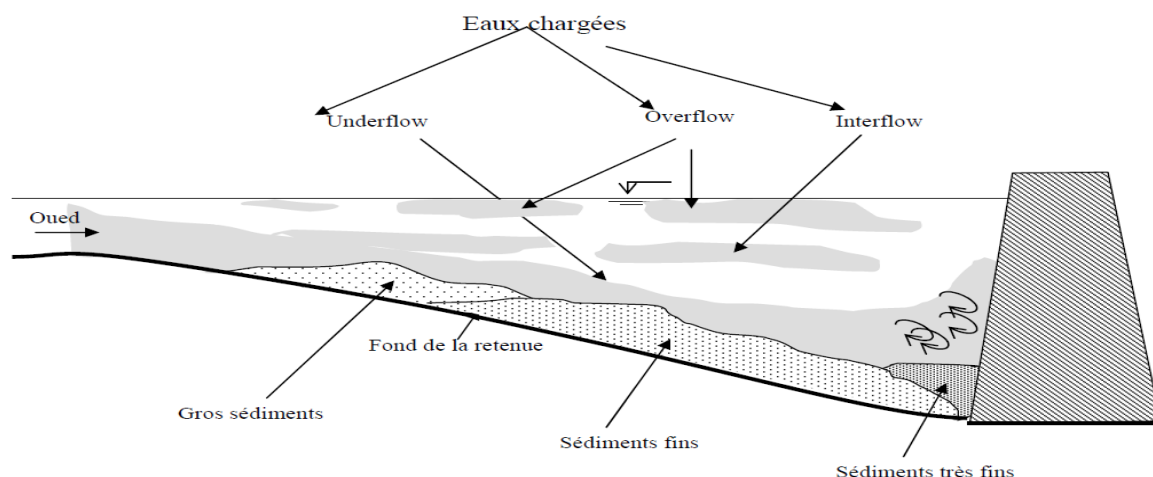


Figure I. 4 Mode d'envasement [7].

I.4. Les Causes et les conséquences de l'envasement :

Il y a beaucoup de raisons qui provoquent la sédimentation dans les barrages, à savoir :

- Mauvaise exploitation et implantation des ouvrages annexes à cause de l'ignorance du mécanisme des courants de densité.
- Activités humaines qui ont grandement contribué à accélérer le processus d'érosion, ce qui a entraîné la perte de l'agriculture et la capacité de retenir l'eau dans les forêts [8].
- Phénomènes naturels incontrôlables tels que les orages, qui provoquent également des mouvements importants de sédiments dans les voies navigables [9], etc.....

Ces conséquences conduisent à une série de problèmes dans les barrages, à savoir : [10].

a. Réduction de la capacité :

Cette réduction de la capacité de stockage de l'eau est sans aucun doute la conséquence la plus dramatique de l'envasement, chaque année le fond vaseux évolue et se consolide avec occupation d'un volume considérable de la retenue.

b. Blocage des vannes de fond :

Les dépôts vaseux durant les premières années, les pertuis de vidange sont épargnés par l'envasement. Mais dès que le volume «mort» est atteint, les vannes seront menacées par les dépôts de vase. Avec les manœuvres de vannes, un cône de vase sera dégagé près des ouvertures. Avec le temps, les vannes finiront par se colmater et il devient difficile de les manœuvrer.

Dans les régions arides, la gestion des vannes d'un barrage est complexe. L'ouverture des vannes en période de crues devient indispensable pour prolonger la durée de vie de l'ouvrage et évitera le dysfonctionnement de ces vannes

c. Envasement des canaux d'irrigation :

Le dépôt des sédiments dans une retenue de barrage destinée à l'irrigation, pose le problème de comblement du réseau (des canaux) d'irrigation se trouvant à l'aval du barrage. En effet dans les pays arides et semi-arides, l'irrigation se fait généralement par de l'eau chargée en sédiments, c'est ainsi que ces particules fines vont se déposer dans les canaux réduisant leurs sections mouillées et bien sûr le débit d'eau véhiculée. Le curage et le nettoyage des canaux deviennent des opérations quotidiennes.

d. Impact de l'envasement sur la qualité de l'eau du barrage :

Les sédiments véhiculent des produits chimiques (nitrates, sulfates...) provenant en particulier des apports en éléments fertilisants pour les cultures, et se déposant dans les réservoirs, entraînant ainsi une dégradation de la qualité de l'eau et favorisant l'eutrophisation de ces réservoirs.

e. Sécurité de l'ouvrage :

La sédimentation des retenues a un impact sur la sécurité des barrages, par la mise en danger de la stabilité de l'ouvrage du fait de l'augmentation de la force hydrostatique produite par le remplacement accéléré du volume d'eau par la vase.

1.5. Les moyens de lutte contre l'envasement [11].

La lutte contre l'envasement des barrages en Algérie doit être solutionnée tant les enjeux sont énormes. Tous les spécialistes s'accordent à dire que les pays du Maghreb d'ici à 2025 connaîtront des problèmes aigus d'eau.

Pour prolonger la durée de vie des grands barrages, l'entretien de ces ouvrages est devenu aujourd'hui une nécessité pour les services d'hydraulique.

En plus de la diminution du volume utile des barrages, la stabilité de certains ouvrages est menacée par la forte poussée des vases. La rareté des sites favorables à la réalisation de nouveaux barrages a poussé les services d'hydraulique à entretenir les barrages en exploitation

Plusieurs méthodes (curatives et préventives) de lutte contre l'envasement ont été appliquées.

- ❖ La technique de dragage des barrages

La technique du dragage reste une technique onéreuse, elle doit satisfaire des conditions de faisabilités très précises de géologie et de morphologie du réservoir. C'est pour cette raison qu'on fait recours au dragage que lorsqu'il représente la meilleure solution du point de vu technico-économique [12].

On opte pour le dragage dans un barrage quand :

- L'opération de la chasse des sédiments n'est pas possible.
- La quantité d'énergie requise pour réduire l'envasement en vidangeant la retenue représente une perte économique.
- Le barrage est irremplaçable et de grande utilité.
- Le barrage ne supporte pas une charge supplémentaire qui peut être gagné par la mise en place d'une surélévation.

I.6. conclusion :

À la fin de ce chapitre, nous pouvons dire que le phénomène de la sédimentation des barrages est très complexe et qu'il est naturel de l'étudier de l'amont vers l'aval du barrage. Parmi un des barrages envasés en région aride qui fera l'objet de notre étude est le barrage de Djorf-Torba qui se trouve au sud-ouest de l'Algérie.

but de notre étude est d'évaluer la situation de l'envasement du barrage Djorf-Torba et le problème des dépôts des sédiments. Le calcul de l'érosion spécifique du bassin versant en fonction de la pluviométrie et le vent sera réalisé.

On s'intéressera aussi à une analyse des stations des prélèvements hydrométriques dans le but d'une estimation de l'érosion spécifique en fonction du temps.

Chapitre II :

Présentation du barrage Djorf-Torba (Béchar).

II.1 introduction:

Le barrage de Djorf Torba est situé en Algérie dans le district de Kenadsa, dans la province de Béchar, il traverse l'Oued Guir à environ 50 kilomètres à l'ouest de Béchar. Ce barrage est utilisé à des fins d'irrigation et d'approvisionnement en eau. Le barrage fait également partie des barrages qui souffrent du problème de la sédimentation dans les réservoirs. Selon l'Agence Nationale des Barrages et transfert (ANBT), il représente 17% du taux de sédimentation dans les barrages en Algérie. Il tient également sur l'Oued Guir comme source principale d'alimentation.

II.2 situation et caractéristiques du barrage

II.2.1 Situation géographique de la ville de Béchar

La wilaya de Béchar se situe au sud-ouest du territoire national avec pour coordonnées terrestres Latitude $31^{\circ}.36'N$ et Longitude $2^{\circ}13'$ Ouest. La ville de Bechar se distingue par la grande wilaya du sud-ouest algérien, elle est située dans l'ouest du Sahara algérien d'une superficie approximative de 161.400 Km^2 , soit 6.77% environ du territoire national, avec une distance de 950 km au Sud-ouest de la capitale Alger, elle est limitée :

- à l'Est par la Wilaya d'Adrar ;
- à l'Ouest par le Royaume du Maroc ;
- au Nord par les Wilayas de Naâma et d'El Bayadh ;
- et au Sud par les Wilayas de Tindouf et d'Adrar.

La wilaya de Béchar constitue un pôle important, sa position spatiale et son tracé frontalier de plus de 600 Km avec le Royaume marocain lui attribue une vocation régionale de premier ordre, voir figures II.1 et II.2, [2]



Figure II. 5: Situation géographique de Bechar [13]

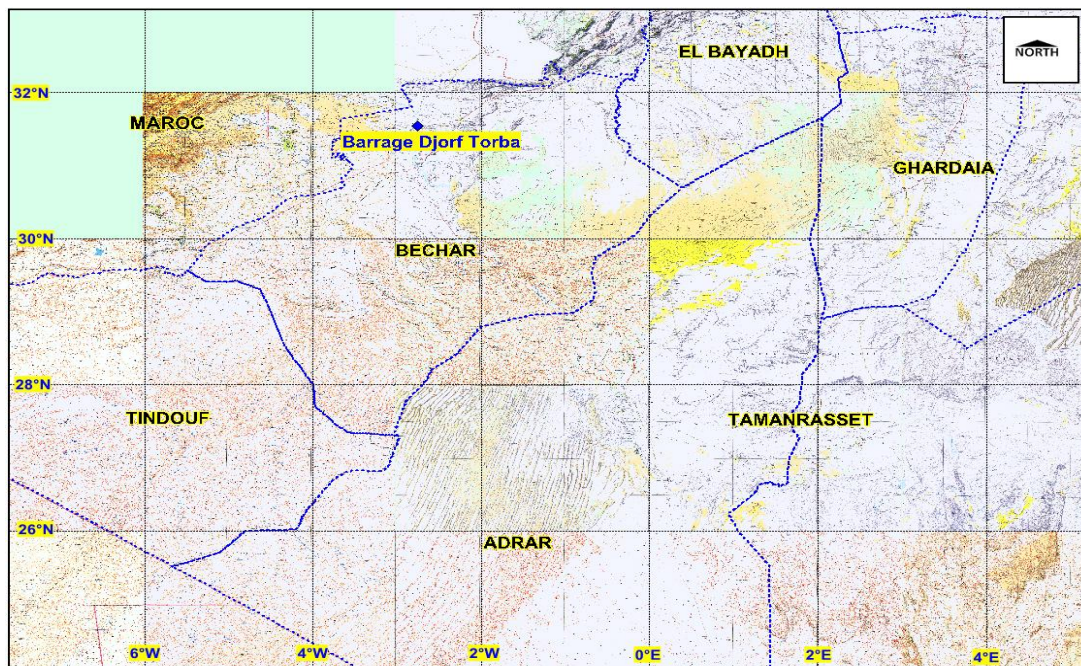


Figure II. 6 : Limites géographiques de la wilaya de Bechar

II.2.2 Situation géographique du barrage Djorf-Torba :

Le barrage de DJORF-TORBA se situe entre la commune de Kenadsa et la commune de Meridja, et se retrouve à 60 Km à l'ouest de la ville de Bechar et à 50 Km de Abadla [14].

Un vaste bassin versant de 22000 Km² dans l'Oued Guir s'écoule du nord vers le sud, il provient essentiellement du Maroc (situé à quelques dizaines de Km), [14]

Le barrage est à la confluence de deux autres oueds moins conséquents, l'oued Aouin ou Kenadja et l'oued Meridja, dont les apports en eau sont négligeables face à ceux de l'oued Guir, voir figures II.3 et II.4.

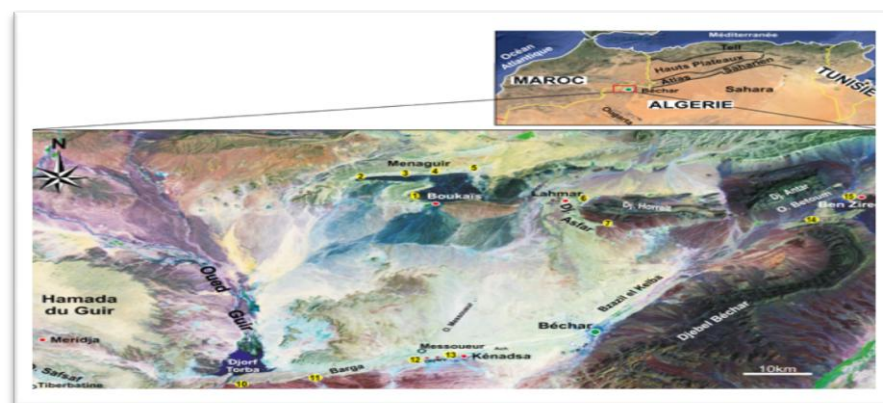


Figure II. 7: Localisation de la région d'étude et position des coupes géologiques [15]



Figure II. 8: Localisation du Barrage Djorf Torba- Bechar [16]

II.2.3 : Fiche technique du barrage :

- Année de construction : 1966
- Année de mise en eau : 1969
- Caractéristiques hydrologiques :
 - + Oued : Guir
 - + Capacité initiale : 350 Hm³
 - + Capacité dernier levé (2004) : 260,25 Hm³
 - + Apport moyen annuel : 200,00 Hm³
 - + Envasement annuel : 1,30 Hm³/an
 - + Surface du bassin versant : 22000 Km²
- Caractéristiques du barrage (voir photos II.1et II.2) :
 - + Type : Pond en béton
 - + Hauteur : 38 m
 - + Longueur : 949 m
 - + Largeur : 6,20 m
 - + Côte retenue Normale (R.N) : 699 m
 - + Côte Plus Hautes Eaux (P.H.E) : 705 m

- ✚ Déversoir à SEUIL LIBRE : 3000 m³/s
- ✚ Vidange de Fond : 7 x 28 m³/s
- ✚ Volume de Terrassement : 95 000 m³
- ✚ Volume de béton : 209 000 m³
- ✚ Injection : 9300 Tonnes de produits [17]



photo II. 1: Barrage Djorf Torba (partie Aval) [18]



photo II. 2: Barrage Djorf Torba (partie Amont) [18]

II.2.4 Historique de Barrage :

Avant la construction du barrage DJORF-TORBA, ces eaux étaient en quasi-totalité perdues dans les sables du désert, après avoir souvent provoqué des inondations et des dégâts aux palmeraies (voir les photos (voir les photos II.3) [19]).



Photo II. 3: Travaux de construction du Barrage Djorf Torba de 1951-1954[19]

- ❖ Le barrage DJORF-TORBA a été construit entre 1966 et 1968 sur l'Oued Guir (voir les Photos II.4)



Photo II.4 : Construction de la galerie en janvier (1968) [19]

- ❖ Il y'a eu le passage de plusieurs fortes crues (notamment celle du 17 novembre 1967), évaluée à plus de $6000\text{m}^3/\text{s}$ (voir les photos II.5) [5].

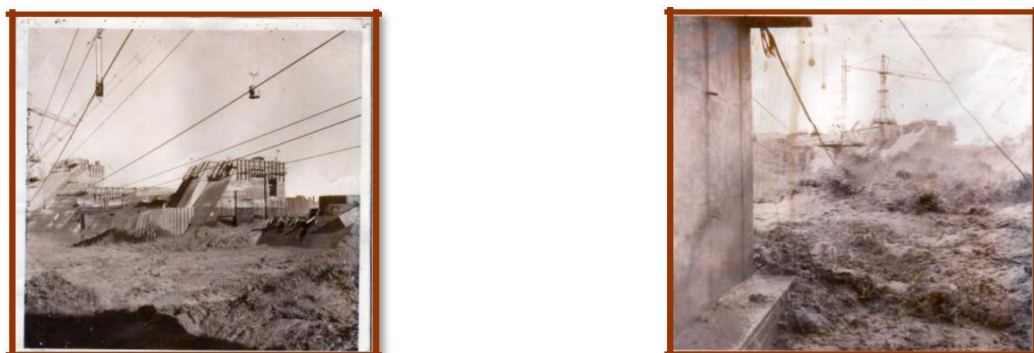


photo II.5: Dégâts de la crue du Novembre (1967) [19]

- ❖ Le barrage de DJORF-TORBA est rentré en service depuis 1985, il est le seul ouvrage Hydraulique du Sud-Ouest Algérien (voir les photos II.6 et II.7). Il est construit sur un bassin versant de 22000 km² entre l'Algérie et le Maroc [19].

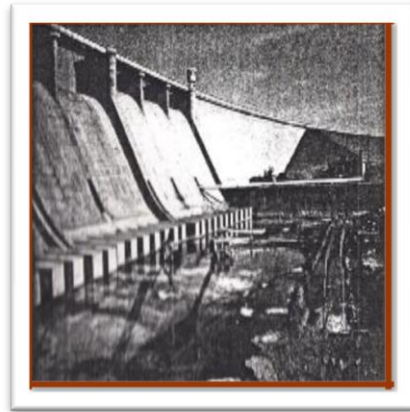
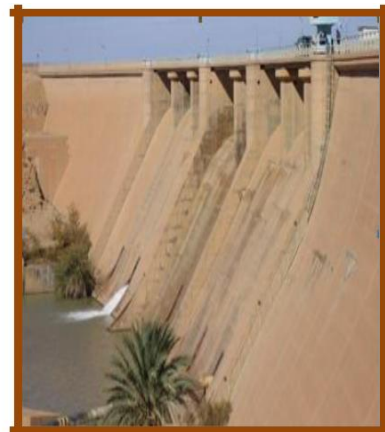


photo II. 6: Tapis du déversoir (1984) [19]



Mars 1981[9].



Février2012 [9].

Photo II. 7: Barrage DJORF-TORBA

II.3 : L'HYDROLOGIE ET LA GEOLOGIE DE LA ZONE D'ETUDE

II.3.1 : L'hydrologie de la zone d'étude :

Les eaux collectées par les oueds sahariens proviennent essentiellement des massifs atiasiques relativement bien arrosées.

Autrefois très actif, l'oued Saoura résultant de la jonction au niveau d'Igli, des oueds Guir et Zousfana, est actuellement considéré comme un cours d'eau qui ne reçoit qu'un apport hydrique négligeable, en raison de la construction du barrage de Djorf Torba, alimenté par l'oued Guir et situé à environ 260 km en amont de Béni-Abbès. [20]

Le système hydrologique GUIR-SAOURA constitue le plus important cours d'eau du Sahara Algérien. Longueur de plus 900 Km, ce cours d'eau descend de l'Atlas marocain et coule sensiblement du Nord au Sud, la Saoura proprement dite pouvant être considérée comme un oued allogène vis-à-vis des régions qu'il traverse. L'oued GUIR prend source sur le versant méridional de l'Atlas marocain, sous des sommets avoisinant 2700 m d'altitude. La superficie du bassin versant de l'oued est de 22000 Km² [2]

Il est destiné l'oued Saoura à amortir les crues violentes de l'oued Guir et à en régulariser les apports au profit des irrigations dans l'immense et fertile plaine d'Abadla, où les hommes luttent contre le désert. Une adduction en eau potable vers Béchar est mis en service [21].

L'apport du Guir est très variable selon les années, il est fonction du pourcentage des précipitations de la pluie, il est caractérisé par deux périodes pluvieuses

- 1) hiver (de Septembre à décembre)
- 2) printemps (mars, avril et début mai)

En outre, il est caractérisé par deux périodes sèches.

- 1) été (juin et août)
- 2) le mois de juillet est sans précipitation, en janvier et février les précipitations croissent avec l'altitude et se dirigent vers l'Ouest.

Il y a eu également une série d'inondations qui se poursuivent depuis 20 ans en raison de l'augmentation des apports, voir figure II. [2]

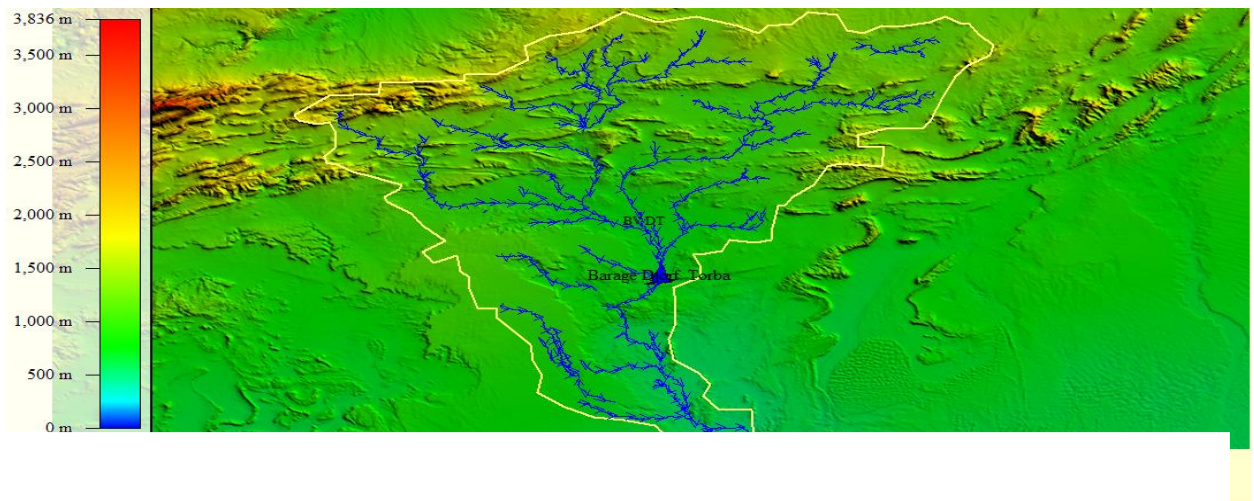


Figure II. 9: Les cours d'eau qui alimentent l'Oued Guir

La géologie du site est principalement constituée de différentes formations à savoir :

✓ **le Céno manien :**

On y observe de multiples petites tâches claires, dont certaines correspondent à des passées gypseuses. D'autres petites traînées claires correspondent aux micro-arêtes des petits bancs calcaires intercales dans une masse d'argiles rouges à vertes et de marnes bleues. [22]

✓ **le Turonien :** Il est constitué en presque totalité par des calcaires dolomitiques cristallines de couleur blanchâtre à bleuâtre, parfois karstifiées qu'on peut observer facilement dans le paysage, formant une falaise (première Berga) de Béchar. L'épaisseur moyenne de ces formations varie entre 25 à 45 mètres. [22]

✓ **Le Sénonien :** Au dessus du Turonien se trouve, une épaisse série continentale qui varie de quelques mètres près de la première Berga de Béchar à plusieurs centaines de mètres au centre du bassin de Béchar – Kenadsa. Il est représenté par des marnes gypseuses rougeâtres barrioles parfois sableuses, des calcaires lacustres au sommet (700 mètres d'épaisseur)

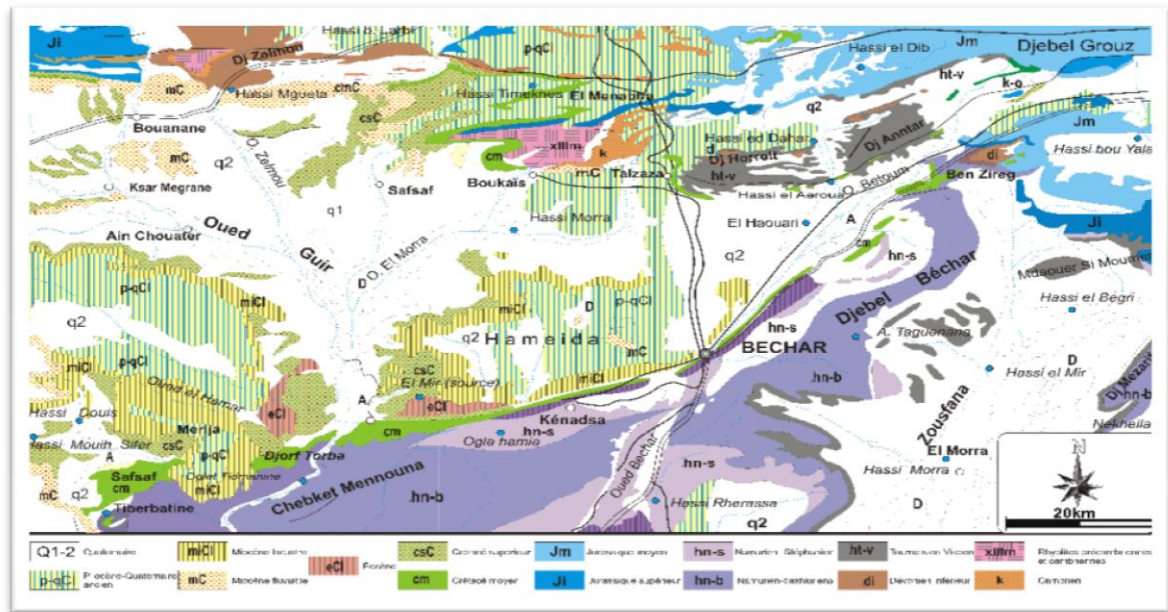


Figure II. 10: Carte géologique de Béchar [22]

II.4 ETAT DE L'EROSION DU BASSIN VERSANT :

II.4.1 Bassin versant du barrage Djorf-Torba

Le Bassin de Guir se trouve entre le Maroc et l'Algérie, il est limité :

- Au Nord : Le Haut atlas.
- A l'Est : Bassin versant de l'oued Béchar.
- A l'Ouest : Hammada de Guir.
- Au Sud : Chabket mennouna

II.4.1.1Présentation du bassin versant de l'oued Guir

Les limites du bassin versant de l'oued Guir en Algérie sont :

- Au Nord-ouest le Maroc.
- Au Nord-est Ain-Sefra, commune de la wilaya de Naama.
- À l'Est par la commune Béchar.
- Au Sud par Abadala.
- Au sud-est par Taghite.

- Au sud-ouest par Maridja.

Les limites du bassin versant de l'oued Guir au Maroc sont :

- A l'Ouest par le bassin versant de l'Oued Zizi et hamada de Guir.
- Au Nord par le bassin versant Moulouya.
- A l'Est par l'unité de Figuig.

Au sud par la frontière entre le Maroc et l'Algérie. [17]

II.4.2 Caractéristique du bassin versant de l'Oued Guir:

- Le bassin versant de l'Oued Guir occupe un emplacement géographique important entre l'Algérie et le Maroc. Ceci a permis à l'Algérie de construire le barrage Djorf-torba pour irriguer les terres agricoles d'Abadla et de fournir l'eau potable à la population de Béchar (Abadla et Kenadsa) .
- L'oued Guir est également considéré comme le système hydrologique guir-saoura, il constitue le plus important cours d'eau du Sahara algérien de longueur de plus 900km. Ce cours d'eau descend de l'Atlas marocain, il coule sensiblement du nord au sud.
- Il y a aussi des contributions modestes de l'oued Béchar et l'oued zouzfana, qui rejoignent la Saoura entre Abadla et Béni-abbaes, l'alimentation principale de la vallée se situe en amont des gorges de Djorf -torba
- L'oued Guir prend sa source sur le versant méridional de l'Atlas marocain sous des sommets avoisinant 2700 m d'altitude, il est renforcé à 50km après son passage à Boudnib par l'oued Bouannane, qui draine le reste des régions les plus élevées et les plus reposées aux pluies du bassin versant.

.II.5 CONCLUSION:

Nous pouvons conclure que la localisation géographique du barrage Djorf-Torba est particulièrement influencée par l'Oued Guir et le bassin versant qu'il draine. Les paramètres hydrographiques et géologiques d'une zone nous permettent de choisir le type de barrage et son emplacement.

Dans le chapitre suivant, nous allons analysés les différents critères de remplissage de la couverture du sol du bassin versant et le pourcentage des sédiments dans les réservoirs. On prend en considération dans ce cas, la superficie du bassin versant, les différentes pentes et la pluviométrie.

Chapitre III

Analyse des différents paramètres
du barrage Djorf-Torba par
l'application du Logiciel ArcGIS

III.1. Introduction:

Dans cette étude, on a fait appel à la télédétection et aux systèmes d'information géographiques (ArcGis) pour évaluer et cartographier l'érosion hydrique dans le bassin versant de l'oued Guir (sud-ouest de l'Algérie).

Ce bassin est caractérisé par une grande irrégularité dans les précipitations, souvent à caractère orageux, qui occasionnent une déforestation et une crue.

Les données de télédétection multi-temporelles et les SIG sont utilisés pour évaluer et calculer l'érosion dans bassin versant.

III.2.Présentation du logiciel ArcGIS et les domaines d'utilisation:

III.2.1. Présentation du logiciel ArcGIS:

ArcGIS est un système complet qui permet de collecter, organiser, gérer, analyser, communiquer et diffuser des informations géographiques. En tant que principale plateforme de développement et d'utilisation des systèmes d'informations géographiques (SIG) au monde, ArcGIS est utilisé par des personnes du monde entier pour mettre les connaissances géographiques aux scientifiques dans plusieurs disciplines, des entreprises, de l'éducation et des médias. ArcGIS permet la publication des informations géographiques afin qu'elles puissent être accessibles et utilisables par quiconque [23].

III.2.2.Domains d'utilisation du logiciel ArcGIS :

Le logiciel ArcGIS est utilisé dans de nombreux domaines, à savoir :

- ✓ Gestion des crises : Fournir la possibilité d'analyser les réseaux de routes et d'infrastructures Les chemins les plus courts entre deux points ainsi que de faciliter la maintenance des réseaux en cas de (inondations et tremblements de terre,...).
- ✓ Services médicaux d'urgence : Fournir des données sur le type d'incidents et des données de population.
- ✓ Urbanisme.
- ✓ Protection de l'environnement.
- ✓ Études économiques et sociales
- ✓ Production de cartes d'utilisation des terres et des ressources naturelles.

- ✓ Améliorer la productivité
- ✓ Prendre des décisions appropriées.
- ✓ Cartographie et visualisation [24].

III.3. Estimation de l'érosion dans les sous bassins versants du barrage Djorf -Torba :

La zone concernée est composée de 12 sous bassins versants de l'oued Guir, qui présente un relief très escarpé avec de fortes pentes estimées à 9.01% sur une surface totale de 258,35%. Les pentes égales à 1,15% concernent 1 % de la surface totale du bassin versant, le reste de la surface (environ 90%) présente des pentes entre 1,15 et 9,01%. Les données des précipitations annuelles ont été fournies par la station de Bechar (Kenadsa), sur une période de 42 ans (de 1973 à 2015).

III.3.1. Détermination des différents bassins versants du barrage Djorf-Torba

L'Oued Guir prend naissance au sein du Haut Atlas au Maroc, au bord nord du plateau d'Iferda Amejjoud, près de la ville marocaine de Boudnib. L'oued parcourt le Maroc d'ouest en est, jusqu'à la frontière entre l'Algérie et le Maroc, où il bifurque vers le sud en entrant dans le Sahara algérien. L'oued alimente le barrage Djorf Torba, situé à 50 km environ à l'ouest de Bécha

A DJORF-TORBA, le bassin versant couvre une superficie de 25834,94 km² (voir Figure III.11 et III.12). Les figures III.11 et III.12 montrent les différents sous bassins versants qui ont été calculées par le logiciel ArcGis.

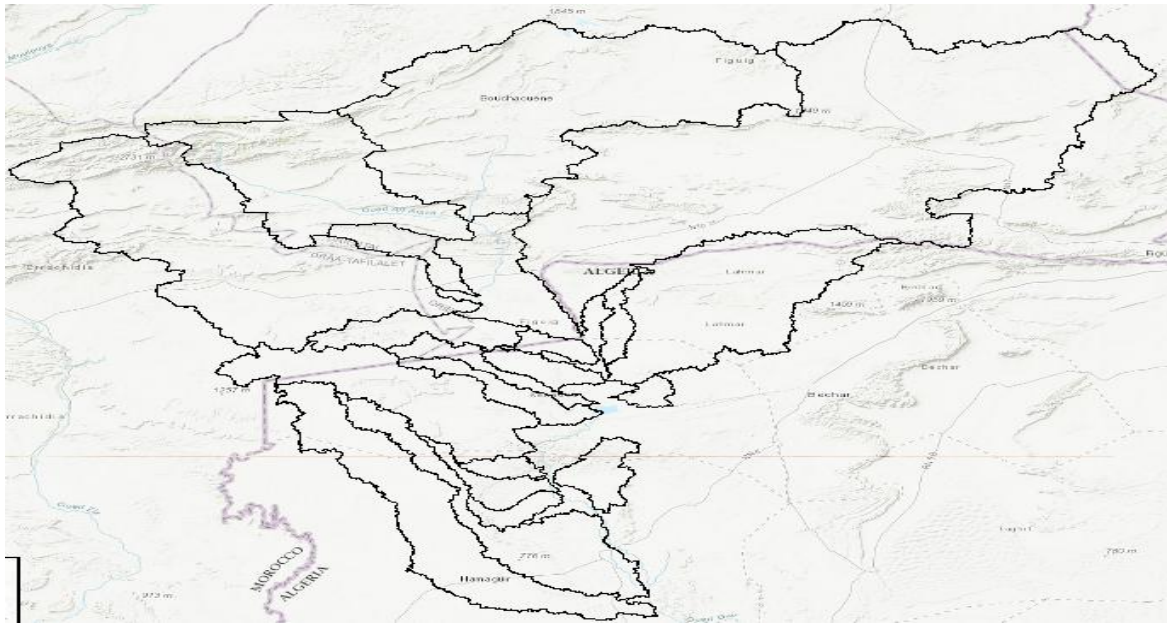


Figure III .11 Bassin versant de l'oued Guir

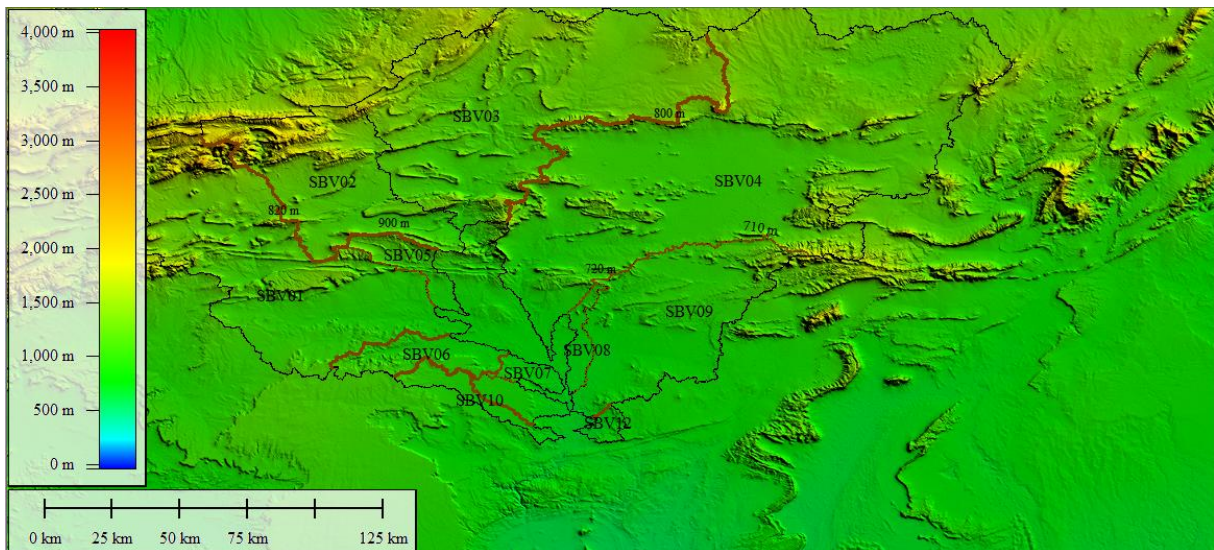


Figure III 12.: Bassins versants de l'oued GUIR (partie amont du barrage Djorf Torba) en MNT.

Le tableau III.1 montre les différentes dimensions et les pentes des sous bassins versants et dans l'annexe on montre les resultants des calculs de l'érosion spécifique des different sous bassins versants en fonction des années.

Tableau III.1 Caractéristiques géométriques des sous bassins versant de l'oued Guir.

Numéro du sous bassin versant (SBV)	Périmètre	Pente (%)	Surface (Km ²)
SBV01	492,52	7,19	4377,30
SBV02	334,18	9,01	2286,60
SBV03	499,99	5,18	5247,70
SBV04	795,21	4,52	9426,60
SBV05	138,50	5,25	368,00
SBV06	200,22	3,63	554,59
SBV07	88,24	1,78	165,68
SBV08	134,21	1,50	218,11
SBV09	358,22	3,20	2511,90
SBV10	189,01	1,40	297,91
SBV11	112,59	1,15	261,57
SBV12	66,51	3,45	118,98
Total			25834,94

III.3.2. Calcul de l'érosion dans les différents sous bassins versants

La formule (1) permet d'estimer l'érosion spécifique annuelle. FOURNIER (in OLIVRY, 1991) a proposé une formule en prenant en compte les précipitations et la morphologie du bassin versant. La nature des précipitations et les caractéristiques morphologiques des différents sous bassins versants permettent l'application de cette formule [25].

$$E_s = (1/36) \cdot (P_s^2/P_a)^{2.65} \cdot (H^2/S)^{0.46} \quad \text{(III.1)}$$

Où :

Es : apport solide annuel spécifique (T/km² /an) ;

Ps : pluie mensuelle moyenne du mois le plus pluvieux (mm) ;

Pa : pluie annuelle (mm) ;

H : pente moyenne ;

S : superficie du sous bassin versant (S km²).

Les figures suivantes montrent l'évolution de l'érosion en fonction de la pluviométrie des différents sous bassins versant de l'oued Guir.

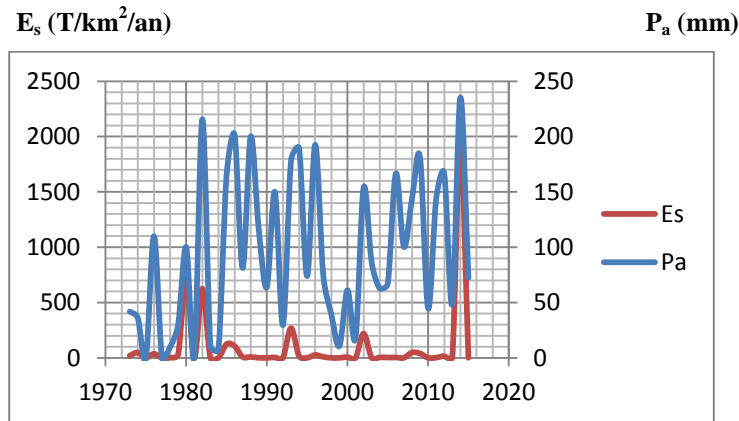


Figure III. 13: Evolution du taux d'érosion spécifique Es et de la pluie annuelle Pa en Fonction du temps du SBV (N°1)

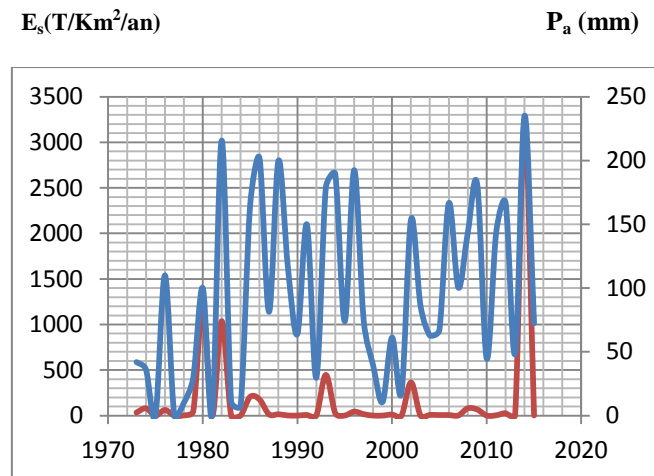


Figure III. 14: Evolution du taux d'érosion spécifique Es et de la pluie annuelle Pa en Fonction du temps du SBV (N°2)

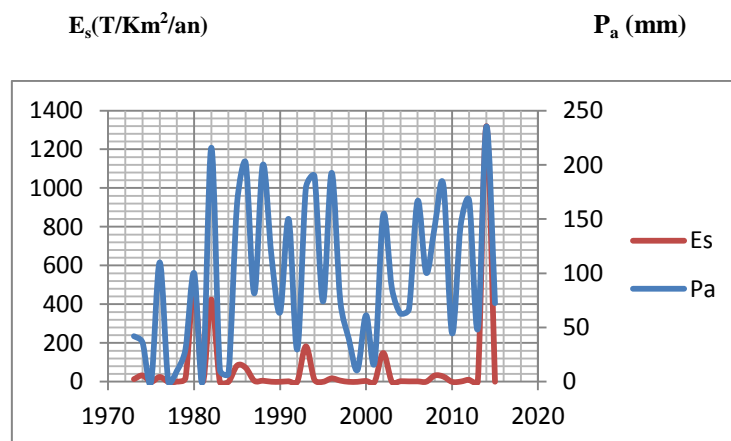


Figure III. 15: Evolution du taux d'érosion spécifique Es et de la pluie annuelle Pa en Fonction du temps du SBV (N°3)

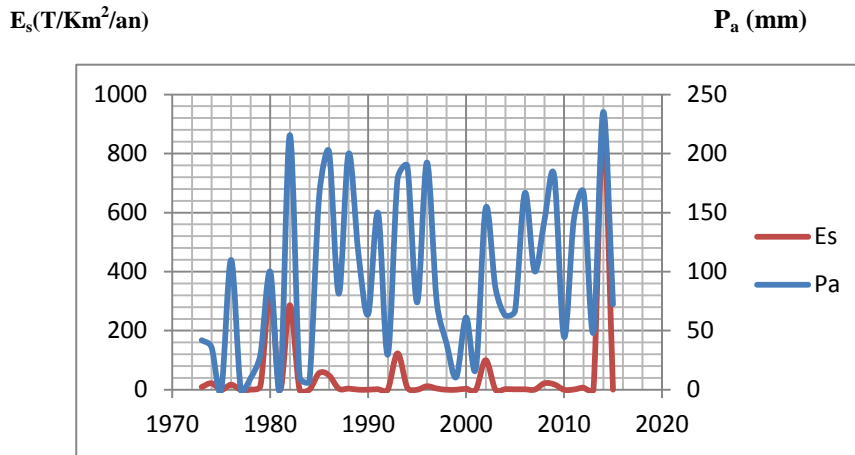


Figure III. 16: Evolution du taux d'érosion spécifique E_s et de la pluie annuelle P_a en Fonction du temps du SBV (N°4)

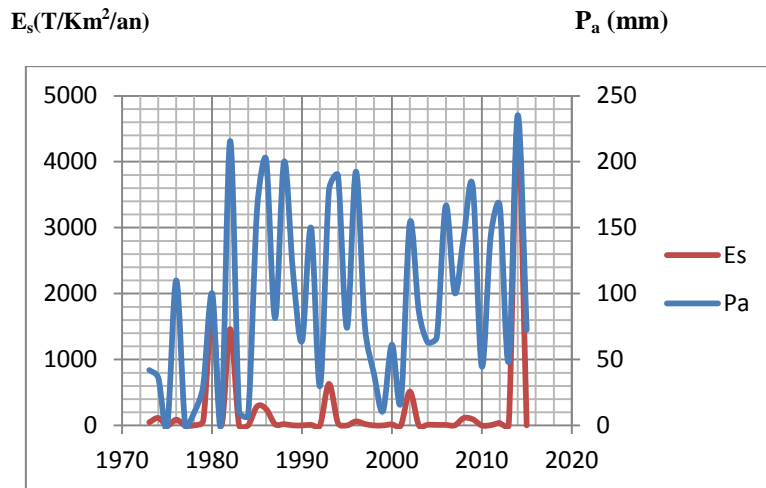


Figure III. 17: Evolution du taux d'érosion spécifique E_s et de la pluie annuelle P_a en Fonction du temps du SBV (N°5)

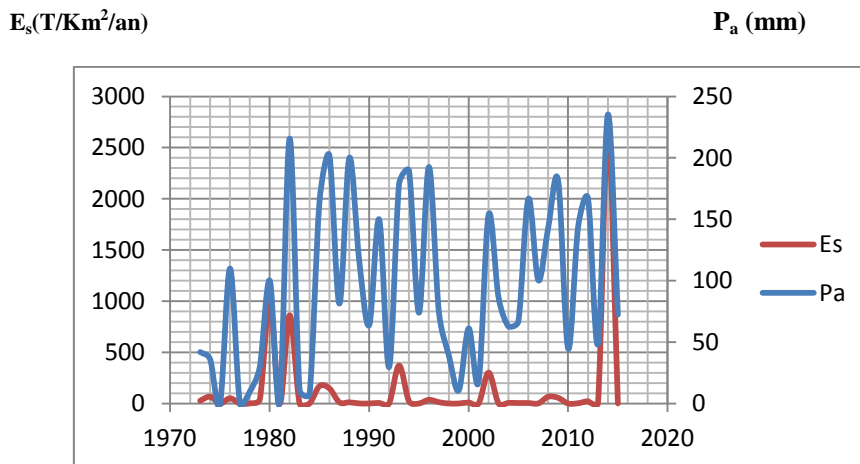


Figure III. 18 : Evolution du taux d'érosion spécifique E_s et de la pluie annuelle P_a en Fonction du temps du SBV (N°6)

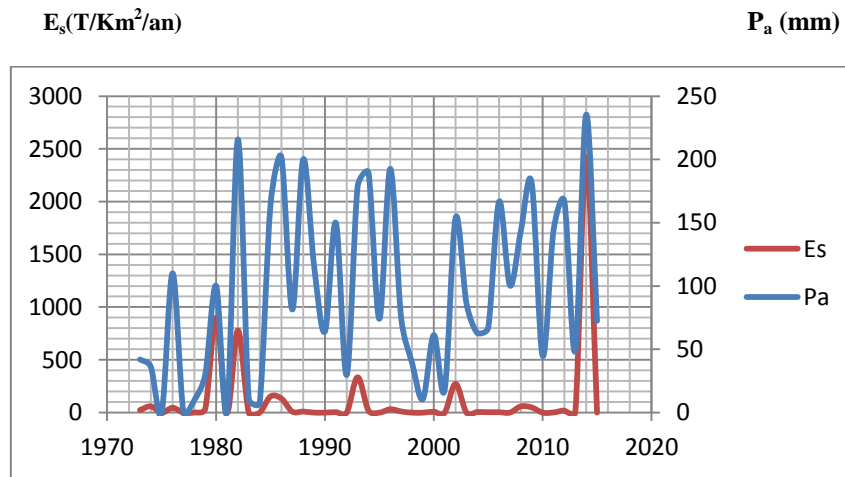


Figure III. 19: Evolution du taux d'érosion spécifique E_s et de la pluie annuelle P_a en Fonction du temps du SBV (N°7)

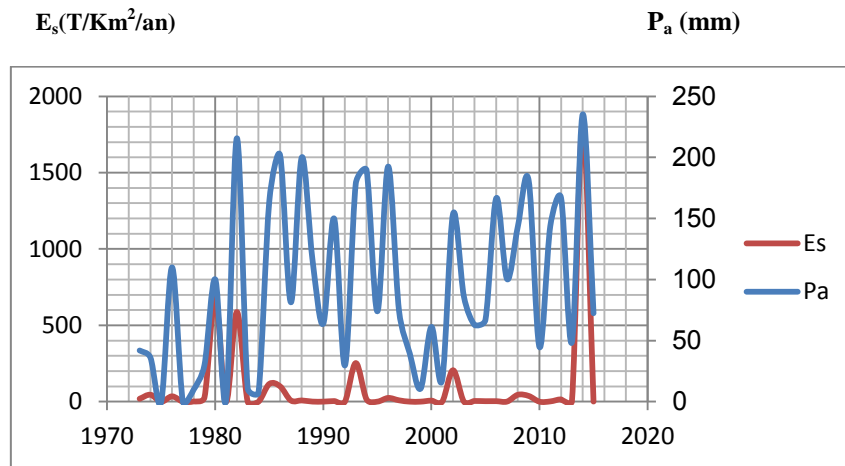


Figure III. 20: Evolution du taux d'érosion spécifique E_s et de la pluie annuelle P_a en Fonction du temps du SBV (N°8)

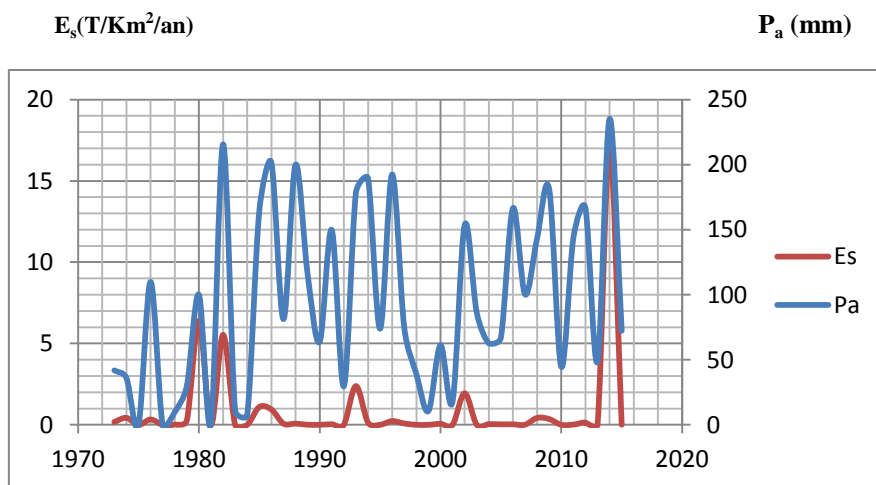


Figure III. 21: Evolution du taux d'érosion spécifique E_s et de la pluie annuelle P_a en Fonction du temps du SBV (N°9)

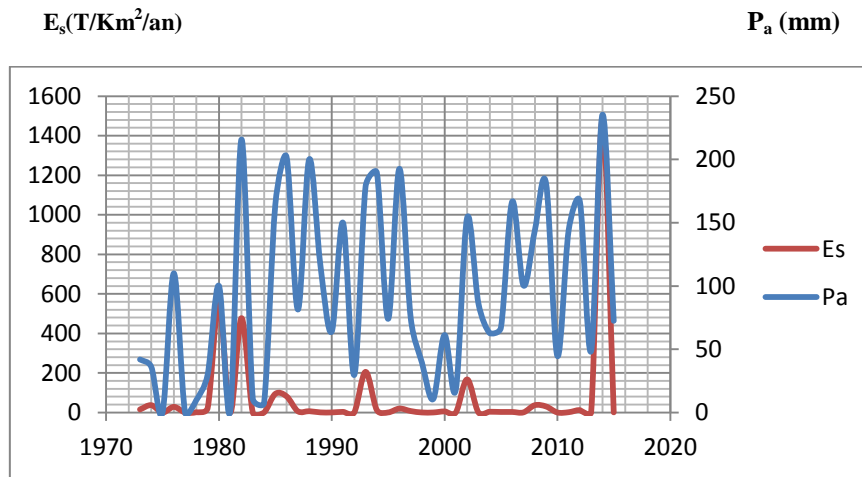


Figure III. 22 Evolution du taux d'érosion spécifique Es et de la pluie annuelle Pa en Fonction du temps du SBV (N°10)

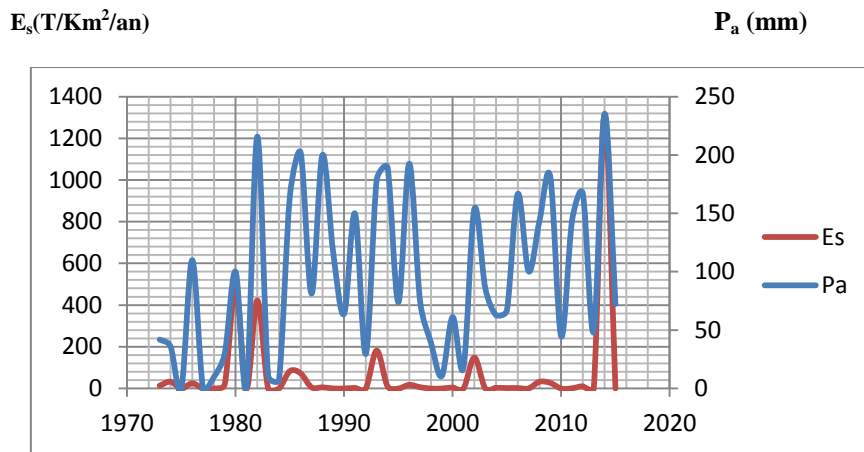


Figure III. 23: Evolution du taux d'érosion spécifique Es et de la pluie annuelle Pa en Fonction du temps du SBV dans Bassin versant (N°11)

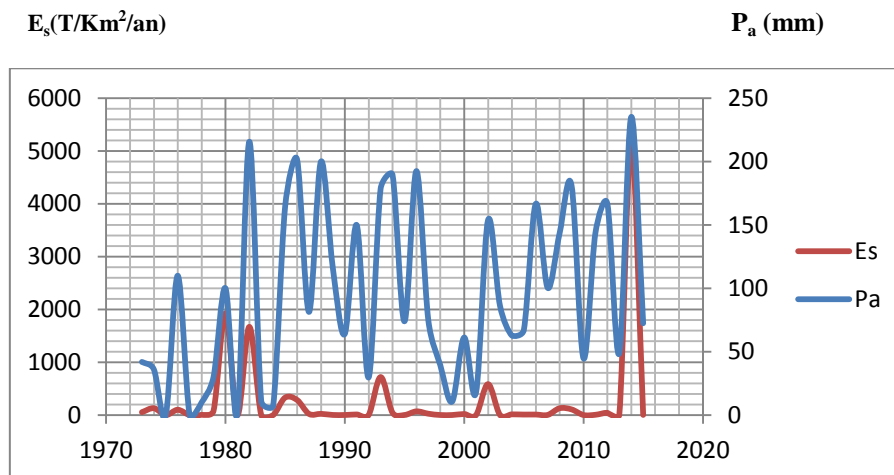


Figure III. 24: Evolution du taux d'érosion spécifique Es et de la pluie annuelle Pa en Fonction du temps du SBV (N°12)

Nous remarquons à partir des figures III.13 à III.24 une irrégularité du taux d'érosion spécifique et de la pluie annuelle en fonction des années d'observation.

Nous montrons sur la figure III.25 l'évolution de l'érosion totale des différents sous bassins versants sur une période de retour P de 5 ans à partir de 1973 jusqu'à 2015.

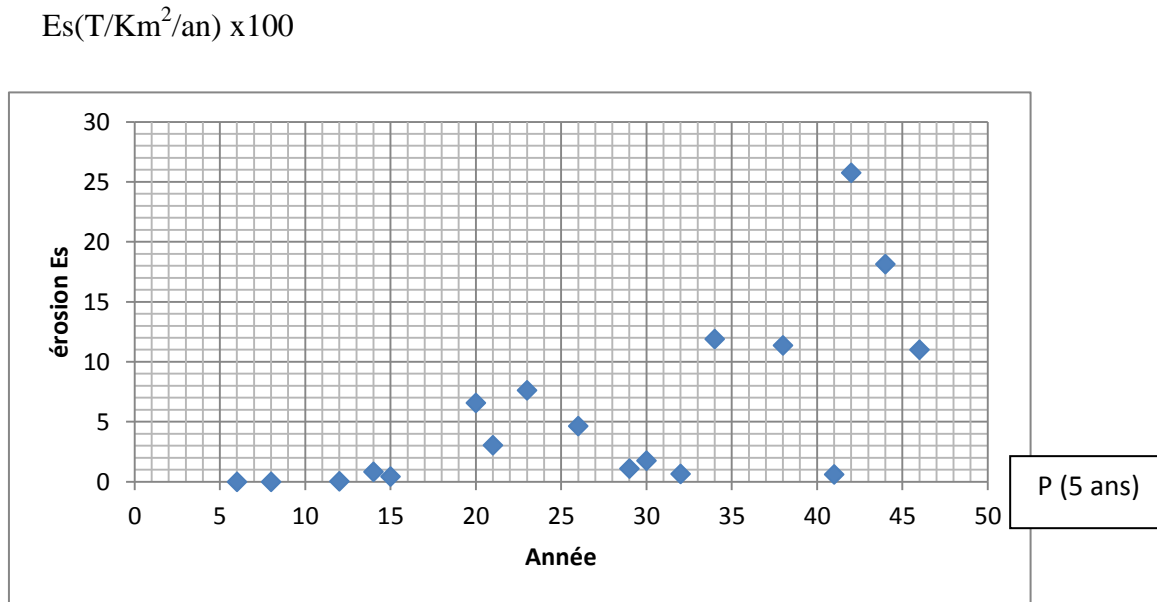


Figure III. 25 : Evolution totale de l'érosion spécifique E_s en fonction de la période de retour P

La relation suivante (2) permet d'estimer l'érosion en fonction de la période de retour P.

$$E (x 100 T/Km^2/an) = 41.742 P + 432.88 \quad \text{(III.2)}$$

La figure III.26 montre la distribution de la probabilité de l'érosion pour la totalité des sous bassins versants sur une période de 42 ans (1973 - 2015). Nous obtenons une droite de pente voisine pour les rivières de l'Afrique du nord [26]

Station de Béchar à l'Oued Guir 1 : Danube et affluents 2:Rivière Italiennes
3 : Rhône, Isère, Durance et affluents 4 : Rivières de Grèce
5 : Rivières d'Afrique du Nord

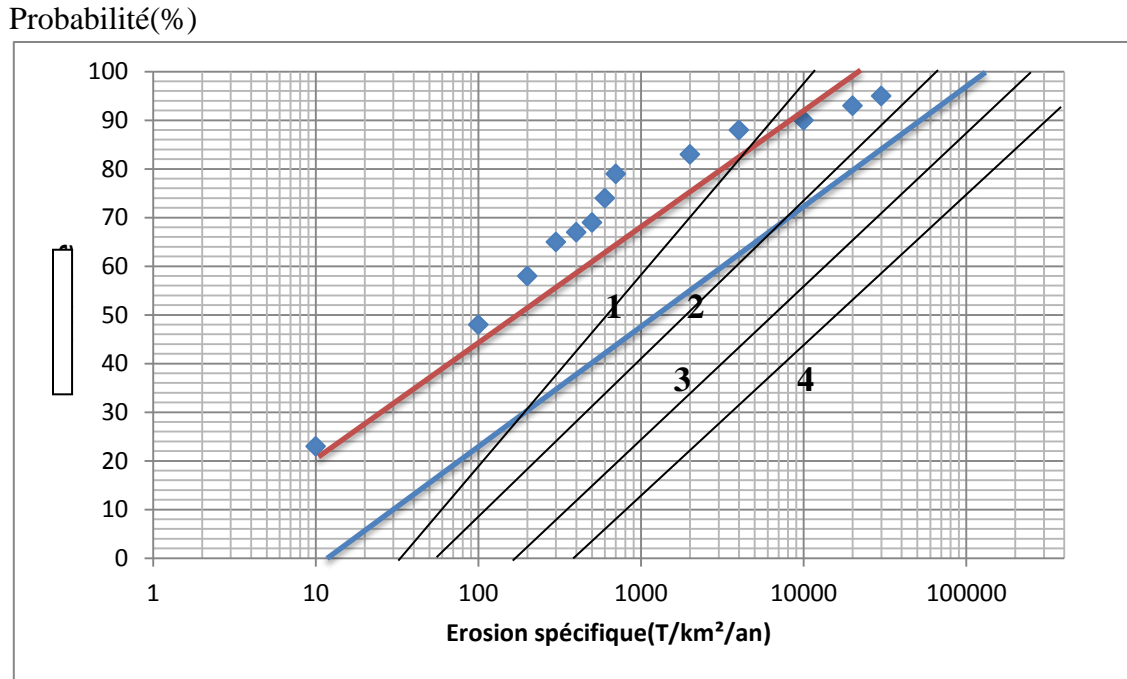


Figure III. 26: Distribution de l'érosion pour différents bassins versants

III.4.CONCLUSION

La superficie grande du bassin versant de l'oued Guir nous a incité à le diviser en plusieurs sous bassins versants de différentes superficies (SBV1 à SBV12). Dans cette étude, nous avons utilisé le logiciel ArcGis. En fonction de la pluviométrie de la station de Béchar de 1973 à 2015, ainsi que les pentes, nous avons quantifié les apports solides. La quantification des apports solides par les études probabilistes de l'érosion spécifique effectuée a confirmé la grande irrégularité de l'érosion. Il s'agit en effet d'une région à climat aride dans laquelle l'érosion est particulièrement active et irrégulière suivant les variations pluviométriques annuelles et saisonnières. D'autres facteurs tels que la nature de la pluie (le temps de concentration, l'intensité) et la nature du sol doivent être pris en considération ; ainsi que l'érosion éolienne.

Nous avons pu aussi estimer et trouver une relation entre la totalité de l'érosion spécifique en fonction de la période de retour de 5 ans.

Afin d'estimer la quantification de l'érosion totale, on doit ajouter à l'érosion spécifique l'érosion éolienne qui représente 20% de l'érosion spécifique.

Chapitre IV:

Analyse des propriétés physiques

et chimiques des sédiments d'envasement du barrage

IV.1.Introduction:

Dans le but d'une caractérisation physico-chimique des sédiments d'envasement du barrage DJORF-TORBA, nous avons prélevé des échantillons de l'amont de la retenue jusqu'au pied du barrage

IV.2.Analyses des propriétés physiques et chimiques de la vase :

Les analyses des échantillons prélevés dans les affluents en amont et en aval du barrage ont été effectuées au laboratoire de LTPS ADRAR

La figure suivante montre les différents échantillons prélevés au niveau du barrage Djorf-Torba (P1, P2, P3, P4 et P5).



Figure IV. 27: Points de prélèvement des différents échantillons

❖ **Analyse granulométrique complète (Tamisage à sec et Sédimentométrie) :**

- ✓ Analyse granulométrique complète (Tamisage à sec)

Objet: L'essai consiste à séparer par lavage les grains d'un matériau puis à les fractionner au moyen d'une série de tamis et à peser après séchage le refus de chaque tamis.

Définition: L'analyse granulométrique sert à déterminer la distribution dimensionnelle d'un matériau (voir tableau IV.1). La courbe granulométrique est représentée sur la figure IV.1.

❖ Résultats:

Tamis (mm)	Échantillon : P ₄				Échantillon : P ₃			
	Poids refus partiels (g)	Poids refus cumulés (g)	refus cumulés (%)	Tamisats (%)	Poids refus partiels (g)	Poids refus cumulés (g)	refus cumulés (%)	Tamisats (%)
20	0	0	100	0	0	0	100	0
16	4	4	99.6	0.4	65.1	65.1	93.49	6.51
12.5	1	5	99.5	0.5	22.5	87.6	91.24	8.76
10	38	43	95.7	4.3	32	119.6	88.04	11.96
8	8.7	51.7	94.84	5.17	1.1	120.7	87.93	12.07
6.3	31.5	83.2	91.68	8.32	18.2	138.9	86.11	13.89
3.15	44.3	127.5	87.25	12.75	33.3	172.2	82.78	17.22
2	84.3	211.8	78.82	21.18	22.73	194.9	80.51	19.49
1	87.9	299.7	70.03	29.97	38.7	233.6	76.64	23.36
0.4	72.1	371.8	62.82	37.18	38.1	271.7	72.83	27.19
0.2	61.1	432.9	56.71	43.29	49.6	321.3	67.87	32.13
0.1	34.4	467.3	53.27	46.73	60.4	381.7	61.83	38.17
0.08	141	608.3	39.17	60.83	20.4	402.1	59.79	40.02

Tableau IV. 6: Résultats de la granulométrie complète par (Tamisage à sec)

La figure de résultat de l'analyse granulométrique complète pour tamisage à sec montre pour l'annexe

✓ Analyse granulométrique complète Sédimentométrie

Objet: C'est la détermination de la distribution pondérale de la taille des particules de sols de dimension inférieure à 0.08 mm.

❖ **Définition :** C'est un essai qui complète l'analyse granulométrique par tamisage d'un sol (Norme NFP94-056) et qui peut être nécessaire à sa description et à sa classification.

Tableau IV. 7: Résultats de la granulométrie par sédimentométrie

Echantillon : P₄							
Temps de lecture	Lecture de nombre de graduation (R_t)	Température T°	Facteur F	(R_B)	(H_t)	P%<D	D (mm)
30"	1.011	24	0.01325	0.999	13.84	45.67	0.069
1'	1.010	24	0.01325	0.999	14.12	41.87	0.049
2'	1.010	24	0.01325	0.999	14.12	41.87	0.035
5'	1.009	24	0.01325	0.999	13	38.06	0,021
10'	1.008	24	0.01325	0.999	13.28	34.25	0,015
30'	1.004	24	0.01325	0.999	14.4	19.03	0,009
60'	1.000	24	0.01325	0.999	15.52	3.80	0,006
24h	1.000	24	0.01325	0.999	15.52	3.80	0,003
48h	1.000			0.999	15.52	3.80	0,001
Echantillon : P₃							
Temps de lecture	Lecture de nombre de graduation (R_t)	Température T°	Facteur F	(R_B)	(H_t)	P%<D	D (mm)
30"	1.008	24	0.0146	0.999	14.68	37.26	0.079
1'	1.008	24	0.0146	0.999	14.68	37.26	0.055
2'	1.007	24	0.0146	0.999	14.96	33.12	0.039
5'	1.005	24	0.0146	0.999	14.12	24.84	0,024
10'	1.004	24	0.0146	0.999	14.4	20.70	0,017
30'	1.002	24	0.0146	0.999	14.96	12.42	0,010
60'	1.001	24	0.0146	0.999	15.24	8.28	0,007
24h	1.000	24	0.0146	0.999	15.52	4.14	0,002
48h	1.000			0.999	15.52	4.14	0,001

La figure de résultat de l'analyse granulométrique complète par sédimentométrie montré dans les annexes

Poids spécifique des grains solides (γ_s).

❖ **Définition :**

Le poids spécifique des grains d'un sol (γ_s) est le quotient du poids de ses grains solide (W_s) par leur volume absolu (V_s).

C'est un rapport exprimé en (g/cm^3 , kg/m^3) de la quantité de la masse (M_s)des grains solides après un étuvage d'une durée de 24h a une température de $105^{\circ}C$ au volume absolu (v_s)(volume des grains solides a l'état sec)de l'échantillon

$$\gamma_s = W_s / V_s \quad (IV.3)$$

γ_s : poids spécifique des grains solides

W_s : poids du sol sec

V_s : volume absolu des grains solides.

But des essais: la détermination du poids spécifique du matériau étudié

Tableau IV. 8: Résultats du poids spécifique

Echantillon : P ₄				
	Unité	Essais	Essais	Essais
N° du pycnomètre	-	1	2	3
Poids de pycnomètre vide(W_1)	g	68.2	68.2	68.2
Poids de pycnomètre+eau(W_2)	g	170	170	170
Poids de pycnomètre+échantillon(W_3)	g	77.4	78.2	78.2
Poids de pycnomètre+échantillon+ eau(W_4)	g	175.8	176.1	176.4
Poids du matériau(W_s)	g	10	10	10
Température($T^{\circ}C$)	$^{\circ}C$	23	22	22
Le volume du matériau V_s	cm^3	0.34	0.39	0.36
Poids spécifique des grains solides γ_s	g/cm^3	29.41	25.64	27.78
Densité des grains solide G_s		2.94	2.56	2.77
		2.75		

Echantillon : P₃				
	Unité	Essais	Essais	Essais
N° du pycnomètre	-	1	2	3
Poids de pycnomètre vide(W₁)	G	68.2	68.2	68.2
Poids de pycnomètre+eau(W₂)	G	170	170	170
Poids de pycnomètre+échantillon(W₃)	G	92.7	93.8	93.6
Poids de pycnomètre+échantillon+ eau(W₄)	G	184.6	184.7	184.7
Poids du matériau(W_s)	G	25	25	25
Température(T°C)	°C	23	22	22
Le volume du matériau V_s	cm ³	0.99	1.09	1.07
Poids spécifique des grains solides γ_s	g/cm ³	25.25	22.93	23.36
Densité des grains solide G_s		2.52	2.29	2.33
G_s		2.40		

Interprétation des résultat:

D'après les résultats présentés dans le tableau n4 notre valeur est concorde avec les normes édictées par la norme (NF P94-054)

❖ **Limites d'Atterberg (Limite de liquidité et Limite de Plasticité).**

❖ **Principe de l'essai :**

L'essai s'effectue en 2 phases:

- Détermination de la teneur en eau W_L pour laquelle une rainure pratiquée dans une coupelle se ferme suite à des chocs répétés pour un nombre de coups donnés (limites liquidité).
- Détermination de la teneur en eau W_P pour laquelle un rouleau de sol se fissure (limite plasticité).

✓ **Résultats**

Le calcul de l'indice de plasticité est calculé suivant la relation suivante :

$$I_p = W_L - W_p \quad (IV.4)$$

L'indice de consistance des échantillons est le suivant : $I_c = W_L - W / I_p$ (IV.5)



Echantillon : P₄



Echantillon: P₃

✓ **Résultats**

Le calcul de l'indice de plasticité est calculé suivant la relation suivante : $I_p = W_L - W_p$.

L'indice de consistance des échantillons est le suivant : $I_c = W_L - W / I_p$

Echantillon : P ₄				Echantillon : P ₃			
Nombre de coups	W _L %	W _p %	I _p %	Nombre de coups	W _L %	W _p %	I _p %
17	48.87	10.57	38.30	15	46.30	31.23	15.07
20				21			
27				35			

Tableau IV .9 Réultat de Limites d'Atterberg

La figure des résultats des Limites d' Atterberg sont montré dans les annexes

Interprétation des résultats:

D'après les résultats obtenus, on remarque que ces résultats sont concordes avec les normes édictées par NORME NF P 94-051 qui sont : (12-40)

L'indice de plasticité pour l'échantillon P₄ (IP= 38.30) caractéristique d'un sol argile peu plastique

L'indice de plasticité pour l'échantillon P₃ (IP= 15.07) caractéristique d'un sol limou peu plastique (Voir la courbe sur l'annexe N°1)

❖ **Essai au bleu de Méthylène**

On appelle valeur de bleu des sols VBS exprime la quantité en grammes de bleu de méthylène adsorbée pour 100g de sol. L'essai consiste à introduire dans un échantillon des quantités croissantes de bleu de méthylène, par doses successives jusqu'à ce que les particules argileuses en soient saturées. Le sol adsorbera d'autant plus de bleu de méthylène que la quantité d'argile qu'il contient est importante.

Le bleu de méthylène est injecté dans un bain aqueux contenant la prise d'essai, en observant le comportement d'une goutte de suspension déposée sur une feuille de papier filtre. La tache formée se compose d'un dépôt central du matériau, coloré d'un bleu soutenu, entouré d'une zone humide incolore. L'excès de bleu clair persistant autour du dépôt central.

Résultats :



Echantillon: P₃



Echantillon: P₄

Echantillon	P ₃	P ₄
VBS	1.25	2.75
SST (m ² /g)	26.93	57.56

Tableau IV.10 Résultat de bleu de méthylène

❖ **Interprétation des résultats:**

- Le bleu de méthylène représente la valeur du bleu du sol
- Selon la norme NFP 94-068 AFNOR la quantité bleu de méthylène varie Par type de sol
- Le résultat trouvé dans nos échantillons est conforme aux normes édictées par norme NFP 94-068 AFNOR qui sont :(0.2- 8).
- Le bleu de méthylène pour l'échantillon (P₃=1.25) caractérise un sol sablo-limoneux
- le bleu de méthylène pour l'échantillon (P₄=2.75) caractérise un sol limoneux-argileux

.L'ESSAI CHIMIQUE

échantillon	Carbonates de calciums $\text{CaCO}_3(\%)$	Sulfates H_2SO_4	PH	Chlorures Cl^-
	Teneurs (%)	Teneurs (%)	Teneurs	Teneurs (%)
P3	60	Trace	7.30	0.037
P4	38	Trace	7.29	0.039

Tableau IV.11. Résultat de l'essai chimique

Interprétation des résultats:

Les carbonates de calciums $\text{CaCO}_3\%$

Les résultats du pourcentage de CaCO_3 montrent qu'on est en présence de sols Marne. [27]

IV.3.Conclusion.

Aucune entrée de table d'illustration n'a été trouvée. Les résultats des analyses physico-chimiques des échantillons prélevés aux différents endroits au niveau de la vidange de fond du barrage et la rive gauche de la digue permettent de constater ce qui suit:

les échantillons analysés ont une texture (Sols limoneux-argileux et Sols limoneux), et les valeurs de PH sont inférieures à 7.5 (sol normal).

Conclusion générale

Conclusion générale

Dans le cadre de notre mémoire de master, nous nous sommes intéressés au barrage Djorf-Torba qui est proche de la wilaya d'Adrar et qui son rôle permet une plus grande maîtrise de l'eau et un développement certain des zones du sud d'Algérie. Ce barrage a pour but l'adduction en eau potable et l'irrigation des terres. Un diagnostic du barrage a permis de constater que son envasement prend de l'ampleur d'année en année.

Les causes de son envasement sont dues à une érosion accélérée avec des sols complètement dénudés pour cause d'une irrégularité de la pluviométrie. Pour lutter contre ce phénomène, il faut tout d'abord trouver la méthode la plus efficace pour estimer réellement le taux d'envasement avant de construire un barrage.

Pour remédier à ce problème, nous avons déterminés avec le logiciel Arc-Gis les paramètres hydrologiques des différents bassins versants alimentant l'oued principal Guir.

A travers cette étude, nous avons déterminé avec le logiciel Arc-Gis les différentes superficies, ainsi que les pentes des différents sous bassins versants (SBV1 à SBV12) en fonction de la pluviométrie. Ceci a permis d'estimer l'érosion spécifique totale du bassin versant de l'oued Guir.

Comme perspectives on envisage les travaux suivants:

- utiliser les relations des régions arides ;
- utiliser les stations pluviométriques au niveau des bassins versants ou celui du barrage ;
- trouver des solutions pour lutter contre l'envasement du barrage Djor-Torba.

Références Bibliographique

Références Bibliographiques

- [1] **REMINI. B, 2005**, La problématique de l'eau en Algérie, Ed : OPU
- [2] (ANBT), Agence Nationale des Barrages et Transfert.
- [3] **BESSENASSE M et al, (2003)**, «Simulation numérique de la sédimentation dans les retenue de barrage : cas de la retenue de Zardaza, Algérie. Revue des sciences de l'eau, rev.sci .eau »
- [4] (**REMINI B, HALLOUCHE W, (2003/2004)**) La sédimentation dans les barrages Algériens, Revue internationale la houille blanche/n°1, Janvier
- [5] **GRAF W., (2000)**, Hydraulique Fluviale. Presse Polytechnique Romande.
- [6] **KAURAK LEITE (1990)**, Réflexion sur l'utilité des modèles mathématiques dans la gestion de la pollution diffuse d'origine agricole. Thèse, ENPC, Paris, 342 pages + Annexes
- [7] **A. BENAICHA, (2011)**, Etude des processus des transports solide et leur impact sur l'alluvionnement des barrages, Mémoire de Magister, Université El Hadj Lakhdar –Batna-
- [8] **HEEDE, B. H. et J. N. RINNE. (1990)**, Hydrodynamique and fluvial morphologique processes: Implications for fisheries management and research. North Am. J. Fish. Manag. 10: 249-268.
- [9] **WATERS, T. F, (1995)**, Sediment in streams. Sources, biological effects and control. Bethesda,
- [10] **REMINI B., (1999)**, Les conséquences de l'envasement des barrages: quelques exemples Algériens. Revue Techniques sciences méthodes, n°4, avril, pp. 55-62 Maryland, American Fisheries Society Monograph 7.
- [11] : Guide Opérationnel Valorisation Des Sédiments De Dragage En Technique Routière, Guide méthodologique élaboré par l'école des mines Douai dans le cadre de la démarche **SEDIMATERIAUX**.
- [12] **MEHDI, H., (2015)**, Etude des propriétés physico-chimiques des sédiments du barrage de Sidi M'Hamed Benaouda (W.Relizane) en vue de leur valorisation.mémoire de MAGISTER. Université des Sciences et de la Technologie d'Oran. Algérie.
- [13]: «[http : www:reseachgate .net](http://www.researchgate.net)»
- [14]: **LAGHOUATI. N, SALHI. M^{ed}**, Etude de faisabilité d'un barrage en terre dans l'Oued Guir (DJORF-TORBA), Mémoire d'ingénieur d'état en Hydraulique, Centre universitaire de Bechar, 2003, 114 p.

- [15] :https://www.researchgate.net/figure/Localisation-de-la-region-detude-et-position-des-coupes-geologiques-DH-Djorf-el_fig1_303008575
- [16] : Google Earth 2019
- [17] : **COYON et BELLIER ,1985**« Monographie du barrage DJORF-TORBA sur l'oued GUIR»
- [18] : (original 2019)
- [19]: Documents d'Agence nationale des barrages et transfert, Bechar, 2012.
- [20] : **BOUHOUCHE Z, GHAZI F (1993)** Contribution à l'étude hydrogéologique de la région de Béni-Abbés. Thèse Ing État, USTHB. Alger, p146 p.
- [21]:**M.S. BELOUNI et T. SAHRAOUI, DIRECTION** Générale de l'Exploitation, Ministère de l'Hydraulique, Alger
- [22] : **BENYOUCEF-M2013**, Le bassin crétacé du Guir (sud-ouest algérien) :Caractérisations litho-bio stratigraphiques, Sedimentologiques & Paléogéographiques. Université de Tlemcen
- [23]:<https://resources.arcgis.com>
- [24]: <http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/ArcGIS/fr-fr>
- [25]:**ARTICLE de X^{ème}** Journées Nationales Génie Cotier-Génie Civil ,14-16 Octobre2008, Sophia Antipolis) sur Erosion spécifique et caractérisation de la résistance au cisaillement des sédiments du barrage de Fergoug (Mekerta Belkacem –Semcha Abdelaziz-Rahmani Fadéla-Jean Pierre)
- [26]**DEMMAK A. (1982).**Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie septentrionale. Thèse de Docteur Ingénieur, université de Pierre et Marie Curie, Paris XI.
- [27] **Pr.MEKERTA.** « Cours mécanique des sols avancées »**M₁.**Géotechnique.p8p

Annexes

annexes

Annee	Ps	Pa	H	S	H2	Ps2	(Ps2/ Pa)	(Ps2/ Pa)2.65	H2/S	(H2/S)0.46	Es
1973	33	41.91	7.19	4377.3	51.6961	1089	25.984252	5610.24827	0.011810043	0.12978834	20.2262446
1974	36.07	36.07	7.19	4377.3	51.6961	1301.0449	36.07	13379.4197	0.011810043	0.12978834	48.2359073
1975	0	0	7.19	4377.3	51.6961	0	0	0	0.011810043	0.12978834	0
1976	59.94	109.98	7.19	4377.3	51.6961	3592.8036	32.6677905	10290.0472	0.011810043	0.12978834	37.098004
1977	0	0	7.19	4377.3	51.6961	0		0	0.011810043	0.12978834	0
1978	9.91	9.91	7.19	4377.3	51.6961	98.2081	9.91	436.109136	0.011810043	0.12978834	1.57227446
1979	29.97	29.97	7.19	4377.3	51.6961	898.2009	29.97	8188.79254	0.011810043	0.12978834	29.522494
1980	100.08	100.08	7.19	4377.3	51.6961	10016.0064	100.08	199949.506	0.011810043	0.12978834	720.864288
1981	1.02	1.02	7.19	4377.3	51.6961	1.0404	1.02	1.05387828	0.011810043	0.12978834	0.00379948
1982	143.01	215.69	7.19	4377.3	51.6961	20451.8601	94.8206227	173297.552	0.011810043	0.12978834	624.777818
1983	5.59	10.94	7.19	4377.3	51.6961	31.2481	2.85631627	16.1393737	0.011810043	0.12978834	0.05818618
1984	4.06	7.36	7.19	4377.3	51.6961	16.4836	2.23961957	8.47152838	0.011810043	0.12978834	0.03054182
1985	91.95	164.34	7.19	4377.3	51.6961	8454.8025	51.4470153	34285.0265	0.011810043	0.12978834	123.605462
1986	99.06	201.67	7.19	4377.3	51.6961	9812.8836	48.6581227	29577.5144	0.011810043	0.12978834	106.633791
1987	38.61	81.31	7.19	4377.3	51.6961	1490.7321	18.3339331	2226.52436	0.011810043	0.12978834	8.0271361
1988	61.21	199.95	7.19	4377.3	51.6961	3746.6641	18.738005	2358.93991	0.011810043	0.12978834	8.50452483
1989	27.94	115.85	7.19	4377.3	51.6961	780.6436	6.73839965	156.918963	0.011810043	0.12978834	0.56572921
1990	18.03	64.01	7.19	4377.3	51.6961	325.0809	5.07859553	74.1686902	0.011810043	0.12978834	0.26739531
1991	46.32	149.86	7.19	4377.3	51.6961	2145.5424	14.3169785	1156.12858	0.011810043	0.12978834	4.16811136
1992	13.97	29.71	7.19	4377.3	51.6961	195.1609	6.56886234	146.672578	0.011810043	0.12978834	0.52878862
1993	111	178.56	7.19	4377.3	51.6961	12321	69.0020161	74642.0774	0.011810043	0.12978834	269.10198
1994	67.05	189.48	7.19	4377.3	51.6961	4495.7025	23.7265279	4409.30965	0.011810043	0.12978834	15.8965827
1995	20.07	73.93	7.19	4377.3	51.6961	402.8049	5.44846341	89.3565109	0.011810043	0.12978834	0.32215092
1996	74.18	192.54	7.19	4377.3	51.6961	5502.6724	28.5793726	7220.04044	0.011810043	0.12978834	26.0299183
1997	38.11	74.68	7.19	4377.3	51.6961	1452.3721	19.4479392	2603.2448	0.011810043	0.12978834	9.38530053
1998	11.17	39.38	7.19	4377.3	51.6961	124.7689	3.16833164	21.2422826	0.011810043	0.12978834	0.07658335
1999	6.35	10.66	7.19	4377.3	51.6961	40.3225	3.7825985	33.973802	0.011810043	0.12978834	0.12248343
2000	32.77	61.22	7.19	4377.3	51.6961	1073.8729	17.5412104	1980.42239	0.011810043	0.12978834	7.13988147

2001	6.86	18.04	7.19	4377.3	51.6961	47.0596	2.60862528	12.6908585	0.011810043	0.12978834	0.04575348
2002	99.06	153.69	7.19	4377.3	51.6961	9812.8836	63.8485497	60764.5446	0.011810043	0.12978834	219.070259
2003	25.9	86.34	7.19	4377.3	51.6961	670.81	7.76940005	228.837309	0.011810043	0.12978834	0.82501151
2004	30.72	62.72	7.19	4377.3	51.6961	943.7184	15.0465306	1318.88336	0.011810043	0.12978834	4.75488003
2005	29.72	67.07	7.19	4377.3	51.6961	883.2784	13.1695005	926.528228	0.011810043	0.12978834	3.34034889
2006	47.24	166.62	7.19	4377.3	51.6961	2231.6176	13.3934558	968.870018	0.011810043	0.12978834	3.49300085
2007	27.68	100.33	7.19	4377.3	51.6961	766.1824	7.63662314	218.619352	0.011810043	0.12978834	0.78817341
2008	71.9	143.54	7.19	4377.3	51.6961	5169.61	36.0151177	13325.5402	0.011810043	0.12978834	48.0416592
2009	77.97	181.09	7.19	4377.3	51.6961	6079.3209	33.5707157	11061.0305	0.011810043	0.12978834	39.8775772
2010	10.67	44.71	7.19	4377.3	51.6961	113.8489	2.5463856	11.904168	0.011810043	0.12978834	0.04291728
2011	38.66	143.75	7.19	4377.3	51.6961	1494.5956	10.3971868	495.25286	0.011810043	0.12978834	1.78550128
2012	62.99	166.63	7.19	4377.3	51.6961	3967.7401	23.8116792	4451.36861	0.011810043	0.12978834	16.048215
2013	21.08	48.78	7.19	4377.3	51.6961	444.3664	9.1096023	348.877897	0.011810043	0.12978834	1.25778563
2014	184.91	235.2	7.19	4377.3	51.6961	34191.7081	145.372909	537750.994	0.011810043	0.12978834	1938.7169
2015	23.37	72.39	7.19	4377.3	51.6961	546.1569	7.54464567	211.710768	0.011810043	0.12978834	0.76326636

Tableau III.: les resultants des calculs de l'érosion spécifique des different sous basins versants 1

annexes

Anneé	Ps	Pa	H	S	H2	Ps2	(Ps2/ Pa)	(Ps2/ Pa)2.65	H2/S	(H2/S)0.46	Es
1973	33	41.91	9.01	2286.6	81.1801	1089	25.984252	5610.24827	0.035502537	0.21533733	33.5582183
1974	36.07	36.07	9.01	2286.6	81.1801	1301.0449	36.07	13379.4197	0.035502537	0.21533733	80.0302351
1975	0	0	9.01	2286.6	81.1801	0	0	0	0.035502537	0.21533733	0
1976	59.94	109.98	9.01	2286.6	81.1801	3592.8036	32.6677905	10290.0472	0.035502537	0.21533733	61.5508684
1977	0	0	9.01	2286.6	81.1801	0		0	0.035502537	0.21533733	0
1978	9.91	9.91	9.01	2286.6	81.1801	98.2081	9.91	436.109136	0.035502537	0.21533733	2.60862709
1979	29.97	29.97	9.01	2286.6	81.1801	898.2009	29.97	8188.79254	0.035502537	0.21533733	48.9820192
1980	100.08	100.08	9.01	2286.6	81.1801	10016.0064	100.08	199949.506	0.035502537	0.21533733	1196.01645
1981	1.02	1.02	9.01	2286.6	81.1801	1.0404	1.02	1.05387828	0.035502537	0.21533733	0.00630387
1982	143.01	215.69	9.01	2286.6	81.1801	20451.8601	94.8206227	173297.552	0.035502537	0.21533733	1036.59532
1983	5.59	10.94	9.01	2286.6	81.1801	31.2481	2.85631627	16.1393737	0.035502537	0.21533733	0.09653916
1984	4.06	7.36	9.01	2286.6	81.1801	16.4836	2.23961957	8.47152838	0.035502537	0.21533733	0.05067323
1985	91.95	164.34	9.01	2286.6	81.1801	8454.8025	51.4470153	34285.0265	0.035502537	0.21533733	205.079053
1986	99.06	201.67	9.01	2286.6	81.1801	9812.8836	48.6581227	29577.5144	0.035502537	0.21533733	176.920635
1987	38.61	81.31	9.01	2286.6	81.1801	1490.7321	18.3339331	2226.52436	0.035502537	0.21533733	13.3181612
1988	61.21	199.95	9.01	2286.6	81.1801	3746.6641	18.738005	2358.93991	0.035502537	0.21533733	14.110217
1989	27.94	115.85	9.01	2286.6	81.1801	780.6436	6.73839965	156.918963	0.035502537	0.21533733	0.93862527
1990	18.03	64.01	9.01	2286.6	81.1801	325.0809	5.07859553	74.1686902	0.035502537	0.21533733	0.44364687
1991	46.32	149.86	9.01	2286.6	81.1801	2145.5424	14.3169785	1156.12858	0.035502537	0.21533733	6.91548995
1992	13.97	29.71	9.01	2286.6	81.1801	195.1609	6.56886234	146.672578	0.035502537	0.21533733	0.87733558
1993	111	178.56	9.01	2286.6	81.1801	12321	69.0020161	74642.0774	0.035502537	0.21533733	446.478482
1994	67.05	189.48	9.01	2286.6	81.1801	4495.7025	23.7265279	4409.30965	0.035502537	0.21533733	26.3746931
1995	20.07	73.93	9.01	2286.6	81.1801	402.8049	5.44846341	89.3565109	0.035502537	0.21533733	0.53449423
1996	74.18	192.54	9.01	2286.6	81.1801	5502.6724	28.5793726	7220.04044	0.035502537	0.21533733	43.1873389
1997	38.11	74.68	9.01	2286.6	81.1801	1452.3721	19.4479392	2603.2448	0.035502537	0.21533733	15.5715493
1998	11.17	39.38	9.01	2286.6	81.1801	124.7689	3.16833164	21.2422826	0.035502537	0.21533733	0.12706268
1999	6.35	10.66	9.01	2286.6	81.1801	40.3225	3.7825985	33.973802	0.035502537	0.21533733	0.20321744
2000	32.77	61.22	9.01	2286.6	81.1801	1073.8729	17.5412104	1980.42239	0.035502537	0.21533733	11.8460795

2001	6.86	18.04	9.01	2286.6	81.1801	47.0596	2.60862528	12.6908585	0.035502537	0.21533733	0.07591154
2002	99.06	153.69	9.01	2286.6	81.1801	9812.8836	63.8485497	60764.5446	0.035502537	0.21533733	363.468738
2003	25.9	86.34	9.01	2286.6	81.1801	670.81	7.76940005	228.837309	0.035502537	0.21533733	1.36881151
2004	30.72	62.72	9.01	2286.6	81.1801	943.7184	15.0465306	1318.88336	0.035502537	0.21533733	7.88902267
2005	29.72	67.07	9.01	2286.6	81.1801	883.2784	13.1695005	926.528228	0.035502537	0.21533733	5.5421142
2006	47.24	166.62	9.01	2286.6	81.1801	2231.6176	13.3934558	968.870018	0.035502537	0.21533733	5.79538553
2007	27.68	100.33	9.01	2286.6	81.1801	766.1824	7.63662314	218.619352	0.035502537	0.21533733	1.30769185
2008	71.9	143.54	9.01	2286.6	81.1801	5169.61	36.0151177	13325.5402	0.035502537	0.21533733	79.7079497
2009	77.97	181.09	9.01	2286.6	81.1801	6079.3209	33.5707157	11061.0305	0.035502537	0.21533733	66.1625758
2010	10.67	44.71	9.01	2286.6	81.1801	113.8489	2.5463856	11.904168	0.035502537	0.21533733	0.07120588
2011	38.66	143.75	9.01	2286.6	81.1801	1494.5956	10.3971868	495.25286	0.035502537	0.21533733	2.96240074
2012	62.99	166.63	9.01	2286.6	81.1801	3967.7401	23.8116792	4451.36861	0.035502537	0.21533733	26.6262726
2013	21.08	48.78	9.01	2286.6	81.1801	444.3664	9.1096023	348.877897	0.035502537	0.21533733	2.08684537
2014	184.91	235.2	9.01	2286.6	81.1801	34191.7081	145.372909	537750.994	0.035502537	0.21533733	3216.60725
2015	23.37	72.39	9.01	2286.6	81.1801	546.1569	7.54464567	211.710768	0.035502537	0.21533733	1.26636752

Tablou III.: les resultants des calculs de l'érosion spécifique des different sous basins versants 2

Anneé	Ps	Pa	H	S	H2	Ps2	(Ps2/ Pa)	(Ps2/ Pa) ^{2.65}	H2/S	(H2/S) ^{0.46}	Es
1973	33	41.91	5.18	5247.7	26.8324	1089	25.984252	5610.24827	0.005113173	0.08830751	13.7618626
1974	36.07	36.07	5.18	5247.7	26.8324	1301.0449	36.07	13379.4197	0.005113173	0.08830751	32.8195344
1975	0	0	5.18	5247.7	26.8324	0	0	0	0.005113173	0.08830751	0
1976	59.94	109.98	5.18	5247.7	26.8324	3592.8036	32.6677905	10290.0472	0.005113173	0.08830751	25.2413458
1977	0	0	5.18	5247.7	26.8324	0		0	0.005113173	0.08830751	0
1978	9.91	9.91	5.18	5247.7	26.8324	98.2081	9.91	436.109136	0.005113173	0.08830751	1.06976977
1979	29.97	29.97	5.18	5247.7	26.8324	898.2009	29.97	8188.79254	0.005113173	0.08830751	20.0869967
1980	100.08	100.08	5.18	5247.7	26.8324	10016.0064	100.08	199949.506	0.005113173	0.08830751	490.473418
1981	1.02	1.02	5.18	5247.7	26.8324	1.0404	1.02	1.05387828	0.005113173	0.08830751	0.00258515

annexes

1982	143.01	215.69	5.18	5247.7	26.8324	20451.8601	94.8206227	173297.552	0.005113173	0.08830751	425.096536
1983	5.59	10.94	5.18	5247.7	26.8324	31.2481	2.85631627	16.1393737	0.005113173	0.08830751	0.03958966
1984	4.06	7.36	5.18	5247.7	26.8324	16.4836	2.23961957	8.47152838	0.005113173	0.08830751	0.02078054
1985	91.95	164.34	5.18	5247.7	26.8324	8454.8025	51.4470153	34285.0265	0.005113173	0.08830751	84.1007033
1986	99.06	201.67	5.18	5247.7	26.8324	9812.8836	48.6581227	29577.5144	0.005113173	0.08830751	72.5532403
1987	38.61	81.31	5.18	5247.7	26.8324	1490.7321	18.3339331	2226.52436	0.005113173	0.08830751	5.46163396
1988	61.21	199.95	5.18	5247.7	26.8324	3746.6641	18.738005	2358.93991	0.005113173	0.08830751	5.7864475
1989	27.94	115.85	5.18	5247.7	26.8324	780.6436	6.73839965	156.918963	0.005113173	0.08830751	0.38492008
1990	18.03	64.01	5.18	5247.7	26.8324	325.0809	5.07859553	74.1686902	0.005113173	0.08830751	0.18193479
1991	46.32	149.86	5.18	5247.7	26.8324	2145.5424	14.3169785	1156.12858	0.005113173	0.08830751	2.83596768
1992	13.97	29.71	5.18	5247.7	26.8324	195.1609	6.56886234	146.672578	0.005113173	0.08830751	0.35978584
1993	111	178.56	5.18	5247.7	26.8324	12321	69.0020161	74642.0774	0.005113173	0.08830751	183.096
1994	67.05	189.48	5.18	5247.7	26.8324	4495.7025	23.7265279	4409.30965	0.005113173	0.08830751	10.8159766
1995	20.07	73.93	5.18	5247.7	26.8324	402.8049	5.44846341	89.3565109	0.005113173	0.08830751	0.21919031
1996	74.18	192.54	5.18	5247.7	26.8324	5502.6724	28.5793726	7220.04044	0.005113173	0.08830751	17.7106609
1997	38.11	74.68	5.18	5247.7	26.8324	1452.3721	19.4479392	2603.2448	0.005113173	0.08830751	6.38572405
1998	11.17	39.38	5.18	5247.7	26.8324	124.7689	3.16833164	21.2422826	0.005113173	0.08830751	0.05210703
1999	6.35	10.66	5.18	5247.7	26.8324	40.3225	3.7825985	33.973802	0.005113173	0.08830751	0.08333727
2000	32.77	61.22	5.18	5247.7	26.8324	1073.8729	17.5412104	1980.42239	0.005113173	0.08830751	4.85794916
2001	6.86	18.04	5.18	5247.7	26.8324	47.0596	2.60862528	12.6908585	0.005113173	0.08830751	0.0311305
2002	99.06	153.69	5.18	5247.7	26.8324	9812.8836	63.8485497	60764.5446	0.005113173	0.08830751	149.054601
2003	25.9	86.34	5.18	5247.7	26.8324	670.81	7.76940005	228.837309	0.005113173	0.08830751	0.5613348
2004	30.72	62.72	5.18	5247.7	26.8324	943.7184	15.0465306	1318.88336	0.005113173	0.08830751	3.23520293
2005	29.72	67.07	5.18	5247.7	26.8324	883.2784	13.1695005	926.528228	0.005113173	0.08830751	2.27276113
2006	47.24	166.62	5.18	5247.7	26.8324	2231.6176	13.3934558	968.870018	0.005113173	0.08830751	2.37662497
2007	27.68	100.33	5.18	5247.7	26.8324	766.1824	7.63662314	218.619352	0.005113173	0.08830751	0.53627029
2008	71.9	143.54	5.18	5247.7	26.8324	5169.61	36.0151177	13325.5402	0.005113173	0.08830751	32.6873687
2009	77.97	181.09	5.18	5247.7	26.8324	6079.3209	33.5707157	11061.0305	0.005113173	0.08830751	27.1325572
2010	10.67	44.71	5.18	5247.7	26.8324	113.8489	2.5463856	11.904168	0.005113173	0.08830751	0.02920076
2011	38.66	143.75	5.18	5247.7	26.8324	1494.5956	10.3971868	495.25286	0.005113173	0.08830751	1.21484852

2012	62.99	166.63	5.18	5247.7	26.8324	3967.7401	23.8116792	4451.36861	0.005113173	0.08830751	10.9191466
2013	21.08	48.78	5.18	5247.7	26.8324	444.3664	9.1096023	348.877897	0.005113173	0.08830751	0.85579273
2014	184.91	235.2	5.18	5247.7	26.8324	34191.7081	145.372909	537750.994	0.005113173	0.08830751	1319.09587
2015	23.37	72.39	5.18	5247.7	26.8324	546.1569	7.54464567	211.710768	0.005113173	0.08830751	0.51932363

Tablou III.: les resultants des calculs de l'érosion spécifique des different sous basins versants 3

Anneé	Ps	Pa	H	S	H2	Ps2	(Ps2/ Pa)	(Ps2/ Pa)2.65	H2/S	(H2/S)0.46	Es
1973	33	41.91	4.52	9426.6	20.4304	1089	25.984252	5610.24827	0.002167314	0.05950097	9.27264435
1974	36.07	36.07	4.52	9426.6	20.4304	1301.0449	36.07	13379.4197	0.002167314	0.05950097	22.1135669
1975	0	0	4.52	9426.6	20.4304	0	0	0	0.002167314	0.05950097	0
1976	59.94	109.98	4.52	9426.6	20.4304	3592.8036	32.6677905	10290.0472	0.002167314	0.05950097	17.0074378
1977	0	0	4.52	9426.6	20.4304	0		0	0.002167314	0.05950097	0
1978	9.91	9.91	4.52	9426.6	20.4304	98.2081	9.91	436.109136	0.002167314	0.05950097	0.7208032
1979	29.97	29.97	4.52	9426.6	20.4304	898.2009	29.97	8188.79254	0.002167314	0.05950097	13.5344743
1980	100.08	100.08	4.52	9426.6	20.4304	10016.0064	100.08	199949.506	0.002167314	0.05950097	330.477471
1981	1.02	1.02	4.52	9426.6	20.4304	1.0404	1.02	1.05387828	0.002167314	0.05950097	0.00174185
1982	143.01	215.69	4.52	9426.6	20.4304	20451.8601	94.8206227	173297.552	0.002167314	0.05950097	286.426997
1983	5.59	10.94	4.52	9426.6	20.4304	31.2481	2.85631627	16.1393737	0.002167314	0.05950097	0.02667523
1984	4.06	7.36	4.52	9426.6	20.4304	16.4836	2.23961957	8.47152838	0.002167314	0.05950097	0.01400178
1985	91.95	164.34	4.52	9426.6	20.4304	8454.8025	51.4470153	34285.0265	0.002167314	0.05950097	56.6664508
1986	99.06	201.67	4.52	9426.6	20.4304	9812.8836	48.6581227	29577.5144	0.002167314	0.05950097	48.885853
1987	38.61	81.31	4.52	9426.6	20.4304	1490.7321	18.3339331	2226.52436	0.002167314	0.05950097	3.6800098
1988	61.21	199.95	4.52	9426.6	20.4304	3746.6641	18.738005	2358.93991	0.002167314	0.05950097	3.89886683
1989	27.94	115.85	4.52	9426.6	20.4304	780.6436	6.73839965	156.918963	0.002167314	0.05950097	0.25935639
1990	18.03	64.01	4.52	9426.6	20.4304	325.0809	5.07859553	74.1686902	0.002167314	0.05950097	0.12258636
1991	46.32	149.86	4.52	9426.6	20.4304	2145.5424	14.3169785	1156.12858	0.002167314	0.05950097	1.91085469
1992	13.97	29.71	4.52	9426.6	20.4304	195.1609	6.56886234	146.672578	0.002167314	0.05950097	0.24242112

1993	111	178.56	4.52	9426.6	20.4304	12321	69.0020161	74642.0774	0.002167314	0.05950097	123.368772
1994	67.05	189.48	4.52	9426.6	20.4304	4495.7025	23.7265279	4409.30965	0.002167314	0.05950097	7.28772744
1995	20.07	73.93	4.52	9426.6	20.4304	402.8049	5.44846341	89.3565109	0.002167314	0.05950097	0.14768886
1996	74.18	192.54	4.52	9426.6	20.4304	5502.6724	28.5793726	7220.04044	0.002167314	0.05950097	11.9333163
1997	38.11	74.68	4.52	9426.6	20.4304	1452.3721	19.4479392	2603.2448	0.002167314	0.05950097	4.30265507
1998	11.17	39.38	4.52	9426.6	20.4304	124.7689	3.16833164	21.2422826	0.002167314	0.05950097	0.03510934
1999	6.35	10.66	4.52	9426.6	20.4304	40.3225	3.7825985	33.973802	0.002167314	0.05950097	0.05615206
2000	32.77	61.22	4.52	9426.6	20.4304	1073.8729	17.5412104	1980.42239	0.002167314	0.05950097	3.27325131
2001	6.86	18.04	4.52	9426.6	20.4304	47.0596	2.60862528	12.6908585	0.002167314	0.05950097	0.02097551
2002	99.06	153.69	4.52	9426.6	20.4304	9812.8836	63.8485497	60764.5446	0.002167314	0.05950097	100.431921
2003	25.9	86.34	4.52	9426.6	20.4304	670.81	7.76940005	228.837309	0.002167314	0.05950097	0.37822337
2004	30.72	62.72	4.52	9426.6	20.4304	943.7184	15.0465306	1318.88336	0.002167314	0.05950097	2.17985653
2005	29.72	67.07	4.52	9426.6	20.4304	883.2784	13.1695005	926.528228	0.002167314	0.05950097	1.53137015
2006	47.24	166.62	4.52	9426.6	20.4304	2231.6176	13.3934558	968.870018	0.002167314	0.05950097	1.60135286
2007	27.68	100.33	4.52	9426.6	20.4304	766.1824	7.63662314	218.619352	0.002167314	0.05950097	0.36133508
2008	71.9	143.54	4.52	9426.6	20.4304	5169.61	36.0151177	13325.5402	0.002167314	0.05950097	22.0245146
2009	77.97	181.09	4.52	9426.6	20.4304	6079.3209	33.5707157	11061.0305	0.002167314	0.05950097	18.2817225
2010	10.67	44.71	4.52	9426.6	20.4304	113.8489	2.5463856	11.904168	0.002167314	0.05950097	0.01967526
2011	38.66	143.75	4.52	9426.6	20.4304	1494.5956	10.3971868	495.25286	0.002167314	0.05950097	0.81855622
2012	62.99	166.63	4.52	9426.6	20.4304	3967.7401	23.8116792	4451.36861	0.002167314	0.05950097	7.35724269
2013	21.08	48.78	4.52	9426.6	20.4304	444.3664	9.1096023	348.877897	0.002167314	0.05950097	0.57662701
2014	184.91	235.2	4.52	9426.6	20.4304	34191.7081	145.372909	537750.994	0.002167314	0.05950097	888.797336
2015	23.37	72.39	4.52	9426.6	20.4304	546.1569	7.54464567	211.710768	0.002167314	0.05950097	0.34991654

Tablou III.: les resultants des calculs de l'érosion spécifique des different sous basins versants 4

annexes

Anneé	Ps	Pa	H	S	H2	Ps2	(Ps2/ Pa)	(Ps2/ Pa)2.65	H2/S	(H2/S)0.46	Es
1973	33	41.91	5.25	368	27.5625	1089	25.984252	5610.24827	0.074898098	0.3035684	47.3081693
1974	36.07	36.07	5.25	368	27.5625	1301.0449	36.07	13379.4197	0.074898098	0.3035684	112.821362
1975	0	0	5.25	368	27.5625	0	0	0	0.074898098	0.3035684	0
1976	59.94	109.98	5.25	368	27.5625	3592.8036	32.6677905	10290.0472	0.074898098	0.3035684	86.7703663
1977	0	0	5.25	368	27.5625	0		0	0.074898098	0.3035684	0
1978	9.91	9.91	5.25	368	27.5625	98.2081	9.91	436.109136	0.074898098	0.3035684	3.67747091
1979	29.97	29.97	5.25	368	27.5625	898.2009	29.97	8188.79254	0.074898098	0.3035684	69.0516293
1980	100.08	100.08	5.25	368	27.5625	10016.0064	100.08	199949.506	0.074898098	0.3035684	1686.06533
1981	1.02	1.02	5.25	368	27.5625	1.0404	1.02	1.05387828	0.074898098	0.3035684	0.00888678
1982	143.01	215.69	5.25	368	27.5625	20451.8601	94.8206227	173297.552	0.074898098	0.3035684	1461.32391
1983	5.59	10.94	5.25	368	27.5625	31.2481	2.85631627	16.1393737	0.074898098	0.3035684	0.13609455
1984	4.06	7.36	5.25	368	27.5625	16.4836	2.23961957	8.47152838	0.074898098	0.3035684	0.07143579
1985	91.95	164.34	5.25	368	27.5625	8454.8025	51.4470153	34285.0265	0.074898098	0.3035684	289.106962
1986	99.06	201.67	5.25	368	27.5625	9812.8836	48.6581227	29577.5144	0.074898098	0.3035684	249.411076
1987	38.61	81.31	5.25	368	27.5625	1490.7321	18.3339331	2226.52436	0.074898098	0.3035684	18.7750678
1988	61.21	199.95	5.25	368	27.5625	3746.6641	18.738005	2358.93991	0.074898098	0.3035684	19.891656
1989	27.94	115.85	5.25	368	27.5625	780.6436	6.73839965	156.918963	0.074898098	0.3035684	1.32321218
1990	18.03	64.01	5.25	368	27.5625	325.0809	5.07859553	74.1686902	0.074898098	0.3035684	0.62542419
1991	46.32	149.86	5.25	368	27.5625	2145.5424	14.3169785	1156.12858	0.074898098	0.3035684	9.74900293
1992	13.97	29.71	5.25	368	27.5625	195.1609	6.56886234	146.672578	0.074898098	0.3035684	1.23681
1993	111	178.56	5.25	368	27.5625	12321	69.0020161	74642.0774	0.074898098	0.3035684	629.416001
1994	67.05	189.48	5.25	368	27.5625	4495.7025	23.7265279	4409.30965	0.074898098	0.3035684	37.1813078
1995	20.07	73.93	5.25	368	27.5625	402.8049	5.44846341	89.3565109	0.074898098	0.3035684	0.75349481
1996	74.18	192.54	5.25	368	27.5625	5502.6724	28.5793726	7220.04044	0.074898098	0.3035684	60.8826702
1997	38.11	74.68	5.25	368	27.5625	1452.3721	19.4479392	2603.2448	0.074898098	0.3035684	21.9517461
1998	11.17	39.38	5.25	368	27.5625	124.7689	3.16833164	21.2422826	0.074898098	0.3035684	0.1791246
1999	6.35	10.66	5.25	368	27.5625	40.3225	3.7825985	33.973802	0.074898098	0.3035684	0.28648258
2000	32.77	61.22	5.25	368	27.5625	1073.8729	17.5412104	1980.42239	0.074898098	0.3035684	16.6998238

2001	6.86	18.04	5.25	368	27.5625	47.0596	2.60862528	12.6908585	0.074898098	0.3035684	0.1070151
2002	99.06	153.69	5.25	368	27.5625	9812.8836	63.8485497	60764.5446	0.074898098	0.3035684	512.394323
2003	25.9	86.34	5.25	368	27.5625	670.81	7.76940005	228.837309	0.074898098	0.3035684	1.92966044
2004	30.72	62.72	5.25	368	27.5625	943.7184	15.0465306	1318.88336	0.074898098	0.3035684	11.1214253
2005	29.72	67.07	5.25	368	27.5625	883.2784	13.1695005	926.528228	0.074898098	0.3035684	7.81290812
2006	47.24	166.62	5.25	368	27.5625	2231.6176	13.3934558	968.870018	0.074898098	0.3035684	8.16995338
2007	27.68	100.33	5.25	368	27.5625	766.1824	7.63662314	218.619352	0.074898098	0.3035684	1.84349797
2008	71.9	143.54	5.25	368	27.5625	5169.61	36.0151177	13325.5402	0.074898098	0.3035684	112.367026
2009	77.97	181.09	5.25	368	27.5625	6079.3209	33.5707157	11061.0305	0.074898098	0.3035684	93.2716482
2010	10.67	44.71	5.25	368	27.5625	113.8489	2.5463856	11.904168	0.074898098	0.3035684	0.10038137
2011	38.66	143.75	5.25	368	27.5625	1494.5956	10.3971868	495.25286	0.074898098	0.3035684	4.17619774
2012	62.99	166.63	5.25	368	27.5625	3967.7401	23.8116792	4451.36861	0.074898098	0.3035684	37.5359681
2013	21.08	48.78	5.25	368	27.5625	444.3664	9.1096023	348.877897	0.074898098	0.3035684	2.94189736
2014	184.91	235.2	5.25	368	27.5625	34191.7081	145.372909	537750.994	0.074898098	0.3035684	4534.56136
2015	23.37	72.39	5.25	368	27.5625	546.1569	7.54464567	211.710768	0.074898098	0.3035684	1.78524165

Tablou III.: les resultants des calculs de l'érosion spécifique des different sous basins versants 5

Anneé	Ps	Pa	H	S	H2	Ps2	(Ps2/ Pa)	(Ps2/ Pa) ^{2.65}	H2/S	(H2/S) ^{0.46}	Es
1973	33	41.91	3.63	554.59	13.1769	1089	25.984252	5610.24827	0.023759714	0.17901398	27.8975804
1974	36.07	36.07	3.63	554.59	13.1769	1301.0449	36.07	13379.4197	0.023759714	0.17901398	66.5306453
1975	0	0	3.63	554.59	13.1769	0	0	0	0.023759714	0.17901398	0
1976	59.94	109.98	3.63	554.59	13.1769	3592.8036	32.6677905	10290.0472	0.023759714	0.17901398	51.1683989
1977	0	0	3.63	554.59	13.1769	0		0	0.023759714	0.17901398	0
1978	9.91	9.91	3.63	554.59	13.1769	98.2081	9.91	436.109136	0.023759714	0.17901398	2.16860095
1979	29.97	29.97	3.63	554.59	13.1769	898.2009	29.97	8188.79254	0.023759714	0.17901398	40.7196773
1980	100.08	100.08	3.63	554.59	13.1769	10016.0064	100.08	199949.506	0.023759714	0.17901398	994.271051
1981	1.02	1.02	3.63	554.59	13.1769	1.0404	1.02	1.05387828	0.023759714	0.17901398	0.00524053

annexes

1982	143.01	215.69	3.63	554.59	13.1769	20451.8601	94.8206227	173297.552	0.023759714	0.17901398	861.741257
1983	5.59	10.94	3.63	554.59	13.1769	31.2481	2.85631627	16.1393737	0.023759714	0.17901398	0.08025482
1984	4.06	7.36	3.63	554.59	13.1769	16.4836	2.23961957	8.47152838	0.023759714	0.17901398	0.04212561
1985	91.95	164.34	3.63	554.59	13.1769	8454.8025	51.4470153	34285.0265	0.023759714	0.17901398	170.486089
1986	99.06	201.67	3.63	554.59	13.1769	9812.8836	48.6581227	29577.5144	0.023759714	0.17901398	147.077464
1987	38.61	81.31	3.63	554.59	13.1769	1490.7321	18.3339331	2226.52436	0.023759714	0.17901398	11.0716388
1988	61.21	199.95	3.63	554.59	13.1769	3746.6641	18.738005	2358.93991	0.023759714	0.17901398	11.7300898
1989	27.94	115.85	3.63	554.59	13.1769	780.6436	6.73839965	156.918963	0.023759714	0.17901398	0.78029691
1990	18.03	64.01	3.63	554.59	13.1769	325.0809	5.07859553	74.1686902	0.023759714	0.17901398	0.36881202
1991	46.32	149.86	3.63	554.59	13.1769	2145.5424	14.3169785	1156.12858	0.023759714	0.17901398	5.74897735
1992	13.97	29.71	3.63	554.59	13.1769	195.1609	6.56886234	146.672578	0.023759714	0.17901398	0.72934563
1993	111	178.56	3.63	554.59	13.1769	12321	69.0020161	74642.0774	0.023759714	0.17901398	371.165991
1994	67.05	189.48	3.63	554.59	13.1769	4495.7025	23.7265279	4409.30965	0.023759714	0.17901398	21.9257803
1995	20.07	73.93	3.63	554.59	13.1769	402.8049	5.44846341	89.3565109	0.023759714	0.17901398	0.44433514
1996	74.18	192.54	3.63	554.59	13.1769	5502.6724	28.5793726	7220.04044	0.023759714	0.17901398	35.9024502
1997	38.11	74.68	3.63	554.59	13.1769	1452.3721	19.4479392	2603.2448	0.023759714	0.17901398	12.9449229
1998	11.17	39.38	3.63	554.59	13.1769	124.7689	3.16833164	21.2422826	0.023759714	0.17901398	0.1056296
1999	6.35	10.66	3.63	554.59	13.1769	40.3225	3.7825985	33.973802	0.023759714	0.17901398	0.16893849
2000	32.77	61.22	3.63	554.59	13.1769	1073.8729	17.5412104	1980.42239	0.023759714	0.17901398	9.84786952
2001	6.86	18.04	3.63	554.59	13.1769	47.0596	2.60862528	12.6908585	0.023759714	0.17901398	0.0631067
2002	99.06	153.69	3.63	554.59	13.1769	9812.8836	63.8485497	60764.5446	0.023759714	0.17901398	302.158423
2003	25.9	86.34	3.63	554.59	13.1769	670.81	7.76940005	228.837309	0.023759714	0.17901398	1.13791885
2004	30.72	62.72	3.63	554.59	13.1769	943.7184	15.0465306	1318.88336	0.023759714	0.17901398	6.55829348
2005	29.72	67.07	3.63	554.59	13.1769	883.2784	13.1695005	926.528228	0.023759714	0.17901398	4.60726416
2006	47.24	166.62	3.63	554.59	13.1769	2231.6176	13.3934558	968.870018	0.023759714	0.17901398	4.8178134
2007	27.68	100.33	3.63	554.59	13.1769	766.1824	7.63662314	218.619352	0.023759714	0.17901398	1.08710892
2008	71.9	143.54	3.63	554.59	13.1769	5169.61	36.0151177	13325.5402	0.023759714	0.17901398	66.2627234
2009	77.97	181.09	3.63	554.59	13.1769	6079.3209	33.5707157	11061.0305	0.023759714	0.17901398	55.0021983
2010	10.67	44.71	3.63	554.59	13.1769	113.8489	2.5463856	11.904168	0.023759714	0.17901398	0.05919479
2011	38.66	143.75	3.63	554.59	13.1769	1494.5956	10.3971868	495.25286	0.023759714	0.17901398	2.46269966

2012	62.99	166.63	3.63	554.59	13.1769	3967.7401	23.8116792	4451.36861	0.023759714	0.17901398	22.1349231
2013	21.08	48.78	3.63	554.59	13.1769	444.3664	9.1096023	348.877897	0.023759714	0.17901398	1.73483395
2014	184.91	235.2	3.63	554.59	13.1769	34191.7081	145.372909	537750.994	0.023759714	0.17901398	2674.02633
2015	23.37	72.39	3.63	554.59	13.1769	546.1569	7.54464567	211.710768	0.023759714	0.17901398	1.05275523

Tablou III.: les resultants des calculs de l'érosion spécifique des different sous basins versants 6

Anneé	Ps	Pa	H	S	H2	Ps2	(Ps2/ Pa)	(Ps2/ Pa)2.65	H2/S	(H2/S)0.46	Es
1973	33	41.91	1.78	165.68	3.1684	1089	25.984252	5610.24827	0.019123612	0.16200267	25.2465327
1974	36.07	36.07	1.78	165.68	3.1684	1301.0449	36.07	13379.4197	0.019123612	0.16200267	60.2083796
1975	0	0	1.78	165.68	3.1684	0	0	0	0.019123612	0.16200267	0
1976	59.94	109.98	1.78	165.68	3.1684	3592.8036	32.6677905	10290.0472	0.019123612	0.16200267	46.3059748
1977	0	0	1.78	165.68	3.1684	0		0	0.019123612	0.16200267	0
1978	9.91	9.91	1.78	165.68	3.1684	98.2081	9.91	436.109136	0.019123612	0.16200267	1.96252341
1979	29.97	29.97	1.78	165.68	3.1684	898.2009	29.97	8188.79254	0.019123612	0.16200267	36.850173
1980	100.08	100.08	1.78	165.68	3.1684	10016.0064	100.08	199949.506	0.019123612	0.16200267	899.787588
1981	1.02	1.02	1.78	165.68	3.1684	1.0404	1.02	1.05387828	0.019123612	0.16200267	0.00474253
1982	143.01	215.69	1.78	165.68	3.1684	20451.8601	94.8206227	173297.552	0.019123612	0.16200267	779.851819
1983	5.59	10.94	1.78	165.68	3.1684	31.2481	2.85631627	16.1393737	0.019123612	0.16200267	0.07262838
1984	4.06	7.36	1.78	165.68	3.1684	16.4836	2.23961957	8.47152838	0.019123612	0.16200267	0.03812251
1985	91.95	164.34	1.78	165.68	3.1684	8454.8025	51.4470153	34285.0265	0.019123612	0.16200267	154.285158
1986	99.06	201.67	1.78	165.68	3.1684	9812.8836	48.6581227	29577.5144	0.019123612	0.16200267	133.101006
1987	38.61	81.31	1.78	165.68	3.1684	1490.7321	18.3339331	2226.52436	0.019123612	0.16200267	10.0195245
1988	61.21	199.95	1.78	165.68	3.1684	3746.6641	18.738005	2358.93991	0.019123612	0.16200267	10.6154043
1989	27.94	115.85	1.78	165.68	3.1684	780.6436	6.73839965	156.918963	0.019123612	0.16200267	0.70614695
1990	18.03	64.01	1.78	165.68	3.1684	325.0809	5.07859553	74.1686902	0.019123612	0.16200267	0.3337646
1991	46.32	149.86	1.78	165.68	3.1684	2145.5424	14.3169785	1156.12858	0.019123612	0.16200267	5.20266426
1992	13.97	29.71	1.78	165.68	3.1684	195.1609	6.56886234	146.672578	0.019123612	0.16200267	0.66003746

1993	111	178.56	1.78	165.68	3.1684	12321	69.0020161	74642.0774	0.019123612	0.16200267	335.894877
1994	67.05	189.48	1.78	165.68	3.1684	4495.7025	23.7265279	4409.30965	0.019123612	0.16200267	19.84222
1995	20.07	73.93	1.78	165.68	3.1684	402.8049	5.44846341	89.3565109	0.019123612	0.16200267	0.40211092
1996	74.18	192.54	1.78	165.68	3.1684	5502.6724	28.5793726	7220.04044	0.019123612	0.16200267	32.4907167
1997	38.11	74.68	1.78	165.68	3.1684	1452.3721	19.4479392	2603.2448	0.019123612	0.16200267	11.7147944
1998	11.17	39.38	1.78	165.68	3.1684	124.7689	3.16833164	21.2422826	0.019123612	0.16200267	0.09559184
1999	6.35	10.66	1.78	165.68	3.1684	40.3225	3.7825985	33.973802	0.019123612	0.16200267	0.15288463
2000	32.77	61.22	1.78	165.68	3.1684	1073.8729	17.5412104	1980.42239	0.019123612	0.16200267	8.91204743
2001	6.86	18.04	1.78	165.68	3.1684	47.0596	2.60862528	12.6908585	0.019123612	0.16200267	0.0571098
2002	99.06	153.69	1.78	165.68	3.1684	9812.8836	63.8485497	60764.5446	0.019123612	0.16200267	273.444951
2003	25.9	86.34	1.78	165.68	3.1684	670.81	7.76940005	228.837309	0.019123612	0.16200267	1.02978484
2004	30.72	62.72	1.78	165.68	3.1684	943.7184	15.0465306	1318.88336	0.019123612	0.16200267	5.9350728
2005	29.72	67.07	1.78	165.68	3.1684	883.2784	13.1695005	926.528228	0.019123612	0.16200267	4.16944565
2006	47.24	166.62	1.78	165.68	3.1684	2231.6176	13.3934558	968.870018	0.019123612	0.16200267	4.35998684
2007	27.68	100.33	1.78	165.68	3.1684	766.1824	7.63662314	218.619352	0.019123612	0.16200267	0.98380328
2008	71.9	143.54	1.78	165.68	3.1684	5169.61	36.0151177	13325.5402	0.019123612	0.16200267	59.9659178
2009	77.97	181.09	1.78	165.68	3.1684	6079.3209	33.5707157	11061.0305	0.019123612	0.16200267	49.7754564
2010	10.67	44.71	1.78	165.68	3.1684	113.8489	2.5463856	11.904168	0.019123612	0.16200267	0.05356964
2011	38.66	143.75	1.78	165.68	3.1684	1494.5956	10.3971868	495.25286	0.019123612	0.16200267	2.22867455
2012	62.99	166.63	1.78	165.68	3.1684	3967.7401	23.8116792	4451.36861	0.019123612	0.16200267	20.0314885
2013	21.08	48.78	1.78	165.68	3.1684	444.3664	9.1096023	348.877897	0.019123612	0.16200267	1.56997637
2014	184.91	235.2	1.78	165.68	3.1684	34191.7081	145.372909	537750.994	0.019123612	0.16200267	2419.9193
2015	23.37	72.39	1.78	165.68	3.1684	546.1569	7.54464567	211.710768	0.019123612	0.16200267	0.95271414

Tableau III.: les resultants des calculs de l'érosion spécifique des different sous bassins versants 7

annexes

Anneé	Ps	Pa	H	S	H2	Ps2	(Ps2/ Pa)	(Ps2/ Pa)2.65	H2/S	(H2/S)0.46	Es
1973	33	41.91	1.5	218.11	2.25	1089	25.984252	5610.24827	0.010315896	0.12195881	19.0060896
1974	36.07	36.07	1.5	218.11	2.25	1301.0449	36.07	13379.4197	0.010315896	0.12195881	45.32606
1975	0	0	1.5	218.11	2.25	0	0	0	0.010315896	0.12195881	0
1976	59.94	109.98	1.5	218.11	2.25	3592.8036	32.6677905	10290.0472	0.010315896	0.12195881	34.8600544
1977	0	0	1.5	218.11	2.25	0		0	0.010315896	0.12195881	0
1978	9.91	9.91	1.5	218.11	2.25	98.2081	9.91	436.109136	0.010315896	0.12195881	1.47742647
1979	29.97	29.97	1.5	218.11	2.25	898.2009	29.97	8188.79254	0.010315896	0.12195881	27.7415396
1980	100.08	100.08	1.5	218.11	2.25	10016.0064	100.08	199949.506	0.010315896	0.12195881	677.377907
1981	1.02	1.02	1.5	218.11	2.25	1.0404	1.02	1.05387828	0.010315896	0.12195881	0.00357027
1982	143.01	215.69	1.5	218.11	2.25	20451.8601	94.8206227	173297.552	0.010315896	0.12195881	587.087886
1983	5.59	10.94	1.5	218.11	2.25	31.2481	2.85631627	16.1393737	0.010315896	0.12195881	0.05467608
1984	4.06	7.36	1.5	218.11	2.25	16.4836	2.23961957	8.47152838	0.010315896	0.12195881	0.02869938
1985	91.95	164.34	1.5	218.11	2.25	8454.8025	51.4470153	34285.0265	0.010315896	0.12195881	116.148921
1986	99.06	201.67	1.5	218.11	2.25	9812.8836	48.6581227	29577.5144	0.010315896	0.12195881	100.201072
1987	38.61	81.31	1.5	218.11	2.25	1490.7321	18.3339331	2226.52436	0.010315896	0.12195881	7.54289641
1988	61.21	199.95	1.5	218.11	2.25	3746.6641	18.738005	2358.93991	0.010315896	0.12195881	7.99148651
1989	27.94	115.85	1.5	218.11	2.25	780.6436	6.73839965	156.918963	0.010315896	0.12195881	0.53160141
1990	18.03	64.01	1.5	218.11	2.25	325.0809	5.07859553	74.1686902	0.010315896	0.12195881	0.2512646
1991	46.32	149.86	1.5	218.11	2.25	2145.5424	14.3169785	1156.12858	0.010315896	0.12195881	3.91666864
1992	13.97	29.71	1.5	218.11	2.25	195.1609	6.56886234	146.672578	0.010315896	0.12195881	0.49688927
1993	111	178.56	1.5	218.11	2.25	12321	69.0020161	74642.0774	0.010315896	0.12195881	252.868312
1994	67.05	189.48	1.5	218.11	2.25	4495.7025	23.7265279	4409.30965	0.010315896	0.12195881	14.937616
1995	20.07	73.93	1.5	218.11	2.25	402.8049	5.44846341	89.3565109	0.010315896	0.12195881	0.30271706
1996	74.18	192.54	1.5	218.11	2.25	5502.6724	28.5793726	7220.04044	0.010315896	0.12195881	24.4596547
1997	38.11	74.68	1.5	218.11	2.25	1452.3721	19.4479392	2603.2448	0.010315896	0.12195881	8.81912911
1998	11.17	39.38	1.5	218.11	2.25	124.7689	3.16833164	21.2422826	0.010315896	0.12195881	0.07196343
1999	6.35	10.66	1.5	218.11	2.25	40.3225	3.7825985	33.973802	0.010315896	0.12195881	0.11509457
2000	32.77	61.22	1.5	218.11	2.25	1073.8729	17.5412104	1980.42239	0.010315896	0.12195881	6.70916572

2001	6.86	18.04	1.5	218.11	2.25	47.0596	2.60862528	12.6908585	0.010315896	0.12195881	0.04299339
2002	99.06	153.69	1.5	218.11	2.25	9812.8836	63.8485497	60764.5446	0.010315896	0.12195881	205.854772
2003	25.9	86.34	1.5	218.11	2.25	670.81	7.76940005	228.837309	0.010315896	0.12195881	0.77524241
2004	30.72	62.72	1.5	218.11	2.25	943.7184	15.0465306	1318.88336	0.010315896	0.12195881	4.46804029
2005	29.72	67.07	1.5	218.11	2.25	883.2784	13.1695005	926.528228	0.010315896	0.12195881	3.13884122
2006	47.24	166.62	1.5	218.11	2.25	2231.6176	13.3934558	968.870018	0.010315896	0.12195881	3.2822844
2007	27.68	100.33	1.5	218.11	2.25	766.1824	7.63662314	218.619352	0.010315896	0.12195881	0.74062658
2008	71.9	143.54	1.5	218.11	2.25	5169.61	36.0151177	13325.5402	0.010315896	0.12195881	45.1435299
2009	77.97	181.09	1.5	218.11	2.25	6079.3209	33.5707157	11061.0305	0.010315896	0.12195881	37.4719489
2010	10.67	44.71	1.5	218.11	2.25	113.8489	2.5463856	11.904168	0.010315896	0.12195881	0.04032828
2011	38.66	143.75	1.5	218.11	2.25	1494.5956	10.3971868	495.25286	0.010315896	0.12195881	1.67779032
2012	62.99	166.63	1.5	218.11	2.25	3967.7401	23.8116792	4451.36861	0.010315896	0.12195881	15.080101
2013	21.08	48.78	1.5	218.11	2.25	444.3664	9.1096023	348.877897	0.010315896	0.12195881	1.18190929
2014	184.91	235.2	1.5	218.11	2.25	34191.7081	145.372909	537750.994	0.010315896	0.12195881	1821.76315
2015	23.37	72.39	1.5	218.11	2.25	546.1569	7.54464567	211.710768	0.010315896	0.12195881	0.71722206

Tablou III.: les resultants des calculs de l'érosion spécifique des different sous basins versants 8

Anneé	Ps	Pa	H	S	H2	Ps2	(Ps2/ Pa)	(Ps2/ Pa) ^{2.65}	H2/S	(H2/S) ^{0.46}	Es
1973	33	41.91	3.2	2511.9	10.24	1089	25.984252	5610.24827	0.004076595	0.07956772	12.3998514
1974	36.07	36.07	3.2	2511.9	10.24	1301.0449	36.07	13379.4197	0.004076595	0.07956772	29.5713858
1975	0	0	3.2	2511.9	10.24	0	0	0	0.004076595	0.07956772	0
1976	59.94	109.98	3.2	2511.9	10.24	3592.8036	32.6677905	10290.0472	0.004076595	0.07956772	22.7432104
1977	0	0	3.2	2511.9	10.24	0		0	0.004076595	0.07956772	0
1978	9.91	9.91	3.2	2511.9	10.24	98.2081	9.91	436.109136	0.004076595	0.07956772	0.96389468
1979	29.97	29.97	3.2	2511.9	10.24	898.2009	29.97	8188.79254	0.004076595	0.07956772	18.098987
1980	100.08	100.08	3.2	2511.9	10.24	10016.0064	100.08	199949.506	0.004076595	0.07956772	441.931274
1981	1.02	1.02	3.2	2511.9	10.24	1.0404	1.02	1.05387828	0.004076595	0.07956772	0.0023293

annexes

1982	143.01	215.69	3.2	2511.9	10.24	20451.8601	94.8206227	173297.552	0.004076595	0.07956772	383.024741
1983	5.59	10.94	3.2	2511.9	10.24	31.2481	2.85631627	16.1393737	0.004076595	0.07956772	0.03567148
1984	4.06	7.36	3.2	2511.9	10.24	16.4836	2.23961957	8.47152838	0.004076595	0.07956772	0.01872389
1985	91.95	164.34	3.2	2511.9	10.24	8454.8025	51.4470153	34285.0265	0.004076595	0.07956772	75.7772585
1986	99.06	201.67	3.2	2511.9	10.24	9812.8836	48.6581227	29577.5144	0.004076595	0.07956772	65.3726477
1987	38.61	81.31	3.2	2511.9	10.24	1490.7321	18.3339331	2226.52436	0.004076595	0.07956772	4.92109617
1988	61.21	199.95	3.2	2511.9	10.24	3746.6641	18.738005	2358.93991	0.004076595	0.07956772	5.21376292
1989	27.94	115.85	3.2	2511.9	10.24	780.6436	6.73839965	156.918963	0.004076595	0.07956772	0.34682455
1990	18.03	64.01	3.2	2511.9	10.24	325.0809	5.07859553	74.1686902	0.004076595	0.07956772	0.16392871
1991	46.32	149.86	3.2	2511.9	10.24	2145.5424	14.3169785	1156.12858	0.004076595	0.07956772	2.55529202
1992	13.97	29.71	3.2	2511.9	10.24	195.1609	6.56886234	146.672578	0.004076595	0.07956772	0.32417784
1993	111	178.56	3.2	2511.9	10.24	12321	69.0020161	74642.0774	0.004076595	0.07956772	164.974993
1994	67.05	189.48	3.2	2511.9	10.24	4495.7025	23.7265279	4409.30965	0.004076595	0.07956772	9.7455196
1995	20.07	73.93	3.2	2511.9	10.24	402.8049	5.44846341	89.3565109	0.004076595	0.07956772	0.19749705
1996	74.18	192.54	3.2	2511.9	10.24	5502.6724	28.5793726	7220.04044	0.004076595	0.07956772	15.9578372
1997	38.11	74.68	3.2	2511.9	10.24	1452.3721	19.4479392	2603.2448	0.004076595	0.07956772	5.75372908
1998	11.17	39.38	3.2	2511.9	10.24	124.7689	3.16833164	21.2422826	0.004076595	0.07956772	0.04695
1999	6.35	10.66	3.2	2511.9	10.24	40.3225	3.7825985	33.973802	0.004076595	0.07956772	0.07508939
2000	32.77	61.22	3.2	2511.9	10.24	1073.8729	17.5412104	1980.42239	0.004076595	0.07956772	4.37715804
2001	6.86	18.04	3.2	2511.9	10.24	47.0596	2.60862528	12.6908585	0.004076595	0.07956772	0.02804952
2002	99.06	153.69	3.2	2511.9	10.24	9812.8836	63.8485497	60764.5446	0.004076595	0.07956772	134.30267
2003	25.9	86.34	3.2	2511.9	10.24	670.81	7.76940005	228.837309	0.004076595	0.07956772	0.50577951
2004	30.72	62.72	3.2	2511.9	10.24	943.7184	15.0465306	1318.88336	0.004076595	0.07956772	2.91501497
2005	29.72	67.07	3.2	2511.9	10.24	883.2784	13.1695005	926.528228	0.004076595	0.07956772	2.04782601
2006	47.24	166.62	3.2	2511.9	10.24	2231.6176	13.3934558	968.870018	0.004076595	0.07956772	2.14141045
2007	27.68	100.33	3.2	2511.9	10.24	766.1824	7.63662314	218.619352	0.004076595	0.07956772	0.48319563
2008	71.9	143.54	3.2	2511.9	10.24	5169.61	36.0151177	13325.5402	0.004076595	0.07956772	29.4523005
2009	77.97	181.09	3.2	2511.9	10.24	6079.3209	33.5707157	11061.0305	0.004076595	0.07956772	24.4472486
2010	10.67	44.71	3.2	2511.9	10.24	113.8489	2.5463856	11.904168	0.004076595	0.07956772	0.02631076
2011	38.66	143.75	3.2	2511.9	10.24	1494.5956	10.3971868	495.25286	0.004076595	0.07956772	1.09461499

2012	62.99	166.63	3.2	2511.9	10.24	3967.7401	23.8116792	4451.36861	0.004076595	0.07956772	9.83847892
2013	21.08	48.78	3.2	2511.9	10.24	444.3664	9.1096023	348.877897	0.004076595	0.07956772	0.77109494
2014	184.91	235.2	3.2	2511.9	10.24	34191.7081	145.372909	537750.994	0.004076595	0.07956772	1188.54498
2015	23.37	72.39	3.2	2511.9	10.24	546.1569	7.54464567	211.710768	0.004076595	0.07956772	0.46792618

Tablou III.: les resultants des calculs de l'érosion spécifique des different sous basins versants 9

Anneé	Ps	Pa	H	S	H2	Ps2	(Ps2/ Pa)	(Ps2/ Pa)2.65	H2/S	(H2/S)0.46	Es
1973	33	41.91	1.4	297.91	1.96	1089	25.984252	5610.24827	0.006579168	0.09916505	15.4539049
1974	36.07	36.07	1.4	297.91	1.96	1301.0449	36.07	13379.4197	0.006579168	0.09916505	36.8547468
1975	0	0	1.4	297.91	1.96	0	0	0	0.006579168	0.09916505	0
1976	59.94	109.98	1.4	297.91	1.96	3592.8036	32.6677905	10290.0472	0.006579168	0.09916505	28.3448083
1977	0	0	1.4	297.91	1.96	0		0	0.006579168	0.09916505	0
1978	9.91	9.91	1.4	297.91	1.96	98.2081	9.91	436.109136	0.006579168	0.09916505	1.20129962
1979	29.97	29.97	1.4	297.91	1.96	898.2009	29.97	8188.79254	0.006579168	0.09916505	22.5567239
1980	100.08	100.08	1.4	297.91	1.96	10016.0064	100.08	199949.506	0.006579168	0.09916505	550.777881
1981	1.02	1.02	1.4	297.91	1.96	1.0404	1.02	1.05387828	0.006579168	0.09916505	0.002903
1982	143.01	215.69	1.4	297.91	1.96	20451.8601	94.8206227	173297.552	0.006579168	0.09916505	477.362811
1983	5.59	10.94	1.4	297.91	1.96	31.2481	2.85631627	16.1393737	0.006579168	0.09916505	0.04445727
1984	4.06	7.36	1.4	297.91	1.96	16.4836	2.23961957	8.47152838	0.006579168	0.09916505	0.02333554
1985	91.95	164.34	1.4	297.91	1.96	8454.8025	51.4470153	34285.0265	0.006579168	0.09916505	94.4410145
1986	99.06	201.67	1.4	297.91	1.96	9812.8836	48.6581227	29577.5144	0.006579168	0.09916505	81.4737731
1987	38.61	81.31	1.4	297.91	1.96	1490.7321	18.3339331	2226.52436	0.006579168	0.09916505	6.13315028
1988	61.21	199.95	1.4	297.91	1.96	3746.6641	18.738005	2358.93991	0.006579168	0.09916505	6.49790015
1989	27.94	115.85	1.4	297.91	1.96	780.6436	6.73839965	156.918963	0.006579168	0.09916505	0.4322466
1990	18.03	64.01	1.4	297.91	1.96	325.0809	5.07859553	74.1686902	0.006579168	0.09916505	0.20430395
1991	46.32	149.86	1.4	297.91	1.96	2145.5424	14.3169785	1156.12858	0.006579168	0.09916505	3.18465428
1992	13.97	29.71	1.4	297.91	1.96	195.1609	6.56886234	146.672578	0.006579168	0.09916505	0.40402206

1993	111	178.56	1.4	297.91	1.96	12321	69.0020161	74642.0774	0.006579168	0.09916505	205.607936
1994	67.05	189.48	1.4	297.91	1.96	4495.7025	23.7265279	4409.30965	0.006579168	0.09916505	12.1458176
1995	20.07	73.93	1.4	297.91	1.96	402.8049	5.44846341	89.3565109	0.006579168	0.09916505	0.24614009
1996	74.18	192.54	1.4	297.91	1.96	5502.6724	28.5793726	7220.04044	0.006579168	0.09916505	19.888214
1997	38.11	74.68	1.4	297.91	1.96	1452.3721	19.4479392	2603.2448	0.006579168	0.09916505	7.17085868
1998	11.17	39.38	1.4	297.91	1.96	124.7689	3.16833164	21.2422826	0.006579168	0.09916505	0.05851367
1999	6.35	10.66	1.4	297.91	1.96	40.3225	3.7825985	33.973802	0.006579168	0.09916505	0.09358372
2000	32.77	61.22	1.4	297.91	1.96	1073.8729	17.5412104	1980.42239	0.006579168	0.09916505	5.45524151
2001	6.86	18.04	1.4	297.91	1.96	47.0596	2.60862528	12.6908585	0.006579168	0.09916505	0.03495805
2002	99.06	153.69	1.4	297.91	1.96	9812.8836	63.8485497	60764.5446	0.006579168	0.09916505	167.381094
2003	25.9	86.34	1.4	297.91	1.96	670.81	7.76940005	228.837309	0.006579168	0.09916505	0.63035178
2004	30.72	62.72	1.4	297.91	1.96	943.7184	15.0465306	1318.88336	0.006579168	0.09916505	3.63297612
2005	29.72	67.07	1.4	297.91	1.96	883.2784	13.1695005	926.528228	0.006579168	0.09916505	2.55220062
2006	47.24	166.62	1.4	297.91	1.96	2231.6176	13.3934558	968.870018	0.006579168	0.09916505	2.66883467
2007	27.68	100.33	1.4	297.91	1.96	766.1824	7.63662314	218.619352	0.006579168	0.09916505	0.60220555
2008	71.9	143.54	1.4	297.91	1.96	5169.61	36.0151177	13325.5402	0.006579168	0.09916505	36.7063311
2009	77.97	181.09	1.4	297.91	1.96	6079.3209	33.5707157	11061.0305	0.006579168	0.09916505	30.468547
2010	10.67	44.71	1.4	297.91	1.96	113.8489	2.5463856	11.904168	0.006579168	0.09916505	0.03279104
2011	38.66	143.75	1.4	297.91	1.96	1494.5956	10.3971868	495.25286	0.006579168	0.09916505	1.36421602
2012	62.99	166.63	1.4	297.91	1.96	3967.7401	23.8116792	4451.36861	0.006579168	0.09916505	12.2616725
2013	21.08	48.78	1.4	297.91	1.96	444.3664	9.1096023	348.877897	0.006579168	0.09916505	0.96101377
2014	184.91	235.2	1.4	297.91	1.96	34191.7081	145.372909	537750.994	0.006579168	0.09916505	1481.28074
2015	23.37	72.39	1.4	297.91	1.96	546.1569	7.54464567	211.710768	0.006579168	0.09916505	0.58317527

Tablou III.: les resultants des calculs de l'érosion spécifique des different sous bassins versants **10**

annexes

Anneé	Ps	Pa	H	S	H2	Ps2	(Ps2/ Pa)	(Ps2/ Pa)2.65	H2/S	(H2/S)0.46	Es
1973	33	41.91	1.15	261.57	1.3225	1089	25.984252	5610.24827	0.005056008	0.08785198	13.6908731
1974	36.07	36.07	1.15	261.57	1.3225	1301.0449	36.07	13379.4197	0.005056008	0.08785198	32.6502372
1975	0	0	1.15	261.57	1.3225	0	0	0	0.005056008	0.08785198	0
1976	59.94	109.98	1.15	261.57	1.3225	3592.8036	32.6677905	10290.0472	0.005056008	0.08785198	25.1111402
1977	0	0	1.15	261.57	1.3225	0		0	0.005056008	0.08785198	0
1978	9.91	9.91	1.15	261.57	1.3225	98.2081	9.91	436.109136	0.005056008	0.08785198	1.06425144
1979	29.97	29.97	1.15	261.57	1.3225	898.2009	29.97	8188.79254	0.005056008	0.08785198	19.9833793
1980	100.08	100.08	1.15	261.57	1.3225	10016.0064	100.08	199949.506	0.005056008	0.08785198	487.943346
1981	1.02	1.02	1.15	261.57	1.3225	1.0404	1.02	1.05387828	0.005056008	0.08785198	0.00257181
1982	143.01	215.69	1.15	261.57	1.3225	20451.8601	94.8206227	173297.552	0.005056008	0.08785198	422.903706
1983	5.59	10.94	1.15	261.57	1.3225	31.2481	2.85631627	16.1393737	0.005056008	0.08785198	0.03938544
1984	4.06	7.36	1.15	261.57	1.3225	16.4836	2.23961957	8.47152838	0.005056008	0.08785198	0.02067335
1985	91.95	164.34	1.15	261.57	1.3225	8454.8025	51.4470153	34285.0265	0.005056008	0.08785198	83.6668758
1986	99.06	201.67	1.15	261.57	1.3225	9812.8836	48.6581227	29577.5144	0.005056008	0.08785198	72.1789796
1987	38.61	81.31	1.15	261.57	1.3225	1490.7321	18.3339331	2226.52436	0.005056008	0.08785198	5.43346051
1988	61.21	199.95	1.15	261.57	1.3225	3746.6641	18.738005	2358.93991	0.005056008	0.08785198	5.75659853
1989	27.94	115.85	1.15	261.57	1.3225	780.6436	6.73839965	156.918963	0.005056008	0.08785198	0.3829345
1990	18.03	64.01	1.15	261.57	1.3225	325.0809	5.07859553	74.1686902	0.005056008	0.08785198	0.18099629
1991	46.32	149.86	1.15	261.57	1.3225	2145.5424	14.3169785	1156.12858	0.005056008	0.08785198	2.82133855
1992	13.97	29.71	1.15	261.57	1.3225	195.1609	6.56886234	146.672578	0.005056008	0.08785198	0.35792991
1993	111	178.56	1.15	261.57	1.3225	12321	69.0020161	74642.0774	0.005056008	0.08785198	182.151512
1994	67.05	189.48	1.15	261.57	1.3225	4495.7025	23.7265279	4409.30965	0.005056008	0.08785198	10.7601831
1995	20.07	73.93	1.15	261.57	1.3225	402.8049	5.44846341	89.3565109	0.005056008	0.08785198	0.21805963
1996	74.18	192.54	1.15	261.57	1.3225	5502.6724	28.5793726	7220.04044	0.005056008	0.08785198	17.6193017
1997	38.11	74.68	1.15	261.57	1.3225	1452.3721	19.4479392	2603.2448	0.005056008	0.08785198	6.35278375
1998	11.17	39.38	1.15	261.57	1.3225	124.7689	3.16833164	21.2422826	0.005056008	0.08785198	0.05183824
1999	6.35	10.66	1.15	261.57	1.3225	40.3225	3.7825985	33.973802	0.005056008	0.08785198	0.08290738
2000	32.77	61.22	1.15	261.57	1.3225	1073.8729	17.5412104	1980.42239	0.005056008	0.08785198	4.83288978

2001	6.86	18.04	1.15	261.57	1.3225	47.0596	2.60862528	12.6908585	0.005056008	0.08785198	0.03096992
2002	99.06	153.69	1.15	261.57	1.3225	9812.8836	63.8485497	60764.5446	0.005056008	0.08785198	148.285713
2003	25.9	86.34	1.15	261.57	1.3225	670.81	7.76940005	228.837309	0.005056008	0.08785198	0.5584392
2004	30.72	62.72	1.15	261.57	1.3225	943.7184	15.0465306	1318.88336	0.005056008	0.08785198	3.21851437
2005	29.72	67.07	1.15	261.57	1.3225	883.2784	13.1695005	926.528228	0.005056008	0.08785198	2.26103726
2006	47.24	166.62	1.15	261.57	1.3225	2231.6176	13.3934558	968.870018	0.005056008	0.08785198	2.36436532
2007	27.68	100.33	1.15	261.57	1.3225	766.1824	7.63662314	218.619352	0.005056008	0.08785198	0.53350398
2008	71.9	143.54	1.15	261.57	1.3225	5169.61	36.0151177	13325.5402	0.005056008	0.08785198	32.5187532
2009	77.97	181.09	1.15	261.57	1.3225	6079.3209	33.5707157	11061.0305	0.005056008	0.08785198	26.9925959
2010	10.67	44.71	1.15	261.57	1.3225	113.8489	2.5463856	11.904168	0.005056008	0.08785198	0.02905013
2011	38.66	143.75	1.15	261.57	1.3225	1494.5956	10.3971868	495.25286	0.005056008	0.08785198	1.20858182
2012	62.99	166.63	1.15	261.57	1.3225	3967.7401	23.8116792	4451.36861	0.005056008	0.08785198	10.862821
2013	21.08	48.78	1.15	261.57	1.3225	444.3664	9.1096023	348.877897	0.005056008	0.08785198	0.85137819
2014	184.91	235.2	1.15	261.57	1.3225	34191.7081	145.372909	537750.994	0.005056008	0.08785198	1312.29141
2015	23.37	72.39	1.15	261.57	1.3225	546.1569	7.54464567	211.710768	0.005056008	0.08785198	0.51664474

Tablou III.: les resultants des calculs de l'érosion spécifique des different sous basins versants **11**

Anneé	Ps	Pa	H	S	H2	Ps2	(Ps2/ Pa)	(Ps2/ Pa) ^{2.65}	H2/S	(H2/S) ^{0.46}	Es
1973	33	41.91	3.45	118.98	11.90	1089	25.98	5610.24	0.1000	0.346	54.0449505
1974	36.07	36.07	3.45	118.98	11.90	1301.04	36.07	13379.41	0.1000	0.346	128.887358
1975	0	0	3.45	118.98	11.90	0	0	0	0.1000	0.346	0
1976	59.94	109.98	3.45	118.98	11.90	3592.80	32.66	10290.04	0.1000	0.346	99.126646
1977	0	0	3.45	118.98	11.90	0	0	0	0.1000	0.346	0
1978	9.91	9.91	3.45	118.98	11.90	98.20	9.91	436.10	0.1000	0.346	4.20115038
1979	29.97	29.97	3.45	118.98	11.90	898.20	29.97	8188.79	0.1000	0.346	78.8847243
1980	100.08	100.08	3.45	118.98	11.90	10016.00	100.08	199949.50	0.1000	0.346	1926.16452
1981	1.02	1.02	3.45	118.98	11.90	1.04	1.02	1.053	0.1000	0.346	0.01015228

annexes

1982	143.01	215.69	3.45	118.98	11.90	20451.86	94.82	173297.55	0.1000	0.346	1669.41946
1983	5.59	10.94	3.45	118.98	11.90	31.24	2.85	16.139	0.1000	0.346	0.1554747
1984	4.06	7.36	3.45	118.98	11.90	16.48	2.23	8.47	0.1000	0.346	0.08160839
1985	91.95	164.34	3.45	118.98	11.90	8454.80	51.44	34285.02	0.1000	0.346	330.276392
1986	99.06	201.67	3.45	118.98	11.90	9812.88	48.65	29577.51	0.1000	0.346	284.92773
1987	38.61	81.31	3.45	118.98	11.90	1490.73	18.33	2226.52	0.1000	0.346	21.4486763
1988	61.21	199.95	3.45	118.98	11.90	3746.66	18.73	2358.93	0.1000	0.346	22.724269
1989	27.94	115.85	3.45	118.98	11.90	780.64	6.73	156.91	0.1000	0.346	1.51164033
1990	18.03	64.01	3.45	118.98	11.90	325.08	5.07	74.16	0.1000	0.346	0.71448588
1991	46.32	149.86	3.45	118.98	11.90	2145.54	14.31	1156.12	0.1000	0.346	11.1372811
1992	13.97	29.71	3.45	118.98	11.90	195.16	6.56	146.67	0.1000	0.346	1.4129343
1993	111	178.56	3.45	118.98	11.90	12321	69.002	74642.07	0.1000	0.346	719.046143
1994	67.05	189.48	3.45	118.98	11.90	4495.70	23.72	4409.30	0.1000	0.346	42.4760029
1995	20.07	73.93	3.45	118.98	11.90	402.80	5.44	89.35	0.1000	0.346	0.86079403
1996	74.18	192.54	3.45	118.98	11.90	5502.67	28.57	7220.04	0.1000	0.346	69.5524885
1997	38.11	74.68	3.45	118.98	11.90	1452.37	19.44	2603.24	0.1000	0.346	25.0777202
1998	11.17	39.38	3.45	118.98	11.90	124.76	3.16	21.24	0.1000	0.346	0.20463232
1999	6.35	10.66	3.45	118.98	11.90	40.32	3.78	33.97	0.1000	0.346	0.32727829
2000	32.77	61.22	3.45	118.98	11.90	1073.87	17.54	1980.42	0.1000	0.346	19.0779133
2001	6.86	18.04	3.45	118.98	11.90	47.05	2.60	12.69	0.1000	0.346	0.12225427
2002	99.06	153.69	3.45	118.98	11.90	9812.88	63.84	60764.54	0.1000	0.346	585.360335
2003	25.9	86.34	3.45	118.98	11.90	670.81	7.76	228.83	0.1000	0.346	2.20444808
2004	30.72	62.72	3.45	118.98	11.90	943.71	15.04	1318.88	0.1000	0.346	12.7051393
2005	29.72	67.07	3.45	118.98	11.90	883.27	13.16	926.52	0.1000	0.346	8.9254824
2006	47.24	166.62	3.45	118.98	11.90	2231.61	13.39	968.87	0.1000	0.346	9.33337165
2007	27.68	100.33	3.45	118.98	11.90	766.18	7.63	218.61	0.1000	0.346	2.1060159
2008	71.9	143.54	3.45	118.98	11.90	5169.61	36.01	13325.54	0.1000	0.346	128.368323
2009	77.97	181.09	3.45	118.98	11.90	6079.32	33.57	11061.03	0.1000	0.346	106.553724
2010	10.67	44.71	3.45	118.98	11.90	113.84	2.54	11.90	0.1000	0.346	0.11467588
2011	38.66	143.75	3.45	118.98	11.90	1494.59	10.39	495.25	0.1000	0.346	4.77089694

2012	62.99	166.63	3.45	118.98	11.90	3967.74	23.81	4451.36	0.1000	0.346	42.8811676
2013	21.08	48.78	3.45	118.98	11.90	444.36	9.10	348.87	0.1000	0.346	3.36082964
2014	184.91	235.2	3.45	118.98	11.90	34191.70	145.37	537750.99	0.1000	0.346	5180.29229
2015	23.37	72.39	3.45	118.98	11.90	546.15	7.54	211.71	0.1000	0.346	2.03946375

Tablo III. : les resultants des calculs de l'érosion spécifique des different sous basins versants **12**

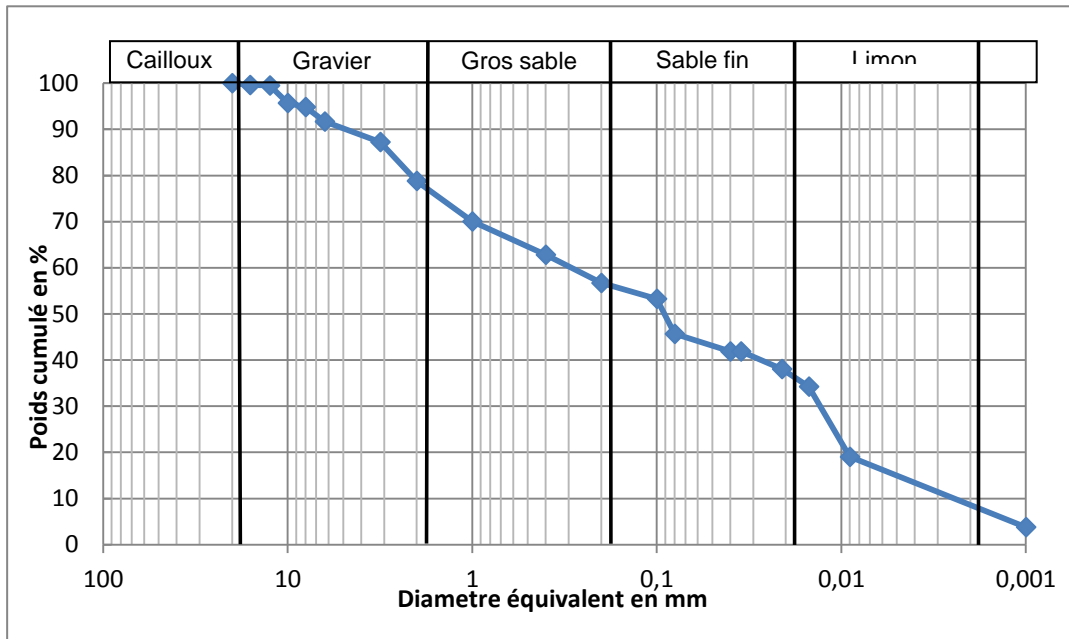


Figure IV.2: courbe Analyse granulométrique complète (tamisage sec et Sédimentométrie P₄)

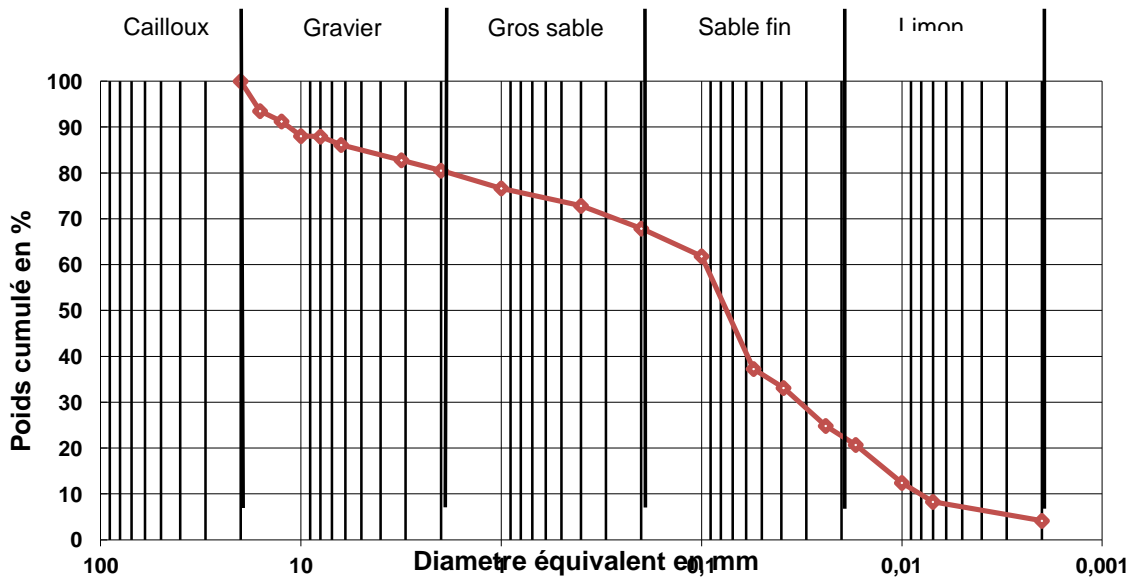


Figure IV.3: courbe Analyse granulométrique complète (tamisage sec et Sédimentométrie P₃)

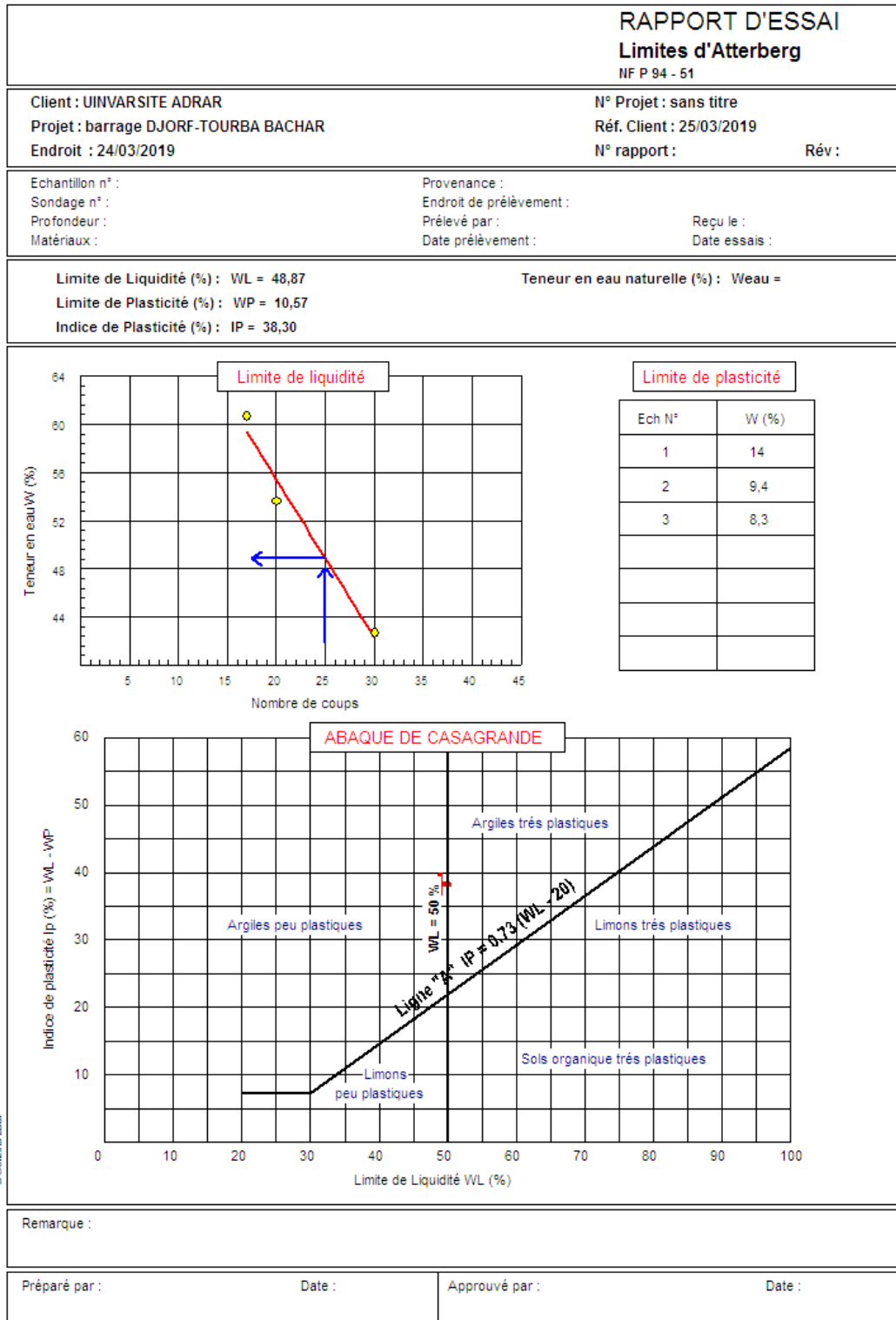
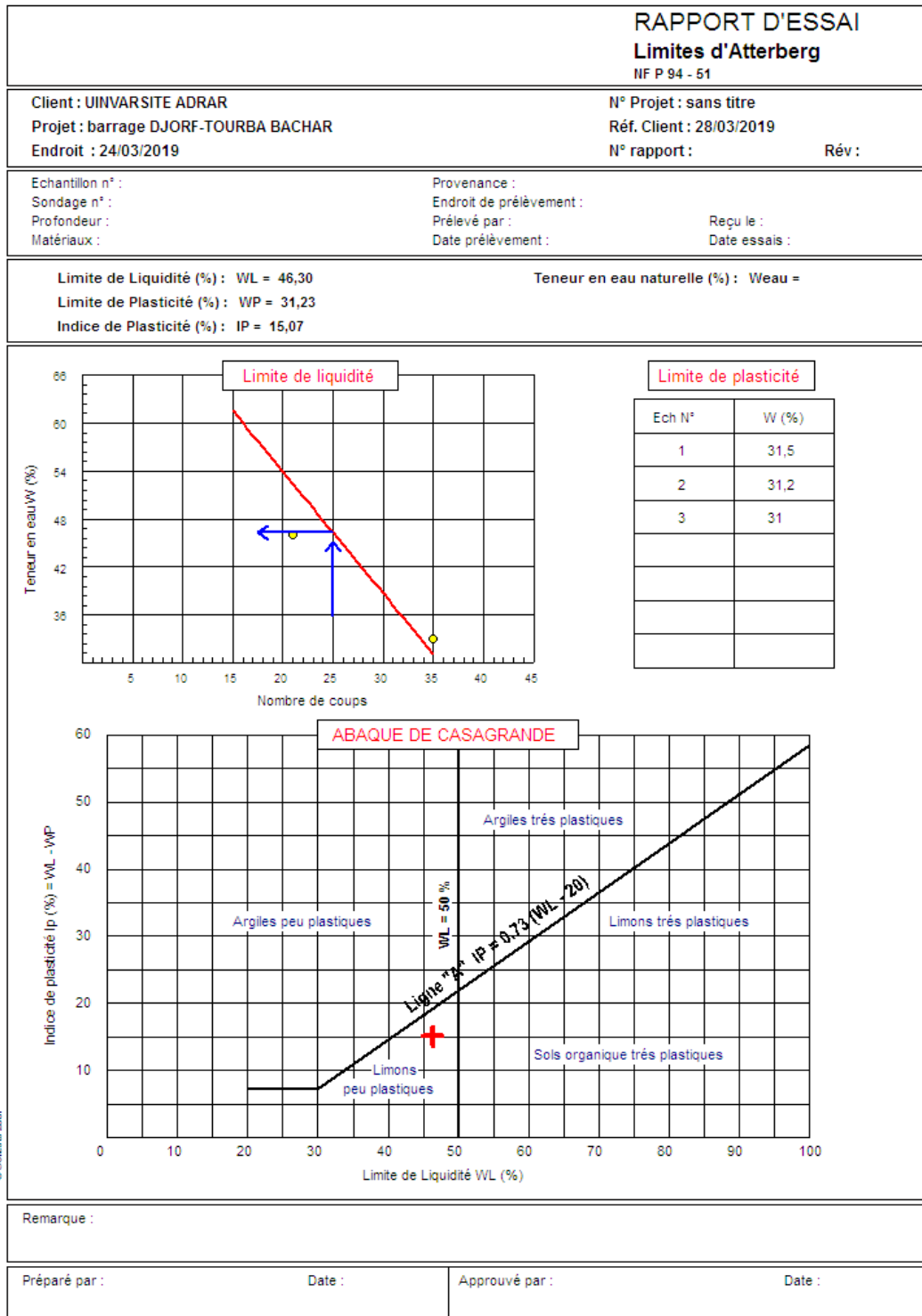


Figure IV.4: courbe Limites d'Atterberg (P₄) (LTP Sud par logiciel sol tast)



Remarque :

Figure IV.5: courbe Limites d'Atterberg (P₃) (LTP Sud par logicial sol Tast)