

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master

Faculté : Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre

Département : Biologie

Filière: Sciences biologiques

Spécialité: Eco pédologie et environnement

Origine et processus de l'envasement du barrage Ghrib (wilaya d'Ain Defla)

Soutenue publiquement le: 28-06- 2017

Présenté par :

M^{elle}. Beggar sarra

M^{elle}. Bouchahmi fatiha

Devant le Jury :

Président :	Mr.Badache H	MCB	Khemis Miliana
Promotrice :	Mme.Hallouz F	MCB	Khemis Miliana
Examineur :	Mr.Rata M	MAA	Khemis Miliana
Examinatrice :	Mme. Karahaçane H	MAA	Khemis Miliana

Année universitaire : 2016-2017

Remerciements

Au terme de ce travail, on tient à remercier chaleureusement tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet de fin d'étude.

- *Nos remerciements à notre promotrice Mme Hallouz Faiza , pour nous avoir encadrés ; ainsi pour sa disponibilité et ses remarques constructives qui nous ont été très utiles tout au long de notre mémoire.*
- *Nous tenons également à remercier Mr Remini B, Mme Belmeskine et Mm aoubed cheffe filière de science technologique a l'université de Blida pour leurs aides orientation.*
- *Nous tenons également à remercier Mr Badache H. pour avoir accepté de présider notre jury.*
- *Nos remerciements s'adressent à Mme Karahaçene H et Mr Rata M. d'avoir accepté d'examiner ce travail.*
- *On remercie également ^{Melle} Amel responsable de Laboratoire de chimie 01: pour leur aidé, et orientations.*
- *Nous n'oublions d'adresser nos remerciements à tous nos enseignants qui ont contribué à notre formation.*
- *Nous adressons une pensée particulièrement affective à nos amis qui ont rendu agréables nos longues années d'études.*
- *Nous tenons à exprimer toute mes reconnaissances à tous mes amies et collègues de **2^{ème} année Master Eco pédologie et Environnement.***

Liste D'abréviation

ANDI : Agence Nationale de développement de l'Investissement

ANRH : l'Agence Nationale des Ressources Hydriques.

ANBT : Agence National des barrages et transferts.

ONM : Office national de météorologie.

DSA : office des services agricoles.

MO : matière organique.

CE : conductivité électrique.

PH : potentiel hydrogène.

°C : degré Celsius.

.

Liste des figures

Figure 1: Rejaillissement du sol et de l'eau suite à l'impact d'une goutte d'eau, ou effet splash.	4
Figure 2: Mécanisme de l'érosion hydrique.....	4
Figure 3: Types d'érosion hydrique.....	5
Figure 4: Erosion en nappe.....	5
Figure 5: Photo représentative de rigole.....	6
Figure 6 : l'érosion par ravinement.....	6
Figure 6: transport solide en charriage.....	10
Figure 7: mode de transport solide.....	11
Figure 8 : Bouteille d'échantillonnage.....	11
Figure 9: Organigramme du processus d'envasement d'une retenue	15
Figure 11: La situation géographique du Haut Chélif.....	21
Figure 12 : Situation de la wilaya d'Ain Defla.....	22
Figure 13: principales Nappes d'eau Souterraines.....	24
Figure 14: Carte des ressources en eaux superficielles du Haut Chélif.....	24
Figure 15 : Photo du Barrage Ghrib	25
Figure 16 : localisation géographique de barrage Ghrib.....	25
Figure 17 : Plan générale de barrage Ghrib.....	26
Figure 18 : Diagramme ombrothermique de barrage Ghrib.....	31
Figure 19 : Carte localisation des points de prélèvement.....	31
Figure 20 : prélèvement de l'échantillon du vase et du sol.....	32
Figure 21 : séchage d'échantillons dans l'étuve.....	32
Figure 22: Séchage des échantillons a l'air libre.....	33
Figure 23 : Broyage des échantillons	33
Figure 24 : Tamisage des échantillons des échantillons.....	33
Figure 25 : Image des matériels utilisés.....	35
Figure 26: Diagramme de texture.....	37
Figure 27: variation de CE en fonction de prélèvement.....	40
Figure 28: variation de PH l'eau en fonction de prélèvement.....	41
Figure 29: diagramme de texture de T 02 Site 01.....	42
Figure 30: composition granulométrique de vase (Site 01 T02).....	43
Figure 31: composition granulométrie de T 04 de Site 01.....	43

Figure 32 : composition granulométrique de T 07 de Site 02 dans les deux prélèvements.....	44
Figure 33 : composition granulométrique de T 09 de Site 02.....	45
Figure 34 : composition granulométrique de Sites 03,04 et 05.....	46
Figure 35 : la texture du site 03 (sol) et les textures de T 02 et T 04de site 01) vase.....	46
Figure 36 : la texture du site 04 (sol) et les textures de T 07 et 09 de site 02 (vase).....	47
Figure 37 : variation de l'Humidité (%) en fonction de prélèvement.....	48
Figure 38 : variation de MO (%) en fonction de prélèvement.....	49
Figure 39 : Variation de calcaire % en fonction de prélèvement.....	50

Résumé

Le barrage Ghrib situé dans la commune de Oued Chorfa (wilaya d'Ain Defla) est parmi les grands barrages qui connaissent le problème d'envasement où sa capacité initiale était de 280 million m³ mais cette capacité a été réduite à 115.137 million m³ à cause de ces sédiments.

L'objectif de notre travail est d'étudier ce problème, en essayant de connaître l'origine et la source de vase qui s'est accumulée dans ce barrage, ainsi, on a suivi un groupe d'analyses physico-chimique, effectué sur des échantillons prélevés au niveau de la vase et au niveau des sols à proximité du barrage.

En effet, les résultats obtenus ont montré qu'il existe une grande similitude entre les propriétés des sols agricoles et les propriétés de la vase, ce qui indique que la grande source d'envasement du barrage est issue directement des sols agricoles qui entourent le barrage.

Enfin, les calculs effectués par les mesures de concentration sur le bassin de l'oued Ghrib-Cheliff au niveau de la station hydrométrique ont donné une charge sédimentaire égale à $25.6.10^6 \text{ t.an}^{-1}$ qui vient se déposer dans la cuvette du barrage Ghrib.

Mots clés : barrage Ghrib, sédiment, analyses physico-chimiques, envasement, charge sédimentaire.

Abstract

The Ghrib dam which is located in the commune of wadi Chorfa (wilaya of Ain Defla), is the large dam that experienced a problem of siltation or that it has a capacity of 280 million m³ to its establishment but this capacity has been reduced until 115.137 million of these sediments.

In the subject of our work we studied this problem we tried to know the origin and source of mud accumulate in this dam.

For this purpose, a group of physicochemical analyses is often carried out on squeezers collected at the level of soils near the dam.

After these analyzes, it appears that there is a great similarity between the properties of agricultural soils and the property of the mud.

Then it is said that the great source of silting up of the dam originating directly from the agricultural soils that surround the dam.

Finally, the calculations carried out by the concentration measurements on the Wadi Ghrib-Cheliff basin at the hydrometric station gave a sediment load equal to $25.6.10^6 \text{ t.an}^{-1}$ which settles in the dam basin Ghrib.

Keywords: Ghrib dam, sediment, Physico-chemical analyzes, siltation, Sedimentary charge

المخلص

يقع سد غريب في بلدية واد الشرفاء (ولاية عين الدفلى) يعتبر من بين السدود الكبرى التي تعرف مشكلة تراكم الطمي ه المشكلة أدت إلى انخفاض قدره تخزينه للمياه من 280 مليون م³ إلى 115.137 مليون م³.
الهدف من عملنا هو دراسة هذه المشكلة. في محاولة معرفة منشأ ومصدر الطمي المتراكم بالسد. ولهدا قمنا بمجموعة من التحاليل الكيميائية والفيزيائية. اجريت على العينات المأخوذة على مستوى الطمي المترسب وكذا الاراضي الفلاحية المتواجدة بالقرب من السد.
في الواقع. اظهرت النتائج ان هناك تشابها كبيرا بين خصائص التربة الزراعية وخصائص الطمي. مشيرا الى ان المصدر الرئيسي لترسب الطمي بالسد يأتي مباشرة من التربة الزراعية المحيطة بالسد.
واخيرا اعطت قياسات تركيز الحسابات على حوض واد شلف غريب في المحطة الهيدرومترية حمولة الرسوبية تصل إلى 25.6*10⁶ طن سنة⁻¹ التي تترسب في حوض سد غريب.

الكلمات المفتاحية: سد غريب. الرواسب. التحاليل الفيزيائية والكيميائية. الطمي. تحميل الرواسب.

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Résumé

Abstract

المُلخَص

Introduction.....1

Chapitre I : Rappel bibliographique

Introduction	3
I.Erosion	3
I.1.Définition	3
I.2. Erosion hydrique	3
I.2.1. Définition.....	3
I.2.2- Processus de l'érosion hydrique.....	3
a- Détachement.....	3
b- Transport	4
c-La sédimentation.....	4
I.2.3. Formes de l'érosion hydrique.....	5
a-Erosion en nappe (Sheet erosion):.....	5
b-Erosion linéaire (micro-Channel ou Rillérosion):	5
b.1-Erosion en griffe	6
b.2- Erosion en ravine (Gully érosion)	6
I.2.4 -Facteurs de l'érosion hydrique	7
I.2.4.1.Topographie :	7
I.2.4.2. Facteur climatique (le climat).....	7
I.2.4.3. Facteurs lithologiques	7
I.2.4.4. Couvert végétal	7
I.2.4.5. Facteur d'origine anthropique	8
I.2-5. Quantification de l'érosion hydrique	8

a.	Formule de Henin 1950	8
b.	Formule de Wischmeier et Smith (UniversalSoilLoss Equation 1958).....	8
c.	Formule de Fournier (1960).....	8
d.	Formule de Tixeront (1960)	9
e.	Formule de L'A.N.R.H (1970)	9
	I.2.6. Erosion hydrique en Algérie du Nord	9
	II. Transport solide	10
II.1.	Définition.....	10
II.2.	Modes de transport solide	10
II.2.1.	Transport solide par charriage.....	10
II.2.2.	Transport solide en suspension.....	10
II.3.	Mesure du transport solide	11
II.3.1.	Mesure du transport en suspension	11
II.3.2.	Mesure du transport solide par charriage.....	12
II.4.	Relation débit solide-débit liquide	12
II.5.	Quelques travaux effectués sur le transport solide en Algérie.....	13
III.	Envasement des barrages.....	13
III.1.	Définition de vase.....	15
III.2.	Composition des vases	15
III.2.1.	Structure physico-chimique des vases.....	15
III.3.	Processus de l'envasement des barrages	15
a.	Erosion des bassins versants.....	16
b-	Apports solides dans la retenue	16
c-	Piégeage des sédiments dans la retenue	16
d-	Dépôt et tassement des sédiments.....	16
e-	Tassement et consolidation des vases	16
III.4.	Méthode de détermination du taux d'envasement	16
a.	Mesure à l'échosondeur	16
b.	Méthode de turbidimétrie	16
c.	Méthode de stéréophotogrammétrie.....	16
d.	Méthode bathymétrique	17
III.5.	Conséquence de l'envasement des barrages.....	17
a.	Réduction de la capacité de retenue	17

b. Dégradation de qualité de l'eau.....	17
c. Sur les infrastructures aval.....	17
d. Sur la sécurité des barrages.....	17
e. Sur la capacité de laminage des crues.....	17
III.6. Moyen de lutte contre l'envasement.....	17
III.7. Aperçu Sur L'envasement des barrages en Afrique du Nord.....	18
Conclusion.....	20

Chapitre II : Présentation de la région d'étude

Introduction.....	21
I. Situation géographique.....	21
I.1. Relief.....	22
I.1.1. Monts de DAHRA-ZACCAR	22
I.1.2. Monts de l'OUARSNI.....	23
I.2. Hydrologie.....	23
I.3. Ressource en eau superficielle.....	24
I.3.1 Barrages.....	24
I.3.1.1. Barrage Ghrib.....	25
I.3.1.2. Principales caractéristiques du barrage résumé dans ce qui suit (ANBT, 2008).....	26
I.3.1.3. Plan général du barrage du Ghrib.....	26
I.3.1.4. Géologie.....	27
I.3.1.5. Faune et la flore :.....	27
a. Végétation :.....	27
b. Faune.....	28
I.3.1.6. Caractéristiques climatiques.....	28
I.3.1.6.1. Température de l'air.....	29
I.3.1.6.2. Humidité.....	29
I.3.1.6.3. Vent.....	30
I.3.1.6.4. Précipitation.....	30
I.3.1.6.4.1. Diagramme Ombrothermique.....	30
Conclusion.....	31

Chapitre III : Matériel et méthode

Introduction.....	32
I. Préparations des échantillons.....	32
I.1.Echantillonnage.....	32
a)Matériel utilisé.....	33
I.2. Séchage broyage et tamisage des échantillons.....	33
I.2.1. Séchage des échantillons.....	33
I.2.2. broyage et tamisage les échantillons.....	34
II. Analyses des échantillons.....	35
II.1. Méthode d'analyse.....	35
II.2. Matériels utilisé.....	35
II.3. Analyse physico-physique effectuée sur les échantillons de sol et vase.....	36
II.3.1. Analyses physique.....	36
II.3.1.1. Conductivité électrique (CE).....	36
II.3.1.2. Mesure du pH.....	37
II.3.1.3. Granulométrie.....	38
II.3.1.4. Humidité résiduelle.....	39
II.3.2. Analyses chimiques.....	39
II.3.2.1. Matière organique (MO).....	39
II.3.2.2. Calcaire total.....	40
Conclusion.....	40

Chapitre IV : Résultat et Discussion

Introduction	41
I. Résultats et discussion des analyses physico-chimiques du sol.....	41
I.1. Caractères physiques.....	41
I.1.1. Conductivité électrique (mmoh/cm)	41
I.1.2. pH _{eau}	42
I.1.3. Granulométrie.....	43
I.1.4. Humidité	49
I.2. Caractères chimique	50
I.2.1. Matière organique %	50
I.2.2. Calcaire totale %	51

Conclusion.....	51
Conclusion générale.....	52
Références bibliographiques	
Annexe	

Liste des figures

Figure 1: Rejaillissement du sol et de l'eau suite à l'impact d'une goutte d'eau, ou effets splash.	4
Figure 2: Mécanisme de l'érosion hydrique.....	4
Figure 3: Types d'érosion hydrique.....	5
Figure 4: Erosion en nappe.....	5
Figure 5: Photo représentative de rigole.....	6
Figure 6 : l'érosion par ravinement.....	6
Figure 7: transport solide en charriage.....	10
Figure 8: mode de transport solide.....	11
Figure 9 : Bouteille d'échantillonnage.....	11
Figure 10: Organigramme du processus d'envasement d'une retenue	15
Figure 11: La situation géographique du Haut Chélif.....	21
Figure 12 : Situation de la wilaya d'Ain Defla.....	22
Figure 13: principales Nappes d'eau Souterraines.....	24
Figure 14: Carte des ressources en eaux superficielles du Haut Chélif.....	24
Figure 15 : Photo du Barrage Ghrib	25
Figure 16 : localisation géographique de barrage Ghrib.....	25
Figure 17 : Plan générale de barrage Ghrib.....	26
Figure 18 : Diagramme ombrothermique de barrage Ghrib.....	31
Figure 19 : Carte localisation des points de prélèvement.....	32
Figure 20 : prélèvement de l'échantillon du vase et du sol.....	33
Figure 21 : séchage d'échantillons dans l'étuve.....	33
Figure 22: Séchage des échantillons à l'air libre.....	34
Figure 23 : Broyage des échantillons	34
Figure 24 : Tamisage des échantillons des échantillons.....	34
Figure 25 : Image des matériels utilisés.....	36
Figure 26: Diagramme de texture.....	38
Figure 27: variation de CE en fonction de prélèvement.....	41
Figure 28: variation de PH l'eau en fonction de prélèvement.....	42
Figure 29: diagramme de texture de T 02 Site 01.....	43
Figure 30: composition granulométrique de vase (Site 01 T02).....	44

Figure 31: composition granulométrie de T 04 de Site 01.....	44
Figure 32 : composition granulométrique de T 07 de Site 02 dans les deux prélèvements.....	45
Figure 33 : composition granulométrique de T 09 de Site 02.....	46
Figure 34: composition granulométrique de Sites 03,04 et 05.....	47
Figure 35 : la texture du site 03 (sol) et les textures de T 02 et T 04de site 01)vase.....	47
Figure 36: la texture du site 04 (sol) et les textures de T 07 et 09 de site 02 (vase).....	48
Figure 37: variation de l'Humidité (%) en fonction de prélèvement.....	49
Figure 38 : variation de MO (%) en fonction de prélèvement.....	50
Figure 39 : Variation de calcaire % en fonction de prélèvement.....	51

Liste des tableaux

Tableau 1: Valeurs caractéristiques des paramètres a et b de la relation de puissance débit.....	13
Tableau 2 : Envasement moyen annuel des barrages du Maghreb.....	19
Tableau 3 : La température de l'air de la station d'EL-Khemis.....	29
Tableau 4: Les fréquences d'humidité.....	29
Tableau 5: les fréquences de vent.....	30
Tableau 6: Données climatiques de la station de Khemis Miliana.....	30
Tableau 7 : récapitulatif des mesures des analyses aux laboratoires.....	35
Tableau 8 : Echelle de salinité du sol.....	37
Tableau 9: La gamme de pH des sols.....	37
Tableau10 : Répartition des classes de la MO	39
Tableau 11 : Echelle d'interprétation de Calcaire Total.....	40

Liste des tableaux

Tableau 1: Valeurs caractéristiques des paramètres a et b de la relation de puissance débit.....	13
Tableau 2 : Envasement moyen annuel des barrages du Maghreb.....	19
Tableau 3 : La température de l'air de la station d'EL-Khemis.....	29
Tableau 4: Les fréquences d'humidité.....	29
Tableau 5: les fréquences de vent.....	30
Tableau 6: Données climatiques de la station de Khemis Miliana.....	30
Tableau 7 : récapitulatif des mesures des analyses aux laboratoires.....	34
Tableau 8 : Echelle de salinité du sol.....	36
Tableau 9: La gamme de pH des sols.....	36
Tableau10 : Répartition des classes de la MO	38
Tableau 11 : Echelle d'interprétation de Calcaire Total.....	39

Introduction générale

Introduction générale

En Algérie où la disponibilité de l'eau est limitée, sa répartition inégale et sa demande en forte croissance, la perte de capacité des barrages par leur envasement continu est considérée comme un problème crucial à l'échelle nationale.

L'érosion des bassins versants en amont des barrages, sous toutes ses formes est à l'origine de l'envasement des barrages. L'érosion est un phénomène très complexe. Elle englobe non seulement le détachement ou l'ablation des particules de sol, mais aussi leur déplacement d'un point à un autre du bassin versant.

Les conséquences de l'érosion ne se limitent pas à l'envasement des barrages. L'érosion contribue aussi à la perte de la couche arable, la plus fertile du sol, diminuant sa productivité et dégradant la qualité des eaux de surface. Par ailleurs, les particules de sol qui rejoignent les oueds et les barrages contribuent, d'une part, à rehausser le lit des cours d'eau entraînant un risque plus élevé d'inondation et d'autre part, à augmenter la turbidité des eaux, ce qui affecte les infrastructures en aval telles que les usines de traitement d'eau potable. Un autre problème important relié à l'érosion des sols est la sédimentation des particules érodées dans les réservoirs des barrages (**Roy et al., 2006**).

La quantification de l'érosion réside dans l'estimation aussi précisée que possible de l'érosion spécifique pour de la tranche morte et de la durée de vie de l'ouvrage (**Touaibia et al., 2000**).

Le problème d'envasement des barrages n'est pas un problème propre à l'Algérie, beaucoup de pays dans le monde souffrent du problème surtout dans les zones arides et semi arides, où le manque de ressources hydrique est accentué par l'érosion des sols (**Abdeli., et Zeggane., , 2007**).

Les barrages d'Algérie ont subis de plein fouet le phénomène d'envasement, qui a déjà envahi 1,1 Milliards de m³ d'après le dernier rapport de l'UNESCO (**Remini et al., 2009**), avec un taux moyen annuel de 0,65% de la capacité totale, ce qui représente une durée de vie moyenne de 140 ans. Mais avec l'augmentation de la demande dans tous les domaines (AEP, Agricultures, industrie et même la production d'énergie électrique), l'Algérie doit augmenter considérablement sa capacité de mobilisation, sauf qu'avec l'accélération du phénomène d'envasement, elle perd près de 45 Millions de m³ chaque année, soit l'équivalent d'un grand barrage chaque deux ans, ce qui représente une perte de plus de 25 Millions de Dollars annuellement. Un volume de stockage perdu est difficilement remplaçable, surtout avec la difficulté de trouver des bons sites potentiels (**Ammari., 2012**).

En Algérie, l'envasement est caractérisé par un rythme accéléré. Les effets néfastes de ce phénomène sont nombreux allant de la réduction considérable de la capacité de stockage du barrage, la dégradation de la qualité de l'eau et l'obturation des organes de vidange et les canaux d'irrigation. Les barrages du bassin Chéelif-Zahrez sont les plus menacés par ce problème dus à l'érosion favorisée par la nature des sols et l'absence de boisement. Il s'agit de l'accumulation successive des sédiments transportés par les cours d'eaux dans la retenue. Une quantité considérable des sédiments est piégée chaque année dans les réservoirs diminuant ainsi leurs durées de vie. Ce phénomène préoccupe actuellement les projeteurs et les exploitants.

L'Algérie dispose actuellement 113 barrages dont 52 grands barrages d'une capacité totale évaluée de 5.2 Mm³, ces barrages reçoivent annuellement une quantité de vase estimée 2 à 32 Mm³ ces quantités de matériaux proviennent de l'accélération de l'érosion des bassins versants due aux conditions physiques, géomorphologiques, hydro climatiques et socio-

économiques favorables. Malgré les conséquences gênantes de ce phénomène l'Algérie a déployé de grands efforts depuis l'indépendance pour réduire les dépôts dans les barrages, ce qui a engendré la prolongation de vie de plusieurs barrages. (Remini, 2005)

Tous les barrages du monde sont exposés au phénomène de la sédimentation, mais avec des vitesses qui diffèrent d'une région à une autre, ce phénomène a été largement signalé aux États-Unis, en Russie, à Taiwan, en Chine, en Iran, au Soudan et en Afrique du Nord ; À titre d'exemple, le barrage Mohamed V au Maroc, d'une capacité de 567 Mm^3 , reçoit annuellement un volume de vase de 14.5 Mm^3 , soit une perte annuelle de 2.5% de sa capacité totale. Le barrage de Ghrib en Algérie d'une capacité de 280 Mm^3 reçoit annuellement un volume de vase 3.2 Mm^3 , soit une perte de capacité annuelle de 1.14%. (Remini, 2005)

Dans ce travail, nous allons traiter le problème de l'envasement de barrage Ghrib suivant des facteurs hydro-climatiques qui gèrent le phénomène dans le bassin versant Chélif. Pour cela, nous structurons notre étude en quatre chapitres.

Dans le premier chapitre

Une étude bibliographique cadrant le sujet et rassemble les éléments utilisés par la suite, ce chapitre traite trois volets qui sont : la description générale des phénomènes, érosion hydrique (processus de l'érosion hydrique, Les formes de l'érosion hydrique, Facteurs de l'érosion hydrique, quantification de l'érosion hydrique.), transport solide (modes de transport solide, paramètres caractéristiques de transport solide, mesure du transport solide, Relation débit solide-débit liquide.....) et l'envasement des barrages (composition des vases, Processus de l'envasement des barrages, Méthode de détermination du taux d'envasement, Conséquence de l'envasement des barrages, Moyen de lutte contre l'envasement).

En deuxième chapitre

Nous donnons dans ce chapitre un aperçu général sur la situation géographique de (haute Chélif, Ain Defla et barrage Ghrib)

Le troisième chapitre

Dans cette partie nous avons présenté les différentes analyses physico-chimiques effectuées sur les échantillons de sol et de vase.

Le quatrième chapitre

Ce chapitre est consacré aux résultats obtenus et leurs discussions.

Et finalement notre travail sera terminé par une conclusion générale contenant l'essentiel des résultats trouvés.

Chapitre I

Rappel bibliographique

Introduction

L'envasement et le transport solide constituent, par leurs importances, un problème majeur dans les pays du Maghreb. L'érosion, le transport solide et la sédimentation sont la cause de la dégradation des sols agricoles, l'alluvionnement des retenues et de nombreux dégâts dont les coûts sont considérables (**Meddiet *al.*, 1998**).

Dans ce chapitre, nous allons donner un aperçu général sur les phénomènes de l'érosion, le transport solide et l'envasement des barrages (ses genèses, ses processus, ses mécanismes, les moyens de ses estimations et ses conséquences).

I.Erosion

I.1.Définition

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

I.2. Erosion hydrique

I.2.1. Définition

L'érosion hydrique du sol se définir comme la perte de sol due à l'eau qui arrache et transport la terre vers un lieu de dépôt (**Ammari, 2012**).

Le phénomène d'érosion hydrique est le résultat de l'action combinée de plusieurs processus dont le détachement, le transport et le dépôt des particules, sous l'action de la pluie et du ruissellement. L'érosion hydrique est une cause majeure de la dégradation des sols dans le monde (**LeBissonnais *al.*, 2003**). Ce phénomène affecte aussi la qualité des eaux et la capacité de stockage des barrages.

I.2.2- Processus de l'érosion hydrique

L'érosion hydrique est le résultat de trois principaux mécanismes : le détachement des particules, leur transport et leur sédimentation.

a- Le détachement

L'érosion hydrique s'initie lorsque, sous l'impact des gouttes de pluie, les agrégats de sols se brisent et sont mis en mouvement. Les premières gouttes de pluie qui arrivent au sol y pénétrant proportionnellement à son ameublissement et sa porosité. Cette première phase s'accompagne d'un déplacement de particules et d'un tassement du sol. Puis la couche superficielle s'humidifie, et l'on assiste au développement quasi simultané de trois processus : la désagrégation

de la structure ; la formation d'une pellicule de battance et l'érosion par "splash" ou érosion par rejaillissement (**Grangeon, 2012**).



Figure 1: Rejaillissement du sol et de l'eau suite à l'impact d'une goutte d'eau, ou effet splash (Leguédois, 2003)

b- Le transport

Quand la charge en sédiments est inférieure à la capacité de transport de l'écoulement, les particules de sol peuvent être ainsi transportées. Quand la charge est supérieure à la capacité de transport, les sédiments en excès se déposent. L'exportation des sédiments par le ruissellement est grandement influencée par le fait que la lame d'eau soit soumise ou non à l'impact des gouttes de pluie. Pour un écoulement en nappe peu épais (érosion diffuse), la pluie tend à augmenter la concentration et la granulométrie de la charge solide exportée (Chaplot & Le Bissonnais, 2000 ; Beuselinck *et al.*, 2002).

c-La sédimentation

La sédimentation est le mécanisme qui contrôle et peut limiter la quantité de sédiments exportés. Elle se produit quand la capacité de transport de l'écoulement est dépassée. Cette troisième phase du processus d'érosion hydrique apparaît donc par exemple lors du

Ralentissement du ruissellement. Les particules les plus grossières sont les premières à sédimenter, les plus fines étant transportées plus loin. On parle de tri granulométrique (KaurakLeite, 1990).

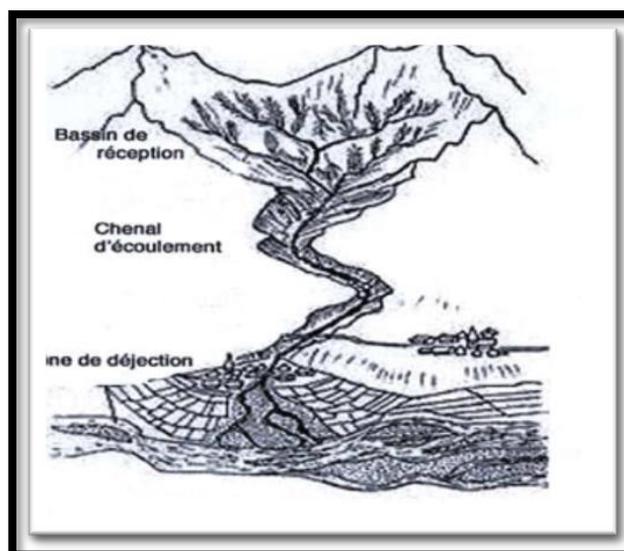


Figure 2: Mécanisme de l'érosion hydrique (Melalih, 2012).

I.2.3. Formes de l'érosion hydrique

Il existe plusieurs formes de l'érosion hydrique comme le montre la figure suivante :

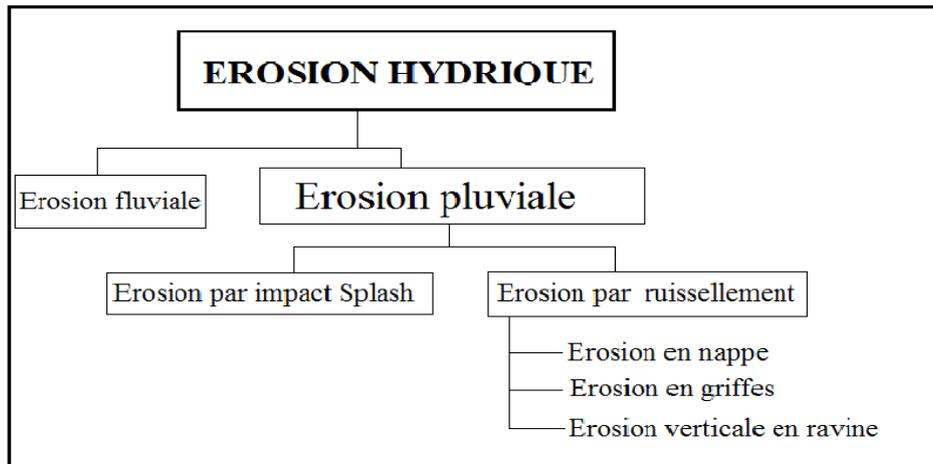


Figure 3: Types d'érosion hydrique (Touaibiaetal., 2000)

a-Erosion en nappe (Sheeterosion):

Elle se produit lorsque l'écoulement et l'érosion se font sur toute la surface du sol, ce qui provoque une usure homogène non perceptible dans la majorité des cas.

Quantitativement, l'érosion en nappe est très modeste. En Algérie, les chercheurs de l'INRF et de l'IRD (Ex. OROSTOM) ont évalué les pertes en terres par ce type d'érosion de 0,10 à 20 t/ha/an (Chebbanietal., 1999).

Ce type d'érosion entraîne des conséquences morphologiques et pédologiques fâcheuses suite à un décapage de l'horizon superficiel diminuant insidieusement sa réserve en éléments fertilisants et un entraînement préférentiel des particules les plus fines, de la matière organique et du carbonate de calcium.

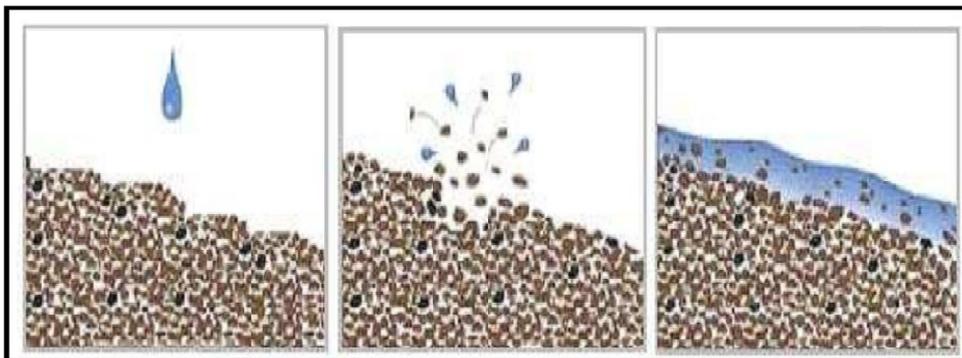


Figure 4: Erosion en nappe (Cheggouretal., 2008)

b-Erosion linéaire (micro-Channel ou Rillérosion):

Cette forme d'érosion se manifeste dès que les filets d'eau diffus se concentrent sur des lignes de plus forte pente et exercent ainsi sur le sol une force de cisaillement permettant de creuser des formes de plus en plus profondes dans le sol en arrachant des particules de plus en plus grosses: gravies, cailloux voir des blocs (Megnounif, 2007) de petits canaux naissent que l'on peut diviser en trois types : griffes (quelques centimètres de profondeur), rigoles (la profondeur dépasse 10 cm), ravines (quelques mètres).

b.1-Erosion en griffe

L'écoulement se concentre davantage pour crée son passage sous forme de griffes d'abord ensuite l'eau de ruissellement vient renforcer l'agrandissement de cette forme par des incisions bien définies faisant apparaitre des rigoles quoique petite a la surface de la terre (Arabi, 1991).



Figure 5:Photo représentative de rigole (cliche Bouchahmi et Beggar,Oued Chorfa,2017)

b.2- Erosion en ravine(Gully érosion)

Dont la profondeur peut atteindre deux mètres. Ces deux dernières formes ne sont pas toujours comblées par le travail du sol effectué par l'agriculteur alors que les griffures peuvent être effacées par une simple pluie. Cette érosion par ruissellement concentré ou érosion de talweg peut se produire même dans des régions à faible pente (de l'ordre de 1% dans les talwegs et 2% sur les versants qui les alimentent) et pour des épisodes pluvieux de faible intensité (Dahmani, 2012).



Figure 6 : l'érosion par ravinement (cliche Bouchahmi et Beggar, Oued chorfa, 2017)

I.2.4 -Facteurs de l'érosion hydrique

Deux principaux types de facteurs de l'érosion peuvent être distingués : les facteurs naturels regroupés sous quatre grandes familles : topographie, climat, lithologie et couvert végétal, et les facteurs anthropiques relatifs aux activités humaines.

I.2.4.1. Topographie :

Plusieurs chercheurs ont mis en évidence l'effet de la topographie sur l'érosion. Nombreux sont ceux qui ont montré que la topographie agit sur le ruissellement et les pertes en sol par deux composantes (**Borst et Woodbrun, 1940 ; Wischmeier et Smith, 1978**) : - la longueur de la pente car plus la pente est longue, plus les eaux ont tendance à se concentrer graduellement dans les fissures ou rainures, ce qui entraîne un apport considérable en eau et en sédiments - le degré de la pente car plus le degré de l'inclinaison des versants est important, plus l'énergie cinétique de l'écoulement et la détachement des particules du sol sont importantes.

I.2.4.2. Facteur climatique (le climat)

La pluie est essentiellement à l'origine de l'érosion par son impact sur les particules des sols qu'elle détache ainsi des matériaux de surface. Quand les particules détachées, la quantité de pluie qui ruisselle détermine le mouvement de sédiments des interfluves vers le réseau de drainage. L'action causée par l'impact de la pluie commence quand la première goutte percute le sol, au travers de sa capacité à détacher des particules de la surface. Ce processus représente le premier stade de l'érosion hydrique des sols (**Salles et al., 2000**). L'érosivité des pluies se définit comme étant la capacité potentielle de la pluie à causer l'érosion (**Hudson, 1973**).

Cette érosivité dépend des caractéristiques de la pluie (la taille et la vitesse des gouttes, à l'intensité de la pluie) et à l'état de surface de sol.

Les autres facteurs climatiques exerçant une influence sur l'érosion des sols sont, la température, les variations saisonnières des orages, leur localisation, leur fréquence et le régime de vents. L'influence du climat sur l'érosion est difficile à évaluer à cause des variations de paramètres climatiques, aussi bien que celle des autres caractéristiques du bassin versant (**White, 1986**).

I.2.4.3. Facteurs lithologiques

L'érodibilité du sol désigne sa susceptibilité face aux processus d'érosion. Elle est fonction des propriétés physico-chimiques du sol (texture, profondeur, porosité, teneur en matière organique...) et de la cohésion qui existe entre ces particules. Une faible cohésion va entraîner une forte érodibilité (**Govers, 1987; Poesen&Govers, 1990**).

I.2.4.4. Couvert végétal

Les nombreux travaux consacrés à l'identification des facteurs du ruissellement et d'érosion s'accordent sur un point : le ruissellement et le déclenchement de l'érosion par ruissellement est provoqué par un jeu complexe de facteurs interdépendants (**Bryan, 2000**). Toutefois, un facteur prime sur la production du ruissellement et des sédiments : la végétation. Son influence est multiple. Elle tient à son rôle protecteur du sol par interception des gouttes, à l'obstacle qu'elle forme face aux écoulements, au rôle stabilisateur qu'elle a sur les particules du sol, à son influence sur le comportement mécanique du sol par enrichissement en matière organique, et enfin à son influence sur la perméabilité du sol par l'entretien d'une macroporosité (**Bertranet al., 2003**)

I.2.4.5. Facteur d'origine anthropique

Actions anthropiques non contrôlées telle que les incendies, le défrichement, la déforestation, le surpâturage sont à l'origine de processus aggravant l'intensité de l'érosion des terres (Wischmeier WH et Smith D, 1978).

I.2-5. Quantification de l'érosion hydrique La quantification de l'érosion hydrique peut se faire soit :

- Par la mesure directe du transport solide au niveau des stations de mesure.
- Par des formules expérimentales.

On citera dans ce qui suit quelques formules les plus utilisées :

a. Formule de Henin 1950

Cette formule symbolise la relation existante entre l'érosion pluviale et les facteurs susceptibles de la favoriser ou de la limiter. La quantification de l'érosion spécifique "Es" est donnée par la formule

$$E_s = \frac{I_p I_s}{K V_e}$$

Avec :

I_p : Intensité des précipitations.

I : Pente du bassin versant; Les facteurs "Ip" et "I" favorisent l'érosion.

S : Susceptibilité des sols.

K : Perméabilité.

V_e : Végétation.

b. Formule de Wischmeier et Smith 1958

Il s'agit d'un modèle d'érosion, permettant d'évaluer les zones à haut risque et de quantifier les pertes de sol moyennes annuelles. Le modèle permet l'estimation des quantités de sédiments qui seront transportées par cours d'eau. La formule s'écrit : (Schmitt, 1992)

$$A = 2,24 R K L S C P$$

Avec ;

A : pertes annuelles de sol (t/ha/an).

R : facteur d'agressivité climatique.

K : facteur sol.

S : facteur pente.

C : facteur agronomique.

P : facteur des aménagements antiérosifs.

c. Formule de Fournier (1960)

$$A_{ss} = \left(\frac{1}{36}\right) \left(\frac{P_m^2}{P_{am}}\right)^{2.65} \left(\frac{h^2}{S}\right)^{0.46}$$

Avec ;

A_{ss}: apport solide spécifique (t/km²/an).

P_m: précipitations moyennes mensuelles du mois le plus pluvieux (mm).

P_{am} : précipitations annuelles (mm).

h : dénivelée moyenne (m).

S : superficie du bassin versant (km^2).

d. Formule de Tixeront (1960)

$$E_S = (S_1 \cdot Ta_1 + S_2 \cdot Ta_2 + S_3 \cdot Ta_3 \dots S_n \cdot Ta_n)$$

Avec :

E_S : Erosion spécifique ($t/Km^2 \cdot an$).

Ta_1, Ta_2, Ta_n : Taux d'abrasion en fonction de la perméabilité du sol dans les sous bassins (T/Km^2).

S : superficie totale du bassin (Km^2).

S_1, S_2, S_n : Superficie des sous bassins (Km^2).

En supposant que la totalité du bassin possède une même perméabilité la formule devient :

$$E_S = K \cdot L_e$$

L_e : Lame d'eau ruisselée moyenne inter annuelle en (mm).

K : un coefficient qui est déterminé en fonction de la perméabilité des terrains.

$K = 8,5$ pour les terrains d'une perméabilité élevée.

$K = 75$ pour les terrains d'une perméabilité moyenne élevée.

$K = 350$ pour les terrains d'une perméabilité faible à moyenne.

$K = 1400$ pour les terrains d'une perméabilité faible.

$K = 3200$ pour les terrains perméables.

e. Formule de L'A.N.R.H (1970)

$$T_{ss} = 26,62I_e + 5,071I_p + 9,77C_t - 593,59$$

Où :

T_{ss} : transport solide spécifique moyen annuel ($T/Km^2/an$).

I_e : indice lithologique (%).

I.2.6. Erosion hydrique en Algérie du Nord

L'érosion hydrique est un phénomène complexe par son caractère irrégulier, aléatoire et par sa discontinuité spatio-temporelle.

En raison de son ampleur et son agressivité, elle constitue une contrainte majeure au développement de l'agriculture et à la promotion des activités rurales.

En Algérie du Nord, particulièrement l'Ouest du pays, les dispositions socioéconomiques, comme d'ailleurs les conditions hydroclimatiques sont naturellement réunies pour intensifier et favoriser le déclenchement de ce mécanisme néfaste qui potentiellement menace l'équilibre de l'environnement tant à l'échelle régionale que locale.

L'érosion hydrique affecte 28 % des terres de l'Algérie du Nord. Ce sont les terres à fortes pentes des massifs telliens qui sont les plus touchées.

L'érosion se manifeste par la formation de rigoles et de ravines sur tout le versant avec affleurement de la roche- mère et une évolution en bad- lands.

En général, l'érosion spécifique varie entre 2000 et 5000 t/km².an (**Demmak, 1982**). L'Algérie est de ce fait l'un des pays les plus menacés dans le monde par l'érosion.

L'intensité de l'érosion hydrique varie d'une zone à l'autre. La partie Ouest, où l'érosion touche 47 % de l'ensemble des terres, est la région la plus érodée du pays ; viennent ensuite les régions du Centre (27%) et de l'Est (26%) (**Achiteet al., 2006**).

II. Transport solide

II.1.Définition

Le processus d'érosion, entraînement, transport, dépôt de sédiments est très complexe ; le détachement des particules dans le processus d'érosion se produit suite à l'énergie cinétique de l'impact de la goutte de pluie, ou les forces générées par l'écoulement de l'eau, dès que la particule se détache elle est entraînée et transportée, ce transport dépend des dimensions et du poids de la particule, aussi des forces exercées par l'écoulement sur la particule(**Vanoni,1977**).

II.2. Modes de transport solide

Le transport solide total de sédiments est l'ensemble du transport des particules qui passent dans une section de la cour d'eau, les sédiments sont transportées par plusieurs modes (**Graf, 2000**).

II.2.1. Transport solide par charriage

Ils concernent les matières minérales en phase solide plus particulièrement les plus gros éléments qui contribuent à la formation et à l'équilibre du lit, principalement la pente. Ces éléments transportés sur le fond par roulement, glissement, saltation et aussi par suspension lorsque le débit liquide est très important (**Reminietal., 1996**).



Figure 7:transport solide en charriage (Mokhtari, 2009)

II.2.2. Transport solide en suspension

Ils concernent les éléments fins du transport solide qui sont maintenus en suspension, par la turbulence de l'eau, crée par les matériaux du lit. La quantité de matériaux en suspension dépend uniquement des quantités d'éléments très fins (**Reminietal., 1996**)



Figure 8: Mode de transport solide (SOGREAH, 2003)

II.3. Mesure du transport solide

La quantité de sédiments transportés par un cours d'eau, à une section donnée peut être mesurée par plusieurs méthodes (Mussy, 2002).

- Collecte d'échantillons.
- Levé topographique et bathymétrique de lacs ou de retenues pour évaluer l'apport global de sédiments.
- Utilisation de traceurs de sédiments dont les signatures permettent surtout d'évaluer les taux de sédimentation.

II.3.1. Mesure du transport en suspension

Elle consiste à mesurer une concentration en matière en suspension, une large gamme d'options est disponible, la méthode la plus rigoureuse pour obtenir la charge solide en suspension consiste à procéder, comme pour la mesure du débit, à une intégration de différentes concentrations et de vitesses sur plusieurs verticales, cette technique nécessite un matériel adapté. Le dispositif de prélèvement le plus simple est la bouteille d'échantillonnage (Ammari et Remini., 2012).

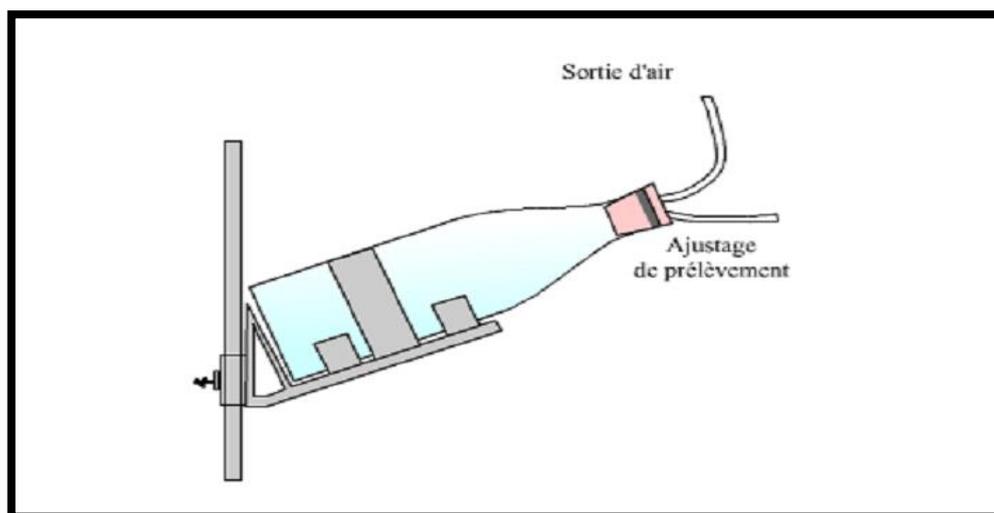


Figure 9: Bouteille d'échantillonnage (Ammari et Remini., 2012).

Le calcul du débit solide en suspension se fait par intégration sur toute la section.

$$Q_s = \iint q_s = \iint CVdS$$

C : concentration de sédiment.

V : vitesse d'écoulement.

Une mesure continue du transport solide en suspension est aussi possible suivant deux principaux types de mesures (**Mussy, 2002**) :

a- Une mesure à l'aide de préleveurs d'échantillons automatiques réglés pour un pas de temps donnée, ce dispositif comprend un système de pompage et un transfert vers une série de flacons d'échantillonnages.

b- Une mesure de la turbidité à l'aide de turbidimètre, cette technique nécessite un calibrage préalable.

II.3.2. Mesure du transport solide par charriage

Divers méthodes sont utilisées, les plus connues sont les pièges à sédiments, comme ceux de l'US Bureau of Réclamation ou du British Standard.

Des sondes à ultrason peuvent être utilisées pour suivre le déplacement des dunes dans les fonds sableux à faible pente (**Musy, 2002**)

La technique la plus récente est sans doute celle initié par **Belleudy(2009)**, qui consiste en une technique de mesure du T.S charrié basée sur l'enregistrement par hydrophones et l'analyse du signal émis par les matériaux en mouvement au fond du lit.

Hors, des parcelles et des petits bassins versants dont les exutoires peuvent être équipés de pièges ou fosses à sédiments. Malgré ça la mesure du transport du fond reste imprécise, car les dispositifs utilisés peuvent perturber le régime du transport de fond.

II.4. Relation débit solide-débit liquide

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

$$Q_s = C_s \cdot Q_l$$

La concentration des sédiments en suspension C_s et le débit liquide évoluent en général suivant un modèle de puissance $Y = a X^{b-1}$ (**Etchanchuetal. 1986; Wallingetal., 1981; Wood, 1977**).

$$C_s = a Q^{b-1}$$

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

$$Q_s = a Q^b$$

Leopoldet al.,(1953) ont montré que l'exposant b variait entre 2 et 3 alors que **Linsleyet al.,(1992)** mentionnent que le coefficient a demeure très petit pour un débit liquide unité.

L'exposant b selon **Fleming(1969)** varie de 0,72 à 1,02, tandis que a varie de 4000 à 446000 pour différents couverts végétaux. Fleming a utilisé les données de 250 bassins à travers le monde.

Dawdy(1967) en analysant la relation de puissance, conclut qu' a est une constante pour n'importe quel canal et b est égal à 1,2.

Battalaet al., (1992) à partir de 241 mesures de concentration de sédiments en suspension sur la rivière Arbucies dans le Nord-Est de la péninsule Ibérique ont trouvé que l'exposant b est égal à 1.63 tandis que la constante a est petite.

Le tableau résume les différents résultats trouvés par les auteurs et concernant les paramètres de la relation de puissance débit solide-débit liquide (**Benkhaled et Remini, 2003**).

Tableau1: Valeurs caractéristiques des paramètres a et b de la relation de puissance débit

Equation	A	B	Source
$Q_s = Q C_s$	4000 à 4446000	2 à 3	Leopold <i>et al.</i> (1953)
		0,72 à 1,02	Fleming (1969)
		1,2	Dawdy (1967)
		1,63	Battalaet <i>al.</i> (1992)
$Q = aQ^{b-1}$	0,0004	2 à 3	Vononi (1977)

(Source : **Benkhaled et Remini, 2003**)

II.5. Quelques travaux effectués sur le transport solide en Algérie

Plusieurs travaux ont été effectués sur l'érosion et le transport solide, nous donnons quelques travaux importants :

Selon **Bourouba (1998)**, a analysé graphiquement les variations des transports solides et leurs relations avec les précipitations à l'échelle du bassin versant de Medjerda (Algérie orientale). Les résultats de ces travaux montrent que l'existence de deux saisons de forte érosion : l'hiver et le printemps et une forte corrélation entre l'écoulement et le transport solide à l'échelle annuelle.

Selon **Bouchelkia, Belarbi et Remini (2011)**, l'étude consiste à évaluer le transport solide en suspension dans le bassin versant de l'oued Mouillah. Le principe adopté est basé sur des données hydrométriques des stations de jaugeage de Sidi Belkheir contrôlant le bassin versant de l'oued Mouillah, et des analyses saisonnières et annuelles sur la période 1975-2000, et a permis de définir une méthode appropriée d'estimation des apports solides. Cette approche a permis de quantifier le transport solide en suspension, les résultats obtenus ont montré que les apports solides les plus abondants et réguliers sont en hiver. Ils attestent que le bassin versant de l'oued Mouillah est d'une érodibilité modérée, puisque la valeur maximale annuelle des apports solides trouvée est de 7,53 .104 t.

Selon **Megnounif, Terfous et Bouanani(2003)**, Les auteurs se sont intéressés dans leur travail aux sédiments transportés en suspension par oued Tafna à Beni-Bahdel. Pour la période allant septembre 1988 à Aout 1993. L'analyse de variabilité de la charge en suspension montre une production très forte en automne mais d'une faible ampleur au printemps. En automne le flux des matières solides en suspension représente 44% de flux annuel estimé à 28600 tonnes, au printemps malgré l'augmentation des débits (60% de l'apport annuel) la charge en suspension diminue considérablement. La production du ruissellement superficiel en matières solides représente 62% du flux annuel alors que l'érosion du cours d'eau contribue par 5 à 38%.

Selon **Benkhalel, et Remini. (2003)**, L'étude est réalisée à partir des données collectées durant la période 1972 à 1989. Cette étude consiste à étudier la variabilité et les caractéristiques des différentes relations qui existent entre la concentration et le débit à l'échelle du bassin versant de l'oued Ouahran.

Selon **Achite et Meddi, (2004)**, Les auteurs ont adopté une méthodologie qui consiste à rechercher un modèle régressif pouvant expliquer le débit liquide mesuré au niveau de la station de Sidi Abdelkader El Djilali, à différentes échelles : annuelles, saisonnières, mensuelles et journalières pour trouver la meilleure relation représentative du phénomène. L'ensemble des données disponibles couvre les années 1973/1974 à 1994/1995. Les résultats montrent que le modèle en puissance explique la plus grande partie de la variance (plus de 70 % de la variance). Les modèles obtenus à l'échelle journalière et instantanée (regroupés par mois) ont donné le meilleur coefficient de corrélation. Le débit liquide explique, à ces échelles, la variation du débit solide dans le temps. Aussi, compte tenu de la disponibilité des données à l'échelle journalière, le transport solide a été évalué en utilisant le modèle ainsi obtenu à cette échelle. Leur résultat confirme ceux trouvés par différents chercheurs en Algérie et au Maroc.

Selon **Achite et Meddi. (2005)**, Les données de cinq sous bassins de l'Oued Mina sur une période de 22 ans (1973 à 1995) ont été utilisées pour développer un outil statique de quantification des apports. Les valeurs du transport solide trouvées pour l'automne sont les plus élevées. Cette variabilité s'explique par la variation du couvert végétal (sols nus) durant l'année et la nature agressive des pluies d'automne.

Selon **Touaibia et Ghenim. (2011)**, L'étude se base sur les données de mesures instantanées de débits liquides et de concentration des sédiments en suspension enregistrées au cours de la période allant de 1973 à 1994 relevées à la station de Medjez. Cette étude examine 9 approches de quantification statistique de l'érosion pour adopter celle qui estime l'apport solide avec un minimum d'erreur relative. Les deux modèles les plus adaptés considèrent un découpage par crue ou un découpage mensuel. La méthode qui tient compte uniquement des crues donne le meilleur résultat avec une erreur relative de 23%.

Selon **Hallouz, Meddi et Mahé (2013)**, Le travail est basé sur les données du bassin versant de l'Oued Mina. Les auteurs ont entamé une étude pour mieux comprendre le phénomène des exportations de matières solides en suspension véhiculées par les affluents du bassin de l'Oued Mina (Oued Cheliff), et de quantifier le flux des sédiments susceptibles de se déposer dans le barrage de Sidi M'Hamed Ben Aoud (capacité de stockage de 153 millions de m³ (mis en service en Février 1978). Les transports solides en suspension dans le bassin versant de l'Oued Mina se déroulent essentiellement en automne, et secondairement au printemps, avec une plus faible ampleur. La charge spécifique moyenne de l'oued Mina est de 211 t/km²/an.

III. Envasement des barrages :

L'envasement est la conséquence directe de l'érosion et la sédimentation, qui sont aussi la cause de la dégradation des sols agricoles ; 45% des sols agricoles du Nord Algérien sont directement menacés par l'érosion, soit 12 Millions d'hectares (**Chebbani et al., 1999**).

Le Maghreb est considéré comme le plus touché par le problème d'érosion et d'envasement en Afrique (**Walling, 1984**)

III.1. Définition de vase

L'envasement des retenues est défini comme étant, l'accumulation successive des sédiments transportés par les cours d'eau dans la retenue (**Remini et al., 1996**).

III.2. Composition des vases

III.2.1. Structure physico-chimique des vases

Les sédiments se composent d'une fraction solide et d'une fraction liquide (eau) qui est intimement liées les unes aux autres. Les proportions respectives de chacune de ces fractions sont variables d'un milieu à un autre mais demeurent dans une fourchette, qui par expérience, peut être estimée si l'on considère des matériaux de type vases. (AEF, 2002).

IL y a quatre éléments principaux constitués Les vases :

1. La matrice minérale (quartz, feldspaths ou carbonates).
2. La fraction argileuse (kaolinite, illite ou smectite).
3. la fraction organique (débris végétaux, micro-organismes, acide fulvique et humiques).
4. Une certaine quantité d'eau, présente sous différentes formes.

III.3. Processus de l'envasement des barrages

L'organigramme de la figure donne les étapes du processus de l'envasement des retenues.

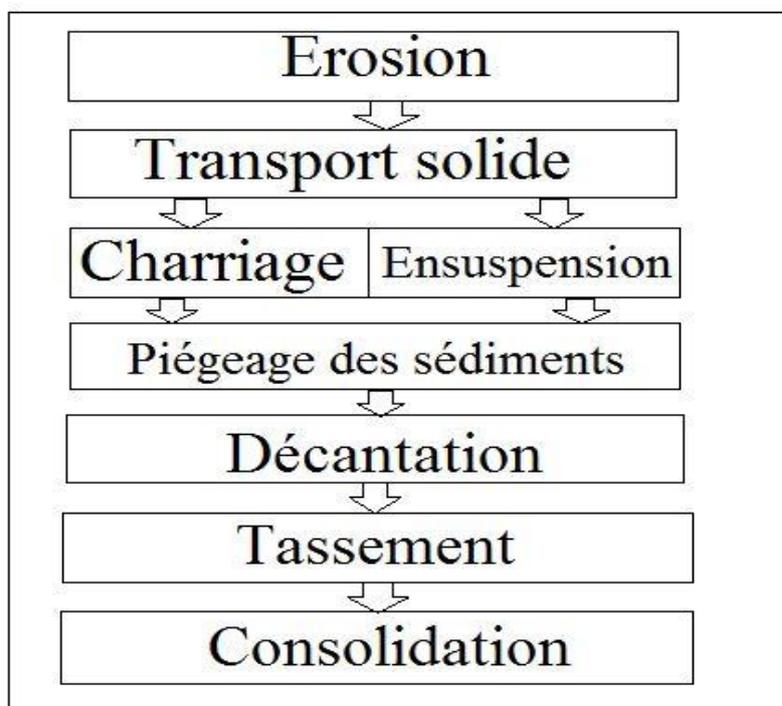


Figure 10: Organigramme du processus d'envasement d'une retenue (Reminiet *al.*, 1996).

a. Erosion des bassins versants

L'érosion est un phénomène très répandu en zone méditerranéenne, touche particulièrement les pays d'Afrique du nord, dont il menace gravement les potentialités en sol (Reminiet *al.*, 2003).

b- Apports solides dans la retenue

Les eaux des cours d'eau transportent les sédiments sous deux formes (Reminiet *al.*, 2003) :

- par charriage.
- En suspension.

c- Piégeage des sédiments dans la retenue

Arrivées dans les retenues, les particules solides seront piégées dans les eaux calmes de ces dernières, se tassent et se consolident, diminuant ainsi progressivement leur capacité de stockage en eau (**Reminietal., 1996**).

d- Dépôt et tassement des sédiments

Les sédiments apportés en suspension par les cours d'eau sont susceptibles de se disperser plus ou moins dans les eaux de la retenue. Ils peuvent, soit se décanter et y être Piégés, soit simple y transiter en suspension avant d'en être évacués selon les conditions d'écoulement de la retenue (**Reminiet al.,2003**).

e-Tassement et consolidation des vases

Décantés par gravité sur les fonds, les sédiments formeront des dépôts qui pourront subir des tassements et des consolidations au cours du temps (**Reminietal., 1996**).

III.4. Méthode de détermination du taux d'envasement

Le contrôle de l'envasement des retenus permet la surveillance des ouvrages et la détermination des mesures de protection à prendre, parmi les méthodes les plus utilisées pour déterminer le taux d'envasement des retenues, on trouve :

a. Mesure à l'échosondeur

Le principe de cette méthode est de relevé des fonds de la retenue le long du profil en travers choisi au préalable , les profondeurs sont enregistrées par un échosondeur à ultra -son qui se compose lui-même d'un émetteur et d'un enregistreur sur papier, le tout est transport par un bateau ;Connaissant les profils en travers d'origine, et en utilisant les nouveaux profils envases on peut déduire le volume de la vase déposée au fond de la retenue , cette méthode est utilisée dans les grandes profondeurs car le précision est de l'ordre de 20 cm (**Meziane et Ben Sid ,2000 in Mehdi Houaria2014-2015**)

b. Méthode de turbidimétrie

C'est plutôt une méthode qui donne un aperçu sur l'envasement au futur, le débit massique instantané au niveau d'une station est obtenu en multipliant la turbidité instantanée par le débit liquide instantané, on trace le turbidigramme fournissant la masse solide instantanée véhiculée en fonction de la durée de la crue. (**Ameziane et Ben Sid ,2000in Mehdi Houaria 2014-2015**)

c. Méthode de stéréophotogrammétrie

L'un des procédés actuel le plus précis pour établir les données de base est la stéréophotogrammétrie ancienne complété au sol par un travail topographique , l'erreur commise par ce procédé dans l'évaluation des coordonnées des points particuliers , et de l'ordre de 0.1m , une telle précision permet l'utilisation de cette technique pour déterminer le volume d'envasement des retenue par réitération de photographie semblables , a des intervalles de temps suffisant de l'ordre de 5 ans ou même de 2 ans (**Amezianeet Ben Sid, 2000inMehdi, 2015**).

d. Méthode bathymétrique

Cette méthode est basée sur les levées bathymétriques du réservoir et les épaisseurs des sédiments déposés, suivant les profils préalablement repérés (**Mehdi, 2015**).

III.5.Conséquence de l'envasement des barrages

Parmi les problèmes que pose l'envasement des retenues de barrages, on peut retenir quatre inconvénients majeurs (**Remini et al., 2003**) :

a. Réduction de la capacité de retenue

L'envasement de la retenue d'un barrage affecte sa capacité de stockage et par suite réduit son volume utile disponible, ce qui se traduit par une diminution des niveaux des services rendus par la retenue (**Badraoui et Hajji, 2001**).

b. Dégradation de qualité de l'eau

Les sédiments véhiculent des produits chimiques provenant en particules des apports en éléments fertilisants pour les cultures, et se déposent dans les réservoirs, entraînant ainsi une dégradation de la qualité de l'eau et favorisant l'eutrophisation de réservoirs (**Remini et al., 2003**).

c. Sur les infrastructures aval

Les problèmes posés par les sédiments ne se limitent pas au niveau du barrage mais ils s'étendent bien en aval. Ainsi, les sédiments en suspension dans l'eau distribuée par des canaux à partir des barrages se déposent dans ces ouvrages et favorisent le développement de plantes aquatiques. Ceci réduit la débitance de ces canaux et rend difficile leur exploitation et augmente considérablement les tours d'irrigation et la probabilité de déversement (**Badraoui et Hajji, 2001**).

d. Sur la sécurité des barrages

L'envasement des retenues affecte la sécurité des barrages par la mise en danger de la stabilité de l'ouvrage du fait de l'augmentation de la poussée hydrostatique causée par le remplacement progressif des volumes par les sédiments et l'accroissement de la densité des eaux stockées du fait de la suspension (**Badraoui et Hajji, 2001**).

e. Sur la capacité de laminage des crues

Du fait de l'envasement de la retenue d'un barrage, le volume de la tranche réservée au laminage des crues subit une réduction progressive. Cette réduction se traduit par une augmentation du risque de déversement ce qui constitue une menace pour la sécurité de l'ouvrage et les zones inondables à l'aval et se traduit par des pertes d'eau pour l'alimentation en eau potable, l'irrigation et la production énergétique (**Badraoui et Hajji, 2001**).

III.6. Moyen de lutte contre l'envasement

Selon **Remini et al., (1996)**, Il existe plusieurs techniques de lutte contre l'envasement, nous pouvons citer:

- le reboisement, la restauration des sols la formation des banquettes. la plantation de végétation à longues tiges dans les oueds
- Réalisation de barrage de décantation
- Surélévation des barrages
- Soutirage des courants de densité : si une opération de soutirage n'est pas effectuée au bon moment pour une raison quelconque, on perd alors tout simplement une capacité de retenue égale au volume qu'on aurait dû évacuer, avec par ailleurs des répercussions ultérieures : la vase, en se déposant près de l'ouvrage, évolue dans le temps et les vannes finiront par se bloquer.
- La technique du barrage de chasse : le rendement des opérations de soutirage peut être augmenté par la création d'ondes de crues artificielles provenant d'un barrage de chasse réalisé à l'amont du barrage à protéger.
- La technique de dragage des barrages : l'évacuation des dépôts sédimentaires des réservoirs peut s'effectuer sans recours à une source d'énergie, c'est-à-dire en tirant avantage du potentiel représenté par l'eau arrêtée (évacuation par les vannes de fond), ou bien à l'aide de l'énergie extérieure (dragage)

III.7. Aperçu Sur L'envasement des barrages en Afrique du Nord

Tous les barrages du monde sont exposés au phénomène de la sédimentation, mais avec des vitesses qui diffèrent d'une région à l'autre. Ce phénomène a été largement signalé aux Etats Unis, en Russie, à Taiwan, en Chine, en Inde, en Iran, au Soudan et en Maghreb. Le Maghreb est considéré comme le plus touché par le problème d'érosion et d'envasement en Afrique, surtout si on se réfère aux travaux de **Watling (1984)** qui a lancé une fourchette de l'érosion spécifique de 1000 à 5000 t/km²/an. Les trois pays du Maghreb disposent de 230 barrages d'une capacité totale de 23 Milliards de m³ dont 61% reviennent au Maroc, 23 % à l'Algérie, et 16% à la Tunisie (**Rimini, 2003**), ces barrages enregistrent une perte annuelle de capacité de 125 Hm³.

Au Maroc, Le suivi de l'envasement des retenues de barrages a permis d'évaluer à près de 65Mm³ la capacité perdue actuellement Par envasement en moyenne chaque année sur une capacité totale de stockage de près de 14 Milliards de m³. La capacité totale perdue jusqu'à aujourd'hui est évaluée à près de 1100Mm³, soit près de 6 % de la capacité de stockage des barrages (**Badr oui et Hajji, 2001**).

En Tunisie, le problème de l'envasement entraîne une perte importante de la capacité des ouvrages hydrauliques, évaluée à 5 tonnes/ha/an pour les petits bassins versants (lac collinaires) et 15 tonnes/ha/an pour les grands bassins versants (barrages) (**Ayadietal. 2008**).

Le phénomène de l'envasement en Algérie s'est accéléré à partir des années 2000 (particulièrement à partir de 2003). Les retombées sont directes et graves sur l'économie nationale et sur le développement de la société tout entière. Ce phénomène de l'envasement touche l'ensemble des barrages algériens (**Remini et al., 2006**).

Selon **Remini (2003)** l'Algérie dispose de plus de 110 barrages en exploitation totalisant une capacité de 4,5 milliards de m³ et permettant de régulariser un volume annuel de 2 milliards de m³ utilisées pour l'A.E.P., l'industrie et l'irrigation. Or du fait de l'érosion assez sensible (pluie de courte durée, de forte intensité, absence du couvert végétal et relief assez jeune), l'Algérie perd annuellement une capacité estimée à 20 millions de m³ par le dépôt des sédiments dans les retenues.

Le tableau suivant donne le taux d'envasement moyen annuel dans les trois pays.

Tableau 2 : Envasement moyen annuel des barrages du Maghreb

Barrages	Pays	Année de mise en eau	Capacité initiale (10 ⁶ m ³)	Surf. Du bassin versant (Km ²)	Env.Moy.an (10 ⁶ m ³ /an)
Al Massira	Maroc	1979	2724	28500	9
Bin El Ouidans	Maroc	1953	1484	6400	3.3
Sidi Salem	Tunisie	1981	555	17730	5.62
S.M.BebAbd	Maroc	1974	493	9800	2.5

Hassan Eddak	Maroc	1971	369	4400	1.75
Djorf El Torba	Algérie	1934	350	22000	1.30
El Kansera	Maroc	1935	330	4540	1.4
Ghrib	Algérie	1939	280	23300	3.20
Mellegue	Tunisie	1954	268	10300	5.94
S.M.B.A	Algérie	1978	235	4890	1
Oued El Fodda	Algérie	1932	228	-	2.66
Moulay Youcef	Maroc	1970	198	1441	1.4
Lacheffia	Algérie	1965	175.68	575	0.17
Ighil Edma	Algérie	1953	154.8	652	1.60
Nebhana	Tunisie	1965	86.4	855	1.64
Kasseb	Tunisie	-	81.9	101	0.43
Bouhanifia	Algérie	1944	73	7000	0.78
Beni Bahdels	Algérie	1940	63	1016	0.20
Bir M'cherga	Tunisie	1971	53	1398	0.3875
Bakhada	Algérie	1936	37.6	1300	0.27
Foum El Gherza	Algérie	1950	47	1280	0.80
Ibn Batouta	Maroc	1977	43.6	178	0.49
M. Krimelkett	Maroc	1081	43	780	2.7
Zerdezas	Algérie	1936	14.9	345	0.25
Hamiz II	Algérie	1935	21	139	0.35
Mefrouch	Algérie	1936	16	90	0.12
Nakhla	Maroc	1961	13	107	0.12
K'sob	Algérie	1940	11.6	1310	0.30
Chiba	Tunisie	1963	7.86	64	0.255
Marsi	Tunisie	1968	6.82	40	0.2
Bazirk	Tunisie	1970	6.46	73.84	0.164
Foum El Gueiss	Algérie	1939	3	156	0.03

(Source : Remini *et al.*, 2003)

Conclusion

L'érosion hydrique est le résultat de l'action combinée de plusieurs processus dont le détachement, le transport et le dépôt de particules, sous l'action de la pluie et du ruissellement qui est conditionné par l'existence ou l'absence d'un couvert végétal efficace.

Les matériaux solides transportés par les cours d'eau ont diverses origines :

a. Ablation des éléments de surface, matériaux meubles produits d'altération du bassin versant. La disparition du couvert végétal accélère le processus d'ablation. L'érosion des berges du cours

d'eau se manifeste essentiellement par une ablation directe à la montée des eaux de la base à la crête des berges, suivie d'un décollement des berges par tranches verticales lors de la baisse des eaux, due à la dessiccation interstitielle.

b. Reprise des matériaux constitutifs du lit des cours d'eau. Les lits des cours d'eau, par la mobilité ou instabilité des matériaux qui les constituent, donnent lieu, lors des crues à des reprises incessantes, d'autant plus marquées que les débits liquides et la vitesse des eaux sont plus grandes.

Pour pouvoir mobiliser les matériaux des versants, plusieurs facteurs entrent en jeu à savoir : la topographie des versants, la lithologie en place et la présence et la densité du couvert végétal.

L'envasement des retenues est défini comme étant l'accumulation successive des sédiments transportés par le cours d'eau.

L'accumulation des sédiments dans les barrages c'est le résultat de plusieurs processus qui sont : l'érosion des bassins versants, les rapports solides dans la retenue Piégeage des sédiments, dépôt et tassement des sédiments, tassement et consolidation des vases.

L'envasement est un problème hydraulique qui menace sérieusement la capacité et la sécurité des barrages, les infrastructuresaval et la qualité de l'eau des barrages.

Chapitre II

Présentation de la région d'étude

La wilaya d'Ain Defla est limitée par 05 wilayas :

- Au **Nord**, elle est limitée par **Tipaza**.
- Au **Nord-Est** par la wilaya de **Blida**.
- A l'**Est** la wilaya de **Médéa**.
- A l'**Ouest** la wilaya de **Chlef**.
- Au **Sud** la wilaya de **Tissemsilt**.

La wilaya comprend de 14 dairas et de 36 communes.



Figure 12: Situation de la wilaya de Ain Defla (inBoulimanietBenzara,2016)

I.1. Relief

Le territoire de la wilaya est modelé selon sa configuration géographique avec:

I.1.1. Monts de DAHRA-ZACCAR

La région d'étude est limitée à l'Est par la Mitidja et l'Atlas Blidéen, au Nord par la mer, au Sud par la plaine du Cheliff et à l'Ouest par la plaine Habra. Cet ensemble se sciende en deux blocs distincts.

- **ZACCAR** : Il est formé de deux monts calcaires: le Zaccar Gherbi avec une altitude de 1576m et le Zaccar Chergui dont l'altitude la plus élevée atteint 1530m. La forêt naturelle est dense (Nedjar et Bouklikha, 2015).
- **DAHRA**: Il est formé d'un relief complexe. L'altitude moyenne avoisine les 700m c'est la partie la plus fermée et la plus accidentée de l'ensemble Dahra-Zaccar. Les pentes sont fortes et varient entre 12% et 25%. Les terrains sont tendres à prédominance

marneuse favorisent l'érosion. La végétation naturelle est très dégradée à prédominance de maquis (ANDI, 2014).

I.1.2. Monts de l'OUARSNIS

Au Sud, on retrouve les monts de l'Ouarsnis qui restent un ensemble très important de l'Atlas tellien. Le sommet le plus haut est à 1700m, et est situé à la limite Sud de la Wilaya au niveau de la commune de Tarik Ibn Ziad. La formation rocheuse de cet ensemble est schisteuse favorisant l'érosion. Les pentes sont comprises entre 10% et 30% (Nedjar et Bouklikha, 2015).

I.2. Hydrologie

Les facteurs climatiques sont des phénomènes aléatoires qui déterminent de plus le comportement hydrologique des cours d'eau et de l'alimentation hydrique des nappes. Ils interviennent dans le bilan de l'écoulement, essentiellement par les précipitations et par les températures.

La wilaya d'Ain Defla dispose de grandes réserves hydriques tant souterraines que superficielles.

En matière de barrage, la wilaya compte une superficie de 4544,28 km² (ANDI, 2014), de 06 plans d'eau sur son territoire, il s'agit des plans d'eau des barrages répartis sur différentes zones géographiques de la wilaya à savoir ; Bouroumi, Ghrib, Deurdeur, Herraça, Ouled Melouk et Sidi M'hamed Ben Taïba, et 04 retenues collinaires destinées à l'irrigation, avec une capacité cumulée de 491 Hm³ (DSA, 2015).

Les ressources souterraines sont comprises dans 1237 forages avec un débit moyen 12 l/s par unité; 2074 puits avec un débit moyen 1.5 l/s par unité et des plusieurs nappes qui sont représentées dans la figure n° 12 (DSA, 2015).

Pour l'alimentation en eau potable, un barrage, 146 forages, 122 puits recensés, et plusieurs sources permettent l'alimentation de la population pour une dotation journalière de 162,67 l/j/hab, le Taux de raccordement est de l'ordre de 82,57 %. Pour ce qui est, des eaux superficielles, elles sont destinées plus particulièrement à l'irrigation (DSA, 2015).



Figure 13: principales Nappes d'eau Souterraines (DSA, 2015).

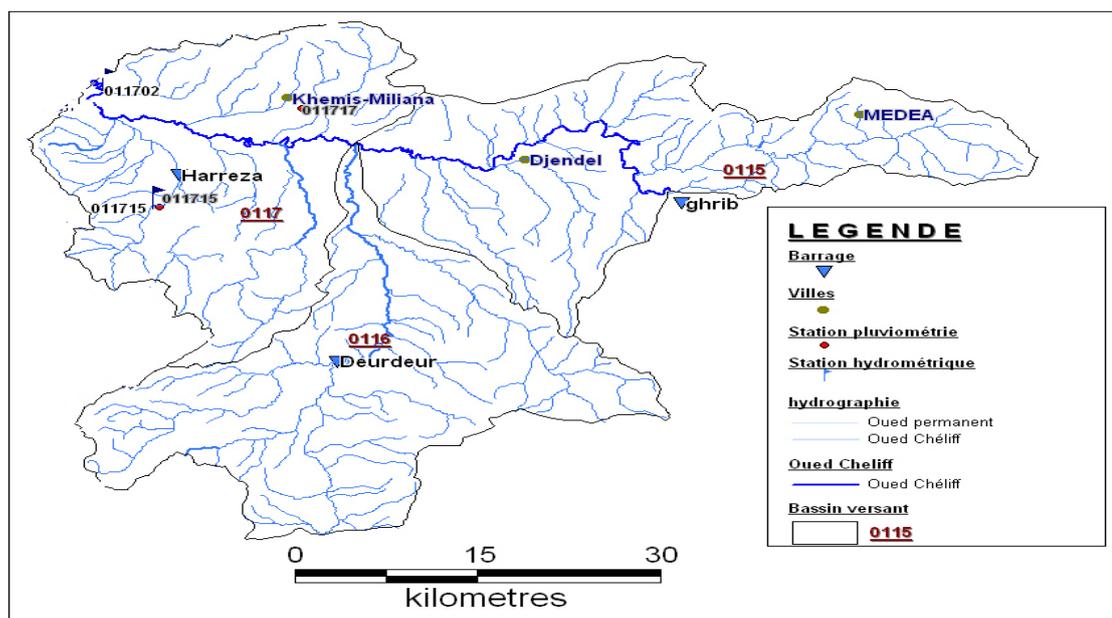


Figure 14: Carte des ressources en eaux superficielles du Haut Chélif (ANRH, 2015).

I.3. Ressource en eau superficielle

I.3.1 Barrages : il y a 25 barrages dans le bassin du Cheliff dont 16 en exploitation de capacité de $2\,199,9\text{ Mm}^3$. L'état d'envasement des barrages en exploitation varie entre 3 et 63 % avec un taux d'envasement moyen de 25 %. Globalement les ressources en eau mobilisées (Volume régularisable total des barrages en exploitation au niveau de la région du Chélif) sont évaluées à près de $554,60\text{ Mm}^3.\text{an}^{-1}$, ($172,50\text{ Mm}^3.\text{an}^{-1}$ destinées à l'AEP et $382,10\text{ Mm}^3.\text{an}^{-1}$ pour l'irrigation) avec une capacité totale de $2\,200\text{ Mm}^3.\text{an}^{-1}$ (MATE, 2010). Parmi

les barrages existants dans le bassin versant Chélif, dans cette partie nous étudions le barrage suivant :

Barrage Ghrib (sous bassin versant de l'Oued Chélif-Ghrib).

I.3.1.1. Barrage Ghrib

Le barrage Ghrib est situé dans la commune de l'Oued-Chorfa dans la Wilaya de Ain-Defla. Il est implanté sur l'oued Chélif à 20 kilomètres au Sud-Ouest de la ville d'Ain-Defla.

Ce barrage est destiné à Irrigation, AEP et le transfert vers le barrage de Bouroumi (SAA) pour un volume régularisé annuel de 105 millions de m³.

Le barrage de Ghrib, sur l'Oued Chélif est l'ouvrage de base de l'aménagement de la vallée du Chélif. Construit en amont des trois périmètres, il permet de fournir de l'eau indifféremment à chacun des trois périmètres : haut Chélif, moyen Chélif, bas Chélif.

La construction du barrage de Ghrib s'est étalée sur une période 20 ans, de 1927 à 1947.



Figure 15 : Photo du Barrage Ghrib (cliché Beggaret Bouchahmi ., 2017)



Figure16 : localisation géographique de barrage Ghrib (ANBT ; 2011)

I.3.1.2 Principales caractéristiques du barrage se résument dans ce qui suit (ANBT, 2008) :

- Wilaya : Ain Defla.
- Commune : Oued Chorfa.
- Oued : Cheliff.
- Type : Enrochement avec masque amont.
- Déversoir (ancien): Creager.
- Profondeur Maximal de la digue du barrage (65m).
- Déversoir (après surélévation) : hausses fusibles.
- Début et fin de travaux : du 1927 au 1939.
- Année mise en eau : 1939.
- Capacité initiale : 280 Mm³.
- Année de la surélévation : 2005.
- Capacité dernières levée bathymétrique de 2004 : 115,307Mm³
- Précipitation moyen annuelle 300 mm.
- Envasement annuel : 3,18 Mm³.an⁻¹
- Cote retenue normale (ancien) : 427,50m.
- Cote retenue normale (après surélévation) : 432,00m
- Surface de plan d'eau à la RN (427,50)
- Surface du bassin versant 23300Km².
- Apport moyen annuel: 148,5Mm³
- Taux d'envasement du barrage : 58.81%
- Volume régularisé: 105 Mm³
- Capacité après surélévation : 185,32 Mm³
- Hauteur : 105 m
- Longueur : 270 m
- Déversoir hausses fusibles: 4 5000 m³/s
- Vidange de Fond : 100 m³/s

I.3.1.3. Plan général du barrage du Ghrib

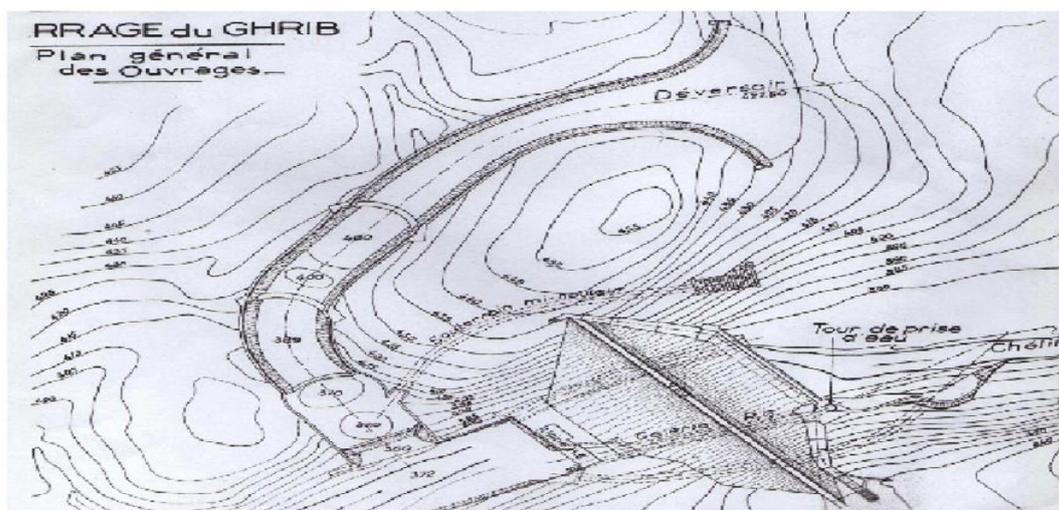


Figure17 : Plan générale de barrage Ghrib (Source: ANBT, 2015).

I.3.1.4. Géologie

Le barrage du Ghrib situé dans une région de terrains d'âge par Helvétien, constitués par une alternance de grès et de marnes. Le pendage général, qui celui des plages de la mer miocène, est dirigé du Sud au Nord, il est donc défavorable pour l'établissement d'une butée aux poussées de l'eau. L'épaisseur des divers bancs est très variable. C'est ainsi que certains horizons gréseux, tel le gré appelé supérieur suivant une dénomination de chantier, a une puissance suffisante pour recevoir les ouvrages des barrages sur presque toute leur hauteur.

Par contre, certains niveaux marneux d'une grande continuité n'ont que quelques centimètres d'épaisseur, ce qui est néanmoins suffisant pour créer un niveau aquifère autonome.

L'alternance des bancs principaux est parfaitement visible sur les coupes données ci-après. Les intercalations de très faible épaisseur n'y sont évidemment pas figurées car elles sont trop de dimensions limitées et d'épaisseur variable.

L'étanchéité du réservoir aux abords du barrage est assurée par la marne supérieure, le gré moyen qui a été cimenté sur une grande surface et la marne dite inférieure dont l'épaisseur est assez importante. Quant à la cuvette elle-même, elle appartient en grande partie au crétacé et comporte une prédominance de marnes et de schistes, donc de roches imperméables.

Deux catégories de terrains qui intéressent le barrage présentent de graves inconvénients.

Le sol est basé de :

- Puissante série d'argiles schisteuses et schistes noirs intercalés de quartzites en plaquettes ou en bancs rarement épais.

- Une série marneuse et marno-calcaire admettant des formations lenticulaires de calcaire en gros bancs (**Anonyme, 1965**).

La construction du barrage a eu lieu par la nature lithologique des terrains assurant une parfaite étanchéité de la cuvette.

I.3.1.5. La faune et la flore :

a. Végétation :

Aux nappes telliennes, généralement dépourvues de toute végétation, s'oppose le Crétacé des Bibans. Celui-ci est inégalement recouvert d'espèces différentes :

Au flysch Albien correspond une végétation où dominent les épineux et les Chênes verts, accompagnés de rares chêne-liège ;

Sur les marnes cénomaniennes, formant la dépression de Berrouaghia, se cultivent la vigne et un peu de céréales ;

Sur les séries marneuses du Sénonien poussent, là où elle n'a pas été détruite par les chèvres et les moutons ou par le feu pendant la Guerre, une maigre forêt de pins.

Les pins d'Alep et les genévriers couvrent la majeure partie de la zone crétacée où ne se rencontrent que de maigres cultures de céréales dans les clairières ou dans l'étroite vallée du Cheliff.

Par contre, dans le reste du pays, si les massifs gréseux ne supportent que des broussailles éparses, les dépressions marneuses et les grandes vallées alluviales sont couvertes par de riches cultures de céréales (blé et orge).

b. La faune

Le barrage est caractérisé par une grande diversité animale dans le bassin versant on notons des nombreux espèces comme :Serpent Canard colvert,Corbeaux, Moineau, Busard des roseaux, Balbuzard, pêcheur, grèbe huppé,Grèbecastagneur, cormoran, hérisson, Grand héron cendré, Goéland, Foulque Macroule, Grand aigrette, Poule d'eau, Canard souchet, Lezard.

Dans le site de barrage ; on a trouvé les espèces suivantes : Carpes,Barbeau, Sandre, Carrasa, labreme

I.3.1.6.Caractéristiques climatique

L'Oued alimentant le barrage de Ghrib est l'oued Cheliff qui prend naissance au Djebel Ammour dans l'Atlas Saharien près d'Afflou, c'est le seul cours d'eau algérien qui, prenant sa source dans l'Atlas Saharien, vient se jeter dans la Méditerranée (**Monographie de Barrage, 1965**).

Il reçoit son premier affluent important du Nahar Ouassel qui de Sers ou, il devient alors le Cheliff et s'engage dans l'Atlas tellien où le barrage du Ghrib le retient un moment.

Le bassin versant du Cheliff couvre une superficie de 23.300Km² il comprend :

- ✓ Une partie Tellienne entre le Ghrib et le barrage Boughezoul où lapluviométrie moyenne annuelle varie entre 350mm et 600mm.
- ✓ Une partie des hauts palataux où la pluviométrie moyenne annuelle est de300mm.

Le climat d'une région est influencé par de nombreux paramètres climatiques :

- La température ;
- Les précipitations ;
- La vitesse de vents ;
- L'évaporation ;
- Nombre de jours d'insolations ;
- l'humidité.

D'après les études effectuées par à l'A.N.RH et l'O.N.M, relative au climat de l'Algérie et qui a essentiellement pour but :

L'analyse complète des éléments météorologiques qui déterminent le climat ; La recherche des causes qui expliquent les différents climats et les fluctuations qui les accompagnent.

L'humidité, les variations de températures, l'inversion de la circulation des vents et le taux des précipitations sont des facteurs déterminant pour définir la nature du climat.

Le climat Méditerranée se caractérise par des étés chauds et secs. Les automnes et les printemps peuvent y être très pluvieux. Les précipitations annuelle avoisinent les 800mm et sont concentrées sur quelques mois (Bourdelle ,1995). La moyenne des températures est de 21,08 ° C à 24,73 ° C en juin et août, de 7,42 ° C à 8,09 ° C en janvier et décembre.

Le climat des incidences directes sur le barrage, les données climatiques tel que température et la pluviosité sont deux variables très importantes .pendant les période sèches, le potentiel d'évapotranspiration est plus élevé que le taux de précipitation par conséquent, il

y a diminution du niveau d'eau, alors que pendant les période humides, l'effet inverse se produit (Bal *etal.*,2000).

I.3.1. 6.1. Température de l'air

C'est l'un des éléments les plus importants de la radiation solaire. Un certain nombre de phénomènes physiques tels-que l'évaporation, le dégel de l'eau, la gelée blanche. La dilatation et la concentration de certains matériaux : phénomène physiologique ou pathologique tel que la transpiration sont liées à la température d'air. La température dont il s'agit est la température de l'air mesurée à l'ombre da un abri météorologique.

Le tableau ci-dessous donne les valeurs de la température de l'air de station d'ELKhemis sur une période de trois ans.

Les différents paramètres sont présenté par :

On remarque la température moyenne mensuelle varier de 10,9°C en janvier jusqu'à 29°C en Aout.

La température moyenne mensuelle de la région d'EL-Khemis est de 18,5°C

La température maximale correspondant au mois d'Aout est de 37,9°C alors que le minimum est de 6,02°C en janvier

D'autre part, les moyennes annuelles des températures minimales sont de 10,60C et maximal de 28,9 0C ; l'écart le plus faible pour la station d'EL-Khemis est de 9,40C.

Tableau 3 : La température de l'air de la station d'EL-Khemis

Station	Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	T moy
Station El-Khemi	Max	15.6	19	20.15	23.5	25.86	31.31	34.11	37.9	32.91	25.64	18.04	17.36	28.9
	Min	6.2	4.9	3.8	6.7	10.6	14.5	19.98	19.8	18.09	15.56	8.05	6.02	10.6
	T moyen	10.9	11.95	11.97	15.1	18.32	22.81	27.04	28.85	25.5	25.6	13.04	11.69	19.7

I.3.1.6.2. Humidité

Les mois les plus humides de l'année s'étalent de juin jusqu'à septembre avec

Des fréquences maximales de 10,3 à 11,9.

Tableau 4: Les fréquences d'humidité.

Mois station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	An
Médéa	5.8	5.4	6.6	6.9	8.9	10.3	11.0	11.3	11.9	8.9	6.8	5.9	8.2

(Source : ONM, 2014).

I.3.1.6.3. Vent

Le vent est un air en mouvement qui se déplace des zones de haute pression vers les zones de basse pression.

Dans la région, en général il est faible puisque sa force est comprise entre 1,4 et 2. (Pour $1 < F < 2$ donc vent faible avec F : la force de vent).

Tableau 5: les fréquences de vent.

Mois station	J	F	M	A	M	J	J	A	S	A	N	D	An
Khemis	1.5	1.8	2.0	1.8	1.9	1.4	1.5	1.6	1.5	1.4	1.6	1.5	19.5

(Source : ONM, 2014)

I.3.1.6.4. Précipitation

L'étude pluviométrique de la région de la station Miliana est basée sur les données de dix ans (1993-2003).

Tableau 6: Données climatiques de la station de Khemis Miliana.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
M+m/2	7.42	7.88	10.31	11.98	16.08	21.08	24.48	24.73	20.10	16.24	10.64	8.09
P(mm)	63.64	41.86	17.3	33.80	20.30	11.25	0.72	4.46	19.16	24.25	60.20	48.26

(Source : ANBT, 2014)

I.3.1.6.4.1. Diagramme Ombrothermique

Une période de l'année est considérée sèche lorsque la pluviosité, exprimée en millimètre, est inférieure au double de la température, exprimée en degrés Celsius (**Dajoz, 2000**).

L'échelle des précipitations est le double de celle des températures ($p \leq 2T$).

La période sèche dans notre diagramme s'étale de la mi-avril jusqu'à la mi-octobre et la période humide s'étale de la mi-septembre au mi-avril.

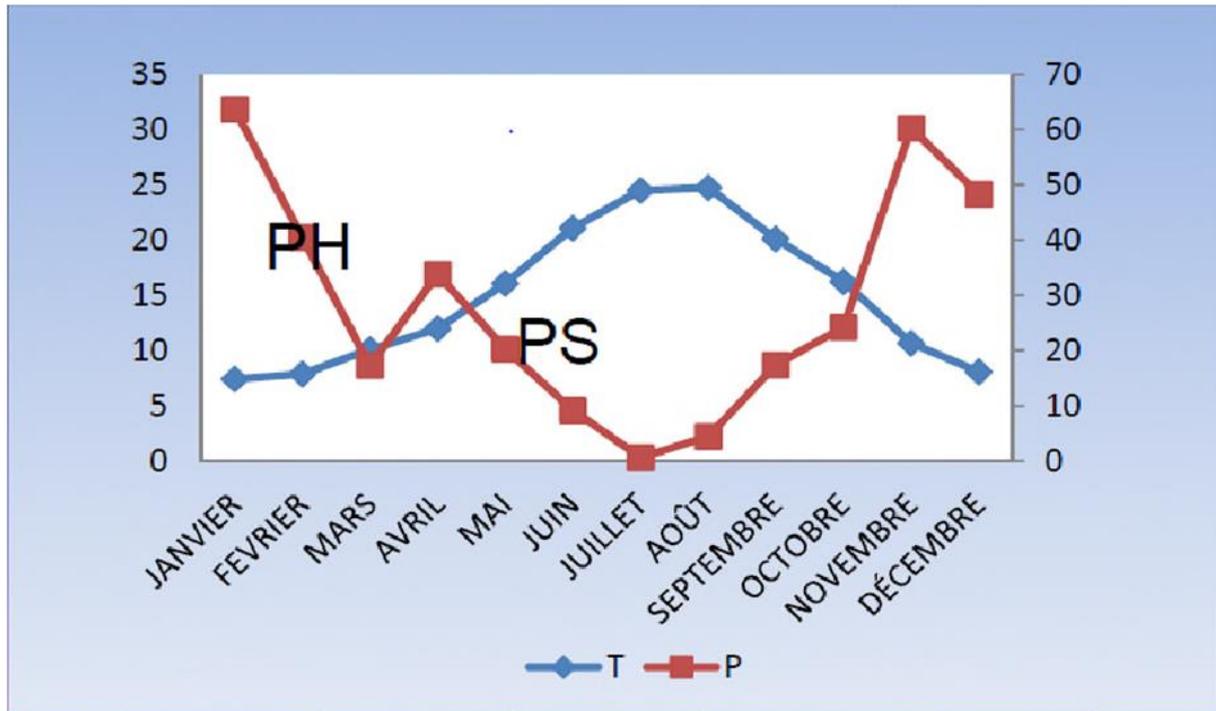


Figure 18 :Diagramme ombrothermique de barrage Ghrib.

Conclusion :

Le barrage Ghrib est parmi les barrages les plus anciens en Algérie ; il est présentée un climat méditerranée en extra tropical tempéré, le régime thermique et caractérisé par un température annuelle varie de 10.6c° en janvier jusqu'à 28.9c° en aout, l'humidité caractérisé par une fréquence maximale de 10.3 à 11.9 ou mois de janvier jusqu'à septembre.

Chapitre III

Matériel et Méthodes

Introduction

Le but de notre travail est d'étudier le processus et l'origine de l'envasement du barrage Ghrib (wilaya de Ain Defla) afin de remédier à ce fléau et trouver les solutions radicales pour augmenter la durée de vie de notre barrage, pour cela des échantillons du sol et de vase ont été prélevés au niveau de la région de oued Chorfa (barrage Ghrib);suivi de différentes analyses chimiques et physiques.

I.Préparations des échantillons

I.1.Echantillonnage

L'échantillonnage de vase et de sol consiste à faire des prélèvements des échantillons dans la zone d'étude; de façon systématique et dans des endroits et des moments différents, le premier prélèvement a été effectué en mois de décembre 2016 avant la crue et le deuxième en mois de février 2017 après la crue, en utilisant la tarière, à une profondeur comprise entre (20-100cm).

Le prélèvement s'est effectué sur la base d'un échantillon de vase et de sol, pour identifier leur texture et pour cela cinq (5) sites ont été choisis (deux (2) site dans les parcelles agricoles et deux (2) site dans les bordures du barrage et un site à l'aval du barrage) (15 trous à la tarière) dans le voisinage immédiat du site où l'on effectue le prélèvement, on met les échantillons dans un sac plastique que l'on acheminera au laboratoire pour faire les différents analyses physique et chimique.

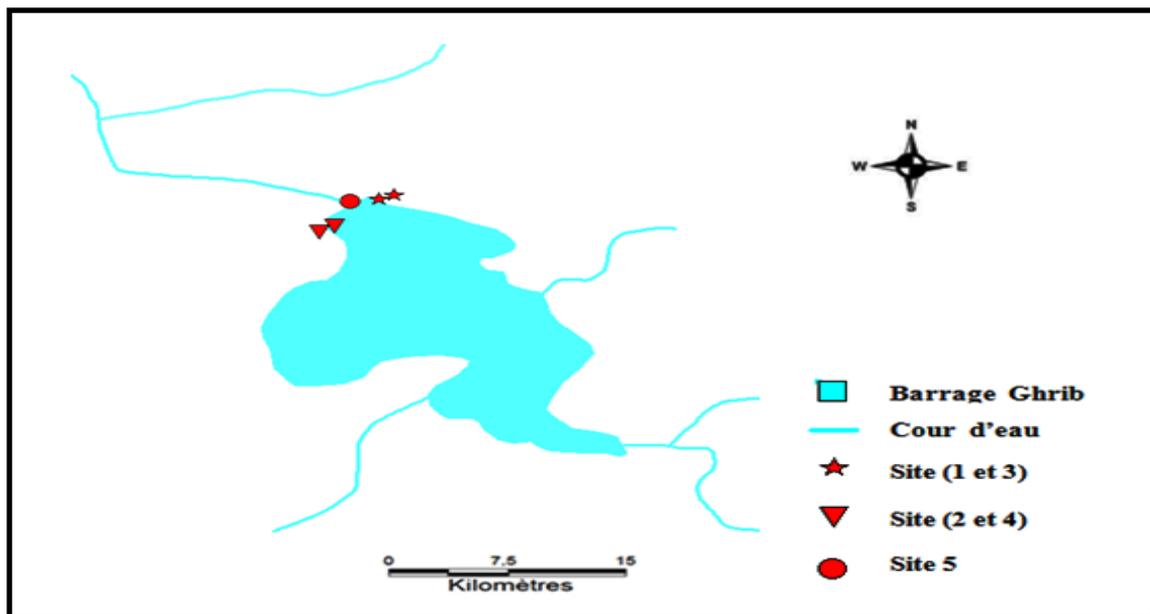


Figure 19 : Carte localisation des points de prélèvement (originale)



Figure 20 : prélèvement de l'échantillon du vase et du sol (cliché Beggar et Bouchahmi, 2016)

a) **Matériel utilisé**

- Tarière
- Décamètre
- Des sacs plastiques
- Une pelle
- Des étiquettes

Il faut toujours respecter la profondeur de prélèvement (20-100cm) et garder l'échantillon dans un sac plastique.

I.2. Séchage broyage et tamisage des échantillons

Avant de procéder à toutes les analyses, les échantillons sont soumis au séchage, broyage et tamisage à 2mm. la terre fine est conservée jusqu'au moment des analyses.

I.2.1. Séchage des échantillons

-le séchage se fait dans un endroit sec (l'air libre) pendant quelques jours, et en l'étuve avec une température de 103 °C



Figure 21 : séchage de échantillons dans l'étuve (cliché Beggar et Bouchahmi., 2016)



Figure 22: Séchage des échantillons à l'air libre (Cliché Beggar et Bouchahmi., 2016)

I.2.2. broyage et tamisage les échantillons



Figure 23 : Broyage des échantillons (Cliché Beggar et Bouchahmi., 2016)



Figure 24: Tamisage des échantillons des échantillons (Cliché Beggar et Bouchahmi., 2017)

II. Analyses des échantillons

Les analyses ont été effectuées au laboratoire de chimie 01 de l'université de DjilaliBounamade khemis Miliana.

II.1. Méthode d'analyse

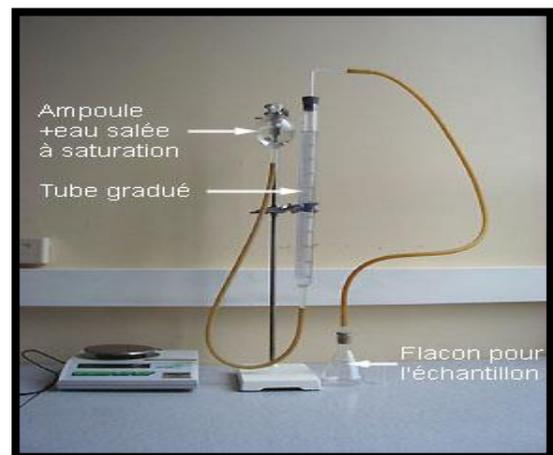
La technique d'analyse physique et chimique du sol a été initialisée après son assèchement et son tamisage qui effectue par un tamis de l'ordre de 2mm.

Le tableau suivant montre les différent mesures et analyses effectuées.

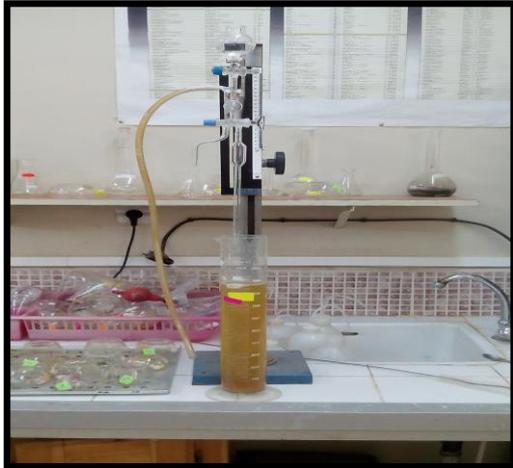
Tableau 7 : récapitulatif des mesures des analyses aux laboratoires.

Paramètres mesurés		Méthodes
Physique	Conductivité électrique (CE)	Extrait dilué (1/5) Conductimètre (Multiparamètre)
	Potentiel D'hydrogène	Extrait dilué (Rapport sol/solution 1/2,5) PH -mètre (Multiparamètre)
	Granulométrie	Pipete de robinson Tamisage
	L'humidité	L'humidité résiduelle
Chimique	Matière organique	Méthode d'ANNE
	Calcaire total	Calcimètre de BERNARD

II.2. Matériels utilisé



Multiparamètre Calcimètre de Bernard



Pipette de robinson



Burette



Etuve



Balance

Figure 25 : Images des Matériels utilisé(Cliché Beggar et Bouchahmi.,2017)

II.3. Analyse physico-physique effectuée sur les échantillons de sol et vase

II.3.1. Analyses physique

II.3.1.1. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique est la mesure du degré de la salinité du sol étudié. La détermination de la conductivité électrique se fait sur extrait de sol (rapport sol/eau=1/5) à l'aide d'un conductimètre (Delaunois, 1976). Les valeurs sont comparées à une étude de salinité.

Tableau 8 : Echelle de salinité du sol

Conductivité électrique ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	salure
0-0.6	Non salé
0.6-1.4	Peu salé
1.4-2.4	salé
2.4-6	Très salé

(UssL, 1981)

Principe (Mode opératoire annexe 01)

La mesure de la conductivité permet d'obtenir rapidement une estimation de la teneur globale en sels dissous ; elle ne s'applique qu'aux terres salées et aux terres à taux de fertilisation très élevé. La mesure se fait par l'appareil de conductimètre

II.3.1.2. Mesure du pH

Par définition, il est l'unité de mesure de la concentration en ions hydrogènes, permettant d'évaluer l'acidité ou la basicité d'un milieu. Il existe plusieurs méthodes de mesure du pH (DAJOZ, 1985).

La mesure du PH s'effectue sur une suspension de terre fine. Le rapport liquide / poids de terre doit être constant (2.5 par exemple). Le PH doit être pris d'abord dans de l'eau distillée bouillie, en utilisant la méthode électrométrique à électrode de verre.

Tableau 9: La gamme de pH des sols

pH	Désignation des sols
< 4,4	Extrêmement acides
4,5 - 5,5	Très acides
5,5 - 6,5	Moyennement acides
6,5 - 7,5	Neutres
7,5 - 8,5	Légèrement à moyennement alcalin
8,5 - 9	Alcalins
> 9	Très alcalins

(Gauchers et Soltser, 1981 - pH_{EAU})

C'est la mesure de l'acidité d'une suspension de terre dans de l'eau, avec un rapport terre/eau normalisé (1/2.5), il indique aussi la concentration en ions « H⁺ » présente dans l'eau (Morel, 1986). La lecture du pH se fait sur le pH mètre lorsque l'aiguille est stabilisée et après un repos au moins d'une heure de la suspension (Ben Amara, 2007).

Principe (Mode opératoire dans l'annexe 02)

La méthode la plus exacte pour mesurer le pH d'un sol consiste à utiliser un « pH mètre » électrique qui donne directement la valeur du pH quand on plonge des électrodes en verre dans une solution obtenue en mélangeant une part d'échantillon du sol avec deux parts d'eau distillée (Duchauffour, 2001).

II.3.1.3. Granulométrie

L'analyse granulométrique est une définition de la texture du sol à partir de la répartition pondérale des particules classées par dimension. Parmi les constituants du sol, il y a lieu de distinguer deux fractions : les éléments grossiers (pierres, graviers, fragments organiques) et la terre fine (sable de 2 à 0,05 mm, le limon de 0,05 à 0,02 mm et l'argile inférieure à 0,002 mm).

Dans certains cas il est intéressant d'apprécier la proportion des éléments grossiers que contient le sol, compte tenu du rôle qu'ils jouent (réserve en eau, dilution du stock des éléments assimilables, réduction de la cohésion et du tassement) (**Gagnard et al. 1988**).

Le prélèvement des argiles et des limons fins a été effectué à l'aide de la pipette Robinson, les sables fins et grossiers ont été récupérés par tamisage, les limons grossiers ont été déduits par différence (**Oumerzouk et Bouharas, 1993**). et la texture en fin de compte, est obtenue grâce à un triangle des textures voir figure 1, dont les trois cotés correspondent respectivement aux pourcentages des éléments du sol calculés (**Godwin et al., 2013**). (Mode opératoire dans l'annexe 03)

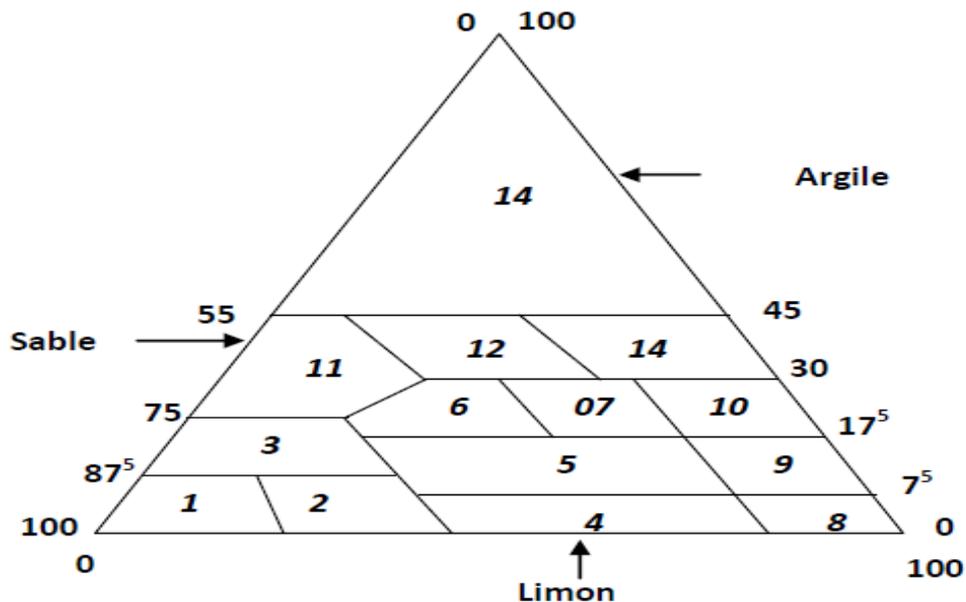


Figure 26 : Diagramme de texture (JAMAGNE, 1980)

- | | |
|---------------------------|----------------------|
| 1. Sable | 8. Limon léger |
| 2. Sable limoneux | 9. Limon moyen |
| 3. Sable argileux | 10. Limon argileux |
| 4. Limon léger sableux | 11. Argile sableuse |
| 5. moyen sableux | 12. Argile |
| 6. Limon sableux argileux | 13. Argile limoneuse |
| 7. Limon argilo-sableux | 14. Argile lourde |

II.3.1.4. Humidité résiduelle

Par convention, c'est la différence entre la masse de la prise d'essai de l'échantillon de sol préparé pour analyse et la masse de la prise d'essai séchée dans les conditions définies (AFNOR NF X31-102, 1994).

Principe (Mode opératoire dans l'annexe 04)

Séchage à l'étuve, à 103°C, d'une masse donnée de l'échantillon de sol préparé pour analyse jusqu'à masse constante (après environ 12 h).

L'humidité résiduelle (H) exprimée en pourcentage de l'échantillon de sol préparé pour analyse est égale à :

$$H\% = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100$$

Où

m_0 est la masse, en grammes, de la prise d'essai avant séchage

m_1 est la masse, en grammes, de la prise d'essai après séchage.

II.3.2. Analyses chimiques

II.3.2.1. Matière organique (MO)

La matière organique du sol est un indicateur important de la dégradation de la qualité des sols de par sa contribution dans la stabilité du sol, l'augmentation de la capacité de rétention en eau du sol, la fixation des éléments minéraux, et le substrat pour les microorganismes du sol. Le contenu en matière organique des sols est influencé globalement par les facteurs climatiques, la végétation, la texture du sol, les conditions topographiques, influençant le microclimat et le drainage et les pratiques culturales (Drouet, 2010).

Tableau10 : Echelle d'interprétation de la MO Solen DIAEA/DRHA/SEEN

Classe du sol	MO (%)
Très pauvre	<0,7
Pauvre	0,7-1,5
Moyennement pauvre	1,5-3
Riche	3-6
Très riche	>6

(Rabat, 2008)

Principe (Mode opératoire dans l'annexe 05)

La détermination de la matière organique est effectuée, par la méthode de Anne : le carbone organique est oxydé par du bichromate de potassium en milieu sulfurique (**Petard, 1993**).

Le calcul du pourcentage de carbone organique se fait par le titrage direct de bichromate de potassium avec la solution de Mohr (sulfate double d'ammonium et de fer).

II.3.2.2. Calcaire total

Parmi les différents éléments chimiques qui entrent dans la composition du sol, le « calcaire » joue un rôle essentiel non seulement dans la nutrition des plantes mais encore dans la pédogenèse (**Duchauffour, 1984**).

Tableau 11 : Echelle d'interprétation de Calcaire Total

CaCO ₃ (%)	Sol
CaCO ₃ <1%	Non calcaire
<1CaCO ₃ <5%	Peu calcaire
5<CaCO ₃ <25%	Modérément calcaire
25<CaCO ₃ <50%	Fortement calcaire
50<CaCO ₃ <80%	Très fortement calcaire
CaCO ₃ >80%	Excessivement calcaire

(**BAISE, 2000**)

Principe (Mode opératoire dans l'annexe 06)

Le principe de dosage du calcaire total est basé sur la mesure du CO₂ dégagé du calcaire (CaCO₃) se trouvant dans 0,5g de terre fine neutralisée par 5 ml d'acide chlorhydrique (HCl). Le dispositif réactionnel est appelé « calcimètre de Bernard » ou « procédé gazométrique ». Il est composé d'une burette pour la mesure du volume du CO₂ dégagé, d'un tube d'essai pour le HCl et d'un erlenmeyer contenant le sol.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté toutes les préparations des échantillons, toutes les analyses (physique et chimique, qui effectuées sur ces échantillons et toutes les appareils utilisés dans ces analyses.

Chapitre IV

Résultat et Discussion

Introduction

Les mesures des paramètres, physico-chimiques effectués sur les échantillons du sol et de vase ont permis d'obtenir les résultats suivants :

I. Résultatset discussion des analyses physico-chimiques du sol

I.1. Caractères physiques

Les paramètres physiques déterminés sur nos échantillons du sol sont et de vase: la conductivité électrique, PH, la granulométrieet l'humidité,

I.1.1. Conductivité électrique (mmoh/cm)

Les valeurs de la conductivité électrique mesurée déterminé dans la figure suivant :

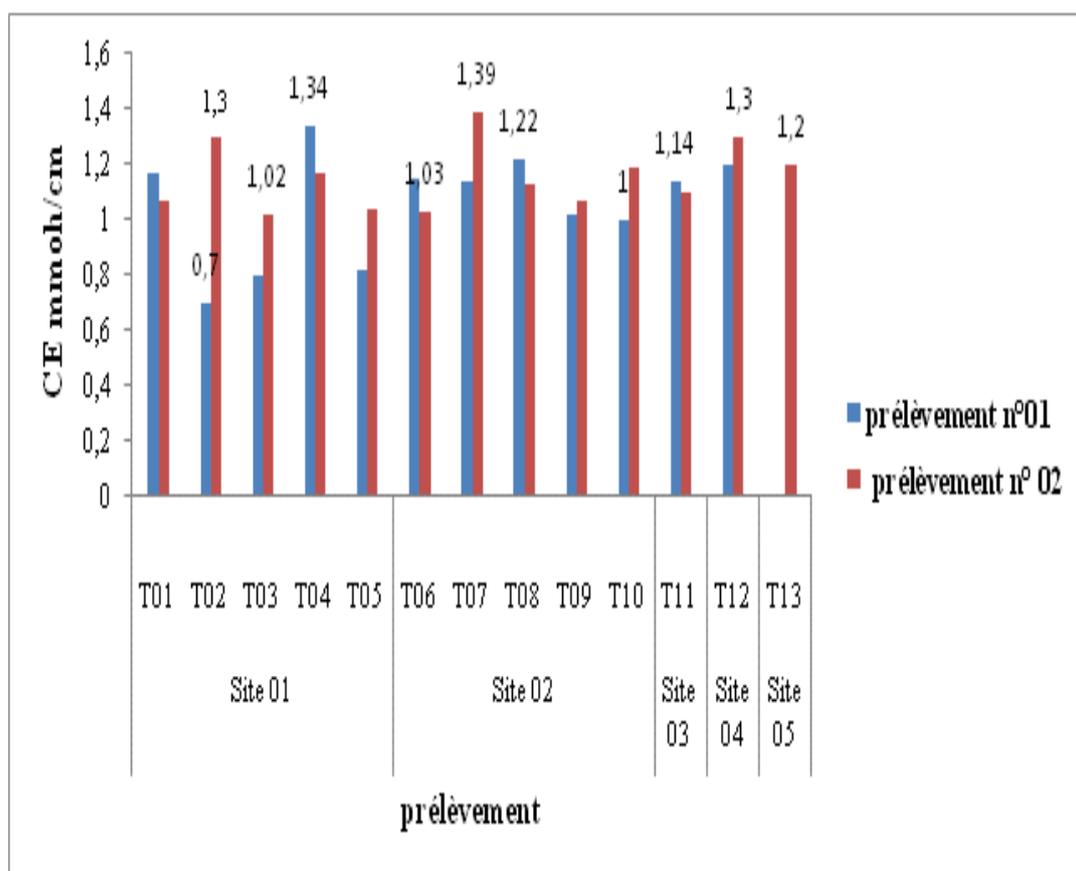


Figure 27 : variation de CE en fonction de prélèvement

Selon la figure n°27, les valeurs de la conductivité électrique pour le 1^{er} et le 2^{eme} prélèvement dans les sites du sol (3 et 4) varient entre 1,1 à 1,3, ce qui indique que tous les trous des sols prélevés sont peu salés, ceci est dû probablement à la présence d'engrais dans ce sol étant donné que la région est à vocation agricole.

Dans les deux prélèvements des sites de vase (01, 02,05), on remarque que tous les trous possèdent des valeurs de CE variant entre 0.7 à 1.34 ce qui signifie que cette vase est peu salée.

I.1.2. pH_{eau}

Le pH_{eau} permet d'indiquer l'acidité actuelle du sol, les valeurs de PH L'eau de différents échantillons de nos sites étudiés dans les deux prélèvements présentés dans la figure suivante

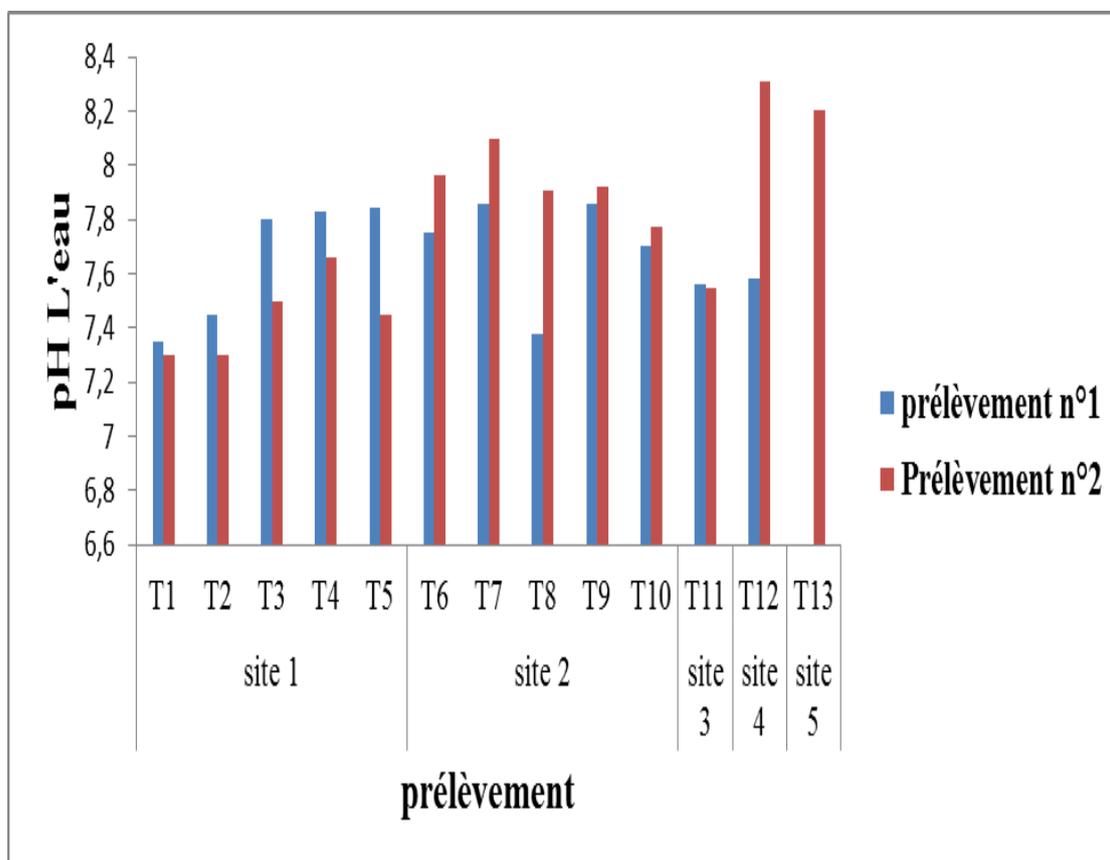


Figure 28 : variation de PH l'eau en fonction de prélèvement

D'après le résultat obtenu dans la figure n°28 :

On remarque que dans les deux prélèvements des sols les valeurs du pH_{eau} varient entre 7.5 à 8.5, ce qui signifie que ces sites sont moyennement alcalins.

Pour les sites de vase (sites 01,02 et 05), les valeurs du pH dans les deux prélèvements varient entre 7.5 à 8.5, ce qui indique que ces sites sont moyennement alcalins, sauf pour les trous T 01 et T 02 du site 01 qui possèdent des valeurs neutres variant entre 6.5 à 7.5.,

I.1.3.Granulométrie : Ci-dessous les figures représentant la variation de texture de nos sites étudiés dans les deux prélèvements.

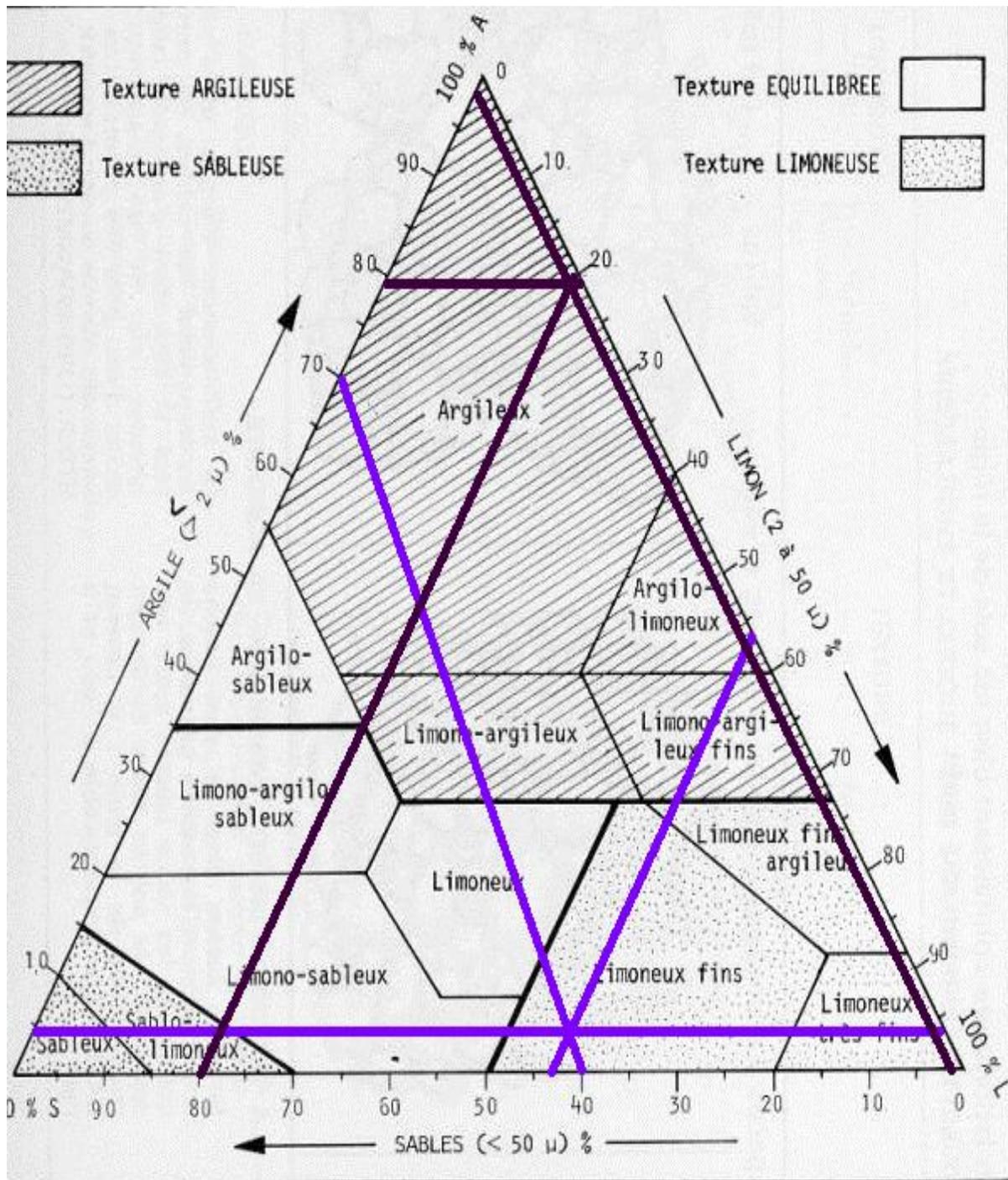


Figure 29: diagramme de texture de T 02 Site

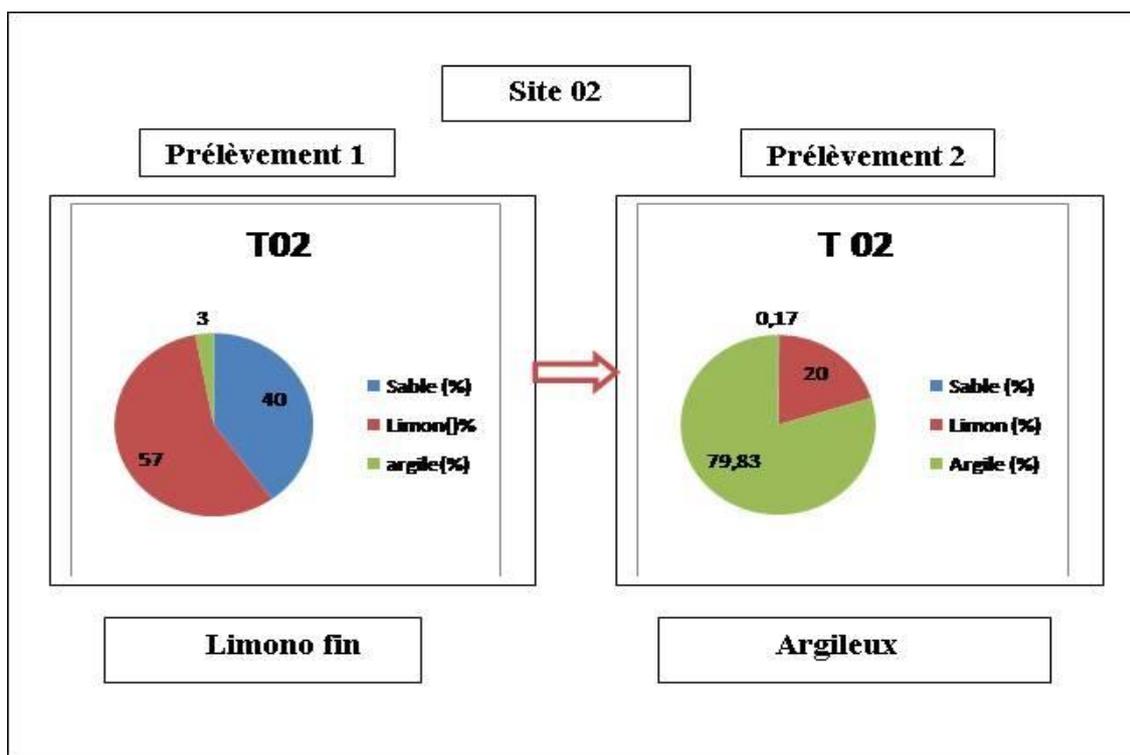


Figure 30: composition granulométrique de vase (Site 01 T02)

D'après les figures n°30 : on remarque une modification dans la texture de T02 du site 01 dans le prélèvement n°2 par rapport au prélèvement n°1 (**limono fin argileux**). →

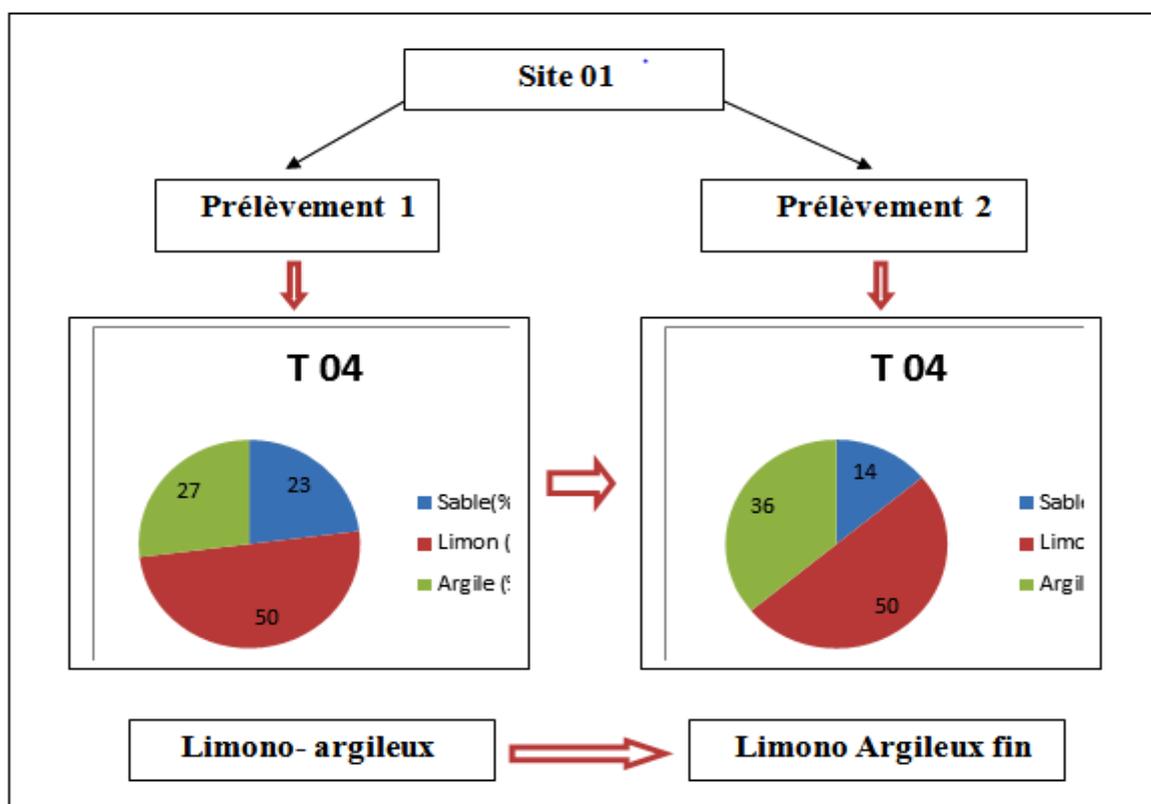


Figure 31 : composition granulométrique de T 04 de Site 01

D'après la figure n°31 : on observe que la texture de T 04 de site 01 elle est changé de **Limono-Argileux** vers une nouvelle texture **Limono-Argileux fin** dans le prélèvement n° 2

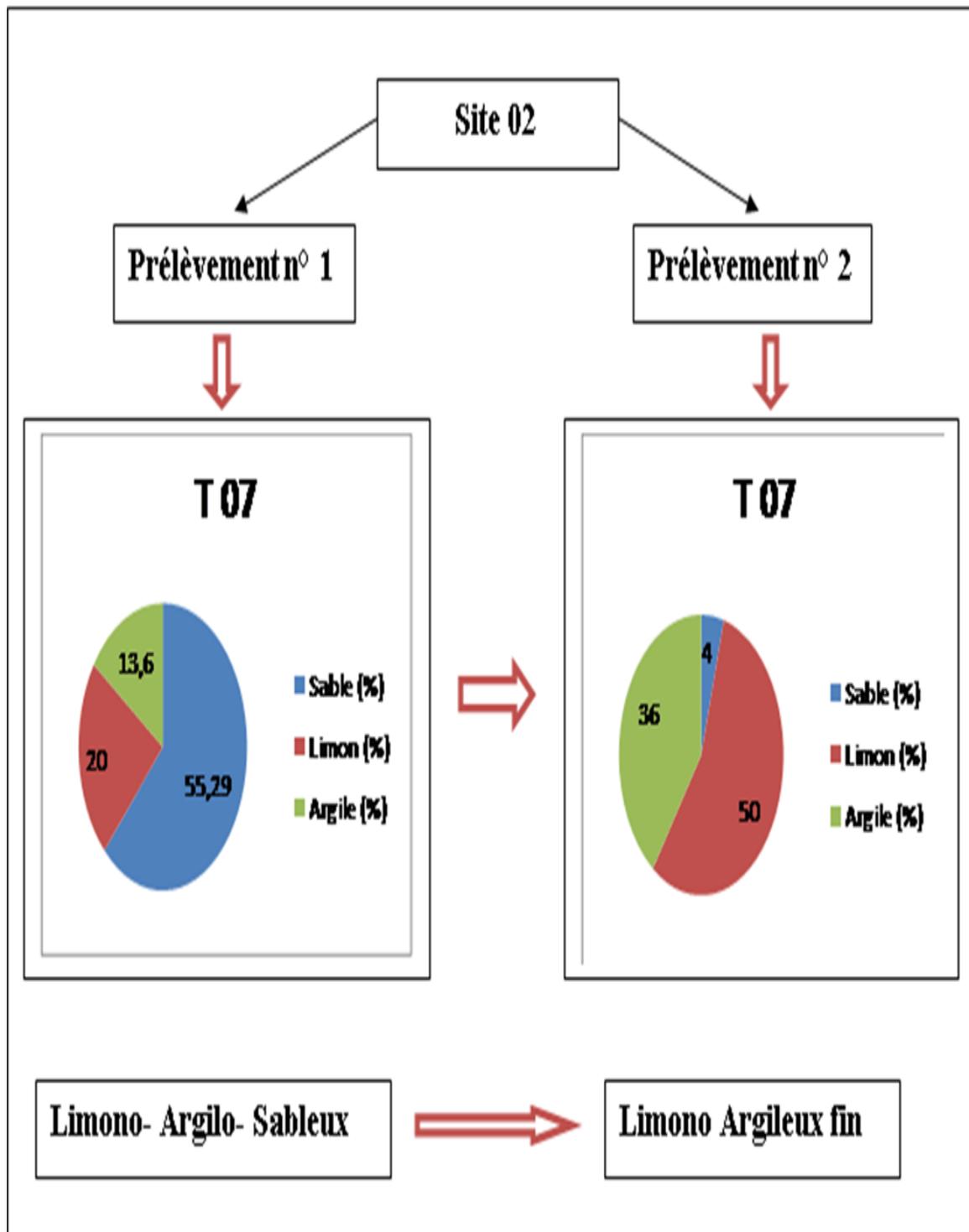


Figure 32 :composition granulométrique de T 07 de Site 02 dans les deux prélèvements

Selon la figure n°32, on remarque qu'il a une modification de texture de T 07 dans le prélèvement n° 2 après la crue par apport la texture de prélèvement n° 1 (**limono-Argileux** → **limono-Argileux fin**), cette modification est probablement causée t par l'effet de crue.

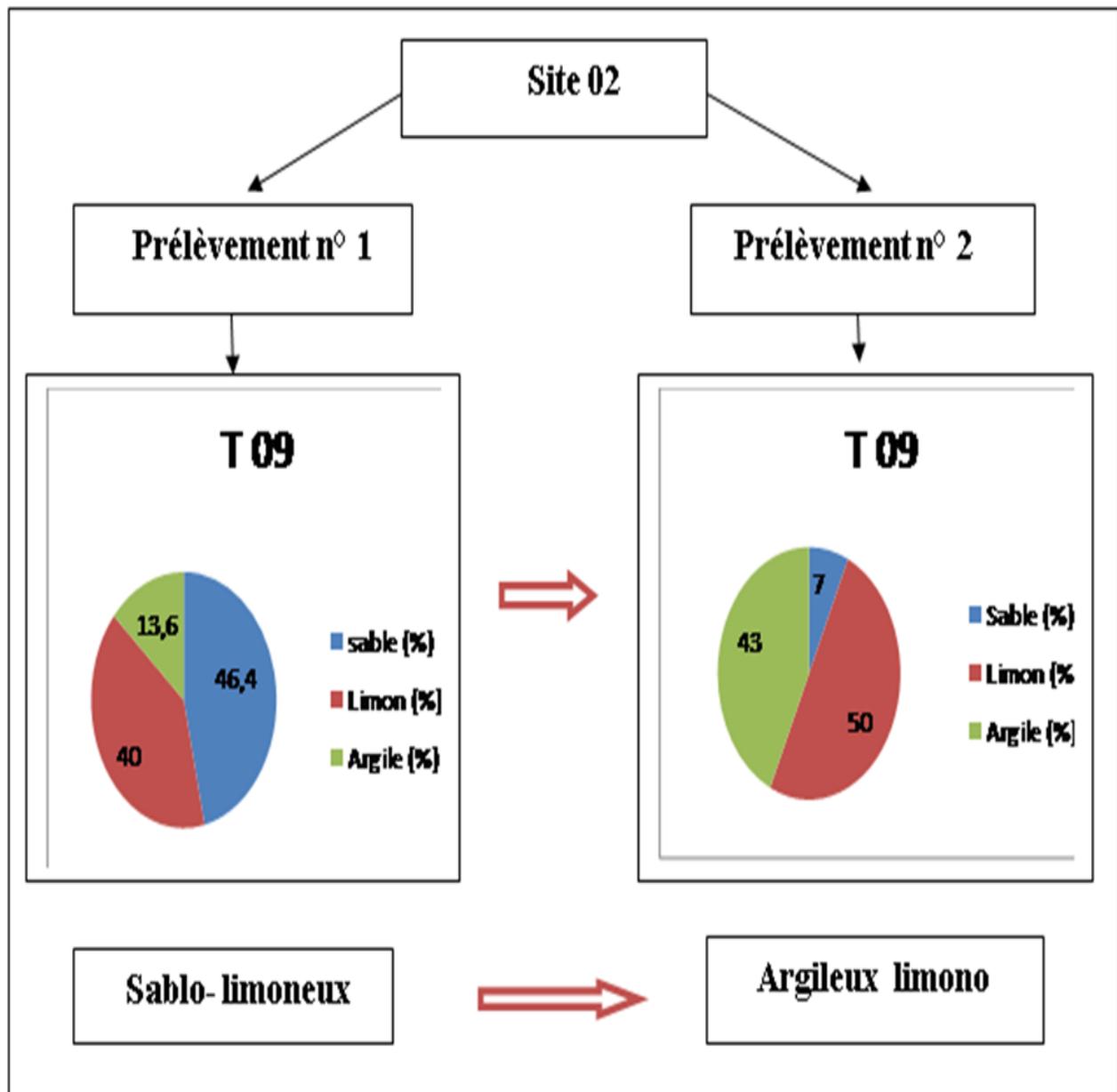


Figure 33 : composition granulométrique de T 09 de Site 02

D'après la figure n°33 : on remarque qu'il y a une modification vraiment important dans la texture de T 09 de site 02 dans le prélèvement n° 2 que le prélèvement n° 1 (**sableux limono** → **Argileux limono**), cette modification estle résultat de la dernière crue.

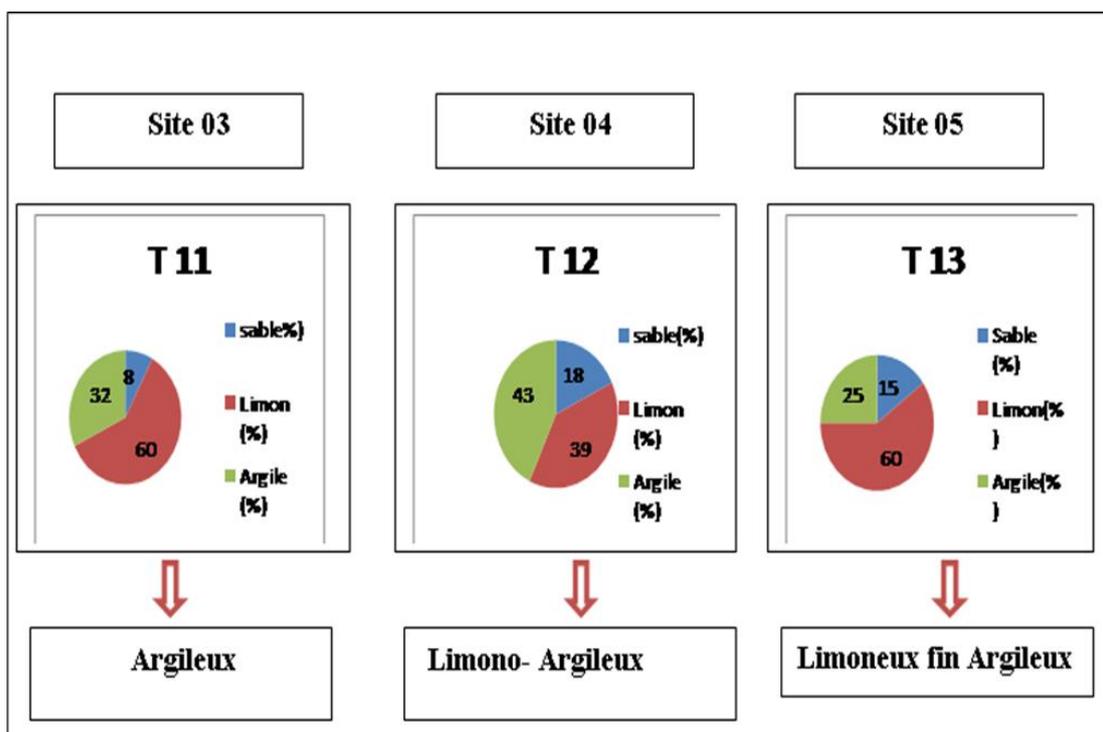


Figure 34 : composition granulométrique de Sites 03,04 et 05.

Selon la figure n°34 le site 03 (sol agricole) possède une texture **Argileux**, le site 04 (sol agricole)est composé par une texture **Limono-Argileuxfin**, et la texture du site 05 (aval du barrage (vase)) est de type **Limoneux fin Argileux**.

- D'après la figure n° en remarque qu'il y a une grande uniformité entre la texture des sols agricoles (sites 03et 04) et la vase du site

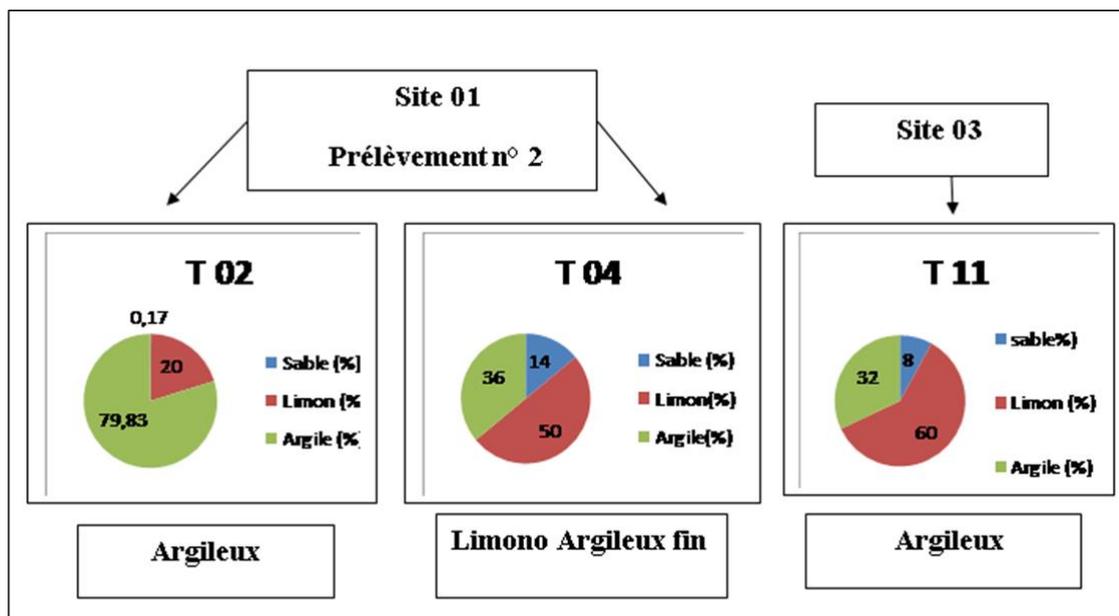


Figure 35 : la texture du site 03 (sol) et les textures de T 02 et T 04de site 01 (vase)

Selon la figure n°35 qui présente les textures de la vase des trous T 02, T 04 du site 01du prélèvement n° 2 et la texture du Site 03(Sol), on remarque qu'il y a une relation vraiment importante entre les textures de vase de ce site et la texture du sol agricole.

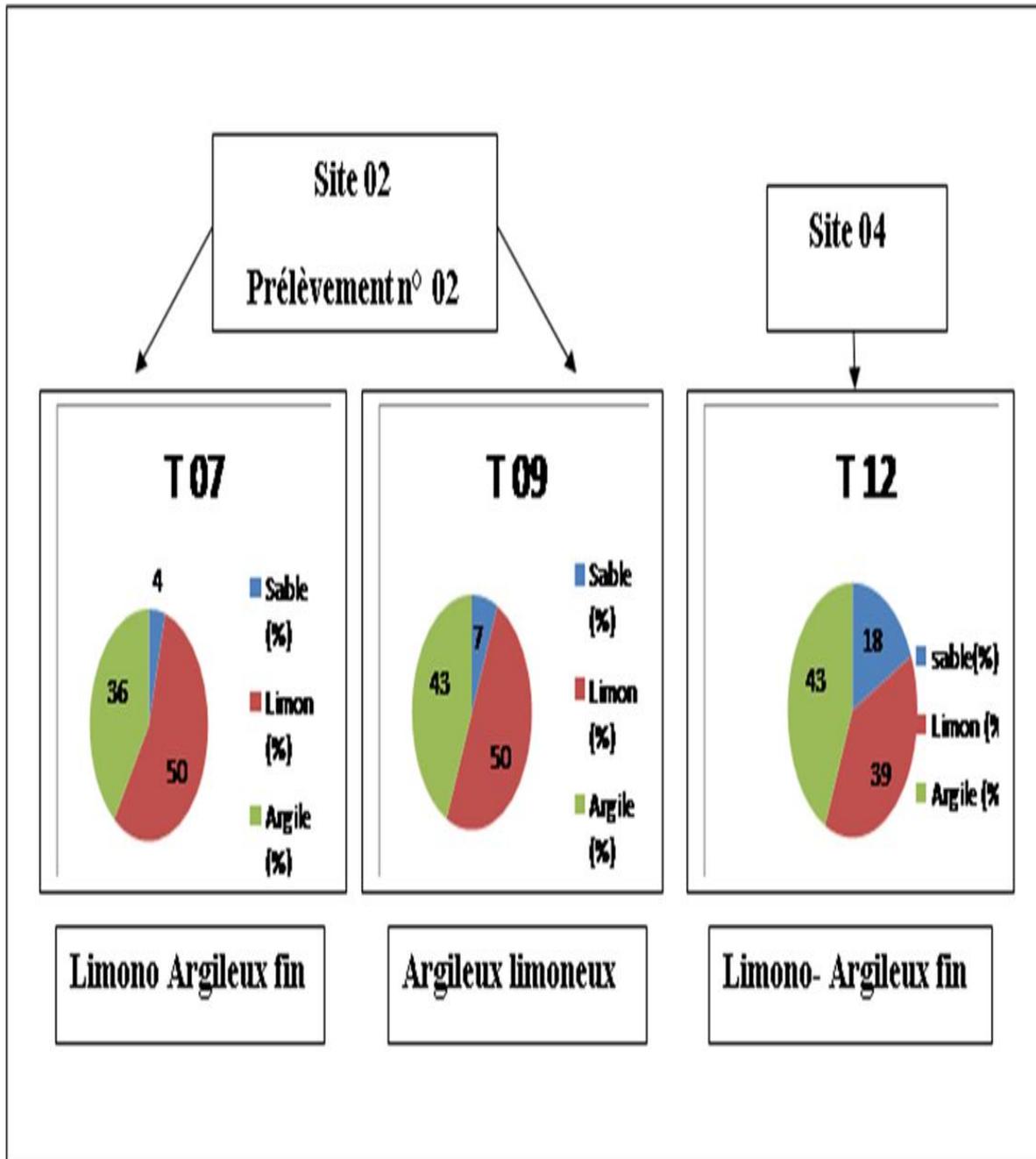


Figure 36 : la texture du site 04 (sol) et les textures de T 07 et T 09de site 02 (vase).

On observe, dans La figure ci-dessus n°36, qui présente la texture de la vase des trous T 07 et T 09 du Site 02, qu'il y a une similitude entre les textures de la vase du site 02 et la texture du sol du Site 04.

I.1.4. Humidité (%)

La figure ci-dessous représente les valeurs d'Humidité(%) des différents échantillons de nos Sites étudiés des deux prélèvements.

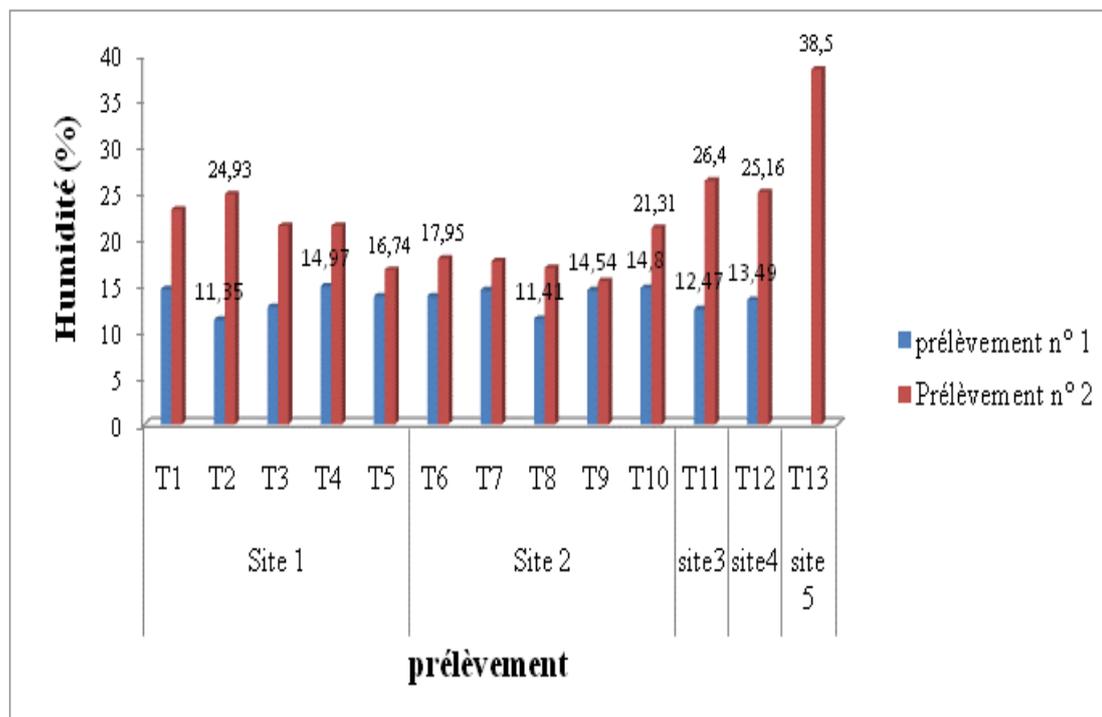


Figure 37 : variation de l'Humidité (%) en fonction de prélèvement

On remarque dans la figure n° 37 que:

Le taux de l'Humidité des sites 03 et 04 (Sol agricole) dans le prélèvement n°1 est inférieur à 15% ce qui indique qu'il y a une capacité de retentions faible de ce sol, cependant dans le prélèvement n° 2 et après la crue, ce taux a augmenté et varie entre 15 et 25 % ce qui signifie que le sol possède une capacité de retentions moyenne.

Pour le premier prélèvement la teneur d'Humidité dans tous les trous des sites 01 et 02 (vase) est inférieure à 15% c'est-à-dire que la capacité de retentions est faible, mais dans le prélèvement n° 2 et dans les sites 01, 02 et 05, ce taux a changé avec un pourcentage important qui dépasse les 25% ce qui signifie que le sol possède une capacité de retentions élevée.

I.2. Caractères chimique

I.2.1. Matière organique(%)

La figure n°38 : affiche la variation de la MO(%) dans les différents trous de nos sites étudiés des deux prélèvements :

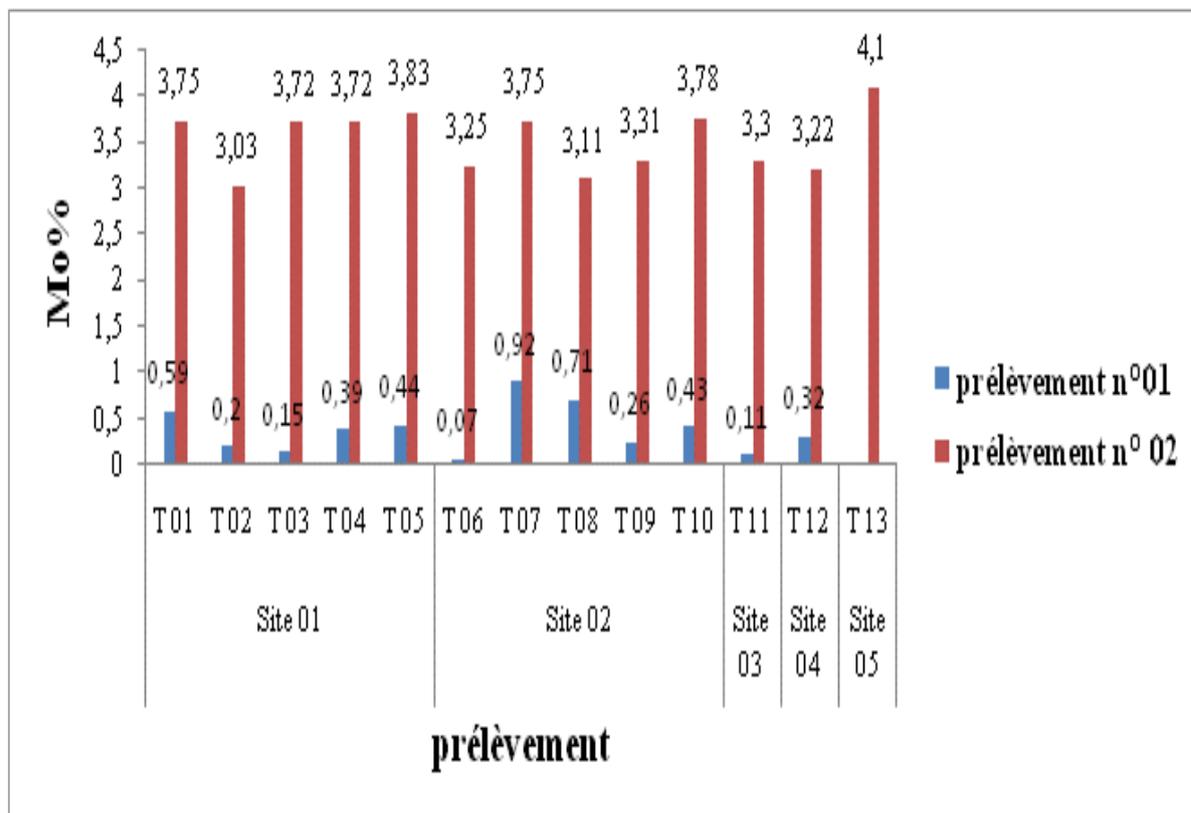


Figure 38 : variation de MO (%) en fonction de prélèvement

Pour les sites 03 et 04 (sol agricole) dans le prélèvement n°1, la majorité des valeurs est inférieure à 0,7% ce qui signifie que ces sites sont très pauvres en matière organique, par contre dans le 2^{ème} prélèvement, une augmentation importante dans le taux de la MO est signalée ceci est due probablement aux effets des engrais utilisés dans ces parcelles agricoles, ces valeurs dépassent, en effet, le taux de 3%.

Pour le 1^{er} prélèvement, tous les trous des sites 01 et 02 (vase) possèdent un taux de MO inférieure à 0,7% ce qui indique que ces trous sont très pauvres en MO, mais dans le 2^{ème} prélèvement et après la crue du 25/01/2017, le taux de MO a augmenté dans tous les trous et dépasse 3% ce qui signifie que la vase de ces trous est riche en matière organique, cette augmentation peut être due aux apports solides importants de la crue observée en mois de janvier dernier.

I.2.2. Calcaire totale(%)

Les valeurs mesurées de Calcaire totale (%) dans les échantillons étudiés et dans les deux prélèvements sont présentés dans la figure suivante:

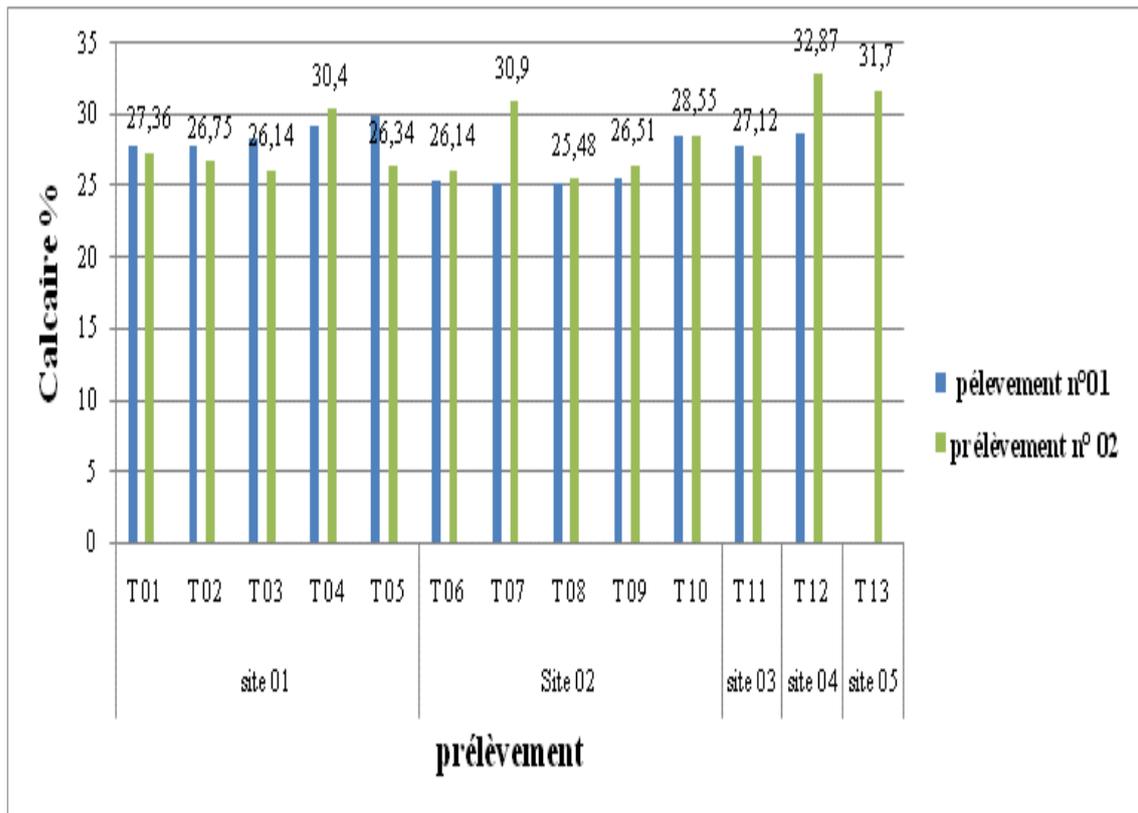


Figure 39: Variation de calcaire % en fonction de prélèvement

Le taux de Calcaire dans tous les trous de nos sites (vase et sol) et dans les deux prélèvements n'a pas vraiment pas changé.

En effet, toutes les valeurs varient appartiennent à la classe du 25 et 50% ce qui indique que ces sites sont modérément calcaires.

Conclusion

Après toutes ces analyses physiques et chimiques qui ont été réalisées sur les échantillons de sol et de vase des différents sites étudiés, on remarque que les majorités de ces propriétés sont identiques alors en conclue que l'origine de la vase qui vient se déposer dans le barrage Ghrib est issue des sols agricoles de la région qui forme le bassin versant et qui entoure la cuvette du barrage.

Conclusion générale

Conclusion

Dans tous les pays du monde, en particulier ceux du Maghreb qui ont un taux d'érosion important, l'envasement des barrages est un problème délicat au point de vue exploitation de ces ouvrages. En Algérie, les barrages Ghrib et Sidi M'Hamed Ben Aoud sont les deux barrages les plus envasés. Ces résultats sont en accord avec les travaux récents de plusieurs chercheurs qui concluent que les barrages de la région du Cheliff-zahrez sont les barrages les plus menacés par le phénomène de l'envasement.

Le barrage Ghrib, inauguré en 1939, est situé dans la commune d'oued Chorfa dans la wilaya d'Ain Defla, possédant une capacité de réservoir initiale de 280 M m^3 qui s'est réduite à 115.31 Mm^3 . Selon le dernier levé bathymétrique (2004) suite à son envasement, il est très important dans la wilaya vu son volume de cuvette et son utilisation qui se soit pour l'irrigation, l'eau potable et l'industrie.

Au terme de cette étude, nous pensons avoir contribué à la connaissance de problèmes d'envasement de Barrage Ghrib.

A cet effet, nous avons mené une série d'analyses physiques (pH, CE, granulométrie et Humidité) et chimiques (MO et calcaire totale) sur des échantillons de sédiments prélevés de la retenue du barrage Ghrib et au niveau des parcelles agricoles riveraines de la région d'étude (oued Chorfa), afin d'identifier l'origine de la vase de ce barrage, ces analyses ont été réalisées au niveau des laboratoires chimie 01 à l'université Djilali de Khemis Miliana.

Le prélèvement des échantillons a été effectué en deux périodes et en des sites différents, à savoir 02 sites dans les bordures du barrage, 02 sites dans les sols agricoles et un site en aval du barrage, le premier prélèvement effectué en mois de décembre avant la crue du 25/01/2017 et le deuxième en mois de février après cette crue.

En effet, les sédiments du prélèvement n°1 (les échantillons de sol et de vase) sont caractérisés par un pH alcalin, une CE peu salée, un taux de calcaire moyen, une teneur faible de MO et un taux d'humidité faible, aussi, la texture des échantillons de vase est différente de la texture des échantillons des sols, et le trou T 02 (site 01) est caractérisé par une texture limono fine, le trou T 04 du même site est caractérisé aussi par une texture limono-argileuse, le T 07 du site n°02 possède une texture limono-Argileuse et une texture sableux-Limono-Argileuse, par contre le site 01 du sol agricole possède une texture Argileuse et une texture limono argileuse fine.

Par conséquent, pour le deuxième prélèvement, celui après la crue, et vu les différentes analyses effectuées, on remarque que certains paramètres restent stables (pH, CE, calcaires),

mais d'autres paramètres, en revanche, ont été modifiés avec des valeurs importantes, ce changement a touché beaucoup plus le paramètre granulométrie de la vase.

En fait, les textures de vase se sont modifiées selon la manière suivante : T02 (limono fin → Argileuse), T 04 (Limono-Argileuse → Limono → Argileux fin), T 07 (Limono-argileuse → Limono-Argileux), T 09 (Sableux-Limono-argileux → Limoneuse), Et la texture du site 05 (aval du barrage) caractérisée par une texture Limono-Argileuse.

On signale aussi, une augmentation de la teneur de MO que se soient dans les sites du sol ou celle de la vase, ces changements sont dus probablement à l'utilisation excessive des engrais dans les sols agricoles, et une augmentation de la capacité de rétention du sol.

Enfin, après tous ces résultats d'analyses est en particulier les résultats du deuxième prélèvement, on a trouvé qu'il y a une ressemblance entre les propriétés de la vase et du sol, donc on conclut que la principale source de la vase sont les sols agricoles voisins de notre barrage suite au phénomène d'érosion hydrique sous l'effet des pluies et la faible couverture végétale.

En outre, d'après le dernier levé bathymétrique (2004), ils ont estimé une perte moyenne annuelle d'environ $3.18 \text{ Mm}^3/\text{an}$, équivalent à une charge de vase égale à $5,09 \cdot 10^6 \text{ t}/\text{an}$ qui vient se déposer dans la retenue du barrage (en considérant une densité moyenne de la vase de $1.6 \text{ t}/\text{m}^3$), or les calculs effectués par les mesures de concentration sur le bassin de l'oued Ghrib-Cheliff au niveau de la station hydrométrique ont donné une charge égale à $3.6 \cdot 10^6 \text{ t} \cdot \text{an}^{-1}$. La différence de $1\,490\,000 \text{ t} \cdot \text{an}^{-1}$ correspond aux apports sédimentaires du micro bassin entourant la retenue, et de sédimentation autochtone dans la retenue, sans que l'on puisse déterminer les parts de chaque source, et pour aller plus loin sur ce sujet, il faudrait déployer des mesures spécifiques telles que présentées par Maleval (2014).

Référence bibliographique

- **Achite M, Meddi M., 2005.** Variabilité spatiotemporelle des apports liquide et solide en zone semi-aride. Cas du bassin versant de l'Oued Mina (nord-ouest algérien). Rev. Sci. Eau, 18, pp 37–56.
- **Achite, M, Meddi, M., 2004.** Estimation du transport solide dans le bassin versant de l'oued Haddad (Nord-Ouest algérien). Sècheresse 15 (4), pp 367–373.
- **Achite, M., Touaibia, B., Ouillon, S., 2006.** Erosion hydrique en Algérie du Nord .
- **AEF 2002 .,** Agence de l'eau de France.
- **Ammari,A,Remini,B.,2012.** Vulnérabilité à l'Envasement des Barrages (cas du bassin Hydrographique des Côtiers Algérois). Thèse de Doctorat d'Etat en Hydraulique. Institut Université Mohamed Khider .Biskra.
- **Ammari,A., 2012.**vulnérabilité à l'envasement des barrages (cas du bassin hydrographique des côtiers Algérois)Thèse de doctorat université Mohamed khider –beskra,pppp.13-14-16-17-19.
- **ANBT., 2008.** Agence National des barrages et transferts.
- **ANBT., 2015.** Agence National des barrages et transferts.
- **ANDI, 2011.** Agence National de Développement d'Investissement.
- **ANDI, 2014.** Agence National de Développement d'Investissement
- **ANRH., 2015.** :l'Agence Nationale des Ressources Hydriques.
- **Arabi, M., 1991.** Influence de quatre systèmes de production sur le ruissèlement et l'érosion en milieu méditerranéen a Médéa (Algérie). Thèse doctorat Université de Grenoble III.273p.
- **Badraoui, A., Hajji, A., 2001.** Envasement des retenues de barrages. Article published by SHF and available at <http://www.shf-lhb.org> or <http://dx.doi.org/10.1051/lhb/2001073>.
- **Baize D.,** Guide des analyses en pédologie: choix, expression, présentation, interprétation 2e éd, INRA-paris 255 (2000).
- **Battala, R., Sala, M., 1992.** Temporal variability of suspended sediment in a Mediterranean river. International conférence Canberra, Australia, IAHS Publications 224, 229-305.

- **Ben amara, O., 2007.** Contribution à la caractérisation physico-chimique et microbiologique de la litière du chêne liège de la région d'El Kala. Mémoire d'ingénieur d'état en Ecologie et Environnement. Université d'Annaba. pp. 2-34.
- **Benhaled, A, Remini, B., 2003.** Influence des paramètres hydrométéorologiques sur l'estimation des apports solides dans un bassin versant de zone semi aride. L'oued Ouahrane. Colloque International Oasis, Eau et Population. Biskra. 22-23 et 24 Septembre.
- **Bertaran ,P,le Bissonnais Y, Texier J.P., 2003.** ruissèlement ,dépôts de pente continentaux
- **Bouchelkia, M., Belarbi, F., Remini, B., (2011).** Quantification du transport solide en suspension par analyse statistique : Cas du bassin versant de Mouilah. Revue Scientifique et Technique. LJTE n°19. Décembre 2011.
- **Bourouba, M., 1998.** Phénomène de transport solide dans les Hauts Plateaux Orientaux. Cas de l'Oued Logmane et oued Leham dans le bassin de la Hodna. Revue des Sciences et Technologie, 9, pp 5-11.
- **Bousslimani w, Benzara Belkacem FZ., 2016.**Analyses des bouses de station d'épuration d'eaux urbaines et leur épandage agricole dans la Wilaya de Ain Defla .mémoire de master.
- **Bryan, R.B., 2000.**Soil erodibility and processes of water erosion on hillslope Geomorphology .32, 385-415
- **Chaplot, V., and Bissonnais Y. L. 2000.** Field measurements of interrill erosion under different slopes and plot sizes, Earth Surf. Processes and Landforms, 25 (2), 145–153.
- **Chebbani R, Djilli K., Roose, E., 1999.** Étude à différentes échelles des risques d'érosion dans le bassin versant de l'Isser. *Bull. ORSTOM*, Rés. Eros., 19, pp 85-95.
- **Cheggour, A, Saber, N., Simonneaux, V., 2008.** Mesures de l'érosion hydrique à différentes échelles spatiales dans un bassin versant montagneux semi-aride et spatialisation par des S.I.G. : Application au bassin versant de la Rhéraya, Haut Atlas, Maroc. Thèse de Doctorat. Université de Cadi Ayyad-Maroc.
- **Dajoz r., 1985.** Les indicateurs du statut acido-basique des sols. « Station agronomique de

- **Dawdy, R.D., 1967.** A Monograph on sediment transport in Alluvial Streams, Teknisk Forlag, Copenhagen, pp, 1-62.
- **Delaunois A., 1976.** Travaux pratiques de pédologie générale. pp. 2-86.
- **Delcour F., 1981.** Initiation à la pédologie, Fac, SC, Agron. Gembloux 78p
- **DIAEA /DRHA /SEEN (2008)** , Direction de l'irrigation et de l'aménagement de l'espace Agricole, Service des Expérimentations, des Essais et de la Normalisation -Rabat Dunod, 331p.
- **Drouet Th., (2010).** Pédologie BING-F-302,137.
- **DSA., 2014.** office des services agricoles.
- **DSA., 2015.** office des services agricoles.
- **Duchaufour ., 2001.** Introduction à la science du sol – 6ème Ed de l'abrégé de pédologie
- **Gagnand G, Hayguet C, Ryser J.P., 1988.**L'analyse du sol et du végétal dans la conduite de la fertilisation .Le contrôle de qualité des fruits, secrétariat générale OILB/SROP.83p.
- **Gauchers ,Soltser, 1981.** Base de la production végétale : le sol, Edition Techniques
- **Godwin u.AKpam , Bassey T.Udoh 2013.,**evaluation of some properties of soils affected by diesel oil pollution in uyo.N iger Delta Area,Nigeria.Journal of biology ,Agriculture and Healthcare ,www.iste .org ISSN 2224-3208(on line) vol 3,No.8.p43.
- **Graf W., 2000.** Hydraulique Fluviale. Presse Polytechnique Romande.
- **Grangeon, T., 2012.** Etude multi échelle de la granulométrie des particules fines générées par érosion hydrique : apports pour la modélisation. Earth Sciences. Université de Grenoble, 2012, 20-37 p.
- **Hadir, S, 2010.** Modélisation du ruissellement et de l'érosion par le modèle STREA.
- **Hallouz, F., Meddi, M., Mahe, G., 2013.** Modification du régime hydroclimatique dans le bassin de l'oued Mina (Nord Ouest d'Algérie). Revue des Sciences de l'Eau, 26, 1, pp 33-38.
- **Hudson N., 1973.** Soil conservation, Bats ford Ltd.london.320 p. L'Asine ».pp. 25-96.
- **Jamagne ., 1980.** Les bases de la description des sols Ed. Dunod 125p.

- **JF, Labrun P, Fox D. Morschel J., 2003.** Projet : Maitrise de l'érosion hydrique des sols cultivés phénomènes physiques et dispositifs d'action. (Rapport).
- **le Bissonnais Y ,Couturier A ,Cerdan O ,Papy F ,Martin P, Souchère , Bron**
- **Leguédois, S.2003.** Mécanismes de l'érosion diffuse des sols. modélisation du transfert et de l'évolution granulométrique des fragments de terre érodés, Phd thesis, Université d'Orléans
- **Leopold, L.B., Maddock, T.G., 1953.** The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications. Washington D.C.U.S Geological. Survey. Professional Paper, 252 P.
- **Linsley k,R ,Franzini J,B.,1992.**sediment transport by streams in water resources engineering, Mc Graw Hill,p 196-199.
- **Meddi, M, Khalid, A, Meddi, H., 1998.**Etude du transport solide dans le nord l'Algérie.in summer w,kalghofer E,Zang W,eds.proceedings of an International Symposium held at Vienna from « Modelling Soil Erosion, Sediment Transport and Closely Related Hydrological Processes », 13 to 17 July 1998. IAHS publication n° 249,pp393-297
- **Meddi, M, Khaldi, A, Meddi, H., 1998.** Étude du transport solide dans le nord de l'Algérie. In: Summer W, Klaghofer E, Zang W, eds. Proceedings of an International Symposium held at Vienna from « Modelling Soil Erosion, Sediment Transport and Closely Related Hydrological Processes », 13 to 17 July 1998. IAHS publication n° 249, pp 393-397
- **Megnounif, A., 2007.** Etude du transport des sédiments en suspension dans les écoulements de surface, Thèse de Doctorat, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, 184p
- **Megnounif, A., Terfous, A. et Bouanani A., 2003.** Production et transport des matières solides en suspension dans le bassin versant de la Haute-Tafna (Nord-Ouest Algérien). Rev. Sci. Eau 16(3) : 369-380.
- **Melalih, A .2012.** Analyse des techniques de conservation de l'eau et du sol dans la zone aride cas bassin versant d'AIN SEFRA. Mémoire de mastère, Université Abou-bekr Belkaid de Tlemcen Faculté des Sciences de la Nature et de la vie Et des Sciences de la Terre et de l'Univers, Algérie. 10p.
- **Mokhtari El hadj.,2009.** . Contribution a l'étude du transport solide en suspension Bassin de l'Oued Cheliff- Ghrib (MEMOIRE diplome de MAGISTER).

- **Monographie de barrage Ghrib.,1965.**
- **Musy, A., 2002.** Cours d'hydrologie générale. EPF Lausanne.
- **Nedjar, Bouklikha., 2015.** Détermination de l'efficacité d'utilisation de l'eau de la pomme de terre dans la wilaya d'Ain Defla. Université de Djilali Bouaama. Diplôme de master 2.
- **ONM.,2014.** Office national de météorologie
- **Oumerzouk A, Bouharas M., 1993.** Contribution à l'étude des sols et de l'assainissement
- **Petard J., 1993.** Les méthodes d'analyse .tome 1. Analyses des sols, laboratoire commun d'analyse, l'institut français de recherche scientifique pour le développement et coopération. 200 p.
- **Rachman A. Anderson S H. Gantzer C J. ET Thompson A L., 2003.** Influence of longterm cropping systems on soil physical properties related to soil erodibility. Soil SciSoc. Am. J., 67, 637-644.
- **Remini B, Hallouche W., 2007** l'Algérie plus d'un siècle de désenvasement des barrages (Partie II) Les eaux douces et de surface Chapitre 8.
- **Remini B. (2005).** La problématique de l'eau en Algérie. Ouvrage édité à compte d'auteur, Dépôt légal : 114-2005, ISBN : 9947-0-0724-3, 182 p.
- **Remini, B., Avenard, J.M, Kettab, B., 1996.** Envasement des Barrages.
- **Remini, B., Avenard, J.M, Kettab, B., 2003.** Envasement des Barrages.
- **Remini, W, Remini B., 2003.** La sédimentation dans les barrages de l'Afrique du Nord. Larhyss Journal, 2 : 45-54.
- **Roy et al. 2006.** Etude de protection du bassin versant du Barrage Sidi-Yacoub. Phase I-Revue des documents existants.
- **Salles C. and Poesen J.,2000.** Rain properties controlling soil splash detachment. Hydrological processes, 14: 271-282.
- **SOGREAH., 2003.** Schéma de restauration et de gestion de la Bleone et de ses affluents. SOGREAH - AIX-EN PROVENCE. SMAB.
- **Tixeront, J., 1960.** Débit solide des cours d'eau en Algérie et en Tunisie. In: IAHS Publ., 53: pp 26-42.
- **Touaibia, I, Nekkache Ghenim, A., 2011.** Estimation du biais du modèle régressif puissance « Concentration-Débit » : Cas du bassin versant du K'Sob. Revue Scientifique et Technique. LJEE N°19.

- **Touaibia,B ,Dautrebande ,S,Aiddaoui,A.,2000.**Erosion –Transport solide-
Evasement ds barrages ,cas du bassin versant de l’oued Mina. Thèse de doctorat
.INA Algérie
- **Vanoni V.A., 1977.** Sedimentation engineering. ASCE, Hydraulique Division.
- **Walling, D.E., 1984.** The sediment yields of African rivers. I.A.H.S. Publ., Harare
Symp., 144, pp 265-283.
- **White, W.R., 1986.** Problèmes d’érosion, transport solide et sédimentation dans les
bassins versants, Projet 5.3 du programme hydrologique international, p155.
- **Wichmeier W.H, Smith,D.,1978.** Predicting rainfall erosion losses: guide to
conservation planning, USDA-ARS. Zerirer et Ben M’ Hidi). Mem. Ing. Amen.
I.S.T. Uni Annaba.

Annexe

Annexe

Annexe 01 : Conductivité électrique

-on pesée 20g de terre (2mm) + 100ml l'eau distillée dans une bécher.

- laisser agiter 1 heure. et laisser reposer demi-heure.
- pour l'étalonnage de l'appareil : on met le Kcl (0,02N) à l'étuve on mesure la température jusqu' au 25 c°.

$$CE = CE3 \times f(t)/K$$

- CE3 = CE de la solution à analyser lu l'appareil à la température (t).
- F (t): coefficient de correction de l'effet de la température.
- K : constante.
- $K = CE1 \times f(t)/CE2$.
- CE1 : valeur de la solution de Kcl lu sur l'appareil à la température T.
- CE2 : CE de Kcl (0,02 N à 25 c°). elle est égale à 2, 76 ($CE2 \leq 2,76$ mmohs/cm).

La valeur $K < 1$.

Calcul de la CE3 (de la solution à analyser): elle est lue sur l'appareil à la température(t).



Mesure de la conductivité

Annexe 02 : – Analyse de pH eau

- On pesée 20 g du sol (2mm).
- On met dans une bécher et on ajoute 50 ml d'eau distillée.
- On agite pendant 5 minutes dans un agitateur rotatif.

Annexe

- On passe au PH mètre et on lire le résultat.

Annexe 03 : l'analyse Granulométrie (pipette de ROBINSON)

-Principe : La méthode la plus précise est l'analyse granulométrique de la terre. C'est une méthode encombrante.

-Une analyse granulométrie nous donne les pourcentages du différent groupe granulométrique dans un échantillon de terre.

- Mode opératoire

- Premier jour :

- On tamise le sol dans un tamis de 2mm pour séparer les éléments grossiers et fins.

- On Prendre 10 g de sol fin (2mm) dans un bécher.

- Destruction de la matière organique :

- Verser dans un même bécher 50ml de l'eau oxygéné (H₂O₂) à 30%.

- Laisser macérer pendant une nuit (on le met dans un grand bucher).

- Deuxième jour :

- On chauffe le bécher sur agitateur à température 100 °C jusqu' à disparition de la mousse.

- On Prendre le bucher et On Ajoute 20 ml de H₂O₂ (on ajoute ces gouttes après l'échauffement de bécher).

- On arrête l'opération lorsqu' il y a arrêt de l'effervescence.

- Disparition des éléments argileux:

- On ajoute le contenu dans un grand bécher + 40 ml Hexaséphosphate à 4%.

- Laisser agiter pendant 2 heures dans l'agitateur mécanique avec une vitesse de 30 à 50 tours / min.

- Mettre un entonnoir avec tamis de (0,05 mm) sur le cylindre et tamiser la suspension. laver avec de l'eau distillée jusqu' à ce que toutes les particules < 0,05 mm passent à travers le tamis dans le cylindre.

- Remplir le cylindre avec l'eau distillée jusqu' au trait ajusté au 1000 ml (1 L).

- Mettre le sable : restant dans le tamis dans une capsule de poids connu et sécher dans l'étuve à 150 °C pendant 15 heures.

- Sédimentation et prélèvement:

- Mesure de la température des solutions qui se retrouvent dans le cylindre.

Annexe

- **Mesure avec la pipette de ROBINSON:**

- Avant de commencer les mesures, il faut agiter plusieurs fois avec un pied spécial.
- Pour la fraction totale < 0,05 mm (LG + LF + A + sels solubles) on agite le cylindre et on prend immédiatement un prélèvement de 10 ml du milieu du cylindre. dans une capsule (avec couvercle) d'un poids connu.
- Pour la fraction < 0,02 mm (LF + A + sels solubles) en agite le cylindre et prend un prélèvement à 10 cm après 4 min 40 sec. dans une capsule (avec couvercle) d'un poids connu.
- Pour la fraction < 0,002 mm (Argile (A) + sels solubles) en agite 10 fois par le pied le cylindre et en prend un prélèvement à 6 cm qui correspond à la température de solution après 4 h et 39 min . dans une capsule (avec couvercle) d'un poids connu.
- On met ces capsules des pois connu dans l'étuve à 105 °c pendant 15 heures pour le séchage.
- On laisse refroidir également le sable et on le pèse. Ensuite, on tamise à sec à l'aide de deux tamis superpose de 0,250 mm et 0,045 mm.
- On récupère les deux quantités dans des capsules de poids connu et on pèse ces capsules pour déterminer la sable fin(S F) et sable grossier (S G).

- **Les calculs:**

$\% A = (a \times v) / (p \times v) \times 100.$
$\% L F = (b - a) \times v / (p \times v) \times 100.$
$\% S F = c / p \times 100.$
$\% S G = d / p \times 100.$
$\% L G = 100 - (\% A + \% L F + \% S F + \% S G)$

- a (gramme): poids de l'Argile prélevé et pesé à sec.
- b (gramme): poids de (Limon fin + Argile) prélevé et pesé à sec.
- c (gramme): poids de sable fin prélevé et pesé à sec.
- d (gramme): poids de sable grossier prélevé et pesé à sec.
- v (gramme): Volume de la pipette de ROBINSON égale 10 ml.
- V (ml) : Volume total de l'Allonge égale 1000 ml.



Les étapes pour mesurer la texture de sol.

Annexe 04: L'Humidité

Matériel

Matériel courant de laboratoire et notamment :

- Étuve isotherme à chauffage électrique, réglée à $(103 \pm 2) ^\circ\text{C}$, convenablement ventilée par convection
- Vases à peser, 50 x 30 mm, forme basse
- Dessiccateur muni d'un déshydratant efficace
- Balance analytique

Prise d'essai

Peser environ 5 g de l'échantillon de sol préparé pour analyse, dans le vase à peser préalablement séché à $103 ^\circ\text{C}$ et taré après refroidissement.

Détermination

- Porter le vase à peser contenant la prise d'essai dans l'étuve réglée.
- Laisser séjourner, au moins 8 h, jusqu'à masse constante (deux pesées consécutives effectuées à environ 1 h d'intervalle ne doivent pas différer de plus de 2,5 mg).
- Refroidir dans le dessiccateur
- Peser.

Annexe

Annexe 05 : Dosage de la matière organique:

- **Pour l'échantillon:**
- On pèse 1g de sol (0,2mm) et on met dans un bécher.
- On ajoute 10ml de $K_2Cr_2O_7$ +20ml d'acide sulfurique concentré.
- On mélange la solution et repose 30 minutes.
- **Pour le témoin:**
- Dans un bécher on met 10ml de $K_2Cr_2O_7$ +20ml d'acide sulfurique concentré
- Laisser reposer 30 minutes.
- Mettre chaque préparation dans des fioles de 250 ml et compléter avec l'eau distillée.
- Prélever 20ml de chacun des deux béchers (échantillon et témoin) et on ajoute 1ml de H_3PO_4 + 3 gouttes de Diphénylamine et laisser agiter pendant 5 minutes dans un agitateur rotatif.
- **Titrage:** On titre avec le sel de Mohr à 0,2N.
- On met le sel de Mohr dans une burette de titrage.
- On titre les deux solutions jusqu'à ce qu'il y a virage du bleu foncé vers le vert,
- On prend le volume descend sur la burette pour le témoin et aussi pour l'échantillon.



Les étapes de dosage de la matière organique.

Annexe

$$\% C = (V \text{ témoin} - V \text{ échantillon}) \times 0,615 / p.$$

- P : poids du sol égale 1 gramme.

$$\% M O = \% C \times 1,72.$$

Annexe 06: Dosage de calcaire total (calcimètre de BERNARD):

-Etalonnage de l'appareil :

-Remplir l'ampoule d'eau salée (Na cl +eau) de manière à ce que le niveau de la burette soit au niveau du zéro (pour cela on fait correspondre les deux niveaux d'eau dans la burette et dans l'ampoule).

-Peser une quantité de 0,3 g de CaCO_3 dans un erlen qui correspond au bouchon de la calcimètre.

-Remplir le petite tube à 3 /4 de Hcl à (0, 5 N) dilué que l'on place dans l'erlen.

-Boucher soigneusement l'erlen avec le bouchon de la calcimètre.

-Décrocher l'ampoule, faire correspondre les deux niveaux, faire la lecture du volume descend au niveau de la burette (V_0).

-Renverser l'acide (Hcl) sur le CaCO_3 et on agite pour favoriser la réaction (dégage le CO_2).

-Attendre la stabilisation le niveau de l'eau dans la burette.

-Décrocher l'ampoule et faire correspondre les deux niveaux. faire la lecture sur le volume de l'eau descendre sur la burette (V_1) (volume de CO_2 Dégagé).



Les étapes de dosage de calcaire total.

Annexe

-Analyse de l'échantillon:

-On procède de la même manière en remplaçant le calcaire pur par (1 g de sol 0,2mm). Et on note le volume de CO₂ dégagé (V1).

-Expression des résultats:

$$V = V_1 - V_0.$$

$$\% \text{ CaCO}_3 = 100 \times \frac{V_{\text{échan}} \times 0,3}{V_{\text{témoin}} \times P}$$

- V : volume de CO₂ dégagé par CaCO₃ gramme dans le poids de sol.
- V : volume de CO₂ par 0,3 gramme de CaCO₃.
- P : poids de sol égale 1 gramme.

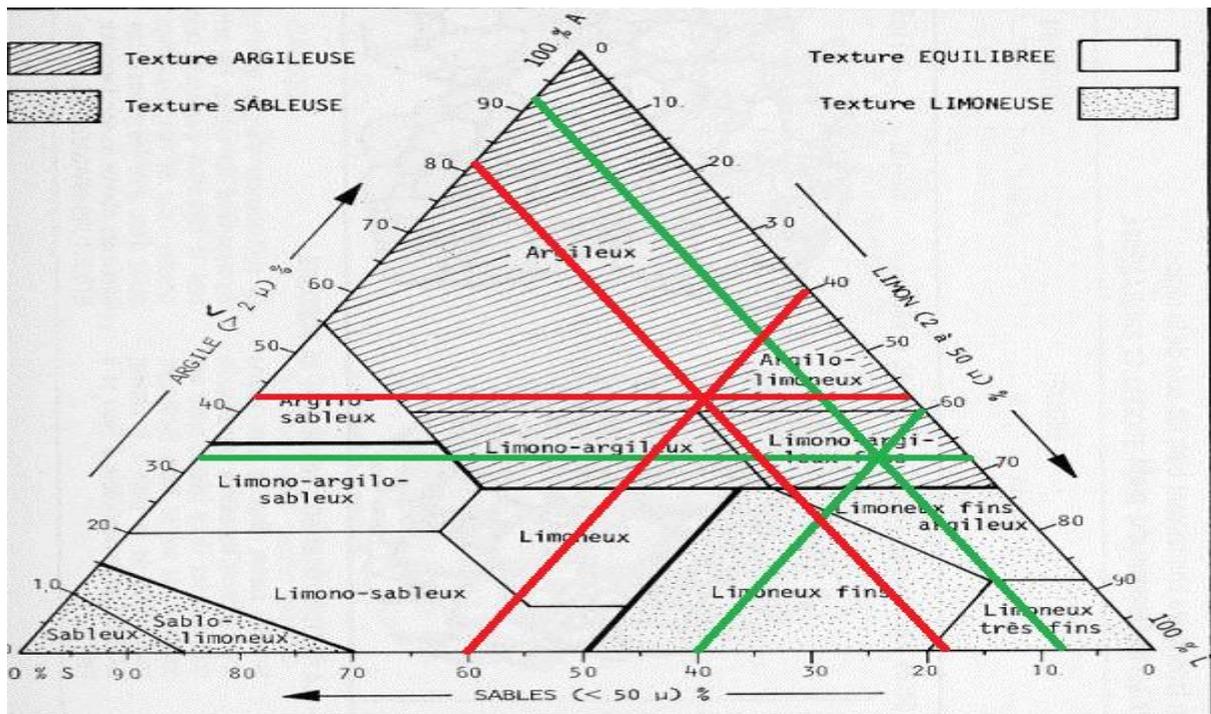


Figure : Trou 11 et 12

Annexe

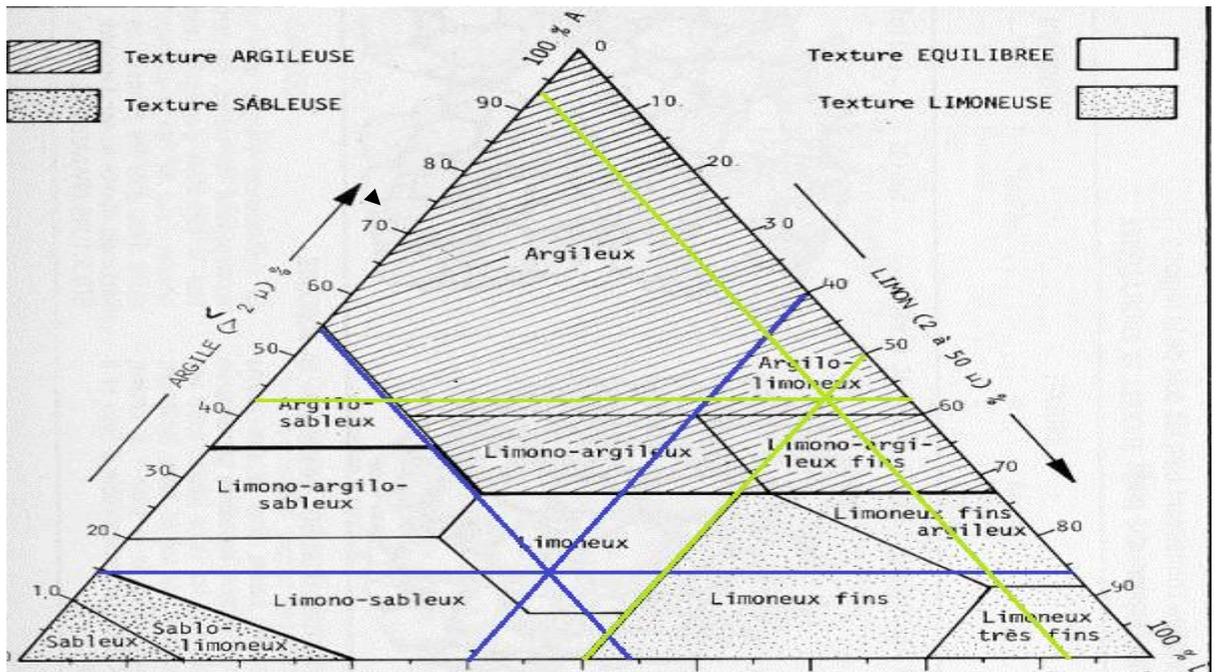


Figure : trou 09

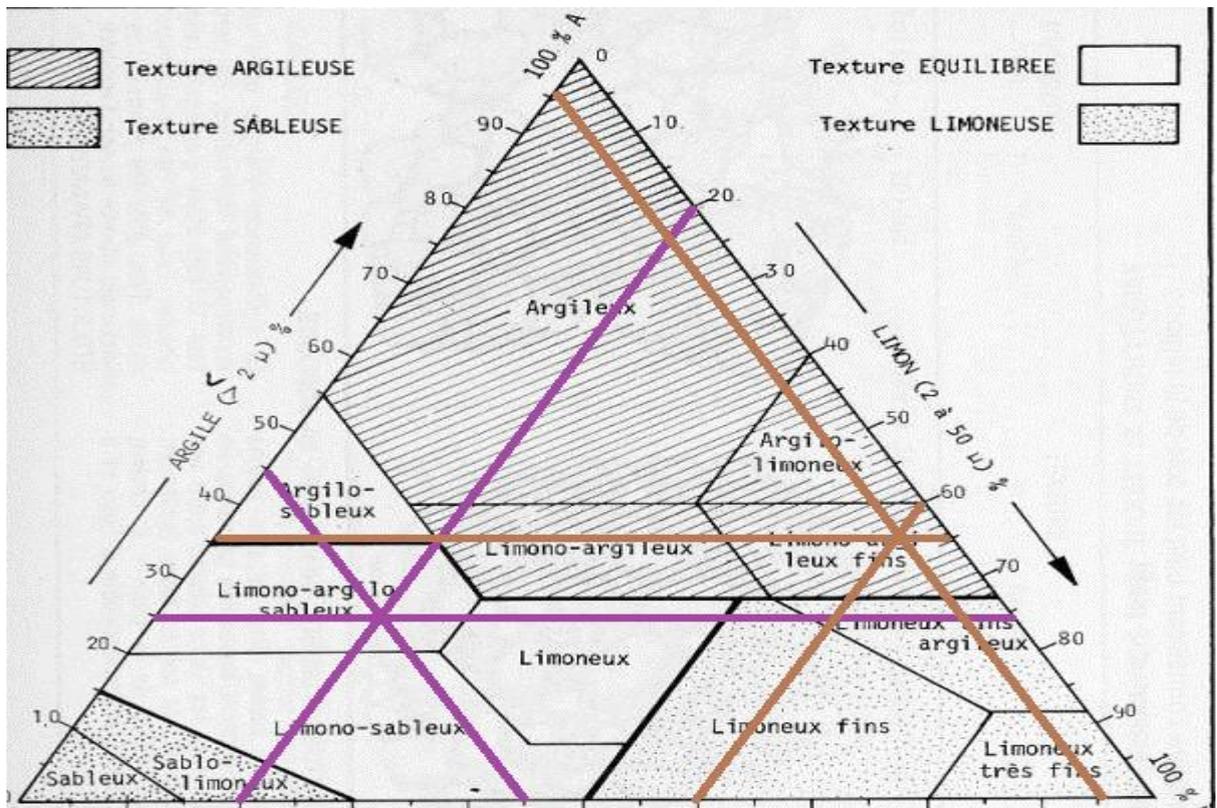


Figure : trou 7

Annexe

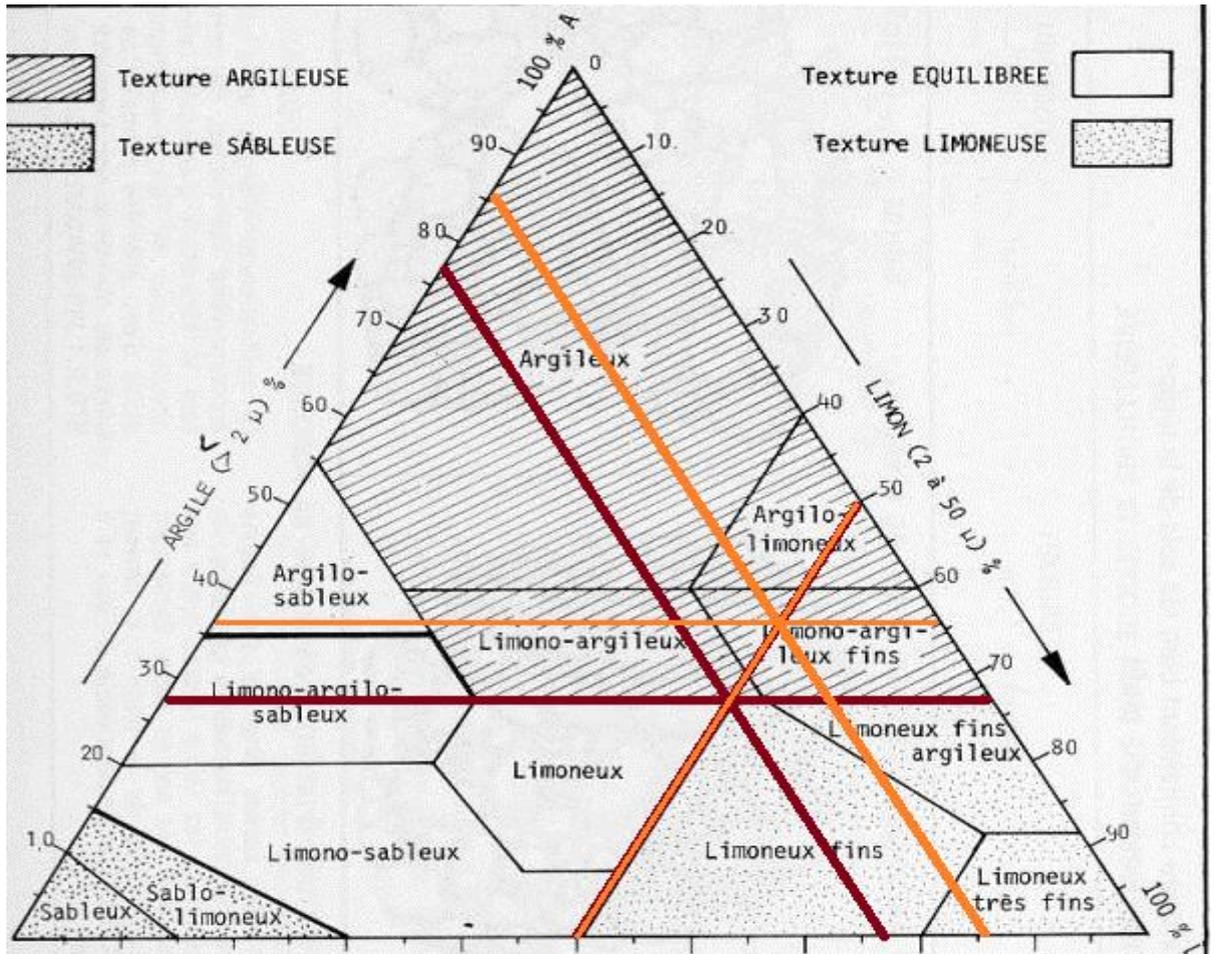


Figure : trou 04