

# Mémoire

Présenté par

**Mr MEKAUCHE Nacim**

**Pour l'obtention du diplôme de Magister**

**Filière :Hydraulique**

**Option :Hydraulique Générale**

**Thème**

**IMPACT DES SOUTIRAGES DES COURANTS DE  
DENSITE SUR LA DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE DANS  
L'OUED AGRIOUN  
(AVAL DU BARRAGE D'IGHIL EMDA)**

Soutenu le : 24 / 01 /2015

Devant le Jury composé de :

Mr LADJEL	Mahmoud	Maître de conférences A	Univ. de Bejaia	Président
Mr KADRI	Mohammed	Professeur	Univ. de Boumerdès	Examineur
Mr ALLOUACHE	Atmane	Maître de conférences A	Univ. de Bejaia	Examineur
Mr REMINI	Boualem	Professeur	Univ. de Blida	Rapporteur

**Année Universitaire : 2013/2014**

# Remerciements

Je tiens à remercier mon promoteur M. REMINI BOUALEM pour ces conseils qui sont d'une grande valeur. Mes remerciements vont également à M. LADJEL MAHMOUD Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider le jury

Je remercie également M.KADRI Mohammed et M. ALLOUACHE Atmane qui m'ont fait l'honneur d'examiner mon travail et être membres de jury.

Je remercie beaucoup mes chers parents, mes frère et ma sœur qui m'ont beaucoup soutenue, ainsi que mes amis et collègues ; DALIL, Sofiane, fayrouz, fateh, Ali, Toufik et tous les autres

Je tiens aussi à remercier M. MESBAH Saleh de la SONELGAZ de DARGUINA et Mlle KHERZI Sabrina de la direction des ressource en eau de la wilaya de Bejaia, pour leur aide dans la collecte de données.

Je remercie également Mr Berreksi et tous les enseignants du département de l'hydraulique.

# Table des matières

Introduction générale .....	1
<b>Chapitre I : Système fluvial, transport solide et dynamique sédimentaire</b>	
I.1. Le système fluvial .....	2
I.2. Fonctionnement fluvial .....	3
I.2.1 Les variables de contrôle.....	3
I.2.2 Les variables de réponse .....	3
I.3. Equilibre dynamique .....	4
I.4. Impact des barrages sur le système fluvial .....	5
I.4.1. Impact en amont des barrages .....	5
I.4.2. Impact en aval des barrages.....	6
I.4.3. Les barrages comme agents de régulation du régime des flux.....	6
I.4.4. Les impacts des barrages sur le transport de sédiments .....	6
I.4.5. Les processus d'aggradation et d'incision du chenal .....	7
I.4.6. Effets des barrages sur la morphologie du chenal .....	8
I.5. Transport solide en hydraulique fluviale .....	8
I.5.1. Classification des cours d'eau .....	8
I.5.2. Mécanisme de transport en hydraulique fluviale : .....	9
I.5.2.1. Mode de transport du sédiment en hydraulique fluviale .....	9
I.5.2.2. Type de transport dans le réseau hydrographique .....	10
I.5.3. Capacité de transport solide .....	10
I.5.4. Erosion du lit et dépôt.....	11
I.5.5. Taille des grains .....	11
I.6. Quantification des phénomènes de transport solide .....	12
I.6.1. Contrainte de Shields (1936) et seuil de mise en mouvement .....	12
I.6.2. Estimation de la phase charriée du débit en matériaux du lit .....	15
I.6.3. Estimation de la phase en suspension du débit en matériaux du lit .....	17
I.6.3.1. Débit en matériaux du lit total .....	17
I.6.3.2. Variation de la concentration des matières en suspension provenant du substrat .....	19
I.7. Les formes du fond.....	20

## Chapitre II : Présentation du site

II.1. Présentation du site d'étude.....	22
II.1.1. Description du bassin versant de l'oued Agrioun .....	22
II.1.1.1. Caractéristique morphométrique .....	24
II.1.1.2. Le temps de concentration : .....	26
II.1.1.3. Caractéristiques climatiques .....	28
II.1.2. Caractéristiques du sous bassin d'Ighil Emda.....	28
II.1.2.1. Occupation du sol du sous bassin d'Ighil Emda .....	28
II.1.2.2. Lithologie.....	29
II.1.2.3. les pentes dans le sous bassin d'Ighil Emda.....	30
II.1.2.4. Les zone d'érosions sur le sous bassin d'Ighil Emda .....	30
II.1.3. Réseau hydrographique et profil en long de l'oued Agrioun .....	32
II.1.4. Aménagement hydroélectrique d'oued Agrioun .....	33
II.1.4.1. Barrage d'Ighil Emda .....	34
II.1.4.2. Barrage du Chabet-el-Akra.....	37
II.1.4.3. Le barrage Ighzer Ouftis .....	39
II.2. Démarches suivies dans l'étude : .....	39
II.2.1. Collecte de données.....	39
II.2.2. prélèvement des échantillons de sédiments dans l'oued et matériel utilisé .....	39
II.2.2.1. Matériel utilisé sur le terrain.....	41
II.2.2.2. Localisation géographique des lieux de prélèvement.....	41
II.2.3. Traitement des échantillons au laboratoire.....	45

## Chapitre III : Etude quantitative de l'eau et des sédiments libérés dans l'oued Agrioun

III .1. Introduction .....	47
III.2. La méthode de soutirage des courants de densité.....	47
III.2.1. Mécanisme des courants de densité près des pertuis de vidange.....	47
III.2.2. Le débit évacué par soutirage .....	48
III.2.3. Quantités de vase soutirée.....	48
III.2.4. La pratique de la technique de soutirage dans le barrage d'Ighil Emda .....	49
III.2.5. Granulométrie des sédiments évacués du barrage d'Ighil Emda vers l'oued Agrioun .....	49
III.2.6. Durée de vie d'un barrage dans lequel la technique du soutirage est pratiquée .....	50
III.2.7. Bon et mauvais soutirage .....	50
III.2.7.1. Flux solide dans une retenue .....	51
III.2.7.2 La zone optimale de soutirage .....	51
III.2.7.3 Le bon soutirage .....	51

III.2.7.4. Le mauvais soutirage .....	52
III.2.8. Effet de la libération des sédiments du barrage sur le cours d'eau.....	53
III. 3. Discussion des résultats des sédiments et eau évacués par soutirage du barrage d'Ighil Emda, dans l'oued Agrioun. ....	53
III. 3.1. Les quantités d'eau chargée en sédiments évacuée vers l'oued Agrioun par soutirage des courants de densité .....	54
III.3.2. Quantités interannuelles de sédiments évacuées vers l'oued Agrioun, par soutirage du courant de densité.....	54
III.3.3. Quantités d'eau claire interannuelles évacuées vers l'oued Agrioun par soutirage des courants de densité .....	55
III.3.4. Quantités mensuelles d'eau chargée évacuées vers l'oued Agrioun, par soutirage du courant de densité.....	56
III.3.5. Quantités mensuelles de sédiments évacués vers l'oued Agrioun par soutirage du courant de densité.....	57
III.3.6. Quantités saisonnières d'eau chargée en sédiments évacuées vers l'oued Agrioun, par soutirage du courant de densité. ....	57
III.3.7. Quantités saisonnières de sédiments évacuées vers l'oued Agrioun, par soutirage des courants de densité .....	58
III. 3.8. Le rapport eau chargée /sédiments soutirés .....	59
III.4. Efficacité de la technique de soutirage des courants de densité .....	59
III.5. Résultats des soutirages des courants de densité dans du barrage de Ighil Emda du début d'exploitation jusqu'à 2012 .....	60
III.6. Conclusion.....	61

## **Chapitre IV : Interprétation et discussion des résultats de l'analyse granulométrique**

IV.1. Introduction .....	62
IV.2. Méthodes d'interprétation des courbes cumulatives .....	62
IV.2.1. La méthode de RIVIERE (1977) .....	62
IV.2.2. La méthode de PASSEGA (1957) .....	63
IV.2.3. La méthode de Passega et Byramjee (1969).....	64
IV.3. Interprétation des résultats .....	65
IV.3.1. Interprétation par la méthodes de RIVIERE (1977) .....	65
IV.3.1.1. Echantillons prélevés à Kherrata entre les deux ponts .....	66
IV.3.1.2. Echantillons prélevé à Bordj Mira Avant la confluence avec l'oued Ait Smaïl.....	67
IV.3.1.3. Echantillons prélevés dans le lit de l'oued Ait Smaïl.....	68
IV.3.1.4. Echantillons prélevés à Bordj Mira à l'aval de la confluence avec l'oued Ait Smaïl .....	69
IV.3.1.5. Échantillons prélevés à Darguina avant la confluence d'Ighzer Ouftis .....	70
IV.3.1.6. Echantillons prélevés dans le lit de l'oued Ighzer Ouftis .....	71

IV.3.1.7. Echantillons prélevés à Darguina à l'aval de la confluence avec l'oued Ighzer Oufit :.....	72
IV.3.1.8. Echantillons prélevés à la rentrée de Beni Anane ( Deux fontaines).....	73
IV.3.1.9. Echantillons prélevés à la sortie de Beni Anane(Deux fontaine) .....	74
IV.3.1.10. Echantillons prélevés à côté du pont métallique de Souk El Ténine : .....	75
IV.3.2. Interprétation des résultats par la méthode de Passega et Byramjee (1969).....	76
IV.4. Variation du coefficient de Strickler rapporté au grain le long de l'oued .....	77
IV.5. Conclusion.....	79
Conclusion .....	61
Conclusion Générale .....	80
Références bibliographiques.....	83

# Liste des figures

**Figure (1.1)** : le système fluvial

**Figure (1.2)** : la balance de Lane d'après Recking, 2006

**Figure (1.3)** : modes de transport solide en hydraulique fluviale

**Figure (1.4)** : diagramme de Yalin-Shields

**Figure (2.1)** : carte de localisation du bassin versant de l'oued Agrioun dans la wilaya de Bejaia

**Figure (2.2)** : carte de localisation du bassin versant et de l'oued Agrioun dans le bassin hydrographique côtier constantinois ouest

**Figure (2.3)** : carte de situation d'oued Agrioun,(source Google Earth )

**Figure (2.4)** : la courbe hypsométrique des sous-bassins versant et du bassin global

**Figure (2.5)** : carte d'occupation des sols.

**Figure (2.6)** : carte lithologique

**Figure (2.7)** : carte des pentes du bassin versant d'Ighil Emda

**Figure (2.8)** : carte d'érosion du bassin versant d'Ighil Emda

**Figure (2.9)** : profil au long d'oued Agrioun

**Figure (2.10)** : profile au long de l'aménagement hydroélectrique de l'oued Agrioun

**Figure (2.11)** : plan général d'aménagement hydroélectrique de l'oued Agrioun

**Figure (2.12)** : le barrage d'Ighil Emda en 1955

**Figure (2.13)** : image satellite de la retenue d'Ighil Emda (source- Google Earth)

**Figure (2.14)** : coupe du barrage

**Figure (2.15)** : vue du barrage de Chabet El Akra

**Figure (2.16)** : image satellite du barrage de Chabet El Akra

**Figure (2.17)** : image satellite du barrage Ighzer ouftis

**Figure (2.18)** : photographies de l'oued aux endroits des prélèvements

**Figure (2.19)** : tarière pédologique Edelman Ø7cm

**Figure (2.20)** : tarière fabriquée pour les sédiments meubles Ø8cm

**Figure (2.21)** : lieu de prélèvement des échantillons à Kherrata

**Figure (2.22)** : lieu des prélèvements des échantillons à Bordj Mira avant la confluence

**Figure (2.23)** : lieu de prélèvement des échantillons dans l'oued Ait Smaïl à Bordj Mira avant la confluence

**Figure (2.24)** : lieu de prélèvement des échantillons à Bordj Mira après la confluence avec l'oued Ait Smaïl

**Figure (2.25)** : lieu de prélèvement des échantillons à Darguina

**Figure (2.26)** : lieu de prélèvement des échantillons à Beni Anane

**Figure (2.27)** : lieu de prélèvement des échantillons à Souk El Ténine

**Figure (2.28)** : la tamiseuse utilisée

**Figure (2.29)** : la balance de précision

**Figure (3.1)** : cas d'un «bon» soutirage : variation de la densité de la suspension au cours d'une opération de soutirage (Remini, 2002)

**Figure (3.2)** : cas d'un «mauvais» soutirage : variation de la densité de la suspension au cours d'une opération de soutirage (Remini, 2002)

**Figure (3.3)** : quantités d'eau interannuelles évacuées

**Figure (3.4)** : quantités interannuelles de sédiments évacuées par soutirage

**Figure (3.5)** : quantités interannuelles d'eau claire évacuées par soutirage

**Figure (3.6)** : quantités mensuelles d'eau évacuée vers l'oued Agrioun

**Figure (3.7)** : quantités mensuelles de sédiments évacuées

**Figure (3.8)** : quantités saisonnières d'eau évacuées dans l'oued Agrioun

**Figure (3.9)** : quantités saisonnières de sédiments soutirés

**Figure (3.10)** : le rapport entre l'eau chargée évacuée /sédiments évacués

**Figure (4.1)** : courbes granulométriques d'après Rivière(1977)

**Figure (4.2)** : diagramme de Passega (1954)

**Figure (4.3)** : courbes granulométriques des échantillons E1-1 et E1-2

**Figure (4.4)** : courbes granulométriques des échantillons E2-1 et E2-2

**Figure (4.5)** : courbes granulométriques des échantillons E3-1 et E3-2

**Figure (4.6)** : courbes granulométriques des échantillons E4-1 et E4-2

**Figure (4.7)** : courbes granulométriques des échantillons E5-1 et E5-2

**Figure (4.8)** : courbes granulométriques des échantillons E6-1 et E6-2

**Figure (4.9)** : courbes granulométriques des échantillons E7-1 et E7-2

**Figure (4.10) :** courbes granulométriques des échantillons E8-1 et E8-2

**Figure (4.11) :** courbes granulométriques des échantillons E9-1 et E9-2

**Figure (4.12) :** courbes granulométriques des échantillons E10-1 et E10-2

**Figure (4.13) :** variation du coefficient de Strickler  $K_r$

# Liste des tableaux

**Tableau (2.1)** : les caractéristiques physiques des sous-bassins versants de l'oued Agrioun

**Tableau (2.2)** : indice de Gravelius pour le bassin versant global et les ses sous-bassins

**Tableau (2.3)** : temps de concentration avec différentes méthodes

**Tableau (2.4)** : tableau d'occupation des sols

**Tableau (2.5)** : les caractéristiques du barrage d'Ighil Edma

**Tableau (3.1)** : pourcentages des dimensions des grains de la vase soutirée du barrage d'Ighil Emda

**Tableau (4.1)** : les classes de sédiments d'après R .Passaga et R.Byramjee (1969)

**Tableau (4.2)** : les valeurs de  $M$  et  $C_p$  pour les échantillons de la première campagne de prélèvement

**Tableau (4.3)** : les valeurs de  $M$  et  $C_p$  pour les échantillons de la deuxième campagne de prélèvement

# Liste des symboles

- $Q$  : débit liquide
- $Q_s$  : débit solide
- $J$  : Pente de la ligne d'énergie
- $D$  : diamètre du grain
- $D_x$  : la dimension de grain correspondant à  $x\%$  en poids de tamisât
- $D_{50}$  : diamètre médian
- $\tau_0$  : la contrainte de cisaillement au fond
- $\tau_*(D_i)$  : la contrainte de Shields appliquée au grain de diamètre  $D_i$
- $\tau_{cr*}(D_i)$  : la contrainte critique
- $Re_*(D_i)$  : le nombre de Reynolds du grain
- $\delta$  : étendue granulométrique
- $u_*$  : la vitesse de frottement
- $\nu$  : la viscosité cinématique
- $R$  : rayon hydraulique
- $g$  : accélération de pesanteur
- $\tau_{char*}$  : contrainte de charriage
- $\rho$  : masse volumique de l'eau
- $\rho_s$  : masse volumique des sédiments
- $\gamma$  : poids volumique de l'eau
- $\gamma_s$  : poids volumique spécifique des grains
- $D_{s50}$  : diamètre médian des couches sous-jacentes
- $\tilde{q}_s$  : débit solide à saturation par unité de largeur
- $K$  : coefficient de Strickler global
- $K_r$  : coefficient lié au frottement de peau produit par la rugosité des grains
- $\bar{C}$  : coefficient lié au frottement de peau produit par la rugosité des grains
- $H$  : tirant d'eau de l'écoulement

- $C(z_0)$  : concentration à la hauteur  $z_0$  près du fond, au dessus des rugosités de grains
- $C(z)$  : concentration à une hauteur  $z$  depuis le fond, telle que  $z_0 < z < H$
- $\xi$  : concentration de Von Karman
- $\omega$  : vitesse de chute des particules en suspension
- $c_d$  : coefficient de trainée, qui ne dépend que du nombre de Reynolds
- $I$  : indice de compacité de Gravelius
- $P$  : périmètre du bassin versant
- $S$  : superficie du bassin versant
- $t_c$  : temps de concentration
- $L$  : chemin hydraulique
- $j$  : pente moyenne du cours d'eau
- $C_r$  : coefficient de ruissèlement.
- $Q_e$  : débit évacué par courant de densité
- $m$  : coefficient de débit
- $H_t$  : charge total en dessous du seuil
- $h$  : ouverture de la vanne
- $l$  : largeur du pertuis
- $V_s$  : volume des sédiments
- $V_e$  : volume d'eau total
- $\rho_t$  : masse volumique de mixture
- $T$  : la durée de vie d'un barrage
- $T_0$  : la durée de vie d'un barrage sans la pratique de la technique du soutirage.
- $S_0$  : le rendement de la méthode de soutirage des courants de densité
- $W_{ss}$  : le volume de sédiments évacués
- $W_{se}$  : le volume total des sédiments entrants dans la retenue
- $C_P$  : le percentile le plus grossier ou  $D_{99}$  dans la méthode de PASSAGA (1957)
- $M$  : la médiane ou  $D_{50}$  dans la méthode de PASSAGA (1957)

# Introduction générale

## **Introduction générale**

Le système fluvial est régi par un équilibre dynamique, qui assure le transfert des eaux et des sédiments de la zone de production, constitué par l'ensemble des versants à la zone de stockage où dominent les formes d'accumulations sédimentaires et la formation de la plaine alluviale. La construction des barrages destinés à l'alimentation d'eau potable, irrigation ou à la production de l'électricité, fait obstacle à l'écoulement et au transport des sédiments et modifie considérablement l'équilibre de ce système.

Dans certains barrages comme c'est le cas pour le barrage d'Ighil Emda, auquel nous nous intéressons dans notre travail, des opérations de dévasement par soutirage des courants de densité se font continuellement. Ces soutirages qui consistent à libérer des quantités d'eau très chargées en sédiments dans l'oued Agrioun à l'aval du barrage.

Nous nous sommes intéressés à étudier l'impact de ces soutirages des courants de densité, sur la dynamique sédimentaire dans l'oued, à l'aval du barrage d'Ighil Emda jusqu'à l'embouchure, et pour cela nous avons divisé notre travail en quatre chapitres :

Le premier chapitre est une synthèse bibliographique sur le système fluvial, l'impact des barrages sur ce dernier, et le transport solide et sa quantification.

Le deuxième chapitre est une description du site de l'étude, du bassin versant total et ses sous bassins, du oued Agrioun et sa confluence, et l'aménagement d'oued en particulier le barrage de Ighil Emda. Suivie d'une description des méthodes utilisées dans notre travail pratique.

Le troisième chapitre, est partagé en deux parties : une recherche bibliographique sur le courant de densité et la méthode de soutirage, et une partie pratique d'analyse des données et quantification de l'eau et des sédiments libérés par les vannettes de dévasement et les vannes de dégrèvements dans l'oued Agrioun.

Le quatrième chapitre est une partie pratique qui est l'interprétation et discussion des résultats de l'analyse granulométrique des sédiments, prélevés dans le lit mineur de l'oued Agrioun en différents endroits, et en deux campagnes de prélèvements.

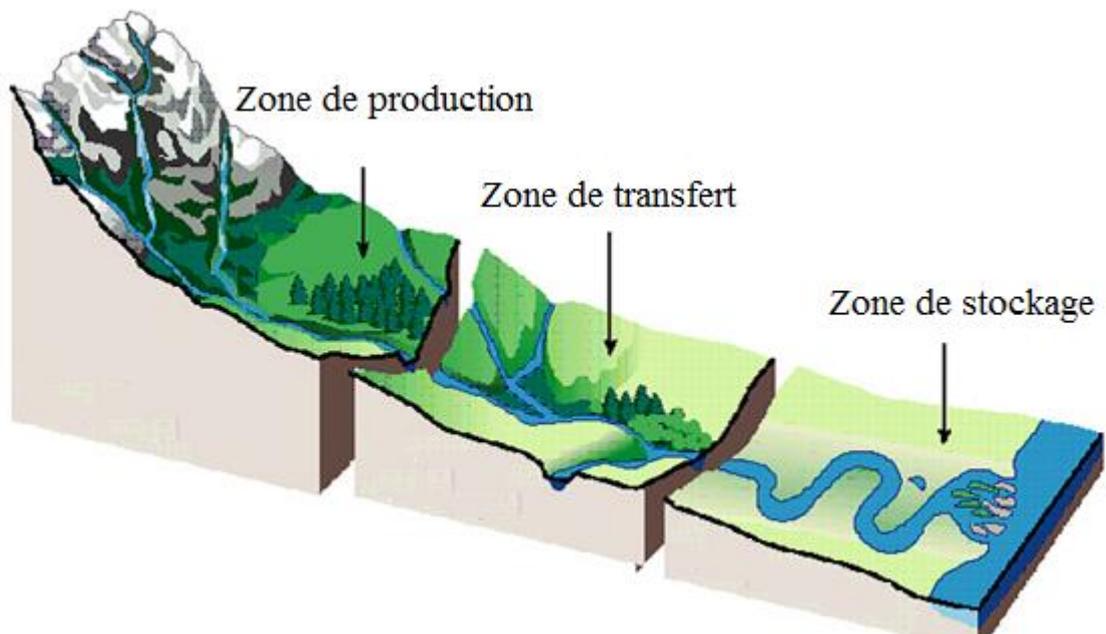
# **Chapitre I :**

Le système fluvial, transport solide et  
dynamique sédimentaire

## I.1. Le système fluvial

Le système fluvial est un concept géomorphologique centré sur l'organisation spatiale des transferts des sédiments. Il repose essentiellement sur la dimension longitudinale des échanges au sein d'un bassin versant et on propose un découpage de ce dernier en trois secteurs (ROLLET) ;

- **La zone de production**, constituée par l'ensemble des versants et des têtes de bassin qui ont pour fonction principale de produire les sédiments qui seront ensuite progressivement évacués par le système fluvial,
- **La zone de transfert**, dont la fonction est d'assurer le transport des sédiments en direction de
- **La zone de stockage**, où dominent les formes d'accumulations sédimentaires. Ce type de conception met l'accent sur l'atténuation vers l'aval de l'influence des versants sur la dynamique fluviale. Cette atténuation s'explique par la formation progressive d'une plaine alluviale, construite par les apports sédimentaires successifs depuis l'amont.



*Figure (1.1) le système fluvial (Begay, 2012)*

On peut alors aborder le système fluvial sous des échelles spatiales et temporelles de grande disparité, des géomorphologues peuvent s'intéresser à la variation du profil au long d'une rivière, sur une échelle spatiale qui va atteindre toute la longueur du cours d'eau, et sur une longue période de temps, sur une échelle géologique, par contre un physicien étudie à petites échelles la turbulence dans un écoulement, le comportement des sédiments à l'échelle des grains

## **I.2. Fonctionnement fluvial**

Dans un écoulement fluvial, il y a d'un côté ce qui tend à écouler l'eau qui est la gravité, l'intensité avec laquelle cette dernière s'applique sur l'écoulement dépend de la pente, et de l'autre côté ce qui tend à ralentir l'eau ; le frottement sur le fond qui dépend de l'écoulement et celle de l'interface solide (granulométrie et topographie) (DE LINARES, 2007)

Le système fluvial est un système naturel évolutif qui est conditionné par l'interaction d'une série de composantes dans le temps et dans l'espace. En conditions naturelles, les cours d'eau tendent à établir une combinaison dynamique stable entre leurs différentes variables constitutives, les variables de contrôle et les variables de réponse. (PINTO MARTINS, 2008)

### **I.2.1 Les variables de contrôle**

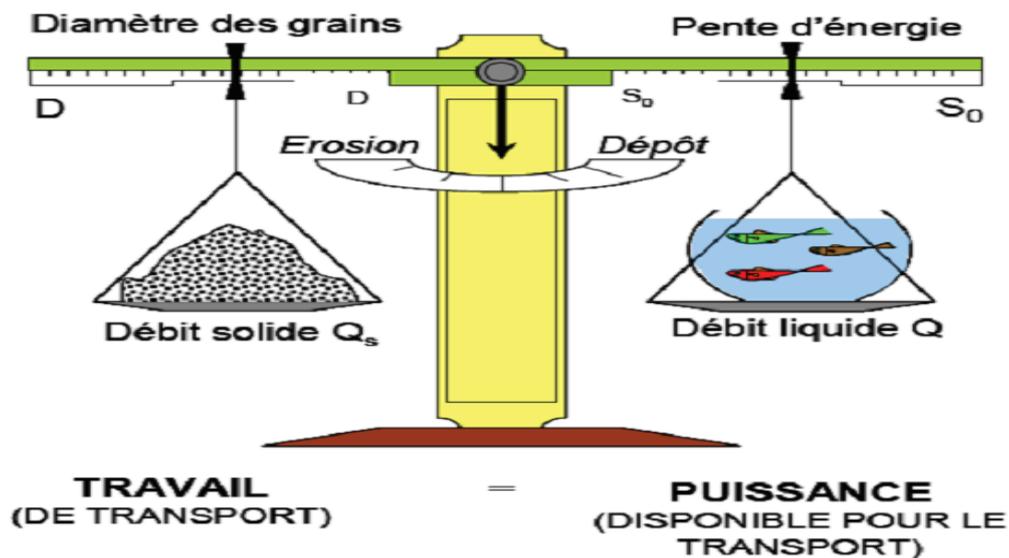
Appelées aussi variables externes ou variables indépendantes, Les deux variables de contrôle essentielles sont le débit liquide ( $Q$ ) et le débit solide ( $Q_s$ ) ce sont des variables imposées à la rivière et qui contrôlent son évolution physique. Il existe aussi les variables de contrôle secondaires, qui sont la pente de la vallée, la granulométrie du fond du chenal et des berges et la végétation des berges. Ces variables fluctuent à différents pas de temps et dans différents compartiment spatiaux du bassin versant.

### **I.2.2 Les variables de réponse**

Ce sont les variables dépendantes, et sont appelées aussi « degrés de liberté ». Elles sont ajustées en réponse aux variations des variables indépendantes. Les variables de réponse sont au nombre de sept : la largeur du lit, la profondeur moyenne, la pente du lit, la longueur d'onde des méandres, la sinuosité, la vitesse du courant et la profondeur maximale.

### 1.3. Equilibre dynamique

Les processus d'entrée et de sortie des débits liquide et solide déterminent l'état d'équilibre dynamique ou de quasi-équilibre des cours d'eau. Lane (1955) exprime que le rapport entre débit liquide et le transport solide est responsable de l'état d'équilibre des systèmes fluviaux. Cette relation constitue un principe d'autorégulation des écoulements : si une ou plus variables sont modifiées, nécessairement il va se produire des changements sur une ou toutes les autres variables de façon à rétablir l'équilibre entre les processus d'érosion, transport et sédimentation



*Figure (1.2) : la balance de Lane (Recking, 2006 in Bacchi, 2011)*

Le schéma de Lane (1955) montre que toute rivière cherche son équilibre entre la charge alluviale imposée (caractérisée par son volume ( $Q_s$ ) et sa granulométrie ( $D$ )) et le débit liquide ( $Q$ ), qui, couplé à la pente ( $J$ ), fournit l'énergie capable de l'évacuer. De manière très simplifiée, le principe de la dynamique fluviale peut donc être représenté comme l'oscillation permanente de l'aiguille d'une balance dont l'un des plateaux serait rempli de sédiments grossiers (variable  $Q_s$ ), et l'autre d'eau (variable  $Q$ ). Les quantités respectives et les rapports de ces deux éléments étant extrêmement fluctuants (à l'échelle de la journée, de l'année, du millier d'années), il s'ensuit un ajustement permanent de la morphologie du cours d'eau, autour de conditions moyennes, par le biais des processus d'érosion-dépôt.

## **I.4. Impact des barrages sur le système fluvial**

La construction d'un barrage, modifie considérablement le système fluvial, en amont et en aval :

### **I.4.1. Impact en amont des barrages**

L'impact le plus visible en amont d'un barrage est la surélévation du niveau de l'eau dans la retenue, par rapport au niveau naturel du cours d'eau. La montée des eaux recouvre les terres fertiles, quelques fois même des villes, et apporte comme conséquence la perte de biotopes et parfois le besoin de transfert des populations touchées (PINTO MARTINS 2008).

Dans les endroits proches du réservoir, l'augmentation du niveau d'eau en amont est propice à la création de zones humides permanentes, en modifiant la capacité d'absorption du sol et en modifiant les écosystèmes terrestres.

Dans le réservoir, le passage d'un milieu aquatique lotique (eau courante) à un milieu lentique (eau stagnante) provoque des modifications des paramètres physico-chimiques de l'eau, ce qui transforme les écosystèmes et restreint le développement de certaines espèces. Avec le temps, apparaissent des problèmes liés à la stratification thermique de l'eau et à l'eutrophisation du réservoir.

Les pertes en eau par évaporation liées à l'augmentation de la surface est aussi un effet liés aux réservoirs. Les pertes en eau dépendent de plusieurs facteurs, comme la localisation de l'ouvrage, le climat, la couverture végétale du bassin versant et les caractéristiques techniques du réservoir. Quant à ces derniers, les pertes en eau par évaporation sont proportionnelles à la surface et à la profondeur du réservoir. Plus grande est la surface du réservoir, plus grandes sont les pertes d'eau par évaporation ; moins profonds sont les réservoirs, plus importantes sont aussi les pertes par évaporation, au point de compromettre son exploitation. Ainsi, les réservoirs étroits et profonds sont plus indiqués, surtout dans les régions semi-arides où les pertes par évaporation peuvent rendre difficile le stockage de l'eau (PINTO MARTINS, 2008).

En ce qui concerne l'effet des barrages sur la dynamique sédimentaire en amont des retenues, les matières sédimentaires tendent à être déposées de façon graduelle de l'amont vers l'aval en termes de quantité et de granulométrie (de plus grossière à plus fine). Ce phénomène est lié à la réduction de la vitesse des flux et de la capacité de transport des sédiments dans le tronçon. Sur les affluents, en amont, l'élévation du niveau de base cause un exhaussement progressif du lit des affluents d'aval en amont, avec apparition possible de

bancs de sable ou de limon. Il y a aussi des modifications des pentes et de la sédimentation à la confluence des affluents, ce qui peut avoir des répercussions sur l'écoulement des crues.

#### **I.4.2. Impact en aval des barrages**

La construction des barrages apporte plusieurs types de changements à l'environnement, en ce qui concerne les modifications du paysage, les déplacements de population, ou encore les modifications de la dynamique fluviale. Sur ce dernier point, la construction des retenues peut induire des modifications significatives des caractéristiques hydrodynamiques, hydrauliques et morphologiques du chenal, à cause de changements dans les transferts d'eau et de sédiments.

#### **I.4.3. Les barrages comme agents de régulation du régime des flux**

Le régime hydrologique joue un rôle important dans la conservation des écosystèmes fluviaux, les caractéristiques biotiques et abiotiques variant en fonction de la variabilité du flux, comme les niveaux d'oxygène, la température de l'eau ou même la distribution de la charge en suspension et de fond.

La régulation du débit liquide est le premier effet observé à la fermeture du barrage, une fois que la régulation de l'écoulement et la rétention de la charge solide créent des régimes de flux artificiels en aval. La régularisation du régime d'écoulement provoquée par les barrages sur un cours d'eau peut apporter des changements à trois variables: 1) l'intensité, 2) la durée et 3) la fréquence des débits.

Néanmoins, les effets des barrages sur le régime des flux dépendent de plusieurs facteurs, comme la surface et la morphométrie du bassin versant, la distribution des précipitations, les caractéristiques du site où se trouve le barrage; ainsi que des caractéristiques de la retenue, comme sa capacité de stockage de l'eau et la forme d'aménagement du réservoir (Petts, 1984 cité par Pinto Martins 2008).

#### **I.4.4. Les impacts des barrages sur le transport de sédiments**

Le flux de sédiments est aussi touché par la construction des retenues, en fonction de la taille de l'ouvrage et de son réservoir. En aval des retenues, les effets sur la charge solide sont très marqués, lorsque la retenue intercepte une fraction significative du matériel solide en bloquant le transfert des sédiments de l'amont vers l'aval. Les concentrations de matériaux en suspension sont fortement réduites et le charriage est en général complètement bloqué dans la retenue.

Une fois que les matériaux sédimentaires sont bloqués dans la partie en amont du réservoir, les cours d'eau en aval de la retenue tendent à redistribuer le matériel sédimentaire qui est déjà présent dans le chenal. Pour les cours d'eau qui ne présentent pas de changements significatifs du débit liquide, ou pour ceux qui présentent une augmentation du débit moyen, une érosion progressive du matériel solide disponible dans le lit se déplace vers l'aval, afin de compenser le déficit de sédiments. La propagation de cette érosion se produit jusqu'au moment où le cours d'eau atteint une nouvelle condition d'équilibre.

Dans les cas où le barrage provoque la réduction ou l'élimination des débits les plus forts et l'augmentation de la durée des débits les plus faibles, on peut avoir un transport sélectif des particules, ce qui peut provoquer des modifications nettes de la composition granulométrique du matériel solide du chenal.

D'autre part, le déficit de sédiments, l'effet de l'eau « claire » libérée par la retenue, comme la variation des débits à un pas de temps court peuvent déclencher aussi des processus d'érosion des berges. Ces processus fournissent aussi des sédiments qui compensent le déficit de matériel transporté par le chenal.

#### **I.4.5. Les processus d'aggradation et d'incision du chenal**

Parmi les effets les plus communs des barrages sur les chenaux en aval des retenues, les changements de la dynamique hydrosédimentaire sont les plus attendus. La réduction de l'apport de sédiments, en raison de la rétention par la retenue, conjointement avec les changements du régime d'écoulement, a pour résultat des modifications complexes dans le chenal. La variabilité des changements dépend des modifications de la capacité de transport du chenal, lorsque la présence de la retenue apporte des modifications à la vitesse du courant et à d'autres paramètres de transport. Du fait de l'interaction entre ces facteurs, des processus d'incision ou d'aggradation du chenal peuvent avoir lieu. Les effets dépendent surtout de trois facteurs : le degré de régulation de l'écoulement, la résistance du matériel du fond et des berges et l'apport liquide et sédimentaire issu des affluents.

L'effet de l'eau claire, suite à la rétention de la charge solide dans le réservoir, provoque l'incision du lit à un rythme supérieur à celui qui est observé dans des conditions naturelles. Les processus de dégradation se déplacent par progradation en direction de l'aval jusqu'au moment où le cours d'eau trouve de nouvelles conditions d'équilibre (PINTO MARTINS 2008). Parmi les facteurs qui déterminent l'évolution des processus d'incision du chenal, les caractéristiques du matériel du fond et la résistance des berges possèdent une forte relation avec l'intensité des processus. Lorsque le lit se compose de sables homogènes à

granulométrie plus fine, l'érosion tend à approfondir le lit jusqu'à l'apparition du fond rocheux, d'une couche des sédiments plus résistante ou jusqu'à un niveau où la vitesse du courant diminue par rapport à la capacité de transport du chenal.

#### **1.4.6. Effets des barrages sur la morphologie du chenal**

Les rivières sont des systèmes actifs et dynamiques qui modèlent le relief de la surface de la terre. Dans des conditions naturelles, la dynamique fluviale des cours d'eau est maintenue en condition de presque équilibre, les interactions des facteurs naturels (géologie, climat, végétation, topographie, régime de flux, charge solide) modelant sa morphologie.

Le cours d'eau cherche à établir un transit optimal de ses débits liquide et solide en formant un système continu et complexe qui tend à se modifier dans le temps et dans l'espace en fonction des conditions locales. Alors toute perturbation d'un des éléments de ce système, d'origine naturelle ou humaine, conduit à une adaptation de la morphologie du cours d'eau aux nouvelles conditions

### **I.5. Transport solide en hydraulique fluviale**

#### **I.5.1. Classification des cours d'eau**

Pour classification de cours d'eau selon leurs pentes, Nous retiendrons la définition des cours d'eau donnée par Bernard 1925 cité par Dégoutte G.2008 :

- Les rivières sont des cours d'eau de pente inférieure à 1% ;
- Les rivières sont torrentielles, lorsque leur pente est comprise entre 1% et 6%
- Au-delà d'une pente de 6%, les cours d'eau sont appelés torrents.
- Les rivières de plaines ont des pentes faibles de l'ordre de 0,5 à 0,2‰

Cela ne présuppose rien sur le type d'écoulement fluvial ou torrentiel tel que défini par le nombre de Froude.

En hydraulique fluvial, on peut considérer indépendamment la phase liquide et la phase solide, ce n'est qu'une approximation, mais elle ne conduit pas à de grandes erreurs .toutefois il faudra tenir compte des modifications du fond en fonction de l'importance du débit liquide, ce qui entraîne une évolution du coefficient de rugosité .cette approche est dite découplée. (Degoutte G.2008)

Par contre en hydraulique torrentielle, la présence de la phase solide perturbe fortement l'écoulement liquide, au-delà d'une pente de 6 à 10 %, la hauteur d'écoulement est

significativement supérieure à ce qu'elle sera en présence d'eau seule. (smart et jaeggi 1983, in Degoutte 2008).de plus dans à cette valeur de la pente, ne nous pouvons plus considérer que le fluide à un comportement Newtonien.

### **1.5.2. Mécanisme de transport en hydraulique fluviale :**

On peut caractériser le transport des sédiments, qui s'effectue dans un cours d'eau, par le mode de transport et par l'effet du transport. Le transport des matériaux dans un cours d'eau peut s'effectuer de deux manières : par charriage ou par suspension

On peut aussi distinguer le transport des sédiments par son effet en deux types : le transport en interaction avec le lit du cours d'eau et le transport qui a lieu sans échange avec ce dernier.

#### **1.5.2.1.Mode de transport du sédiment en hydraulique fluviale**

Dans une rivière dont le fond et les berges sont constitués de matériaux de différentes tailles, pour une vitesse donnée de l'écoulement, il y a simultanément transport par charriage des matériaux les plus lourds, et transport en suspension de matériaux plus légers :

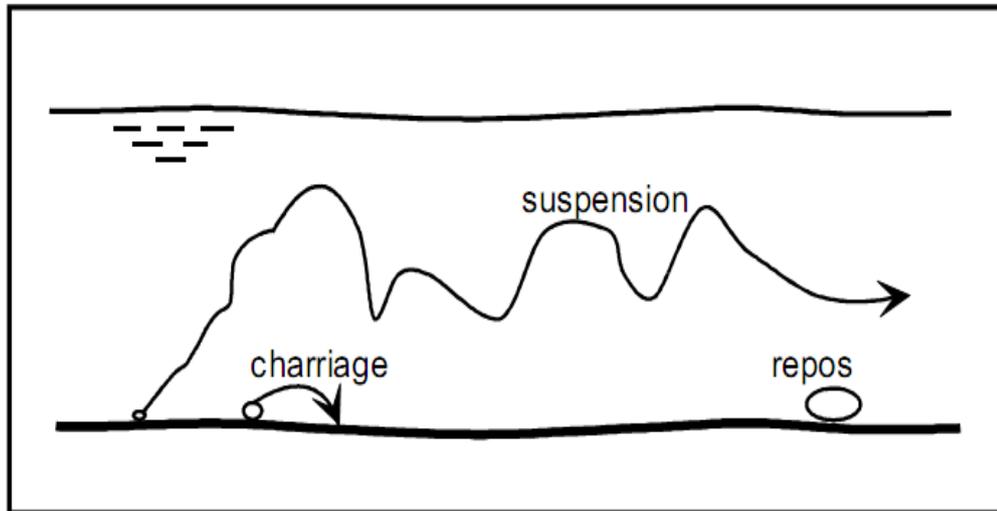
##### **1.5.2.1.1 Le transport par charriage**

Le charriage est le mouvement des grains près du fond, par roulement, par glissement des grains les uns sur les autres ou par saltation par petits sauts sans quitter pratiquement le fond. Le charriage concerne plus pratiquement les sables, les graviers, les galets et les blocs.

##### **1.5.2.1.2. Le transport par suspension**

La suspension est le déplacement des grains dans la colonne liquide sans toucher le fond, les grains sont emportés en suspension malgré leur poids, lorsque la turbulence de l'écoulement devient grande .un grain déjà mis en mouvement par charriage passe en suspension lorsque la composante de la vitesse de turbulence est supérieure à sa vitesse de chute. La suspension concerne plus particulièrement les sables et les limons.

La limite entre charriage et suspension reste un peu imprécise, il y a une certaine continuité entre les deux processus.



**Figure (1.3) :** modes de transport solide en hydraulique fluviale (Degoutte 2008)

### **I.5.2.2.. Type de transport dans le réseau hydrographique**

#### **I.5.2.2.1. Le débit en matériaux du lit**

Ce débit solide est composé uniquement d'éléments du fond et de berges du lit mineur, qui permet à ce dernier de se façonner et de gérer sa propre dynamique, et dont la phase en suspension continue à engraisser les alluvions du lit de débordement (Ramez, 1995)

La valeur de ce débit est limitée par la capacité de transport, qui elle-même dépend des caractéristiques géométriques, hydrauliques et granulométriques.

#### **I.5.2.2.2. Le débit des fines maintenues en suspension**

Composé de grains dont le diamètre est inférieur au plus petit grain de la surface du lit mineur, qui se propage en auto-suspension dans le lit, mais qui ne contribue pas à engraisser les alluvions du lit de débordement .ce débit n'est donc pas limité par les lois définissant l'évolution du lit mineur, par contre son transit dans le réseau hydrographique est intimement lié à la dynamique des crues.

### **I.5.3. Capacité de transport solide**

Le débit solide est le volume de matériaux granulaires transportés par le courant par unité de temps. Il s'exprime en  $m^3/s$ . Pour une vitesse donnée, le cours d'eau a une capacité de transport solide, liée à l'énergie de l'eau, qui est la valeur du débit maximal transitant dans un tançons homogène.

Le cours d'eau transporte toujours autant de matériaux qu'il est capable d'en transporter, à condition bien sûr que ces matériaux soient disponibles sur place, c'est-à-dire sur le fond ou sur les berges. A chaque instant, l'écoulement est donc saturé en débit solide (charriage et suspension). Dans cette situation, le tronçon de rivière considéré est en équilibre et le débit solide entrant est égal au débit solide sortant. On dit aussi que le taux d'érosion est égal au taux de dépôts. Si le débit solide sortant est inférieur, il y a dépôt dans le tronçon considéré ; si le débit solide sortant est supérieur, il y a érosion du fond ou des berges dans le tronçon considéré.

#### **I.5.4. Erosion du lit et dépôt**

Dans une rivière naturelle, l'écoulement n'est jamais uniforme soit parce que des paramètres géométriques changent (pente, largeur...), soit parce qu'il y a des singularités (méandres, seuils). Il y a donc des zones à plus forte vitesse et des zones à plus faible vitesse. Dans les zones à forte vitesse, il y a davantage de matériaux prélevés : ce sont des zones d'érosion du fond. Dans les zones à faible vitesse, les matériaux provenant de l'amont peuvent se déposer à nouveau : ce sont des zones de dépôt, les dépôts prennent la forme de bancs ou d'îles.

Une rivière naturelle présente donc une double variabilité de son lit :

- Dans l'espace : il y a des zones privilégiées d'érosion, et des zones privilégiées de dépôt.
- Dans le temps : des matériaux fins déposés en régime moyen pourront être emportés en crue.

Erosion du fond et dépôts sont des conséquences de l'évolution des débits au sein du cycle hydrologique annuel. Ils traduisent une variabilité naturelle à court terme des conditions d'écoulement et de transport que l'on compare souvent à une respiration. En ce sens, ces modifications sont plutôt de type réversible : le dépôt est repris en crue puis se reconstitue à la décrue à peu près au même endroit. La respiration est un mouvement réversible du fond autour d'une valeur moyenne.

#### **I.5.5. Taille des grains**

Dans les rivières les sédiments ne présentent pas une taille de grain unique, mais sont formés de mélange de grains de différentes tailles .ce mélange sera entièrement défini par une courbe de répartition granulométrique. Les tailles des grains sont représentées sur une échelle

logarithmique qui est mieux adaptée que l'échelle linéaire, car la courbe granulométrique est généralement proche d'une loi log normale.

La courbe granulométrique représente le pourcentage en poids des grains de dimension inférieure à  $D$  en fonction de la dimension  $D$  d'un grain. En laboratoire, elle est obtenue par tamisage pour les grains de dimension supérieure à 80  $\mu\text{m}$ . La dimension  $D$  est la maille du tamis. La partie inférieure de la courbe granulométrique est obtenue par densimétrie pour les grains de dimension inférieure à 80  $\mu\text{m}$ .  $D$  est dans ce cas le diamètre d'une sphère de même poids que le grain, mais en rivière il est peu fréquent de mesurer cette partie fine.

Soit  $D_x$  la dimension de grain correspondant à  $x\%$  en poids de tamisât (ce qui passe au travers du tamis). On appelle coefficient d'uniformité (ou de Hazen) le rapport ( $d_{60}/d_{10}$ )

Un sol tel que  $d_{60}/d_{10}$  est inférieur à 3 est dit à granulométrie uniforme ; un sol tel que  $d_{60}/d_{10}$  est supérieur à 3 est dit à granulométrie étalée.

## I.6. Quantification des phénomènes de transport solide

### I.6.1. Contrainte de Shields (1936) et seuil de mise en mouvement

La contrainte de cisaillement au fond  $\tau_0$  (force tractrice) rapportée au grain de diamètre  $D_i$  et de masse volumique  $\rho_s$  peut s'écrire sous la forme adimensionnelle suivante :

$$\tau_*(D_i) = \frac{\rho g J R}{g(\rho_s - \rho) D_i} \quad (1.1)$$

C'est la contrainte de Shields appliquée au grain de diamètre  $D_i$

Si nous notons  $\delta$  l'étendue granulométrique du sédiment et en posant  $\delta = D_{90}/D_{50}$

La contrainte critique, correspondant au seuil de mise en mouvement d'un grain de diamètre est notée  $\tau_{cr*}(D_i)$ , ce seuil de mise en mouvement est représenté par le diagramme de Shields, dans lequel  $R_{e*}(D_i)$  est le nombre de Reynolds du grain exprimé sous la forme suivante :

$$R_{e*}(D_i) = u_* \cdot D_i / \nu \quad (1.2)$$

Avec :  $u_* = \sqrt{gJR}$ , la vitesse de frottement

$\nu$  : La viscosité cinématique

Nous proposons la présentation de Yalin (1972) cité par (Degoutte, 2008), qui a transformé la relation de Shields en relation entre  $\tau^*$  et  $d^*$

$$\text{Avec : } d^* = \left( \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \cdot \frac{g}{\nu^2} \right)^{1/3} \quad (1.3)$$

En se supposant que :  $(\gamma_s/\gamma) = 2,6$ , et en se plaçant à une température de 20°C

$\nu = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  ce qui donne  $d^* = 25000 D$

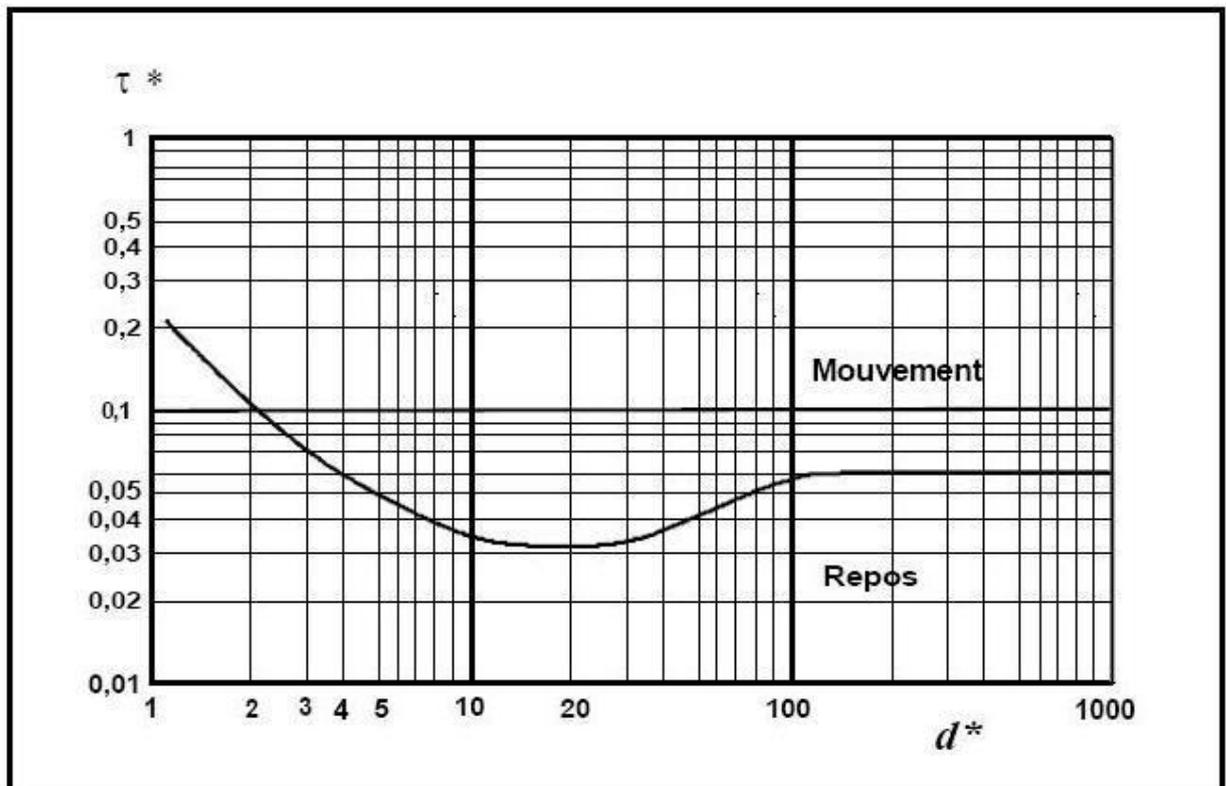


Figure (1.4) : diagramme de Yalin-Shields

- **En granulométrie uniforme**

$D_i = D_{50}$  quel que soit  $i$ , nous retiendrons les résultats que Meyer-Peter et Muller (1948) ont établis pour un tirant d'eau compris entre 1 cm et 1,2 m, une pente comprise entre 4‰ et 2‰, et un substrat constitué de grains identiques d'un diamètre compris entre 0,4 mm et 3 cm.

Selon ces auteurs, les phénomènes de charriage peuvent être ramenés à deux valeurs particulière de  $\tau^*(D_{50})$ , l'une notée  $\tau_{cr}^*(D_{50})$  égale à 0,03, l'autre notée  $\tau_{char}^*(D_{50})$  égal à 0,047, et définies de la façon suivante :

- Si  $\tau_*(D_{50}) < 0,03$ , alors il n'y a aucun mouvement de substrat.
- Si  $0,03 < \tau_*(D_{50}) < 0,047$ , alors les tous premiers mouvements apparaissent, mais ils ne sont pas assez soutenus pour générer un débit solide.
- Si  $\tau_*(D_{50}) > 0,047$ , alors il y a production d'un débit solide par charriage.

En fait lorsque  $\tau_*(D_{50})$  augmente de 0 à l'infini, il existe une valeur critique égale à 0,03 en granulométrie uniforme, au-delà de laquelle la probabilité de mise en mouvement n'est plus nulle, même si elle reste très faible tant que  $\tau_*(D_{50})$  est inférieure à 0,047.

Lorsque  $\tau_*(D_{50})$  est supérieure à 0,047, le débit solide produit par charriage peut être calculé par la formule de Meyer-Peter et Muller (1948)

- **En granulométrie étendue**

Nous nous réfèrerons aux expériences de Parker (1982) cité par Ramez(1995), qui tiennent compte des phénomènes de masquage appliqués aux grains de diamètre médiane  $D_{50}$  et qui se traduisent par la relation :  $\tau_{cr^*}(D_{50}) = 0,0876$ .

Ces expériences définissent deux valeurs particulières du seuil de mise en mouvement, notée  $\tau_{cr^*}$  et  $\tau_{char^*}$  par analogie avec les résultats obtenus par Meyer-Peter et Muller en granulométrie uniforme, telles que les valeurs du rapport  $\tau_{char^*}/\tau_{cr^*}$  reste proche de 1,57, mais explicitées plus précisément par Parker de la manière suivante :

- Si  $\tau_*(D_{50}) < 0,0876$ , alors il n'y a aucun mouvement du substrat (pavage statique)
- Si  $0,0876 < \tau_*(D_{50}) < \tau_*(D_{50}) \cdot 0,138$ , alors quelques grains de l'armure bougent légèrement, ce qui entraîne la production d'un faible débit solide alimenté par les couches sous-jacentes (pavage dynamique).
- Si  $\tau_*(D_{50}) > 0,138$ , alors l'armure n'existe plus et tous les grains du substrat alimentent le débit solide.

Dans le cas où  $\tau_*(D_{50})$  est supérieure à 0,138, nous pouvons utiliser l'hypothèse de mobilité équivalente suggérée par Parker (1982) et poser  $\tau_{cr^*}(D_i) \cdot D_i = \tau_{cr^*}(D_{50}) \cdot D_{50}$

En rapportant alors le critère de seuil de mise en mouvement du substrat à son diamètre représentatif pour le transport solide, c'est-à-dire au seul  $D_{90}$ , nous traduirons ce résultat sous la forme suivante :

$$\tau_*(D_{50}) > 0,138 \quad \Leftrightarrow \quad \tau_*(D_{90}) = \tau_*(D_{50}) / \delta > \tau_*(D_{90}) / \delta = 0,138 \quad (1.4)$$

### I.6.2. Estimation de la phase charriée du débit en matériaux du lit

Si les matériaux nécessaires au lit pour atteindre sa capacité de transport sont disponibles et si l'écoulement liquide est tel que le régime uniforme peut effectivement s'établir, alors nous dirons que le débit solide transite à saturation.

Nous noterons  $\tilde{q}_s$  ce débit solide à saturation par unité de largeur (exprimé en  $m^3/s/m$ ) et nous distinguerons deux cas : rivières à sable et rivières à gravier.

Les éléments charriés de la phase solide seront supposés tels que

$$\left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1\right) \approx 1,6 \quad (1.5)$$

- **Rivières à sable**

Dans ce cas  $\alpha$  peut être inférieur à 1, et la contrainte de Shields efficace rapportée au grain de diamètre médian  $D_{50}$  est égale à :  $\alpha \cdot \tau_*(D_{50})$ .

Nous écrirons la formule de Meyer-Peter (1948) sous la forme suivante :

$$\tilde{q} = 45 \cdot D_{50}^{3/2} [\alpha \cdot \tau_*(D_{50}) - 0,047]^{3/2} \quad (1.6)$$

Avec :  $\alpha = \left(\frac{K}{K_r}\right)^{2/3}$

$K$  : Coefficient de Strickler global

$K_r$  : Coefficient lié au frottement de peau produit par la rugosité des grains

La formule d'origine exprime le débit solide pesé sous l'eau en Newton par seconde et par mètre. Sa conversion en  $m^3/s/m$  dépend de la masse volumique et de la porosité du matériau en mouvement. Nous obtenons un coefficient égal à 45 en supposant que la densité est 2,6 et que sa porosité est proche de 30%.

- **Rivières à gravier :**

La dynamique de ce type de rivière dépend essentiellement des phénomènes de tri granulométrique. Plus exactement, tant que  $\tau_*(D_{50})$  est inférieure à 0,138, alors la valeur du débit solide, fourni par les sédiments stockés en couches sous-jacentes, est limitée par la couche de pavage, dont la mobilité des grains reste pratiquement nulle. Mais lorsque

$\tau_{*(D_{50})}$  devient supérieure à 0,138, cette couche de surface est détruite et tous les grains sont emportés indistinctement.

Ayant constaté ces mécanismes in-situ, Parker, Klingeman et McLean (1982) déterminent le débit solide des rivières à gravier, en distinguant le cas où l'effet filtre imposé par la couche de pavage régule la disponibilité au charriage des grains situés sous cette couche, du cas où la surface pavée est détruite. (Ramez 1995)

Dans les deux cas, les relations proposées font intervenir le diamètre médian des couches sous-jacentes que nous noterons  $D_{s50}$ . (Formules de Parker)

▪ **Le premier cas :**

$$\tilde{q}_s = 0,01 D_{s50}^{3/2} \cdot \tau_{*(D_{s50})}^{3/2} \cdot e^A \quad (1.7)$$

Avec :

$$A = 14,2 \left( \frac{\tau_{*(D_{s50})}}{0,0876} - 1 \right) - 9,28 \left( \frac{\tau_{*(D_{s50})}}{0,0876} \right)^2 \quad (1.8)$$

▪ **Le deuxième cas**

$$\tilde{q}_s = 54 D_{s50}^{3/2} \cdot (\tau_{*(D_{s50})} - 0,0745)^{3/2} \cdot \left( 1 - \frac{0,0745}{\tau_{*(D_{s50})}} \right)^3 \quad (1.9)$$

Dans ce deuxième cas, l'armure étant détruite, nous pouvons aussi proposer une adaptation de la formule de Meyer-Peter et Muller aux rivières à gravier.

En admettons :  $K=K_r$  et donc  $\alpha=1$ , la contrainte de Shields efficace reste égale à  $\tau_*$ , mais nous la rapportons au diamètre  $D_{90}$ .

$$\tilde{q}_s = 45 D_{90}^{3/2} \left[ \tau_{*(D_{90})} - \frac{0,138}{\delta} \right]^{3/2} \quad (1.10)$$

Soit :

$$\tilde{q}_s = 45 D_{50}^{3/2} [\tau_{*(D_{50})} - 0,138]^{3/2} \quad (1.11)$$

L'adaptation de la formule de Meyer-Peter et Muller aux rivières à gravier n'entraîne qu'une seule modification, liée au fait la valeur critique de  $\tau_{*(D_{50})}$  est très élevée en raison des phénomènes de masquage.

Le principe de mobilité équivalente proposé par Parker semble donc confirmer les hypothèses de Meyer-Peter et Muller en 1948, selon lesquelles le débit solide d'un mélange de grain hétérogènes peut être estimé en utilisant le seul diamètre médian et en négligeant les différences de mobilité entre les différentes fractions.

### I.6.3. Estimation de la phase en suspension du débit en matériaux du lit

Deux approches envisageables pour tenir compte des phénomènes liés à la mise en suspension d'une partie du débit en matériaux du lit, plus ou moins négligeables dans les rivières à gravier, et qui peuvent devenir très importantes dans les rivières à sable.

L'une des approches consiste à estimer directement le débit en matériaux du lit total (charriage et suspension), l'autre permet de déterminer la variation le long du talweg de la concentration des matières en suspension provenant du substrat

La première approche détermine en fait la capacité de transport de l'ensemble des éléments du lit, ce qui revient à supposer qu'il à saturation en débit en matériaux du lit.

La deuxième approche calcule la capacité de transport de la seule phase en suspension du débit en matériaux du lit, par contre elle permet d'établir une loi de chargement de cette phase solide le long du tronçon

Dans les deux cas, les particules considérées ne peuvent pas provenir que du substrat du lit mineur, le débit des fines maintenues en suspension est donc négligeable.

#### I.6.3.1. Débit en matériaux du lit total

Nous proposons deux formules estimant la valeur  $\tilde{q}_s$  (exprimée en  $m^3/s/m$ ) de ce débit solide à saturation et par unité de largeur. L'accélération de pesanteur étant remplacée par sa valeur en  $m/s^2$

##### a) La formule d'Einstein-Brown (1950)

Cette formule est issue d'une approche probabiliste et valable pour  $D > 0,3$  mm sans indication de limite supérieure. En fait, cette formule est utilisable pour un transport solide se faisant uniquement par charriage, soit par charriage et suspension en même temps.

$$\tilde{q}_s = 3,13 \cdot \left( \frac{\rho_s}{\rho} - 1 \right)^{1/2} \cdot \Phi \cdot F \cdot D_{50}^{3/2} \quad (1.12)$$

Avec :

$$F = \left[ \frac{2}{3} + \frac{3,67v^2}{\left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1\right).D_{50}^3} \right]^{1/2} - \left[ \frac{3,67v^2}{\left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1\right).D_{50}^3} \right]^{1/2} \quad (1.13)$$

Avec :

$v$  : est la viscosité cinématique du fluide et :

$$\Phi = 2,15. e^{-\frac{0,391}{\tau_*(D_{50})}} \quad \text{si} \quad \tau_*(D_{50}) < 0,2 \quad (\text{charriage seul})$$

$$\Phi = 40. \tau_*(D_{50})^3 \quad \text{si} \quad \tau_*(D_{50}) > 0,2 \quad (\text{charriage et suspension})$$

### b) La formule d'Engelund - Hasen (1967)

Issue d'une approche empirique et valable pour  $0,2 < D < 1 \text{ cm}$  lorsque  $\tau_*(D_{50}) > 0,25$ .

$$\tilde{q}_s = 0,025 \left( \frac{\rho_s}{\rho} - 1 \right)^{1/2} . K^2 . R^{1/3} . D_{50}^{3/2} . \tau_*(D_{50})^{5/2} \quad (1.14)$$

$K$  est le coefficient de Strickler global intégrant éventuellement la résistance de forme due aux ondulation du lit, si la suspension devient très intense pour les très grandes valeurs de  $\tau_*(D_{50})$  ces ondulations ont tendance à disparaître (totalement si  $\tau_*(D_{50})$  est supérieur à 2,5). Ramette-1981 cité par Ramez 1995, propose d'utiliser la formule de Engelund-Hasen pour évaluer le débit solide par charriage et suspension dès que  $\tau_*(D_{50})$  devient supérieur à 0,25 en granulométrie uniforme. Nous admettons qu'à partir de cette valeur limite il apparait une discontinuité dans les phénomènes de transport solide que la formule de Meyer-Peter et Muller ne peut pas représenter.

En particulier, nous ne pouvons pas simplement admettre que la phase en suspension du débit en matériaux du lit est égale à la différence entre le débit solide total estimé par la formule de Engelund-Hasen et le débit solide charrié estimé par la formule de Meyer-Peter et Muller ,tout au moins lorsque  $\tau_*(D_{50})$  reste proche de 0,25.

Cette discontinuité est surtout liée à une déstructuration du substrat entraînant une mise en suspension des matériaux fins et provoque une hausse brutale de la production de sédiment.les phénomène de masquage disparaissent puisque les grains sont désolidarisés

les uns les autres .c'est la raison pour laquelle nous avons ramené l'évolution du débit solide total au seul  $D_{50}$  .

Remarquant enfin, dans la formule d'Einstein-Brown que la limite entre charriage seul et charriage plus suspension est fixée à  $\tau_*(D_{50}) = 0,20$  au lieu de 0,25 et que  $\tilde{q}_s = 0$  pour  $\tau_*(D_{50}) = 0$  au lieu de 0,047

### I.6.3.2. Variation de la concentration des matières en suspension provenant du substrat

Considérant un écoulement uniforme, dans lequel la concentration moyenne  $\bar{C}$  ne varie pas le long du courant, tout au moins un premier temps.

Nous avons alors  $\frac{\partial \bar{C}}{\partial t} = \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} = 0$ , et nous pouvons représenter la répartition verticale des particules solides en suspension dans cet écoulement par un profil de concentration, dont la forme correspond à l'équation de diffusion de Schmidt-O'Brien (Schmidt (1925, O'Brien (1933))

$$\frac{C(z)}{C(z_0)} = \left( \frac{H-z}{z} \cdot \frac{z_0}{H-z_0} \right)^{\frac{\omega}{\xi u_*}} \quad (1.15)$$

Avec :

$$u_* : \text{vitesse de frottement définie par la relation } u_* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}} = \sqrt{gJR}$$

$H$  : Tirant d'eau de l'écoulement

$C(z_0)$  : Concentration à la hauteur  $z_0$  près du fond, au dessus des rugosités de grains.

$C(z)$  : Concentration à une hauteur  $z$  depuis le fond, telle que  $z_0 < z < H$

$\xi$  : Concentration de Von Karman (égale à 0,4 si le taux de MES n'est pas trop élevé

$\omega$  : vitesse de chute des particules en suspension

Pour déterminer  $\omega$ , nous pouvons considérer le bilan des forces auquel est soumise une particule solide dans un fluide au repos .Nous constatons alors qu'elle se déplace avec une certaine vitesse, qui atteint une valeur limite lorsque la résistance que le liquide lui oppose devient égale à son poids apparent. C'est cette valeur limite qui est appelée vitesse de chute.

Pour un grain sphérique de diamètre  $D$ , nous pouvons ainsi évaluer  $\omega$  à l'aide des relations suivantes :

$$\omega = \left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1\right) \frac{gD^2}{18\nu} \quad \text{Écoulement laminaire autour du grain (formule de Stokes 1851)}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{4}{3} \frac{gD}{c_d} \left(\frac{\rho_s}{\rho} - 1\right)} \quad \text{Écoulement turbulent autour du grain (formule générale)}$$

Avec :

$\nu$  : La viscosité cinématique du fluide

$c_d$  : Le coefficient de traînée, qui ne dépend que du nombre de Reynolds du grain  $\left(\frac{\omega D}{\nu}\right)$ .

## I.7. Les formes du fond

Nous appelons ici « forme de fond » une structure topographique répétitive directement liée au transport solide. En conséquence les séquences seuils mouilles (banc alternés), qui sont plus liées au tracé du lit qu'au transport solide, ne sont pas considérées ici comme des formes de fond. Plusieurs types de formes de fond peuvent être superposés.

Les formes de fond sont un aspect fondamental du transport solide, en particulier parce qu'en modifiant la frontière liquide/solide (notamment en augmentant la rugosité) elles vont rétroagir sur l'écoulement de manière importante. On trouve différents types de formes de fond en rivière selon les conditions hydrauliques et le matériau du lit, qu'on peut présenter comme suivant :

- **Nappes de charriage** : ce sont des formes de fond des rivières de gravier à granulométrie assez large. Elles se caractérisent par une très faible hauteur, et la présence d'un fort tri granulométrique longitudinal au sein de la forme de fond (Whiting et al. (1988) in DE LINARES, 2007). En raison de leur faible hauteur, nous les assimilons au fond plat.
- **Rubans de sable** : Ce sont des formes typiques des rivières sable-gravier. Dans des conditions hydrauliques suffisantes pour entraîner le sable mais pas le gravier, le sable entraîné se sépare du gravier et forme des rubans, qui améliorent le transport du sable (le sable est plus mobile dans un mélange sableux que dans un mélange sable/gravier).

Quand plus de sable devient disponible, ces rubans se développent et se transforment en barkhanes.

- **Rides** : Ce sont des petites formes de fond qui ne peuvent se développer que dans le cas de sédiments fins. D'après Van Rijn (1984 cité par), elles n'apparaissent que pour des tailles de grain inférieures à 0.5mm.
- **Dunes** : Il s'agit de formes de grande taille (longueur jusqu'à six fois la hauteur d'eau) typiques des rivières de sable gravier. Elles sont généralement asymétriques, avec une face amont de faible pente et une face aval très raide. Elles tapissent généralement tout le lit (trains de dunes) mais quand l'approvisionnement en sable est limité (cas d'un lit composé d'un mélange sable gravier), des dunes de sable isolées sur un lit de gravier, les barkhanes, peuvent être trouvées. Les dunes sont en opposition de phase avec les ondulations de la surface libre (contrairement aux antidunes).
- **Antidune** : il s'agit de l'évolution de la dune en régime torrentiel. Les antidunes sont en phase avec les ondulations de la surface libre. Elles se déplacent généralement vers l'amont, contrairement à toutes les autres formes de fond.
- Les conditions d'apparition des différents types de formes de fond dépendent donc à la fois de la nature des sédiments (diamètre des grains mais aussi nature du mélange), et des conditions hydrauliques (hauteur d'eau et contrainte) (DE LINARES, 2007).

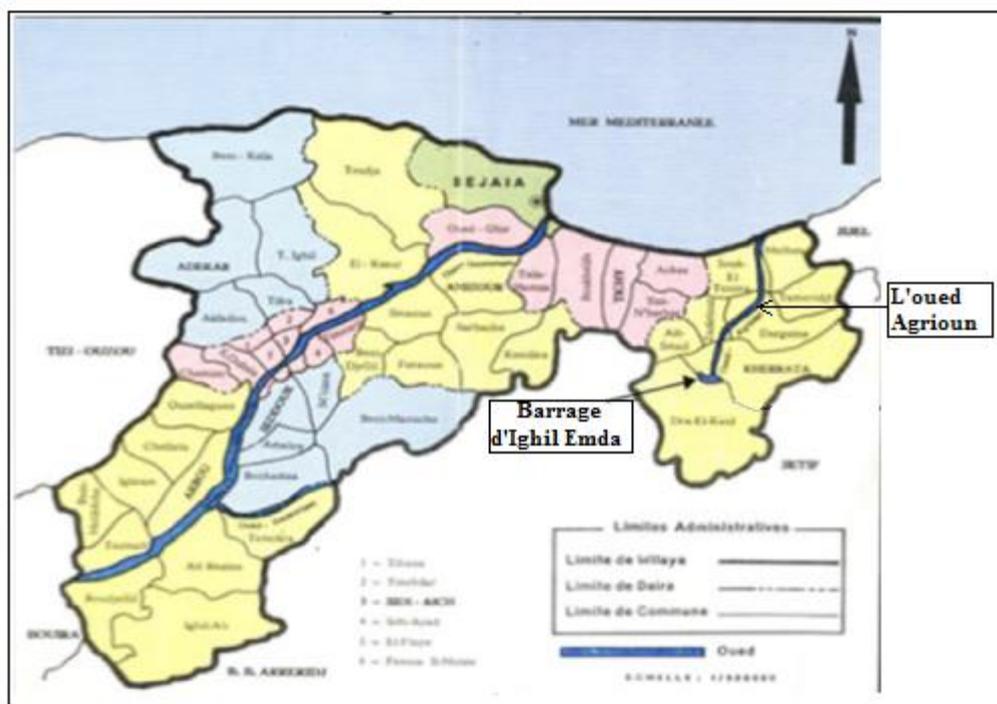
## **Chapitre II :**

Présentation du site d'étude

## II.1. Présentation du site d'étude

### II.1.1. Description du bassin versant de l'oued Agrioun

L'oued Agrioun prend sa source dans les montagnes de Kabylie sur le flanc ouest du massif des Babor, dans la wilaya de Bejaia à environ 60 Km au sud-est du chef-lieu, et à environ 40 Km au nord de la ville de Sétif. Dans le bassin versant de Ighil Emda qui est un sous-bassin du bassin hydrographique (côtier constantinois Ouest). Il naît de la confluence de trois oueds en amont de Kherrata qui sont : Oued Berd, Oued Atteba, et Oued Embarek, zone aujourd'hui noyée par la retenue du barrage d'Ighil Emda. La figure (2.1) nous montre la localisation du bassin versant de l'oued Agrioun dans la wilaya de Bejaia.



**Figure (2.1) :** carte de localisation du bassin versant de l'oued Agrioun dans la wilaya de Bejaia.

(OUIDIR, 2009) Modifiée

En aval de Kherrata, l'oued Agrioun emprunte le défilé du Chabet el Akra puis débouche en mer au niveau de Souk El Ténine. Avec une confluence avec l'oued Ait Smail à Bordj Mira, une confluence avec l'oued Ighzer Oufis à Darguina et une confluence avec l'oued Bourzazen.

La figure (2.2) nous montre la localisation du bassin et de l'oued Agrioun dans le bassin hydrographique côtier constantinois Ouest. et la figure (2.3) est une carte extraite de Google Map, modifiée pour montrer les agglomérations et lieux de confluence cités précédemment.

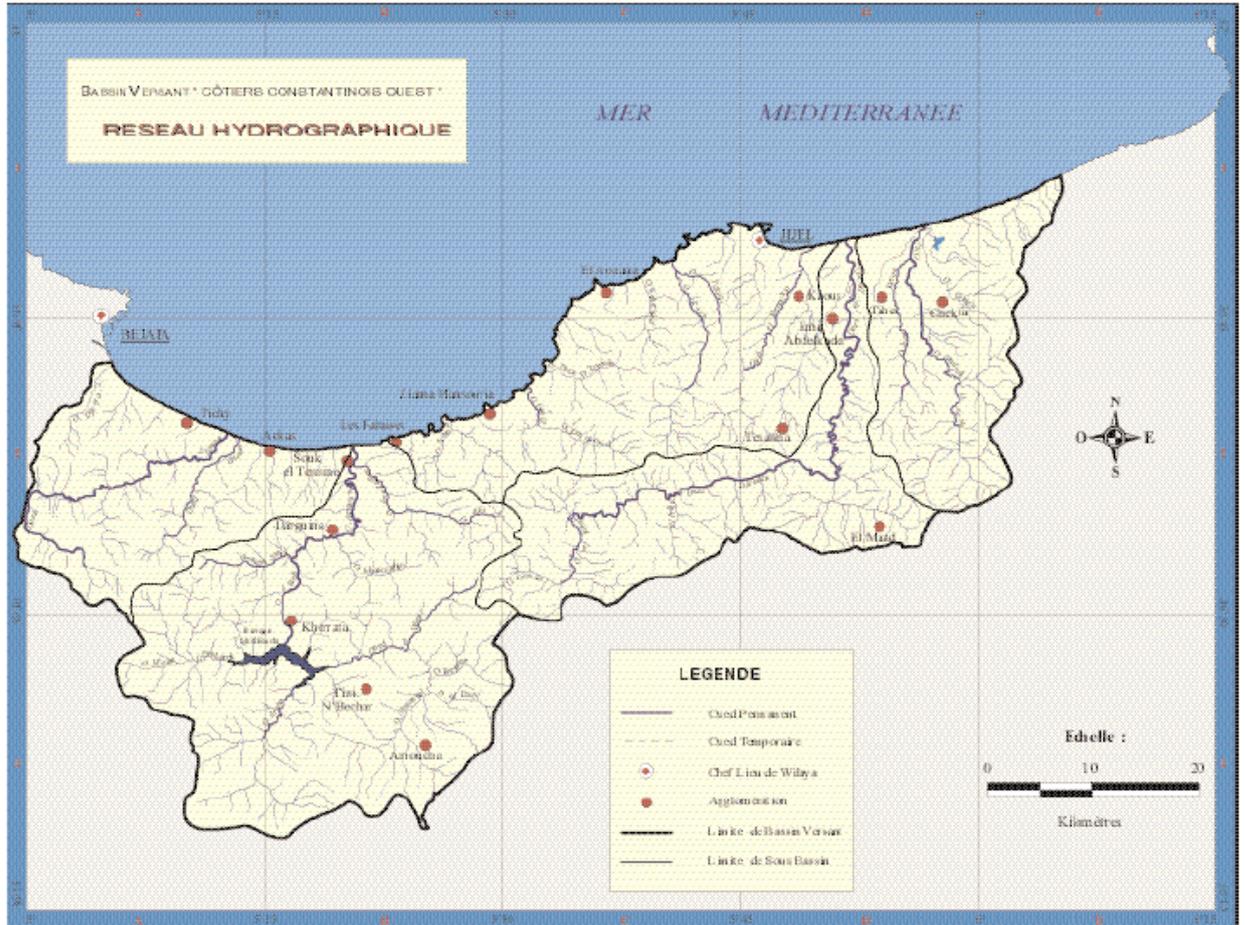


Figure (2.2) : carte de localisation du bassin versant et de l'oued Agrioun dans le bassin hydrographique côtier constantinois ouest, donnée par l'agence des bassins hydrographique



Figure (2.3) : Carte de situation d'oued Agrioun (source googleearth)

### II.1.1.1. Caractéristique morphométrique

Le bassin versant de l'oued Agrioun au droit de la RN 43 à Souk el Ténine s'étend sur 940 km<sup>2</sup>. Il peut être décomposé en cinq entités principales :

- Le bassin versant de à l'amont du barrage d'Ighil Emda : 650 Km<sup>3</sup>
- le bassin versant de l'oued Ait Smaïl à la confluence avec l'oued Agrioun : 41 Km<sup>3</sup>.
- le bassin versant de l'oued Ighzer Ouf tis à la confluence avec l'oued Agrioun : 61 K<sup>3</sup>.
- Le bassin versant de l'oued Bourzazen à la confluence avec l'oued Agrioun : 95 Km<sup>3</sup>
- les bassins versant intermédiaires d'apports diffus totalisant : 103 km<sup>3</sup>

D'après des données fournies par la direction de l'hydraulique de la wilaya de Bejaia, faite sous SIG par le laboratoire d'études maritimes (LEM), après calage des cartes topographiques fournies par l'INCT ,le tableau suivant nous donne une synthèse des caractéristiques physiques des sous bassins versants, et du bassin versant global.

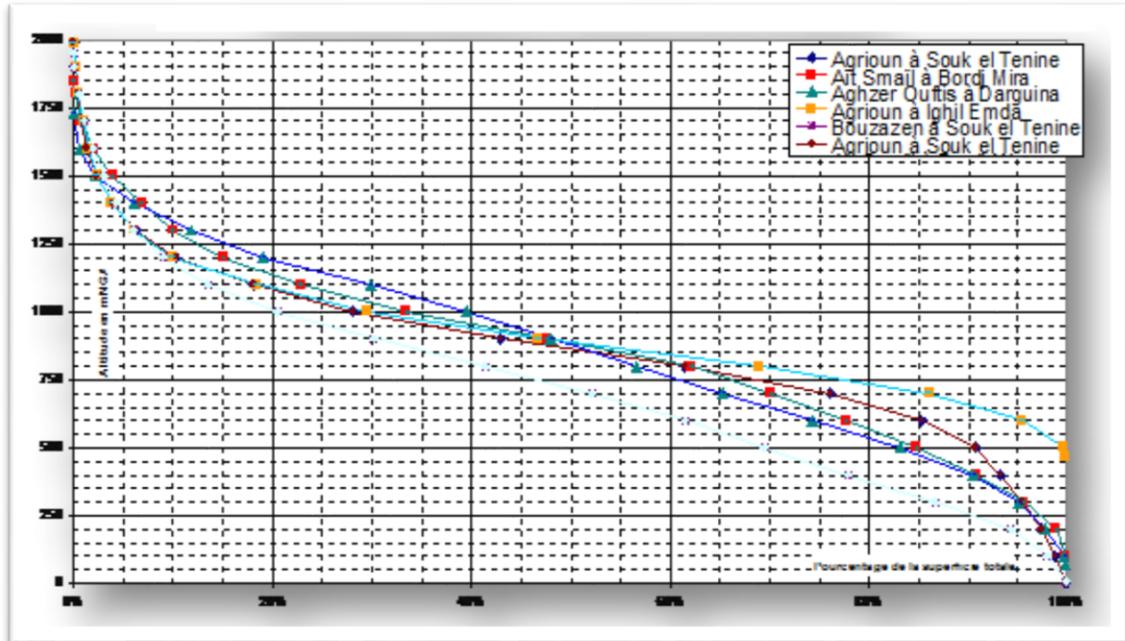
**Tableau (2.1) : les caractéristiques physiques des sous-bassins versants de l'oued Agrioun**

Bassin versant	Superficie	Périmètre	Chemin hydraulique	Altitude Max	Altitude Min	Dénivelé	Pente moyenne
Oued Agrioun (Ighil Emda)	650 km <sup>2</sup>	148,4 km	43,5 km	1 237 m	462 m	775 m	1,8 %
Oued Ait Smaïl	41 km <sup>2</sup>	26,9 km	11,5 km	1 280 m	145 m	1 135 m	9,9 %
Oued Ighzer Ouf tis	61 km <sup>2</sup>	32,4 km	17,1 km	1 728 m	74 m	1 654 m	9,3 %
Oued Bourzazen	95 km <sup>2</sup>	49,0 km	27,4 km	1 951 m	7 m	1 944 m	7,1 %
De Oued Agrioun à Souk el Ténine)	940 km <sup>2</sup>	163,3 km	74,5 km	1 237 m	3 m	1 234 m	1,7 %

Le chemin hydraulique correspond au plus long chemin parcouru par une goutte d'eau tombée sur le bassin versant pour atteindre l'exutoire. La pente moyenne caractérise la pente du cours d'eau suivant ce chemin hydraulique.

- **la courbe hypsométrique**

La courbe hypsométrique, représente la répartition de la surface du bassin versant en fonction de l'altitude. Elle exprime ainsi la superficie du bassin versant au-delà d'une certaine altitude.



*Figure (2.4) : La courbe hypsométrique des sous-bassins versant et du bassin global  
(Source : la direction de l'hydraulique de la wilaya de Bejaia)*

Cette courbe nous donne aussi, une vue synthétique sur les pentes des bassins versants

- **L'altitude moyenne**

Elle se déduit directement de la courbe hypsométrique, les altitudes moyennes des différents bassins versants sont relativement élevées, ce qui traduit le caractère montagneux de ces bassins.

- **L'indice de compacité de Gravelius :**

Défini par le rapport du périmètre du bassin sur le périmètre du cercle de surface équivalente, il caractérise la forme allongée ( $I > 1,5$ ) ou compacte ( $I \approx 1,0$ ) du bassin versant. La formulation utilisée pour son calcul est la suivante :

$$I = 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{S}} \quad (2.1)$$

Avec :

$P$  : Périmètre (en km)

$S$  : La surface (en km<sup>2</sup>) ;

Nous avons calculé  $I$  pour l'ensemble de sous-bassin et le bassin global, les résultats sont portés sur le tableau :

**Tableau (2.2) : indice de Gravelius pour le bassin versant global et les ses sous-bassins**

Bassins versants	Ighil Emda	Ait Smail	Ighzer Ouftis	Oued Bourzazen	Bassin global
Indice de Gravelius	1,63	1,18	1,16	1,41	1,49

### II.1.1.2. Le temps de concentration :

Quand il s'agit des crues pluviales, le temps de concentration de la phase maximale de la crue est le temps que met le pic de la crue ( $Q_{max}$ ) pour se déplacer de la source à l'exutoire. Plus le débit est grand plus le temps de concentration est petit. (LADJEL M.)

Dans la pratique hydrologique, il y a plusieurs formules pour déterminer le temps de concentration comme :

:

○ Formule de Turraza : 
$$t_c = 0,1 \cdot \frac{\sqrt[3]{S \cdot L}}{\sqrt{j}} \quad (2.2)$$

○ Formule de Venur : 
$$t_c = 0,1272 \sqrt{\frac{S}{j}} \quad (2.3)$$

○ Formule de Kipich : 
$$t_c = 32,45 \cdot 10^{-5} \cdot (1000 \cdot L)^{0,77} \cdot \left(\frac{H_{max} - H_{min}}{1000 \cdot L}\right) \quad (2.4)$$

○ Formule de Sogreah : 
$$t_c = 0,75 \cdot S^{0,35} \cdot C_r^{-0,35} \cdot \sqrt{j} \quad (2.5)$$

○ Formule de Giandotti : 
$$t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5 \cdot L}{0,8 \sqrt{H_{moy} - H_{min}}} \quad (2.6)$$

Avec :

$S$  : Superficie en Km<sup>2</sup>

$L$  : Chemin hydraulique en Km.

$j$  : Pente moyenne en (m/m)

$C_r$  : Coefficient de ruissellement.

Toutefois, ces formules sont appliquées indifféremment de la valeur de la période de retour du débit maximum. La formule de Ladjel .M (2010) en tient compte et exprimée comme suit :

$$t_c = \frac{l_{ec}}{a S^b I^{0,34}} \quad \text{en heures} \quad (2.7)$$

Avec ;

$l_{ce}$  : Longueur du cours d'eau en km

$S$  : Superficie du bassin versant en  $\text{Km}^2$

$I$  : Pente moyenne du cours d'eau en %

Les paramètres  $a$  et  $b$  dépendent de la fréquence  $P$

$$a = \frac{1,08}{P^{0,14}} \quad (2.8)$$

$$b = 0,17 P^{0,08} \quad (2.9)$$

Le tableau suivant représente le temps de concentration calculé par les différentes méthodes citées ci-dessus :

**Tableau (2.3) : temps de concentration avec différentes méthodes (source direction de l'hydraulique de la wilaya de Bejaia)**

Bassin versant	Altitude moyenne	Temps de concentration				
		Turazza	Ventura	Kirpich	Sogreah	Giandotti
Oued Agrioun (IghilEmda)	920 m	22,8 h	24,3 h	5,7 h	8,8 h	9,8 h
Oued Aït Smaïl	873 m	2,5 h	2,6 h	1,1 h	1,4 h	2,0 h
Oued Ighzer Oufdis	869 m	3,2 h	3,0 h	1,5 h	1,6 h	2,4 h
Oued Bourzazen	721 m	5,2 h	4,7 h	2,3 h	2,3 h	3,7 h
Oued Agrioun (Souk El Ténine)	863 m	32,0 h	30,3 h	8,9 h	10,4 h	10,0 h

### II.1.1.3. Caractéristiques climatiques

Cette région est caractérisé par un climat de type subtempéré, caractérisé par une pluviométrie à caractère méditerranéen, c'est dire très irrégulières, les variations annuelles se situent entre 800 et 1500 mm, avec de très fortes intensités

### II.1.2. Caractéristiques du sous bassin d'Ighil Emda

Le sous bassin contrôlé par le barrage d'Ighil Emda est d'une superficie de 650 Km<sup>2</sup>, et qui représente 2/3 amont de l'ensemble du bassin versant de l'oued Agrioun à Souk el Ténine.

#### II.1.2.1. Occupation du sol du sous bassin d'Ighil Emda

Le sous bassin d'Ighil Emda se caractérise par prédominance du domaine agricole sur le domaine forestier comme le montre le tableau suivant :

**Tableau (2.4) : tableau d'occupation des sols (REMINE ,2006)**

Domaine agricole	Terrain agricole	50%	52%
	Terrain arboricole	2%	
Domaine forestier	Couvert forestier	13,5%	26%
	Terrain forestier sous-bois à formation herbacées (pacage)	12,5%	

Les terrains nus sans occupation forestière ni utilisation agricole, représente 22% de la superficie totale du sous bassin versant d'Ighil Emda, soit près de 14,3 Km<sup>3</sup>. Cette partie se localise essentiellement sur une topographie accidentée, difficile à mettre en valeur, une zone très touchée par l'érosion et constitue une des sources des sédiments qui aboutissent dans le barrage. Plusieurs facteurs se combinent pour déterminer l'évolution du milieu naturel dans ce bassin versant, avec des conséquences importantes sur l'arrivée des débits solides et liquides dans la retenue du barrage. (Remini, 2006). La carte représentée dans la figure (2.5) nous montre l'occupation des sols du sous bassin d'Ighil Emada.

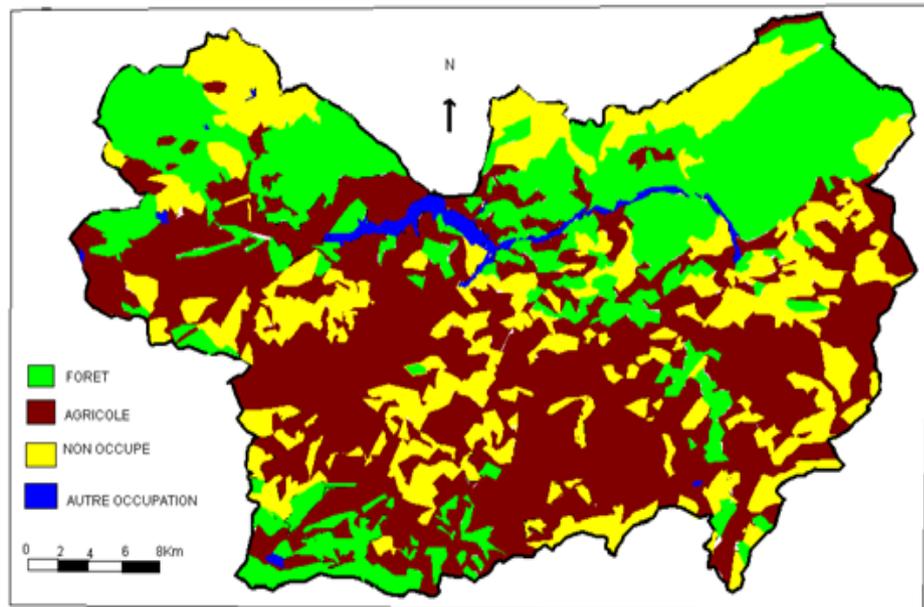


Figure (2.5) : carte d'occupation des sols. (OUARET, 2009)

### II.1.2.2. Lithologie

La superficie de ce sous bassin versant est prédominée par les roches tendres, facilement érodables, qui couvrent près 83%. Il s'agit essentiellement de marnes à débit schisteux (Maestrichtien). La figure (2.6) représente la carte lithologique du bassin versant d'Ighil Emda.

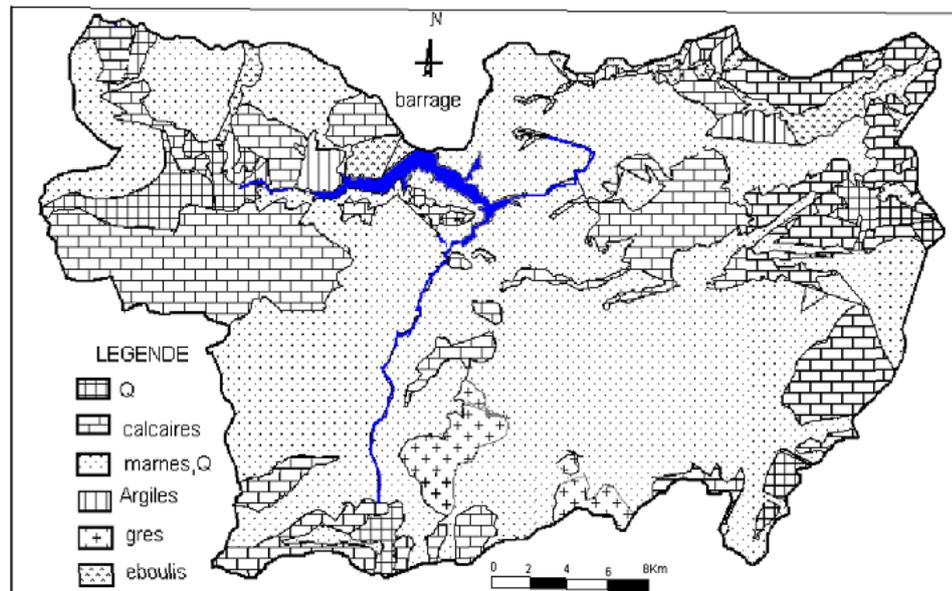


Figure (2.6) : carte lithologique. (OUARET, 2009)

### II.1.2.3. les pentes dans le sous bassin d'Ighil Emda

Le relief est accidenté, caractérisé par une prédominance des pentes égales ou supérieures à 25%, couvrant une superficie de 49384 hectares, soit environ 77,3 % de la superficie totale du sous bassin.

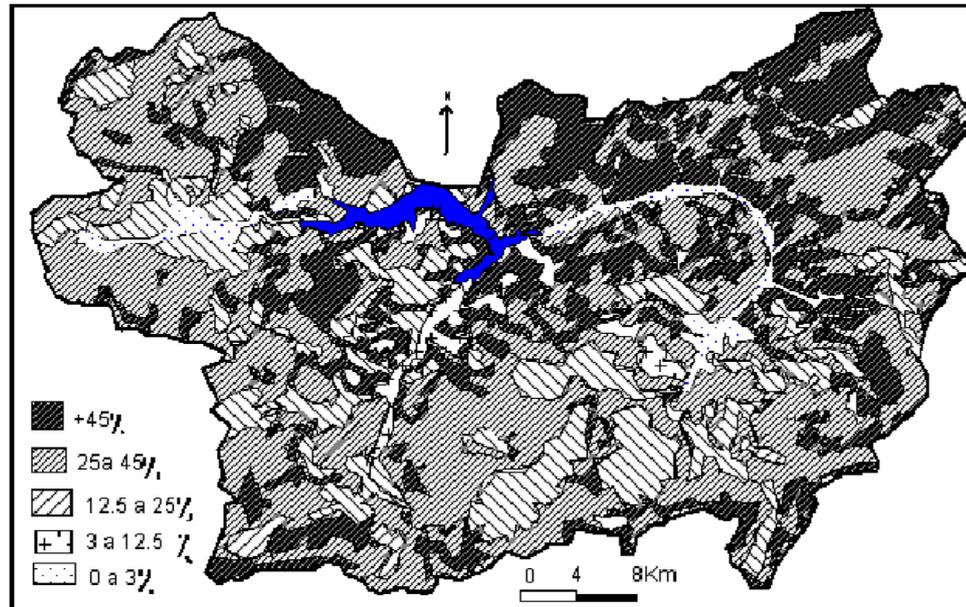


Figure (2.7) : carte des pentes du bassin versant d'Ighil Emda. (OUARET, 2009)

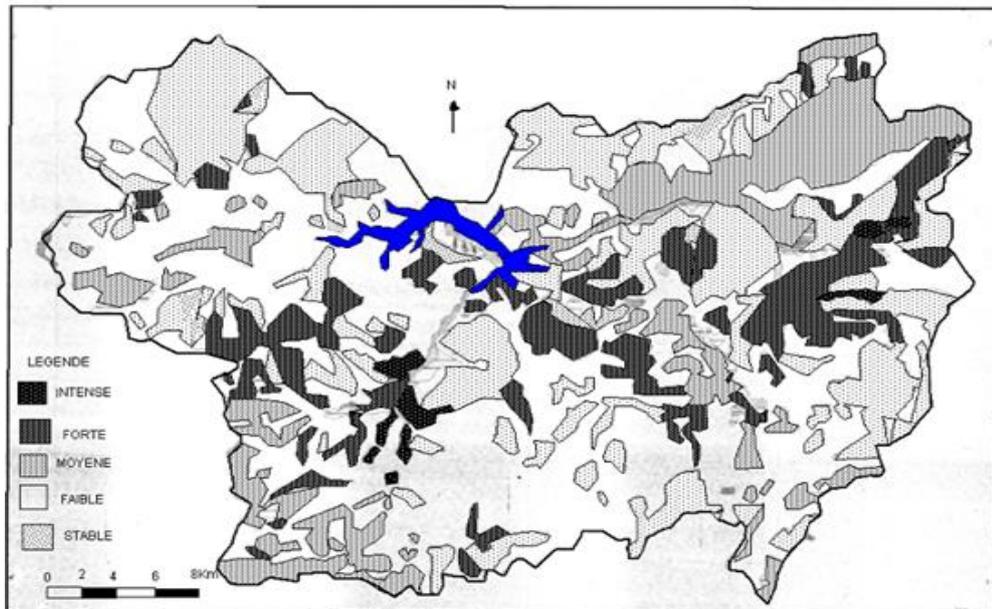
### II.1.2.4. Les zone d'érosions sur le sous bassin d'Ighil Emda

La dynamique érosive est très intense dans le bassin d'Ighil Emda, puisqu'on estime à 22354 hectares les terrains atteints, alors que 720,5 hectares évoluent en bad-lands. Selon les degrés et la nature des processus, (REMINI, 2006) donne la répartition suivante :

- **Secteurs stables ou relativement stables** : représentés essentiellement par les zones occupées par les forêts, les maquis denses, les reboisements et l'arboriculture. la densité du réseau hydrographique est relativement faible, et le sol est bien protégé par la végétation. Leur superficie est de 9586 hectares, soit 15% de la superficie totale du bassin d'Ighil Emda.
- **Secteurs à forte érosion** : ces secteurs occupent principalement la zone centrale avec une superficie 619,5 hectare (9,5%).le ravinement devient intense, les rigoles sont profonds, et les sols lacérés, s'amincissent .cette forte érosion est à mettre en rapport avec les forte pentes qui dépasse souvent 45% sur substratum marneux, et avec des pratiques culturales mal adaptées, comme la céréaliculture

- **Secteurs d'intense érosion** : c'est le stade ultime de l'évolution, le ravinement généralisé détruit le sol, mettant à nu la roche mère marneuse (marne noire de Maestrichtien). des bad-lands apparaissent, résultant parfois d'une longue surexploitation du milieu par l'homme.

La figure (2.8) représente une carte d'érosion du bassin versant d'Ighil Emda



*Figure (2.8) : carte d'érosion du bassin versant d'Ighil Emda. (OUARET, 2009)*

### II.1.3. Réseau hydrographique et profil en long de l'oued Agrioun

L'oued Agrioun naît de la confluence de trois oueds au niveau du verrou d'Ighil Emda, aujourd'hui barré par le barrage du même nom. L'affluent principal, l'oued el Bared, prend naissance sur les versants nord du Djebel Megris. Il draine les différents massifs suivant un axe d'écoulement Sud-Nord avant d'amorcer un coude vers l'Ouest à l'approche du Djebel Babor et de déboucher dans la retenue d'Ighil Emda.

Dans la retenue d'Ighil Emda, l'oued el Bared conflue avec l'oued Atteba et Oued Embarek pour former l'oued Agrioun.

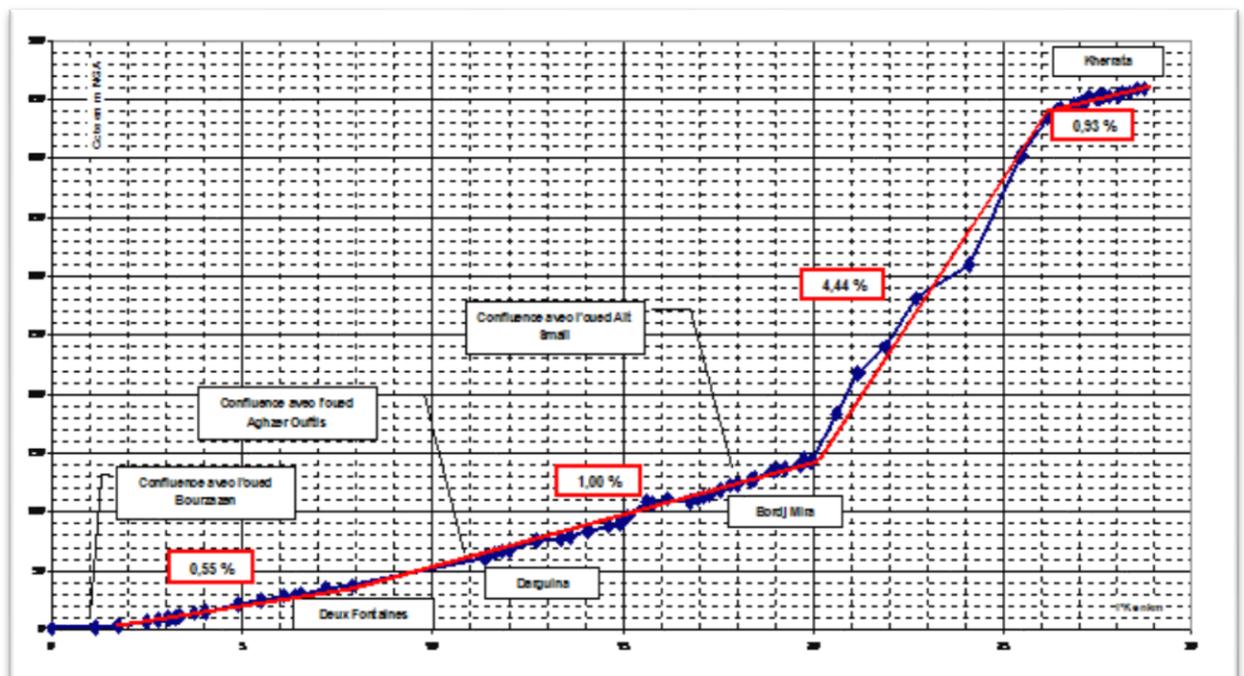


Figure (2.9) : Profil au long d'oued Agrioun (d'après le levé du sol LEM 2007)

A l'aval du barrage d'Ighil Emda, l'oued Agrioun traverse la localité de Kherrata avec une pente de l'ordre de 0,009 m/m. Il rejoint ensuite la retenue de Kherrata formée par le barrage de Chabet el Akra. Ce barrage marque l'entrée des gorges de Kherrata que l'oued Agrioun a profondément taillées dans les formations calcaires avec une forte pente de 0,045 m/m, sur près de 6 km jusqu'à Bordj Mira.

A la sortie des gorges, la pente de l'oued Agrioun faiblit pour s'établir à 0,01 m/m. Dans la traversée de Bordj Mira, il conflue avec l'oued Aït Smaïl puis, après avoir suivi un écoulement Sud-Nord depuis Kherrata, il prend une direction Ouest-Est sur 5 km. Il traverse alors la localité de Darguina et conflue avec l'oued Aghzer Oufitis. Il reprend ensuite une direction Sud-Nord, la pente s'adoucit à 0,006 m/m, traverse Beni Anane, ensuite conflue avec l'oued Bourzazen et rejoint la Méditerranée après avoir traversé Souk el Ténine.

### II.1.4. Aménagement hydroélectrique d'oued Agrioun

L'aménagement hydroélectrique de l'oued Agrioun a été mis en service entre 1945 et 1954. Ce complexe est constitué de trois chutes, assurées par les barrages d'Ighil Emda et du Chabet-el-Akra sur l'oued Agrioun et par le barrage de l'Aghzer Oufdis sur l'oued du même nom.

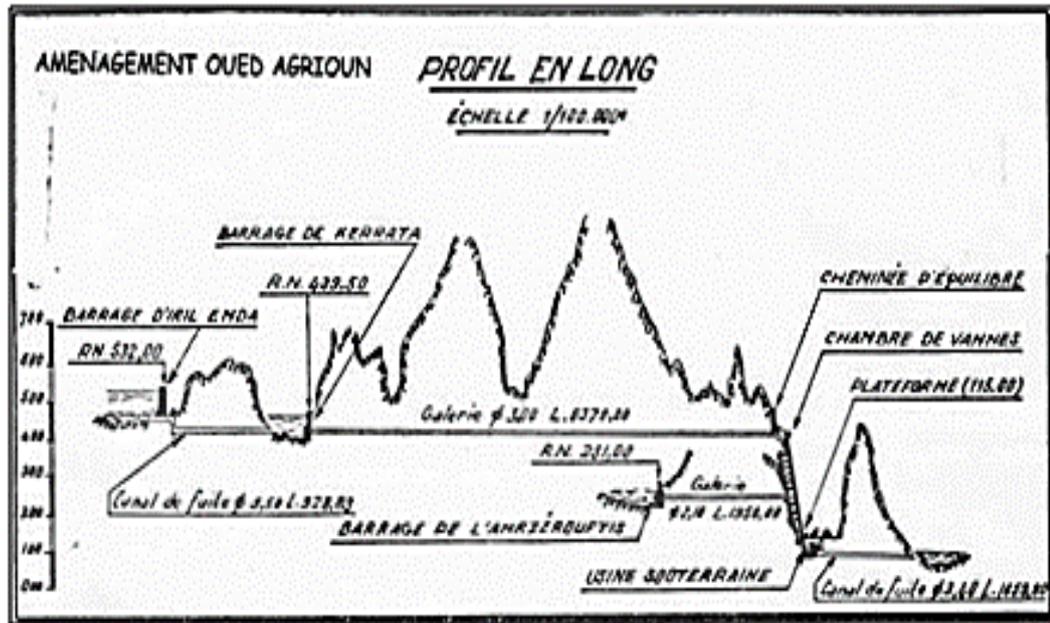


Figure (2.10) : profil au long de l'aménagement hydroélectrique de l'oued Agrioun

(Source SONELGAZ de Darguina)

Ces barrages alimentent deux usines de production : l'usine d'Ighil-Emda située au pied du barrage et l'usine de Darguina qui occupe une boucle de l'oued Aghzer-Oufdis.

La retenue d'Ighil Emda (mise en service en 1954) alimente l'usine de pied du barrage. Les eaux restituées par le canal de fuite de l'usine sont ensuite retenues dans le barrage de dérivation du Chabet El Akra (mis en service en 1945) qui assure une régularisation journalière. Une prise d'eau permet l'acheminement d'une partie de l'écoulement de l'oued Agrioun vers l'usine souterraine de Darguina. Cette usine est par ailleurs alimentée par une autre galerie issue du barrage de l'Aghzer-Oufdis, voir le plan d'aménagement général de l'oued Agrioun dans la figure (2.11)

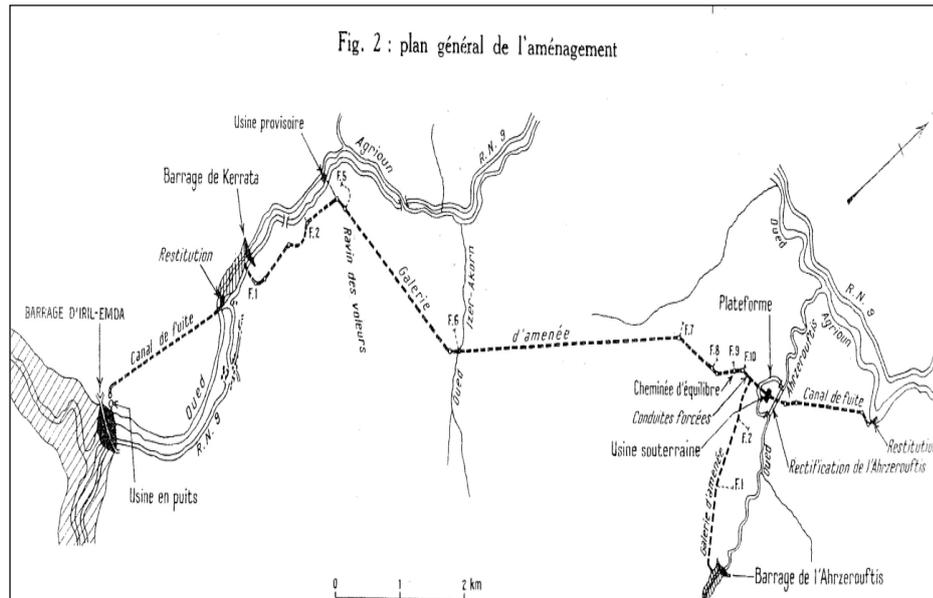


Figure (2.11) : plan général d'aménagement hydroélectrique de l'oued Agrioun (source-SONELGAZ de Darguina)

### II.1.4.1. Barrage d'Ighil Emda

#### II.1.4.1.1. Généralité

Le barrage d'Ighil Emda est la partie intégrante de l'aménagement d'oued Agrioun, destiné à la production de l'énergie électrique, situé dans la wilaya de Bejaia, à 60 km au sud-est du chef-lieu de la wilaya, et à 40 Km environs au nord de la ville de Sétif. Installé sur l'oued Berd, immédiatement en aval de la confluence avec oued Embarek. Réalisé entre 1948 et 1953, il s'agit d'un barrage en enrochement de 70 m de haut enveloppant un ouvrage central en béton destiné à l'évacuation des crues. L'étanchéité est assurée par un masque amont en béton bitumineux .la capacité initiale de ce barrage est évaluées à  $156.10^6\text{m}^3$  à la côte 532.

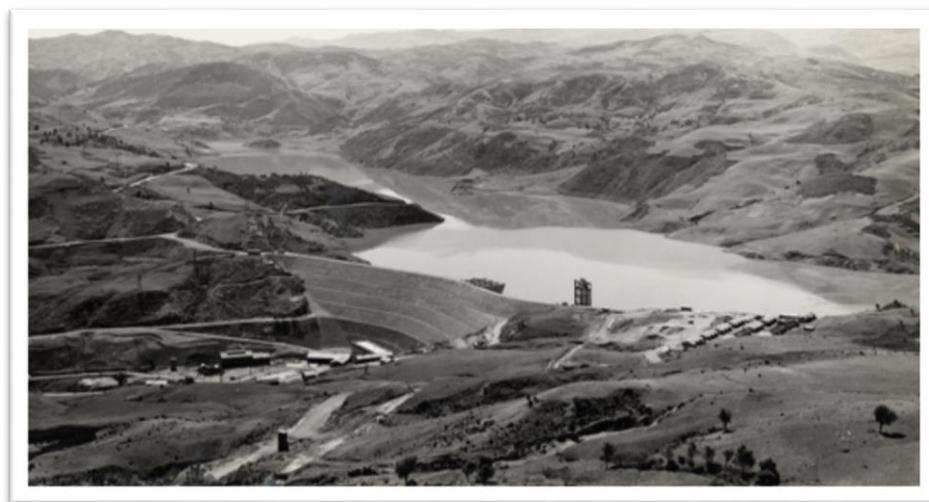


Figure (2.12) : Le barrage de Ighil Emda en 1955 (source-SONELGAZ de Darguina)

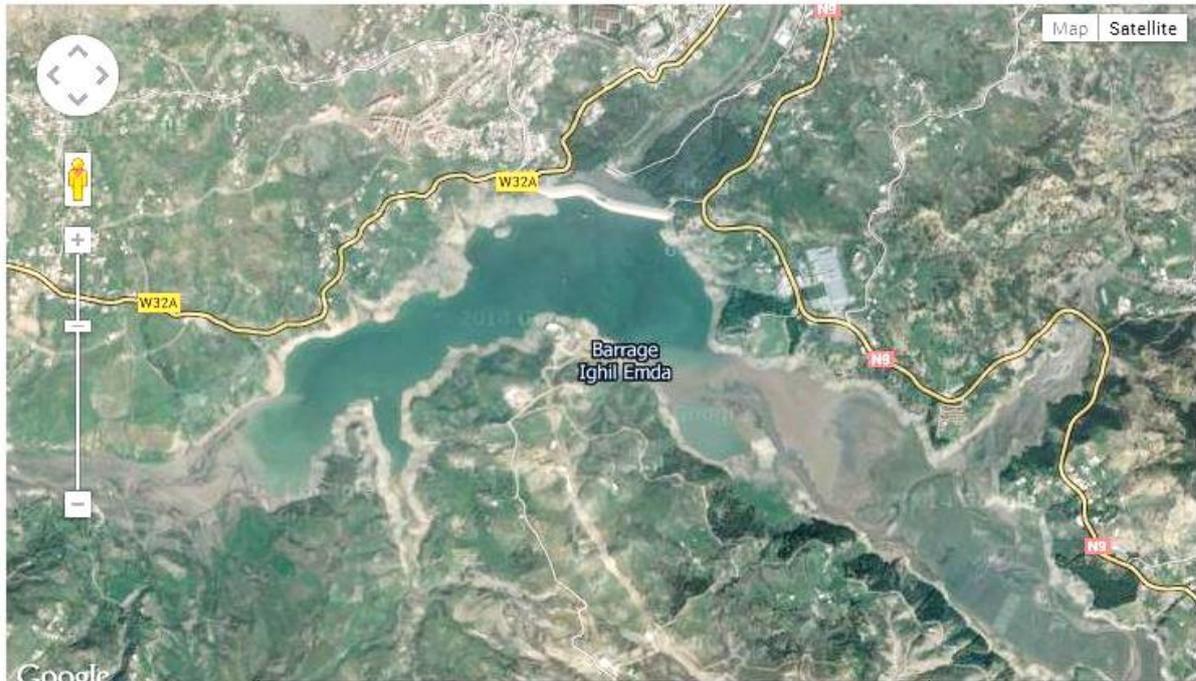


Figure (2.13) : image satellite de la retenue d'Ighil Edma (source- Google Earth)

#### II.1.4.1.2. Caractéristiques générale de l'aménagement d'oued Agrioun

Le tableau (2.5) : les caractéristiques du barrage d'Ighil Edma (source-SONELGAZ de Darguina)

CARACTERISTIQUES		IRIL-EMDA (1953)
<b>Le barrage</b>	Type de barrage	Digue en pierraille avec masque amont en béton bitumineux
	Côte de crête	535,5 m NGA
	Longueur en crête	710 m
	Largeur en crête	9 m
	Hauteur hors sol	75 m
	Pente parement amont	1/1.6
	Pente parement aval	1/1.5
	Surface du masque amont	65000 m <sup>2</sup>
	Volume de la digue	3200000 m <sup>3</sup>
	Côte zéro	460 m NGA
Galerie de pied	Ø2,20	
<b>La retenue</b>	Bassin versant	652 km <sup>2</sup>

	Périmètre du B.V	128,6 km
	Altitude moyenne du BV	800 m
	Altitude max. Du BV	2000 m
	Capacité initiale	156 Hm <sup>3</sup>
	Capacité utile	154,8 Hm <sup>3</sup>
	Limite utile	472,50 m NGA
	Volume mort	1,13 Hm <sup>3</sup>
	Pluviométrie Moyenne annuelle	1100 mm
	Apports moyens annuels	180 Hm <sup>3</sup>
	Évaporation annuelle	130 mm
	Surface plan d'eau à R.N	637,6 ha
	Limite utile	472 m
	Côte de retenue normale	532 m
	Côte PHE	535
	Envasement annuel	0,8 Hm <sup>3</sup>
	Apport solide annuel moyen	4440 T/km <sup>2</sup> /an
	Type	3 galeries elliptiques profil creager
<b>Évacuateur de crues</b>	Vannes	Secteur 10x13 m
	Côte du seuil	520 m NGA
	Débit max.	2500 m <sup>3</sup> /s
<b>Vidange</b>	Nombre	3 pertuis blindés sur 2.70 m + batardeau de 4,50x1,80 m <sup>2</sup>
	Vannes	à glissières 2x1.80x2.70
	Côte du seuil	466,50 m NGA
	Débit max	450 m <sup>3</sup> /s
<b>Dévasement</b>	Diamètre et nombre	8Ø0,400
	Débit max	8x2, 2 m <sup>3</sup> /s

### II.1.4.1.3. Les ouvrages d'évacuation du barrage d'Ighil Emda

- L'évacuateur de crues : constitué de trois galeries équipées à l'amont de vannes segment dont le radier est calé à la cote 520 NGA. Ces galeries traversent le corps du barrage et se terminent à l'aval par un ouvrage de dissipation au fond de l'oued. L'évacuateur de crue permet l'évacuation d'un débit maximal de 2 500 m<sup>3</sup>/s (cote de la retenue à 532 NGA).
- La vidange de fond est assurée par trois pertuis blindés équipés à l'amont de vannes glissières (2,75 m de haut sur 1,80 m de large). Ils permettent l'évacuation d'un débit maximal de 450 m<sup>3</sup>/s (cote de la retenue à 532 NGA). Et le dévasement est assuré par huit vannettes de 400 mm.

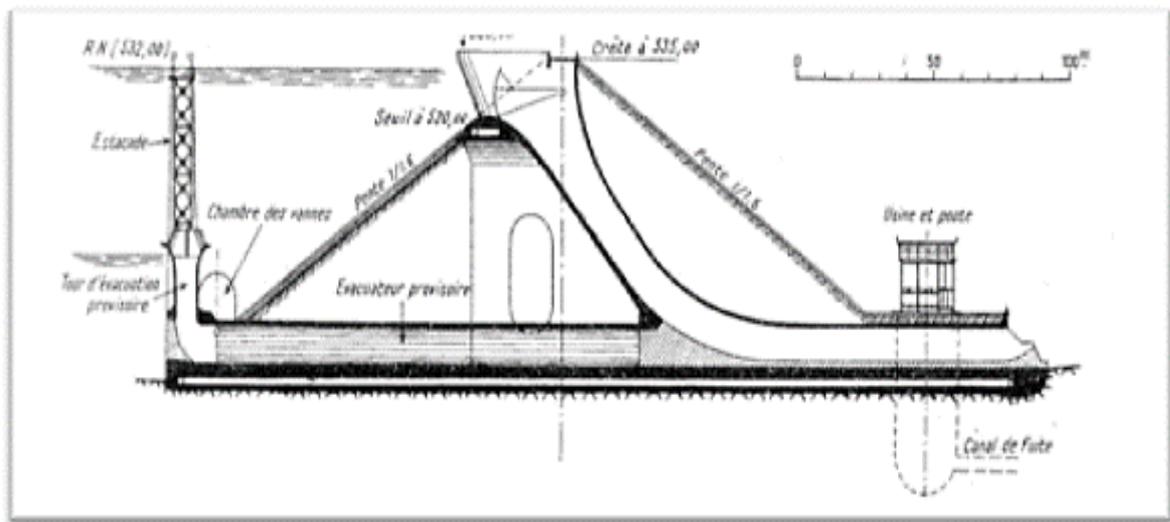
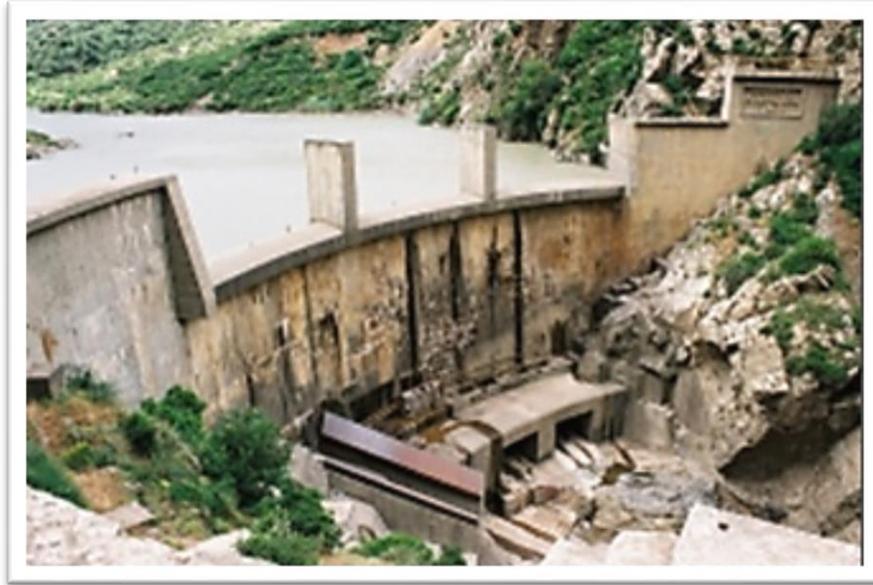


Figure (2.14) : coupe du barrage (source-SONELGAZ de Darguina)

### II.1.4.2. Barrage du Chabet-el-Akra

Le barrage de Chabet-el-Akra marque l'entrée des gorges de Kherrata. Il s'agit d'un ouvrage-voûte en béton à seuil déversant construit en 1945. D'une hauteur de 30 m, il assure un stockage d'environ 300 000 m<sup>3</sup> assurant la régularisation journalière de l'alimentation de l'usine souterraine de Darguina.

Sa crête déversant est composée de 3 passes de 15 mètres de large calées à la cote 430,00 NGA et deux autres de 9 mètres de large à la cote 435,30 NGA. Le débit maximal évacuable est d'environ 1 000 m<sup>3</sup>/s.



*Figure (2.15) : vue du barrage de Chabet El Akra*



*Figure (2.16) : image satellite du barrage de Chabet El Akra (source : Google Earth)*

La vidange est assurée par deux pertuis de 4 m sur 2 m à la cote 406 NGA et permettant l'évacuation d'un débit de  $150 \text{ m}^3/\text{s}$  chacun.

La prise d'eau de la galerie d'amenée à l'usine de Darguina est située en rive droite. Son radier est calé à la cote 418 NGA et elle est équipée d'une vanne de 2,5 m de haut sur 1,7 m de large. La galerie est dimensionnée pour faire transiter un débit de  $21,5 \text{ m}^3/\text{s}$ .

### II.1.4.3. Le barrage Ighzer Ouftis

Ce barrage sert à alimenter la station hydroélectrique de Darguina, les eaux turbinées sont alors évacuées dans l'oued Ighzer Ouftis qui conflue avec l'oued Agrioun à Darguina.



Figure (2.17) : image satellite du barrage Ighzer Ouftis (Google Earth)

## II.2. Démarches suivies dans l'étude :

### II.2.1. Collecte de données

Pour l'élaboration de ce travail d'étude de l'impact du soutirage des courants de densité sur la dynamique sédimentaire dans l'oued Agrioun à l'aval du barrage de Kherrata jusqu'à l'embouchure, nous avons collecté des données enregistrées du dévasement du barrage, afin de quantifier les sédiments et eau lâchés dans l'oued, pour une période allant de 1990 jusqu'à 2012. ces données sont recueillies au niveau de la Sonelgaz de Darguina et au niveau du barrage de Ighil Emda. Nous avons alors fait une étude statistique des quantités lâchées dans l'oued, dans le chapitre 3

### II.2.2. prélèvement des échantillons de sédiments dans l'oued et matériel utilisé

Afin de comprendre la dynamique sédimentaire dans l'oued Agrioun, et l'influences des sédiments libérés du barrage de Ighil Emda sur cette dernière, et de déterminer les diamètres caractéristiques des sédiments. Nous avons effectué deux campagnes de prélèvement d'échantillons de sédiments dans le lit mineur de l'oued Agrioun, La première campagne le 26/03/2013 et la seconde le 18/06/2013, dans différents endroits, le long du cours d'eau, de Kherrata à Souk El Ténine.



Figure (2.18) : photographies de l'oued aux endroits des prélèvements

### II.2.2.1. Matériel utilisé sur le terrain

Pour faire le prélèvement des échantillons de sédiments dans le lit mineur de l'oued Agrioun, nous avons utilisé deux tarières :

La première est une tarière pédologique Edelman Ø7cm, apportée de l'institut national de recherche agronomique d'oued Ghir voir figure (2.19)

La seconde est une tarière conçue et fabriquée par nous même pour les sédiments meubles Ø (8cm), voir figure (2.20)



*Figure (2.19) : tarière pédologique Edelman Ø7cm      Figure (2.20) : tarière fabriquée pour les sédiments meubles*

### II.2.2.2. Localisation géographique des lieux de prélèvement

Nous noterons dans ce qui va suivre de ce travail les échantillons par deux indices, le premier désigne l'endroit et le second désigne le numéro de la campagne de prélèvement exemple : échantillon 4-2, le 4<sup>ième</sup> échantillon en suivant le long du oued prélevé dans la deuxième campagne.

Nous avons alors prélevé des échantillons, un pour chaque campagne, dans les endroits suivants :

### II.2.2.2.1. Échantillons 1-1 et 1-2, prélevés à Kherrata entre les deux ponts



Figure (2.21) : lieu de prélèvement des échantillons à Kherrata (source : Google earth)

### II.2.2.2.2. Les échantillons 2-1 et 2-2 prélevés à Bordj Mira Avant la confluence avec oued Ait Smail



Figure (2.22) : lieu des prélèvements des échantillons à Bordj Mira avant la confluence (source : Google earth)

**II.2.2.2.3. Echantillons 3-1 et 3-2 prélevés à oued Ait Ait Smaïl**



*Figure (2.23) : lieu de prélèvement des échantillons dans l'oued Ait Smaïl à Bordj Mira avant la confluence. (Google Earth)*

**II.2.2.2.4. Echantillons 4-1 et 4-2, Bordj mira Après la confluence avec l'oued Ait Smaïl**



*Figure (2.24) : lieu de prélèvement des échantillons à Bordj Mira après la confluence avec l'oued Ait Smaïl*

### II.2.2.2.5. Échantillons prélevés à Darguina

Les échantillons 5-1 et 5-2 prélevés à Darguina Avant la confluence avec l'oued Ighzer Ouftis ,6-1 et 6-2 prélevés à Ighzer Ouftis et les échantillons 7-1 et 7-2 sont prélevés à l'aval de la confluence avec Ighzer Ouftis



Figure (2.25) : lieu de prélèvement des échantillons à Darguina (Source : Google earth)

### II.2.2.2.6.Échantillons prélevés à Beni Anane

Les échantillons 8-1 et 8-2 sont prélevés à l'entrée de Beni Anane, les échantillons 9-1 et 9-2 sont prélevés à la sortie de Beni Anane. Voir figure (2.26).



Figure (2.26) : lieu de prélèvement des échantillons à Beni Anane (Source : Googleearth)

### II.2.2.2.7. Echantillons 10-1 et 10-2 prélevés à Souk El Ténine



Figure (2.27) : lieu de prélèvement des échantillons à Souk El Ténine (source : Google Earth)

### II.2.3. Traitement des échantillons au laboratoire

Les échantillons prélevés sont analysés au laboratoire des sols de l'université, en effectuant une analyse granulométrique pour déterminer le pourcentage de tamisât à travers chacun des tamis. Nous préparons des échantillons de masse environs 1,5 Kg, assez grand pour que la précision soit bonne et assez petit pour une durée de tamisage acceptable qui est de 10 minutes.

- **Matériels utilisés et mode opératoire**

Nous avons utilisé :

- Une tamiseuse de marque (CONTROLAB) voir figure (2.28), avec une intensité vibratoire constante.
- Des tamis de Marque AFNOR d'ouvertures : 80  $\mu\text{m}$ , 125  $\mu\text{m}$ , 400 $\mu\text{m}$ , 500 $\mu\text{m}$ 1000 $\mu\text{m}$ , 2000 $\mu\text{m}$  et 4000 $\mu\text{m}$ .
- Un récipient taré
- Une balance électronique voir figure (2.29)

Nous avons suivi le mode opératoire suivant :

- Emboîter les tamis et les placer sur le cadre vibrant.
- Bloquer la colonne de tamis
- Peser un échantillon et le mettre dans le tamis supérieur
- Mettre en marche la machine pour une durée de 10minutes

- Débloquer les tamis
- Peser les refus pour chaque tamis ainsi que le tamisât du dernier tamis
- Porter les valeurs sur une fiche de tamisage de l'échantillon.

Ce qui nous permet de tracer une courbe cumulative de tamisât (courbe granulométrique)



Figure (2.28) : la tamiseuse utilisée



Figure (2.29) : balance de précision

## **Chapitre III :**

Etude quantitative de l'eau et des  
sédiments libérés dans l'oued Agrioun

### **III .1. Introduction**

Le soutirage des courants de densité est une méthode de dévasement des barrages, par les vannettes de dévasement et les vannes de fond, pour la sauvegarde de la capacité de stockage de l'eau. D'un autre point de vue, c'est une libération des sédiments et de l'eau claire dans la rivière, ou l'oued à l'aval du barrage. Ces quantités d'eau et de sédiments participent dans la dynamique sédimentaire de la rivière. Ces lâchées sont d'une part une recharge sédimentaire pour l'oued.

Ce chapitre est divisé en deux parties. La première est une description de la méthode de soutirage des courants de densité, suivie de la deuxième qui est une étude quantitative des sédiments et de l'eau claire libérés dans l'oued Agrioun, à l'aval du barrage d'Ighil Emda, en exploitant les données du dévasement enregistrées pour une période allant de 1990 à 2012, ces données sont collectées au niveau du barrage d'Ighil Emda et la SONELGAZ de Darguina.

### **III.2. La méthode de soutirage des courants de densité**

Nous définissons la technique de soutirage, comme étant, une méthode pratique qui consiste à évacuer les sédiments drainés par les courants de densité sur le fond de la retenue, en utilisant des pertuis de vidange. (Remini, 2006)

Ce soutirage des sédiments par les vannes de fond peut réduire considérablement l'envasement des retenues en mettant à profit la présence des courants de densité, phénomène favorable à l'utilisation de cette technique. Il est même possible d'affirmer que dans les pays arides et semi-arides cette utilisation devrait être la règle. (Remini, 2006)

En Algérie, la technique de soutirage revêt une grande importance pratique et devrait être une nécessité. En effet d'après le même auteur, si une opération de soutirage n'est pas effectuée pour une raison ou pour une autre, on perd alors tout simplement une capacité de la retenue égale au volume qu'on aurait dû évacuer.

#### **III.2.1. Mécanisme des courants de densité près des pertuis de vidange**

Selon Remini (2006), lorsque le flot relativement boueux arrive dans une retenue qui présente une forme géométrique de type « canal » est une forte pente du fond, il rencontre les eaux calmes du lac et peut se mélanger partiellement avec elles. Si le mélange est plus dense que l'eau de la retenue, il s'enfonce et plonge sous la surface de l'eau, jusqu'à ce qu'il atteigne le fond du lac.

Les particules grossières tendent en permanence à se déposer alors que les plus fines peuvent être entraînées par un courant de densité jusqu'au pied du barrage.

En l'absence de soutirage, le courant de densité butte contre le barrage, et tend à s'élever avant de revenir en sens inverse, par la suite il s'étale pour former une nappe d'eau boueuse dans laquelle les particules fines se décantent lentement en quelques jours ou en quelques semaines.

Si les vannes de fond sont ouvertes au moment de l'arrivée des courants de densité, une quantité importante de sédiments serait soutirée.

### III.2.2. Le débit évacué par soutirage

À l'arrivée du courant de densité, on doit commencer l'opération de soutirage, qui consiste à ouvrir progressivement les pertuis de vidange (vannettes de dévasement et vanne de fond), en prenant en compte la densité de la mixture. Le débit évacué est en fonction de l'ouverture des vannes elle est calculer par la formule suivante :

$$Q = m \cdot L \cdot h \left( \frac{2gh}{1 + \frac{m \cdot h}{H}} \right) \quad (3.1)$$

Avec :

$m$  : Coefficient de débit 0,586.

$H$  : Charge total en dessous du seuil (m).

$h$  : Ouverture de la vanne (m).

$L$  : Largeur de pertuis en (m)

### III.2.3. Quantités de vase soutirée

Dans une opération, on évacue des eaux très chargées de vase, On estime les quantités de vase soutirée par la formule suivante :

$$V_s = V_e \frac{(\rho_t - \rho_e)}{600} \quad (3.2)$$

Avec :

$V_s$ : Volume de vase soutiré en  $m^3$ .

$V_e$ : Volume d'eau évacué en  $m^3$ .

$\rho_t$ : Masse volumique de mixture en  $Kg/m^3$ .

$\rho_e$  : Masse volumique de l'eau en  $Kg/m^3$ .

### III.2.4. La pratique de la technique de soutirage dans le barrage d'Ighil Emda

Le barrage d'Ighil Emda est probablement le premier à avoir été équipé d'un dispositif spécial pour le soutirage des courants de densité, constitué d'une batterie de vannes composée de :

- Trois pertuis de dégrèvement de 2,75 m de hauteur et de 1,8 m de largeur.
- Huit conduites de dévasement de 40 cm de diamètre dont quatre installées à la cote 471,5 et quatre autres à la cote 469

Cette batterie est complétée par un appareillage qui permet la détermination rapide, de l'importance des matières solides et leur distribution verticale aux abords de la prise d'eau.

### III.2.5. Granulométrie des sédiments évacués du barrage d'Ighil Emda vers l'oued Agrioun

Le soutirage des courant de densité par les vannettes de dévasement évacue des sédiments fins, le tableau (3.1) nous donne les pourcentages des différentes dimensions des grains (argile, limon et sable fin).d'après les analyses granulométriques faites sur plusieurs échantillons prélevés des vases soutirées du barrage d'Ighil Emda (Remini ,2006)

**Tableau (3.1) : Pourcentages des dimensions des grains de la vase soutirée du barrage d'Ighil Emda**

	Argile $\Phi < 2\mu m$	Limon $2\mu m < \phi < 20\mu m$	Sable fin $20\mu m < \phi < 200\mu m$
Pourcentage	8 %	75%	17%

### III.2.6. Durée de vie d'un barrage dans lequel la technique du soutirage est pratiquée

La pratique de la technique de soutirage, en particulier lorsque la configuration de la retenue est favorable à l'apparition des courants de densité, fait en sorte de réduire la vitesse de comblement du réservoir, et l'augmentation de la durée de vie du barrage.

La durée de vie  $T$  d'un barrage dans lequel se pratique la technique de soutirage est donnée par la relation de Remini 1997

$$T = T_0 \cdot \left( \frac{1}{1-S} \right) \quad (3.3)$$

Avec :

$T_0$ : La durée de vie d'un barrage sans la pratique de la technique du soutirage.

$S$ : Le rendement c'est le rapport entre le volume de sédiments évacués ( $W_{se}$ ) et le volume total des sédiments entrants dans la retenue ( $W_{st}$ ) ;

### III.2.7. Bon et mauvais soutirage

Le soutirage des courants de densité réduit considérablement l'envasement des retenues, or les résultats nous montrent que le soutirage est mal pratiqué en Algérie, à l'exception du barrage d'Ighil Emda, malgré la présence des courants de densité favorable à cette technique dans la majorité des retenues. Ce qui conduit alors à des pertes d'eau claire dans certains barrages, ou à une évolution rapide de l'envasement dans d'autres, provoquant leur abandons comme pour le barrage de CHEURFAS I en 1966, ou le blocage de la vanne de fond comme c'était le cas pour le barrage de OUED EL FODDA en 1948.

D'après (Remini, 2006), DESSOLIERS H. avait dès 1948 parfaitement défini ce qu'il fallait faire : « au lieu de laisser les vases s'accumuler, se tasser, se durcir, puis s'acharner à les extraire, ce qui sera d'autant plus coûteux que l'on aura attendu plus longtemps, il faut après chaque crue, pendant qu'elles sont encore semi-fluides, les évacuer, les évacuer immédiatement par un égout de fond.

DUQUENNOIS H. (1954) cité par REMINI (2006), a montré que le soutirage qui ne se fait pas dès l'arrivée des courants de densité aura un rendement plus élevé, et une quantité de sédiments totale soutirés inférieure à un soutirage fait dès l'arrivée des courants de densité.

Le même auteur a estimé 1949 que si on pratique l'ouverture des vannes de fond lorsque la consolidation est avancée, on évacue de l'argile et de la vase de densité très élevée (plus de 1,350) mais en faible quantité, et on arrive rapidement à l'eau claire.

### **III.2.7.1. Flux solide dans une retenue**

Le flux solide par courant de densité suit une loi polynomiale du troisième degré en fonction de la concentration (densité) en sédiment dans la suspension, présentant un maximum et un point d'inflexion, le graphe suivant montre.

### **III.2.7.2 La zone optimale de soutirage**

REMINI (2002) définit la zone optimale de soutirage comme étant une zone comprise entre la valeur de la densité du flux solide maximum et celle du point d'inflexion du flux solide. Un soutirage exécuté dans cette zone optimale de densités, nous permet d'évacuer un maximum de sédiments et un minimum d'eau claire.

- Dans le cas le soutirage est pratiqué pour des densités inférieures à la densité du flux maximum, une quantité de sédiments sera évacuée, avec une grande proportion d'eau claire.
- Par contre, dans le cas d'un soutirage exécuté pour des densités de flux solide supérieures à celle du point d'inflexion, alors que les vases sont restées accumulées pendant une période assez longue sous l'eau, leurs densités augmentent très sensiblement .la suspension n'est alors plus un fluide Newtonien ,mais plutôt plastique .

La viscosité augmente aussi de telle sorte que l'écoulement ne peut se faire qu'avec de très fortes pertes de charge, dans ce cas une faible quantité de vase sera évacuée, avec également une faible quantité d'eau.

### **III.2.7.3 Le bon soutirage**

Le bon soutirage se pratique avec une densité de la mixture appartenant à la zone optimale de soutirage et qui sera maintenue constante, ou avec faible variation, pendant toutes la durée de l'opération.

Le bon soutirage dépend alors de l'importance des débits solides de la crue, et de la bonne manœuvre de la vanne de fond ou des vannettes de dévasement.

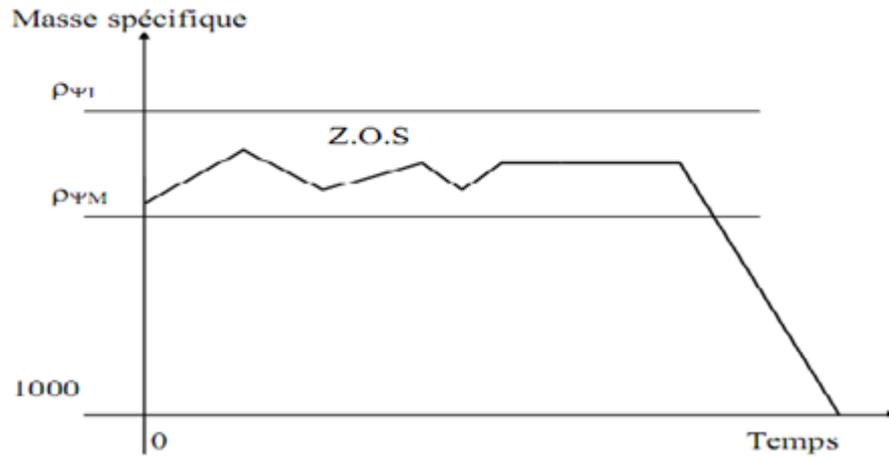


Figure (3.1) cas d'un «bon» soutirage: Variation de la densité de la suspension au cours d'une opération de soutirage (REMINE, 2002)

### III.2.7.4. Le mauvais soutirage

Le mauvais soutirage est celui pratiqué avec une densité de mixture n'appartenant pas à la zone optimale de soutirage.

Dans le cas d'un soutirage tardif, le courant de densité butte contre le pied du barrage et revient en sens inverse jusqu'à ce qu'il se stabilise, il y a alors présence de deux couches de liquides de densité différentes. La décantation des particules fines sera suivie d'une consolidation, ce qui conduit à une augmentation rapide de la densité. L'ouverture tardive de la vanne de fond laisse évacuer une faible quantité de suspension de densité élevée.

Dans les dépôts, un entonnoir se crée dont la forme dépend du degré de consolidation.

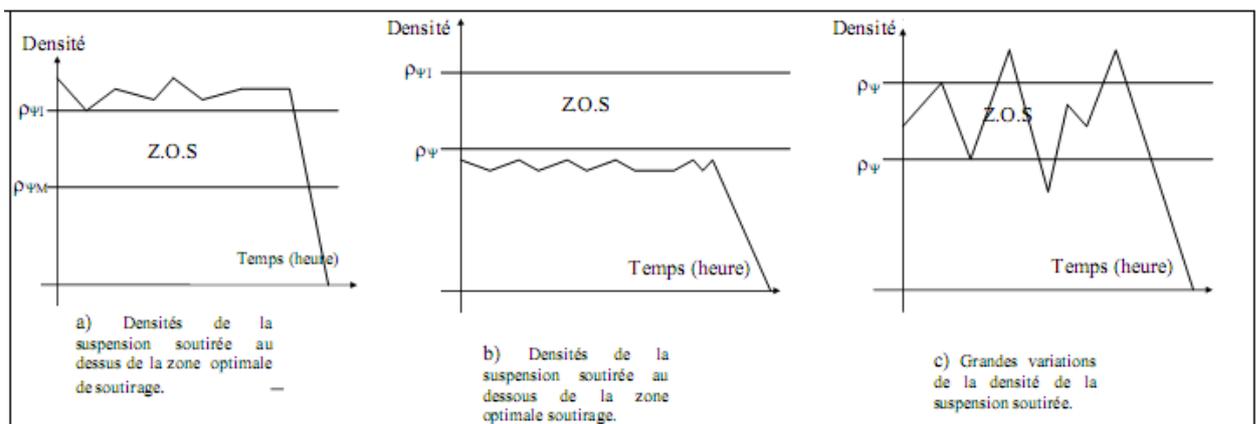


Figure (3.2) : cas d'un «mauvais» soutirage : Variation de la densité de la suspension au cours d'une opération de soutirage (REMINE, 2002)

### III.2.8. Effet de la libération des sédiments du barrage sur le cours d'eau

Pour les retenues qui sont munies d'un dispositif de libération des sédiments accumulés. La libération d'une grande quantité de sédiments par les barrages sous forme d'événements ponctuels peut être un mode de gestion très impactant pour le cours d'eau (PINTO MARTINS ,2008).l'effet de la libération des sédiments du barrage sur le cours d'eau selon quelques chercheurs cités par (PINTO MARTIN, 2008) :

- Selon Chien (1985), les courants de densité libérés par les retenues peuvent donner lieu à des impacts sur les processus de sédimentation dans le chenal, les sédiments relâchés étant en général fins et pouvant être transportés facilement par l'écoulement.
- Selon Petts (1984), l'introduction soudaine des sédiments dans le système modifié élève les concentrations de la charge solide, ce qui peut produire des problèmes de stress sur les écosystèmes aquatiques.
- selon Brandt (2000), le choix du système de libération des sédiments est très important à cause de ses effets possibles sur le cours d'eau.
- Selon Webb et Walling (1996), Les changements dans la qualité d'eau, comme par exemple les changements de température, peuvent influencer aussi la capacité de transport de l'écoulement.

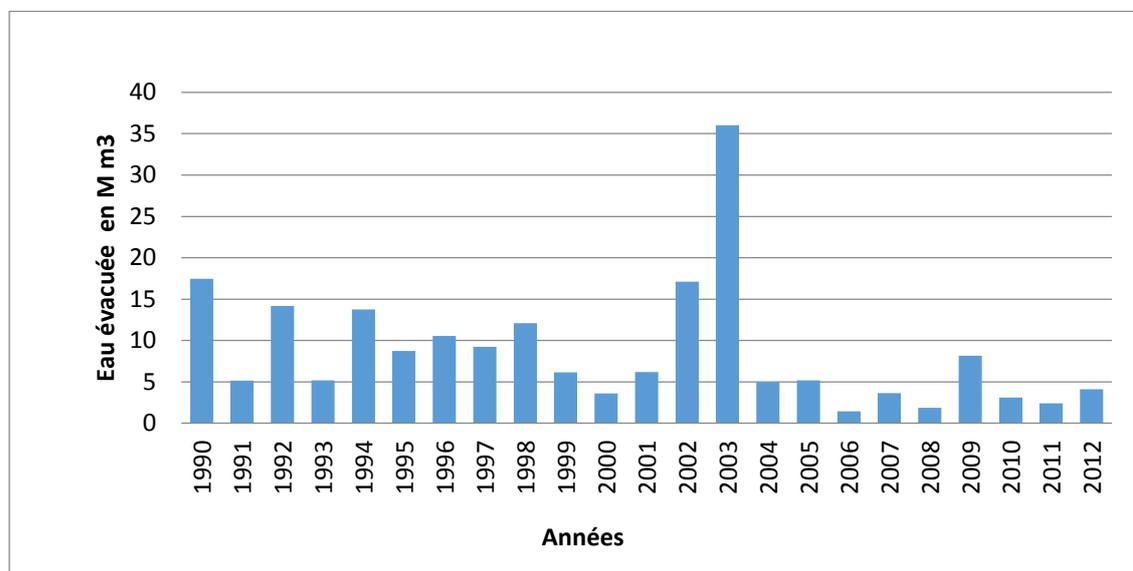
### III. 3. Discussion des résultats des sédiments et eau évacués par soutirage du barrage d'Ighil Emda, dans l'oued Agrioun.

Dans cette présente étude qui consiste à montrer l'impact du soutirage des courant de densité sur la dynamique sédimentaire dans l'oued Agrioun, à l'aval du barrage, nous nous sommes intéressé aux lâchées (évacuations d'eau et de sédiments dans l'oued), à leur granulométrie, à leurs quantités et bien sûr à leur répartition en fonction des années, des mois et des saisons.

Nous avons alors obtenu les résultats suivants, en exploitant les données de 23 ans d'exploitation (1990-2012) recueillies au niveau du barrage d'Ighil Emda et de la SONELGAZ de Darguina.

### III. 3.1. Les quantités d'eau chargée en sédiments évacuée vers l'oued Agrioun par soutirage des courants de densité

Le soutirage des courants de densité se fait par l'évacuation d'eau très chargée en sédiments (mixture), la figure (3.3) nous donne les quantités totales annuelles évacuées :



*Figure (3.3) : quantités d'eau chargée interannuelles évacuées*

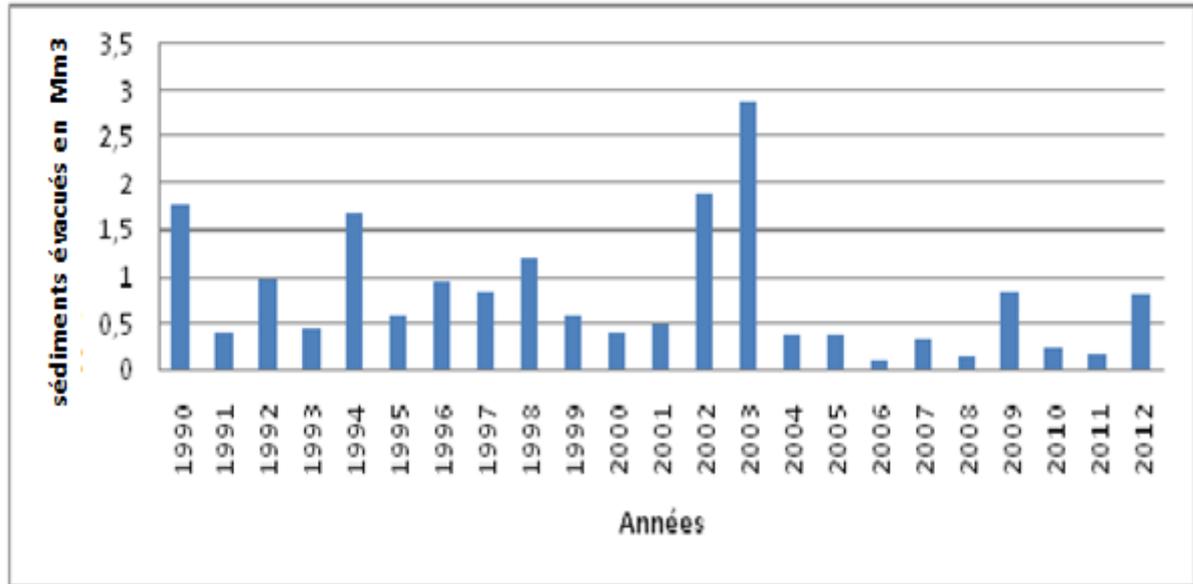
La plus grande quantité annuelle d'eau évacuée dans l'oued Agrioun est de 36,02 Mm<sup>3</sup> qui correspond à l'année 2003, en second lieu une quantité de 17,46Mm<sup>3</sup> au cours de l'année 1990 suivie de l'année 2002 ou on a enregistré un volume de 17,11Mm<sup>3</sup>.par contre la plus petite quantité correspond à l'année 2006 où on à enregistré une évacuation de 1,46 Mm<sup>3</sup>

Le volume total de mixture évacué entre 1990 et 2012 est de 200,36 Mm<sup>3</sup>

### III.3.2. Quantités interannuelles de sédiments évacuées vers l'oued Agrioun, par soutirage du courant de densité

Au cours de ces opération de soutirage du courants de densité, d'importantes quantités de sédiments sont évacuées vers l'oued, on peut aussi utiliser le terme « libérées » par opposition à « piégées dans la retenue ».ces quantités sont obtenues par la formules (3.2).

Les quantités annuelles sont alors représentées dans la figure (3.4)



*Figure (3.4) : quantités interannuelles de sédiments évacuées par soutirage*

Nous constatons qu'il y a une grande variation en fonction des années, la quantité maximale évacuée est observée pour l'année 2003 avec un volume de 2,88 Mm<sup>3</sup>, la seconde grande valeur est observée pour l'année 2002 avec un volume de 1,87 Mm<sup>3</sup>, suivie d'une quantité de 1,75 Mm<sup>3</sup> observée pour l'année 1990. la quantité minimale est observée pour l'année 2006, avec une quantité de sédiments égale à 91108 m<sup>3</sup>

Le volume total de sédiments évacués dans l'oued Agrioun entre de 1990 à 2012 est de 18,26 Mm<sup>3</sup>

### **III.3.3. Quantités d'eau claire interannuelles évacuées vers l'oued Agrioun par soutirage des courants de densité**

Les quantités d'eau claire évacuées par soutirage des courants de densité sont calculées en retranchant les quantités de sédiments des quantités de la mixture totale (eau chargée) pour chaque année.

La plus grande quantité annuelle d'eau claire évacuée dans l'oued Agrioun est de 33,14 Mm<sup>3</sup> qui correspond à l'année 2003, en second lieu une quantité de 15,71Mm<sup>3</sup> au cours de l'année 1990 suivie de l'année 2002 où on a enregistré un volume de 15,24Mm<sup>3</sup>. par contre la plus petite quantité correspond à l'année 2006 où on a enregistré une évacuation de 1,37 Mm<sup>3</sup>

La quantité totale d'eau claire évacuée de 1990 à 2012 est de 182,1 Mm<sup>3</sup>

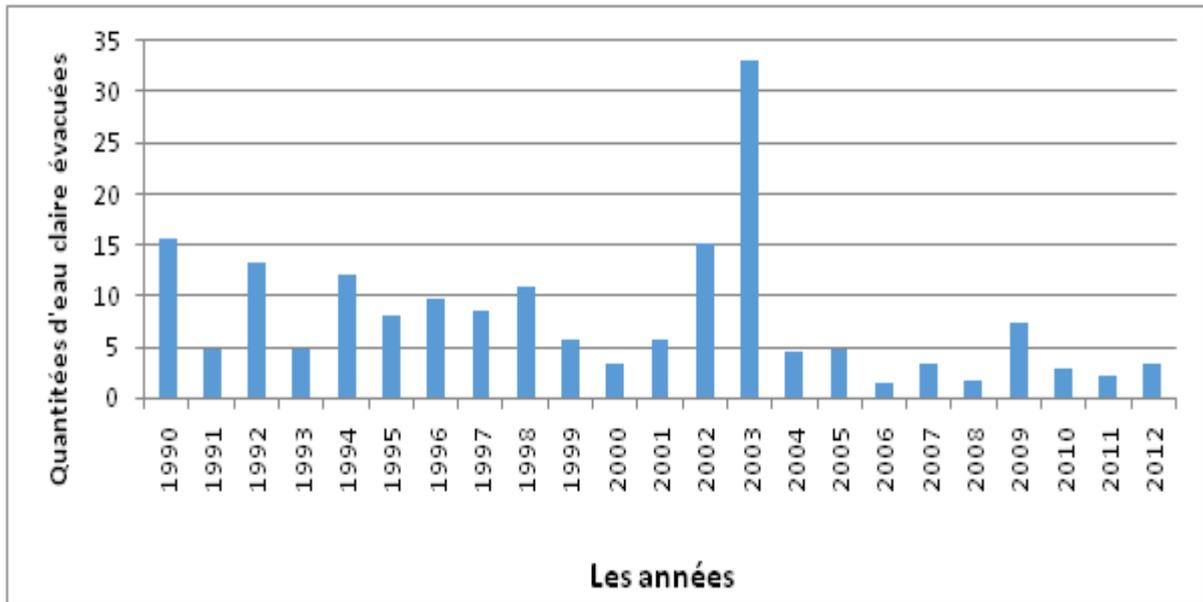


Figure (3.5) : quantités interannuelles d'eau claire évacuées par soutirage

### III.3.4. Quantités mensuelles d'eau chargée évacuées vers l'oued Agrioun, par soutirage du courant de densité.

Les quantités d'eau chargée (mixture) évacuées dans l'oued est fonction des précipitations, l'état du sol, les apports solide et l'apparition des courants de densité .et cela diffère d'un mois à l'autre, la figure (3.6) représente la somme des quantités d'eau chargée en sédiments évacuées par mois pour la période allant de 1990 à 2012.

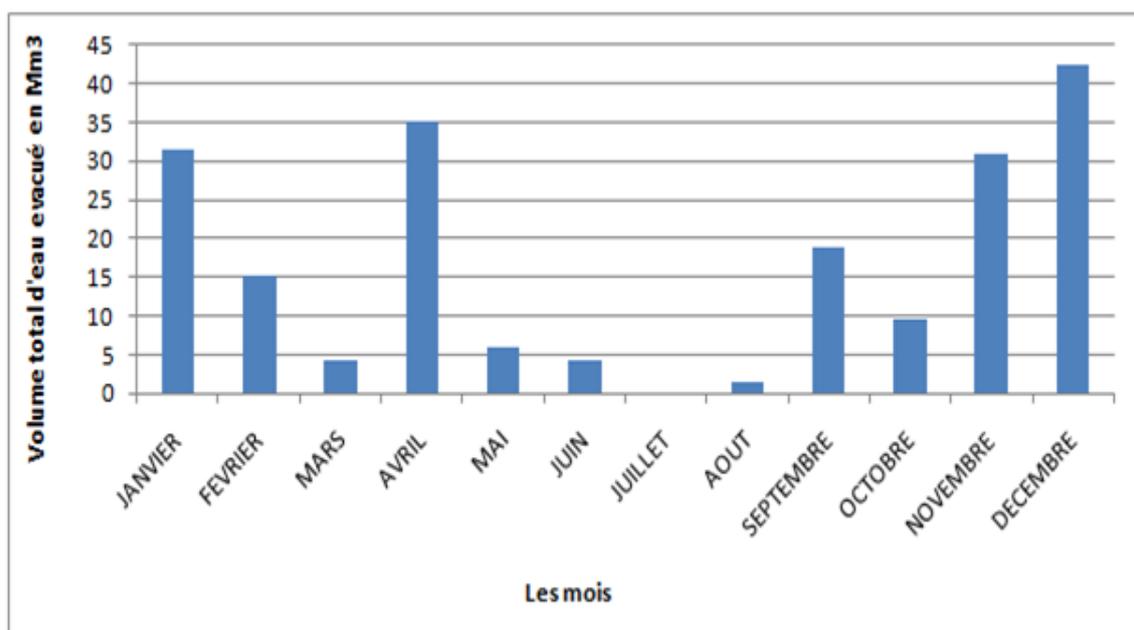
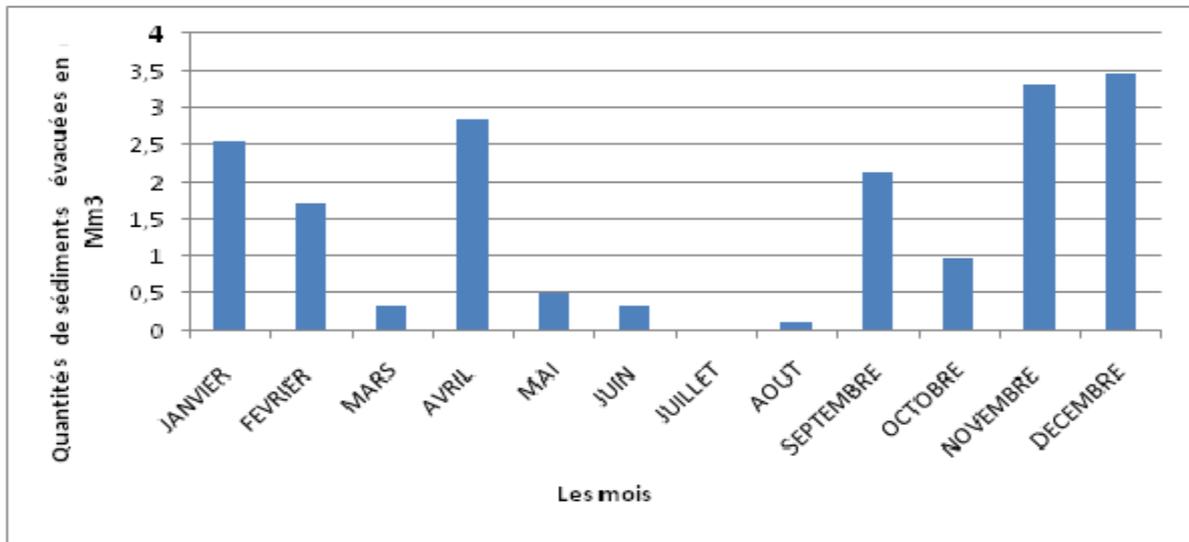


Figure (3.6) : quantités mensuelles d'eau évacuée vers l'oued Agrioun

La quantité la plus élevée est observée pour le mois de Décembre avec un volume de  $42,45 \text{ Mm}^3$ , suivi par le mois d'Avril avec un volume de  $35,09 \text{ Mm}^3$  et le mois de Janvier avec un volume de  $31,46$  et le mois de Novembre avec  $31,08$ . La plus faible quantité est observée pour le mois de Juillet qui est de  $0,13 \text{ Mm}^3$

### III.3.5. Quantités mensuelles de sédiments évacués vers l'oued Agrioun par soutirage du courant de densité

Nous représentons la somme des quantités mensuelles, de 1990 à 2012 dans la figure (3.7)

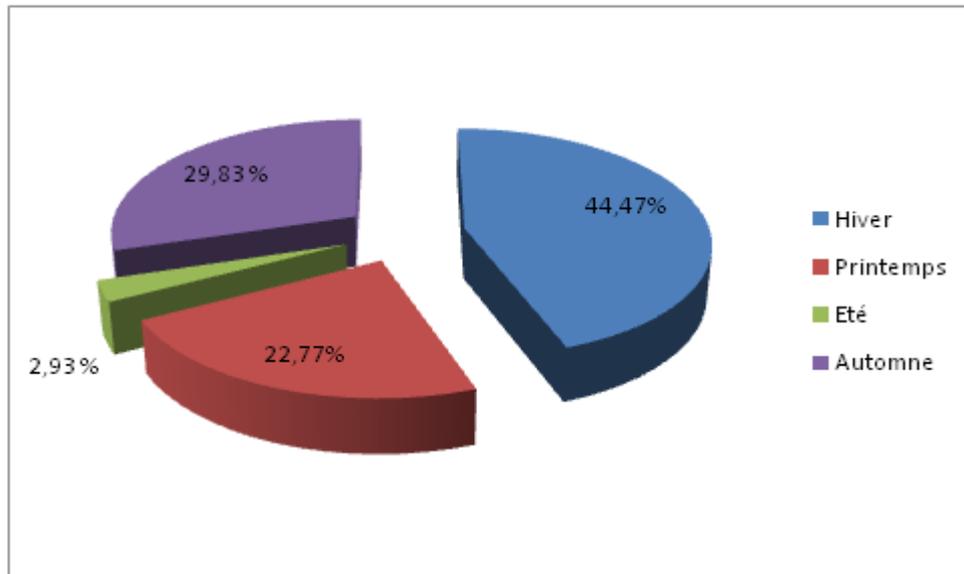


*Figure (3.7) : quantités mensuelles de sédiments évacuées*

Nous constatons alors que le plus grand volume de sédiments est observé pour le mois de Décembre avec une valeur totale de  $3,47 \text{ Mm}^3$ , vient ensuite le mois de novembre avec un volume de  $3,31 \text{ Mm}^3$ . la valeur minimale est observée pour le mois de Juillet avec une quantité de sédiments égale à  $0,009 \text{ Mm}^3$

### III.3.6. Quantités saisonnières d'eau chargée en sédiments évacuées vers l'oued Agrioun, par soutirage du courant de densité.

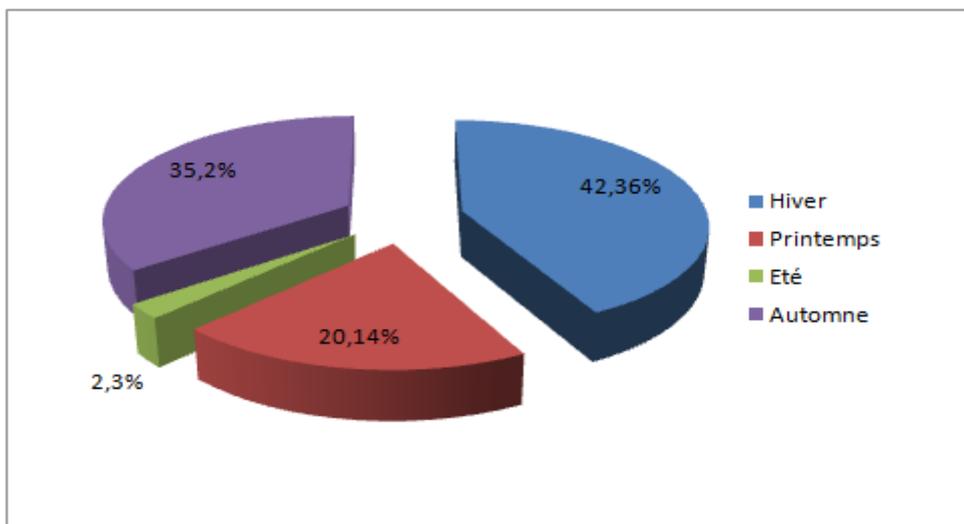
Les quantités d'eau et de sédiment évacuées dans l'oued diffèrent d'une saison à l'autre, la figure (3.8) représente la somme les quantités de mixture évacuées dans chaque saison pendant la période allant de 1990 à 2012.



*Figure (3.8) : quantités saisonnières d'eau évacuées dans l'oued Agrioun*

Les plus grandes quantités sont évacuées en hiver avec un pourcentage de 44,47%, vient après en automne avec un pourcentage de 29,83%, le printemps 22,77 et la plus faible quantité évacuée est en été 2,93%

### **III.3.7. Quantités saisonnières de sédiments évacuées vers l'oued Agrioun, par soutirage des courants de densité**

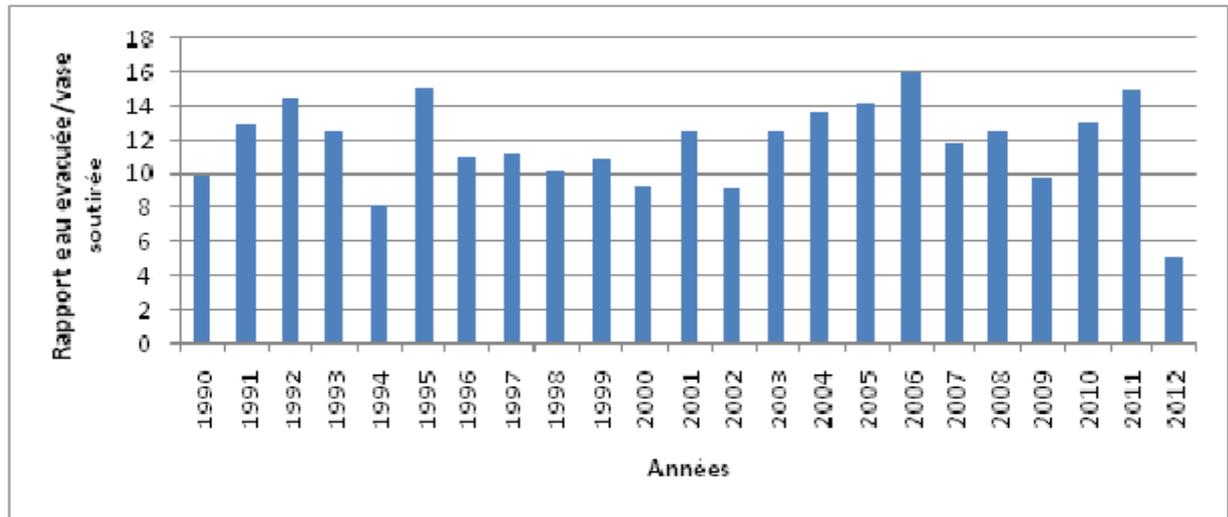


*Figure (3.9) : quantités saisonnières de sédiments soutirés*

Nous constatons que les plus grandes quantités de sédiments évacuées vers l'oued Agrioun, sont en hiver avec un pourcentage de 42,36% du volume total. Vient après l'automne avec 35,2%, le printemps avec 20,14% et l'été avec 2,3%.

### III. 3.8. Le rapport eau chargée /sédiments soutirés

On représente dans la figure (3.10), le rapport eau chargée évacuée / sédiments évacués, pour chaque année, pour la période 1990-2012.



*Figure (3.10) : le rapport entre l'eau chargée évacuée /sédiments évacués*

Nous constatons que la plus grande valeur est de 16,02 qui correspondent à l'année 2006, tandis que la plus petite valeur est de 5,15 correspondants à l'année 2012, la moyenne de ces rapports pour les 23 années est 11,8.

### III.4. Efficacité de la technique de soutirage des courants de densité

Afin d'évaluer l'efficacité de cette technique, Remini B définit le rendement (S) comme

$$S = \frac{W_{ss}}{W_{se}} \quad (3.4)$$

Ce rendement peut être calculé pour une simple opération de soutirage ou pour une période quelconque de l'exploitation du barrage.

Pour avoir un bon rendement, deux conditions doivent être satisfaites ;

- La présence de courants de densité dans la retenue
- Une bonne maîtrise des manœuvres de vannes.

La présence des courants de densité, peut être néfaste ou bénéfique pour un barrage, et cela de l'équipement approprié au soutirage et aussi de la maîtrise des manœuvres des vannes pour le soutirage.

Nous constatons que des barrages Algériens dont certains même équipés d'un système approprié au soutirage comme ; OUED EL FODDA, ERRAGUENE et ZARDEZAS enregistrent un rendement faible à cause d'une absence de maîtrise des manœuvres des vannes .par contre, nous enregistrons un rendement important dans le barrage de Ighil Emda, grâce à la maîtrise des manœuvres de vannes , comme le montre ces résultats des études faites par B, REMINI, des périodes ; 1974-1981,1981-1984,1984-1992 et 1992-1997.

- 1974-1981 : un rendement de 42%.
- 1981-1984 : un rendement de 54%.
- 1984-1992 : un rendement de 55%.
- 1992-1997 : un rendement de 57%.

### **III.5. .Résultats des soutirages des courants de densité dans du barrage de IghilEmda du début d'exploitation jusqu'à 2012**

Une quantité importante de sédiments estimée à  $47.10^6\text{m}^3$  a été évacuée vers l'oued Agrioun en 44 ans d'exploitation. (Remini, 2006)

D'après les résultats des données collectées au niveau du barrage d'Ighil Emda et de la SONELGAZ de Darguina, le volume des sédiments évacué 2001 jusqu'à 2012 est estimé à  $8,55. 10^6\text{m}^3$  et une quantité d'eau claire égale à  $85,67\text{Mm}^3$ , ce qui nous donne une somme de  $55,55 \text{Mm}^3$  du début de l'exploitation à 2012.

### III.6. Conclusion

Durant toute la période d'exploitation du barrage d'Ighil Emda, des opérations de soutirage des courants de densité sont périodiquement effectuées, en évacuant d'importantes quantités d'eau très chargée en sédiments dans l'oued Agrioun.

Pour la période 1990 à 2012, une quantité d'eau chargée en sédiments égale à 200,36 Mm<sup>3</sup> dont 18,26 Mm<sup>3</sup> des sédiments et 182,1 Mm<sup>3</sup> d'eau claire, ces quantités sont libérées dans l'oued Agrioun par soutirage des courants de densités. Ces quantités évacuées d'eau et de sédiment participent dans la dynamique sédimentaire dans l'oued à l'aval, et permet une libération des sédiments que nous pouvons même considérer comme recharge en sédiment. Cette eau et sédiments évacués avec des densités (concentrations) comprises dans la zone de bon soutirage, donnent un bon rendement de dévasement .Reste alors à étudier l'adéquation de ces densités sur le fonctionnement sédimentaire dans l'oued.

En ajoutant nos résultats aux travaux précédents de REMINI (2006). Le volume total des sédiments libéré est estimé à 55 ,55 Mm<sup>3</sup> depuis le début de l'exploitation jusqu'à l'année 2012.

## **Chapitre IV :**

Interprétation et discussion de  
résultats de l'analyse granulométrique

## IV.1.Introduction

Les sédiments sont forme un mélange de grains de tailles différentes dans le lit d'un cours d'eau naturel, apportés est déposés avec différents mode de transport solide.

Ce chapitre est alors l'analyse des sédiments prélevés dans le lit mineur, afin de caractériser la granulométrie des sédiments et la dynamique sédimentaire dans l'oued à l'aval du barrage.

Après l'analyse granulométrique au laboratoire des échantillons prélevés dans le lit mineur de l'oued Agrioun, dans les deux compagnes de prélèvement précédemment citées, et après avoir tracé des courbes granulométriques pour chaque échantillon, cette partie est une présentation et interprétation des courbes granulométriques et caractérisation de la sédimentation.

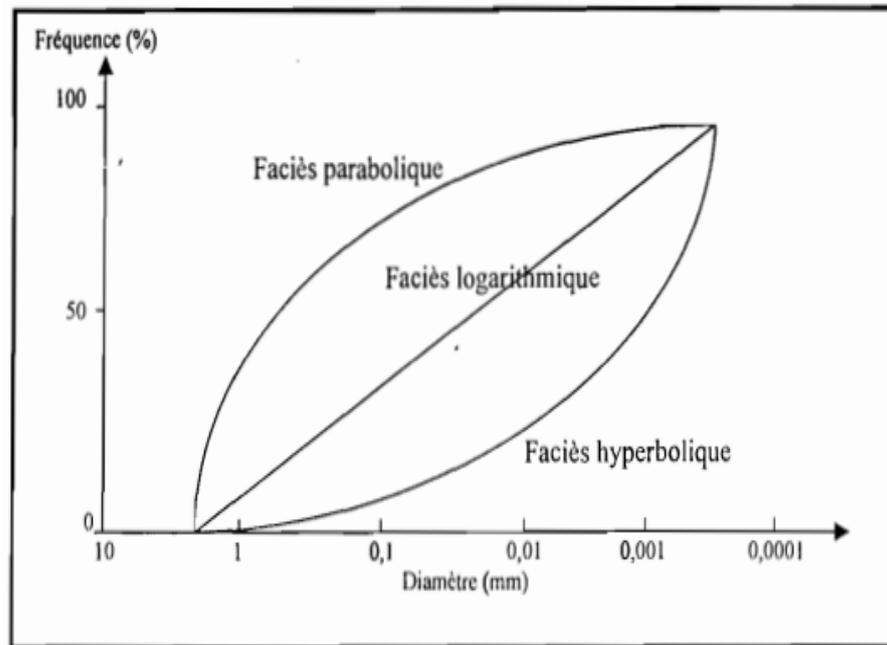
## IV.2. Méthodes d'interprétation des courbes cumulatives

Pour l'interprétation des courbes granulométrique des sédiments prélevés, nous citons ces trois méthodes :

### IV.2.1. La méthode de RIVIERE (1977)

Cette méthode est basée sur l'allure de la courbe granulométrique, en tenant compte du sédiment entier .Elle permet une interprétation de la courbe granulométrique en termes de dynamique de transport et de dépôt (NDIAYE, 2004). Trois types de courbes sont identifiés voir figure (4.1) :

- Les courbes paraboliques sont bombées vers le haut indiquant une dominance relative de la fraction grossière. Le faciès caractérise un transport en déséquilibre par un courant de forte énergie, le dépôt se fait par excès ou par chute brusque d'énergie.
- les courbes logarithmiques sont sensiblement rectilignes et indiquent des proportions presque équivalentes des deux fractions. Ce faciès indique un équilibre entre un courant décroissant et la charge solide transportée.
- les courbes hyperboliques sont concaves. Elles indiquent une dominance de la fraction fine. Ce faciès caractérise un régime de décantation en milieu calme.



**Figure (4.1) :** courbes granulométriques d'après Rivière(1977)

#### IV.2.2. La méthode de PASSEGA (1957)

Cette méthode met en relation les dépôts fluviaux et les modes de transport des sédiments. Elle est basée sur la détermination de deux paramètres de position à partir des courbes granulométriques (Ndiaye, 2004) :

Le percentile le plus grossier  $C_p$  ou  $D_{99}$  indique le diamètre de particule tel que 99 % est plus fin et 1% est plus grossier, il mesure la capacité de transport du cours d'eau. La médiane  $M$  ou  $D_{50}$  décrit la grossièreté moyenne du dépôt et elle est représentée par le diamètre de particule tel que 50 % est plus fin et 50 % plus grossier.

La corrélation  $C_p/M$  sur un diagramme bi-logarithmique permet d'obtenir des nuages de points situés à gauche de la ligne  $C_p = M$ , représentant les sédiments de très bon classement. Sur ce diagramme on peut identifier cinq segments selon le type de dépôt figure (4.2) :

- le segment SR indique des dépôts de suspensions homogènes ;
- le segment RQ indique des dépôts de suspensions graduées ;
- le segment QP indique des dépôts de suspensions graduées et de roulement ;
- le segment PO indique des dépôts de roulement et de suspensions graduées ;
- le segment ON indique des dépôts de roulement ;
- le nuage T indique des dépôts de suspensions pélagiques ;
- le nuage TC indique le talus continental ;
- le nuage PP indique le pélagique profond.

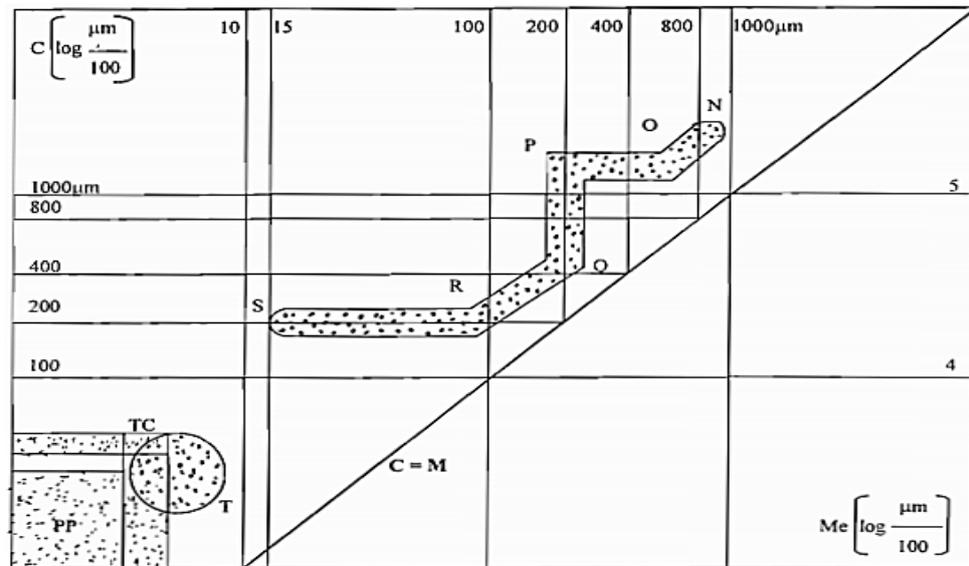


Figure (4.2) : diagramme de Passega (1954) d'après (NDIAYE, 2004)

### IV.2.3. La méthode de Passega et Byramjee (1969)

Le diagramme précédent de Passega (1957) a été repris et développé par **Passega et Byramjee** (1969) d'après (Ada Ndiaye, 2004) . Par l'utilisation de l'image CM, ils ont défini neuf classes de sédiments en subdivisant le diagramme par des lignes  $C_p = 1000\mu\text{m}$ ,  $M = 200\mu\text{m}$ ,  $M = 100\mu\text{m}$  et  $M = 15\mu\text{m}$ . tableau (4.1)

Tableau (4.1) : Les classes de sédiments d'après R .Passega et R.Byramjee, (1969)

	$C_p < 1000$	$C_p > 1000$
$M < 15\mu\text{m}$	VIII	IX
$15\mu\text{m} < M < 100$	VII	III
$15\mu\text{m} < M < 100$	VI	
$100\mu\text{m} < M < 200\mu\text{m}$	V	II
$M > 200$	IV	I

Les sédiments I, II, III et IX sont caractérisés par le percentile  $C_p$  supérieur à  $1000\mu\text{m}$ . Ils renferment des grains transportés par roulement et déposés, ou transportés à travers des

environnements où la sédimentation fine est faible. Ces sédiments sont constitués par le mélange de sédiments de suspension et de roulement qu'on pourrait qualifier de dépôt de turbulence régressive. Les types I et II sont caractérisés par une prédominance des dépôts de roulement, alors que les types III et IX sont caractérisés par une prédominance de dépôts de suspension.

Les sédiments IV, V, VI et VII sont caractérisés par le percentile  $C_p$  inférieur à 1000. Ce sont des sédiments de suspension mais peuvent renfermer des grains transportés d'abord par suspension sur de longues distances puis déposés par roulement. Les types IV et V sont qualifiés de dépôts de suspensions graduées et de roulement, le type V est considéré comme un dépôt de turbulence modérée. Les types VI et VII sont qualifiés de dépôts de suspensions uniformes.

Le sédiment de type VIII est caractérisé par le percentile  $C_p$  inférieur à 1000  $\mu\text{m}$ , et la médiane  $M$  inférieure à 15  $\mu\text{m}$ . Il est qualifié de dépôt de suspension pélagique.

### IV.3. Interprétation des résultats

Nous avons utilisé deux méthodes pour l'interprétation des courbes granulométrique : la méthode de RIVIERE(1977) et la méthode de Passega et Byramjee (1969).

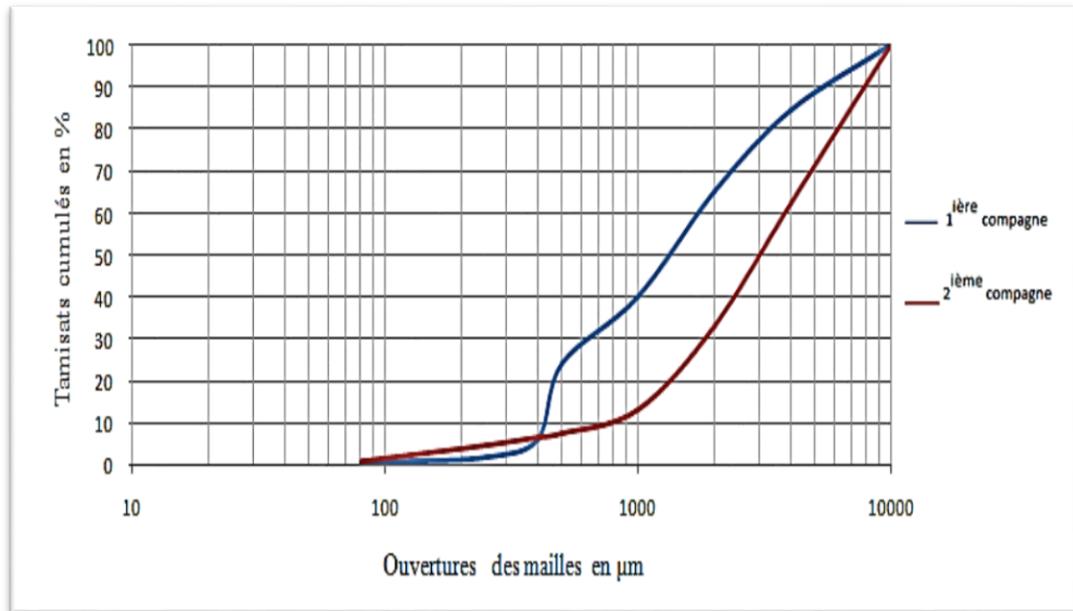
#### IV.3.1. Interprétation par la méthodes de RIVIERE (1977)

Dans les graphes suivants nous avons représenté deux courbes granulométrique, correspondant à deux échantillons prélevés dans le même endroit du lit d'oued Agrioun,dans chaque figure,les échantillons sont prélevés chaque un dans l'une des compagnes de prélèvement citées dans le chapitre II.

Nous utilisons la méthode de RIVIERE (1977),pour interpreter les courbes cumulatives,en indiquant les fractions dominantes ,et le type de dépôts.

**Remarque :** nous utilisons cette méthode en prenant compte de la difference entre les courbes cumulatives des refus utilisé dans la representation de RIVIERE( 1977)dans la fig(4.1),et les courbes cumulatives des tamisats que nous avons tracé pour les échantillons prelevés.

### IV.3.1.1. Echantillons prélevés à Kherrata entre les deux ponts



**Figure (4.3) :** courbes granulométriques des échantillons E1-1 et E1-2

L'échantillon 1-1 prélevé en Mars 2013, dans la première campagne d'échantillonnage qui correspond à la première courbe granulométrique en bleu. D'après la méthode d'interprétation de RIVIERE(1977) ; à partir du diamètre de  $500\mu\text{m}$  qui est le  $D_{24,22}$  (Ce qui veut dire que 24,22% du poids des sédiments sont inférieures à  $500\mu\text{m}$ ), en allant vers les valeurs croissantes, on peut considérer la courbe sensiblement rectiligne, ce qui indique des proportions presque équivalentes des deux fractions fines et grossières relativement à cette partie de l'échantillon.

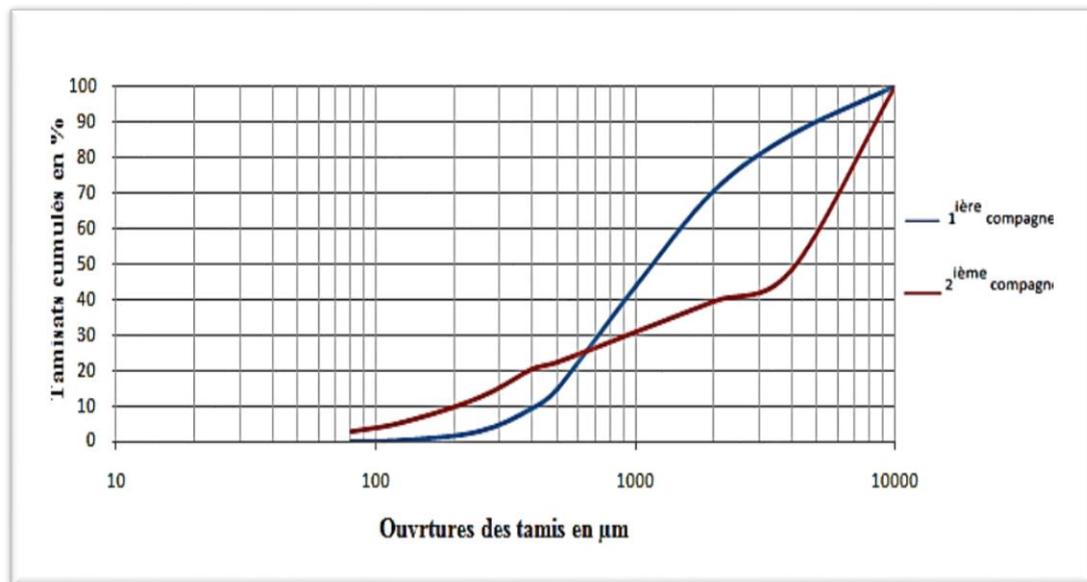
Pour la partie fine de l'échantillon 1-1, diamètre inférieur à  $500\mu\text{m}$ , cette partie de la courbe indique une dominance relative de la fraction de taille entre (400 et  $500\mu\text{m}$ ) qui représente, 17,99% de l'échantillon total et 72,15 % de la fraction inférieure à  $500\mu\text{m}$ , le faciès de cette partie de la courbe caractérise un transport en déséquilibre, par un courant relativement de forte énergie, et le dépôt de cette fraction se fait par excès ou par chute brusque d'énergie.

L'échantillon 1-2 prélevé au même endroit en juin 2013, dans la deuxième campagne d'échantillonnage, correspond à la deuxième courbe granulométrique en rouge (courbe cumulative des tamisats en pourcentage)

D'après la méthode de RIVIERE(1977), la courbe indique une dominance des fractions grossières, un pourcentage de 87,08% du poids des sédiments sont supérieurs à 1000 $\mu$ m. le faciès de la courbe caractérise un transport en déséquilibre par un courant de fort énergie, le dépôt se fait par excès ou par chute brusque d'énergie.

Nous remarquons qu'il y a plus de fraction fine dans l'échantillon prélevé en Mars que celui prélevé en juin.

#### IV.3.1.2. Echantillons prélevé à Bordj Mira Avant la confluence avec l'oued Ait Smail



**Figure (4.4) :** courbes granulométriques des échantillons E2-1 et E2-2

L'échantillon 2-1 prélevé en Mars 2013, dans la première campagne de prélèvement, est représenté par la première courbe granulométrique, la courbe peut être divisée en deux parties, la première partie des grains inférieure à 1000 $\mu$ m qui est une courbe hyperbolique légèrement concave qui indique une dominance relative de la fraction entre 500 et 1000 $\mu$ m qui est de 28,82% de l'échantillon total, est de 65% de la fraction inférieure à 1000 $\mu$ m, la deuxième partie de la courbe supérieure à 1000 $\mu$ m, une parabole légèrement bombée qui indique une dominance de la fraction des tailles comprises entre 1000 et 2000 $\mu$ m, qui est présente à un pourcentage de 26,8% de l'échantillon total est 47,7 % de la fraction supérieure à 1000 $\mu$ m.

L'échantillon 2-2 prélevé en Juin 2013, dans le même endroit est représenté par la deuxième courbe granulométrique. D'après la méthode d'interprétation de RIVIERE(1977), la courbe est hyperbolique légèrement concave avec, une première partie de la courbe

inférieure à  $2000\mu\text{m}$  qu'on peut considérer sensiblement rectiligne. Cette courbe indique une dominance relative de la fonction grossière, 65,8% du poids de l'échantillon représente des sédiments de diamètres supérieurs à  $1000\mu\text{m}$ , et 41,64% supérieurs à  $4000\mu\text{m}$ . Le faciès caractérise un transport en déséquilibre par un courant de forte énergie, le dépôt se fait par excès ou par chute brusque d'énergie.

#### IV.3.1.3. Echantillons prélevés dans le lit de l'oued Ait Smail

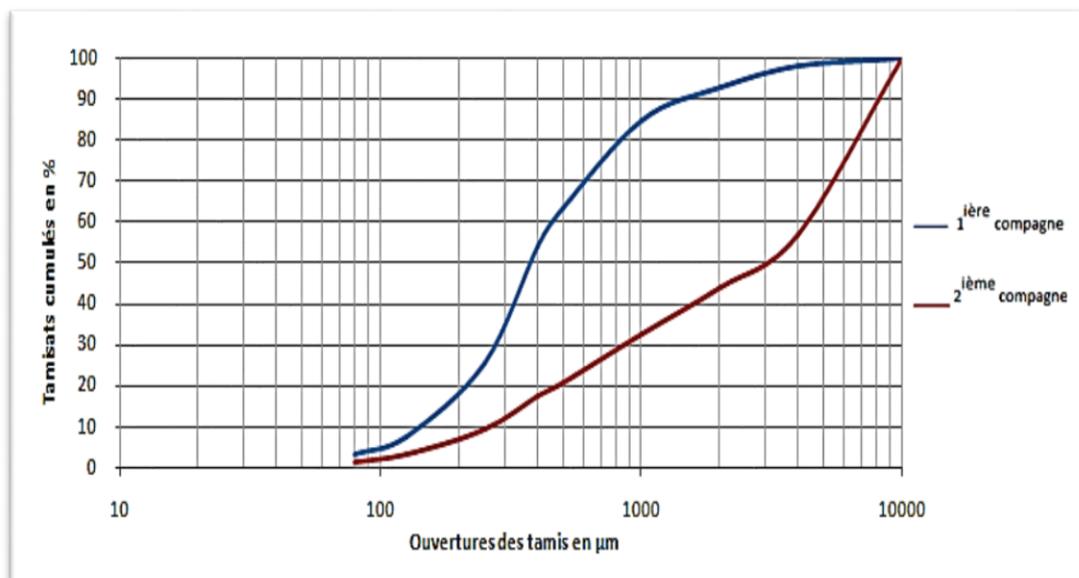
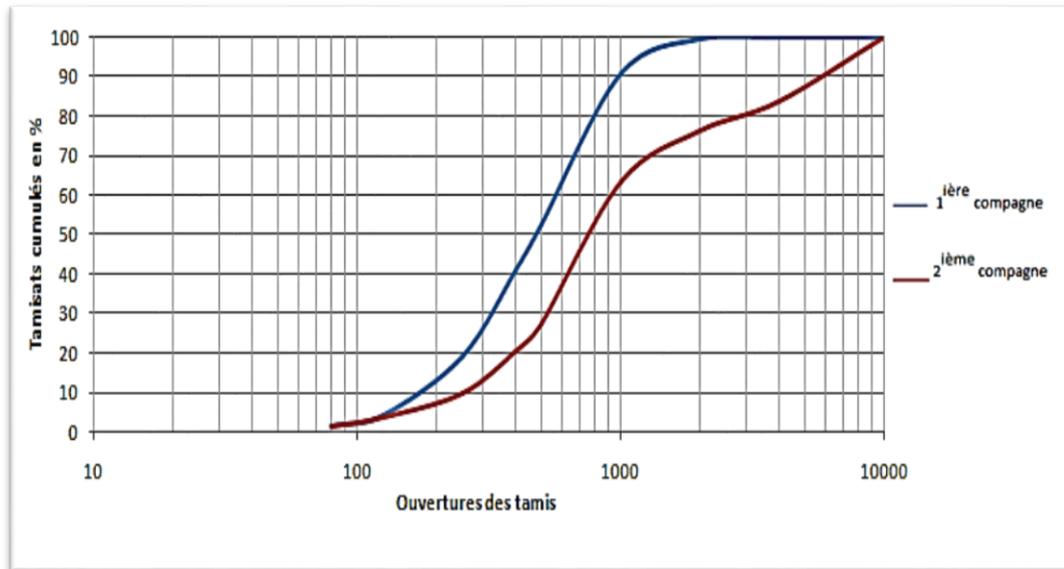


Figure (4.5) : courbes granulométriques des échantillons E3-1 et E3-2

L'échantillon 3-1 est prélevé dans la première campagne en Mars 2013, est représenté par la courbe granulométrique en bleu, la courbe étant parabolique bombée vers le haut, d'après la méthode de RIVIERE(1977), elle indique une dominance de la fraction fines, 85,12% du poids des sédiments sont de diamètres inférieurs à  $1000\mu\text{m}$ , et 53,99% du poids de l'échantillon total sont de diamètres inférieurs à  $400\mu\text{m}$ . Ce faciès caractérise un régime de décantation en milieu calme.

L'échantillon 3-2 est prélevé au même endroit dans la deuxième campagne de prélèvement en Juin de la même année, est représenté par la courbe granulométrique en rouge, la courbe est hyperbolique moyennement concave, elle indique une dominance de la fraction grossière, 55,96% du poids de l'échantillon est constitué de sédiments de diamètres supérieurs à  $2000\mu\text{m}$ , et 42,89% de sédiments supérieurs à  $4000\mu\text{m}$ . Ce faciès caractérise un transport en déséquilibre par un courant de forte énergie, le dépôt se fait alors par excès ou par chute brusque d'énergie.

#### IV.3.1.4. Echantillons prélevés à Bordj Mira à l'aval de la confluence avec l'oued Ait Smail



**Figure (4.6) :** courbes granulométriques des échantillons E4-1 et E4-2

L'échantillon 4-1 prélevé dans la première campagne en Mars 2013 est représenté par la courbe granulométrique en bleu, d'après la méthode de RIVIERE(1977), la courbe est parabolique bombée vers le haut, qui indique une dominance de la fraction fine, 90,69% du poids des sédiments est constitué de grains de diamètres inférieurs à 1000µm, et 52% inférieurs à 500µm. Le faciès caractérise un régime de décantation en milieu calme.

L'échantillon 4-2 prélevé dans la deuxième campagne en Juin de la même année, est représenté par la courbe en rouge, la courbe est parabolique moins bombée vers le haut que la précédente, qui indique une dominance de la fraction fine moins par rapport à la courbe précédente, 63,43% du poids total de l'échantillon est constitué de grains de diamètres inférieurs à 1000µm, et de 27,56 de grains de diamètres inférieurs à 500µm, Le faciès caractérise un régime de décantation relativement calme.

#### IV.3.1.5. Échantillons prélevés à Darguina avant la confluence d'Ighzer Oufitis

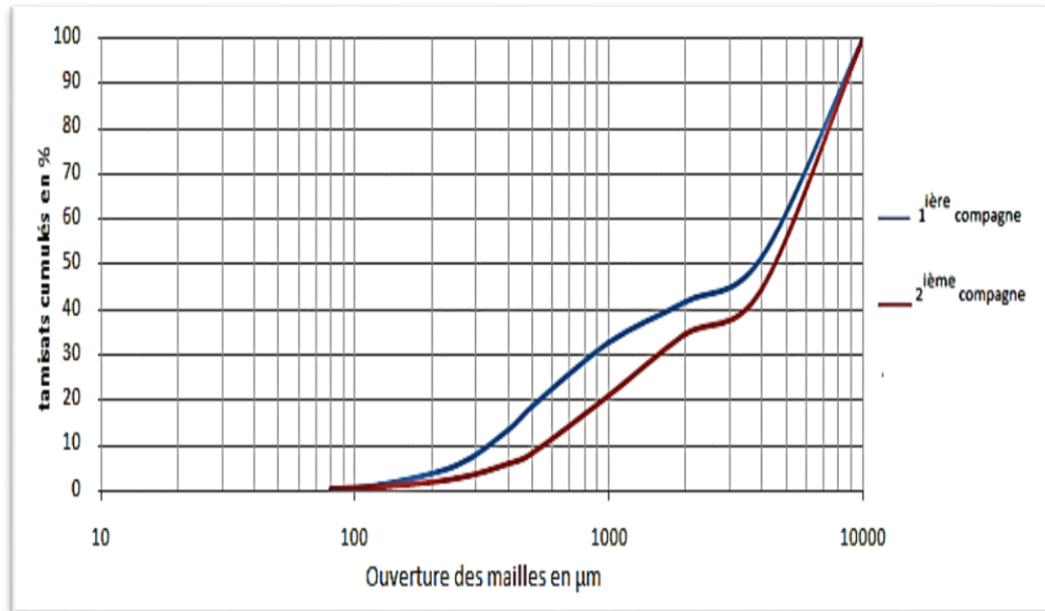


Figure (4.7) : courbes granulométriques des échantillons E5-1 et E5-2

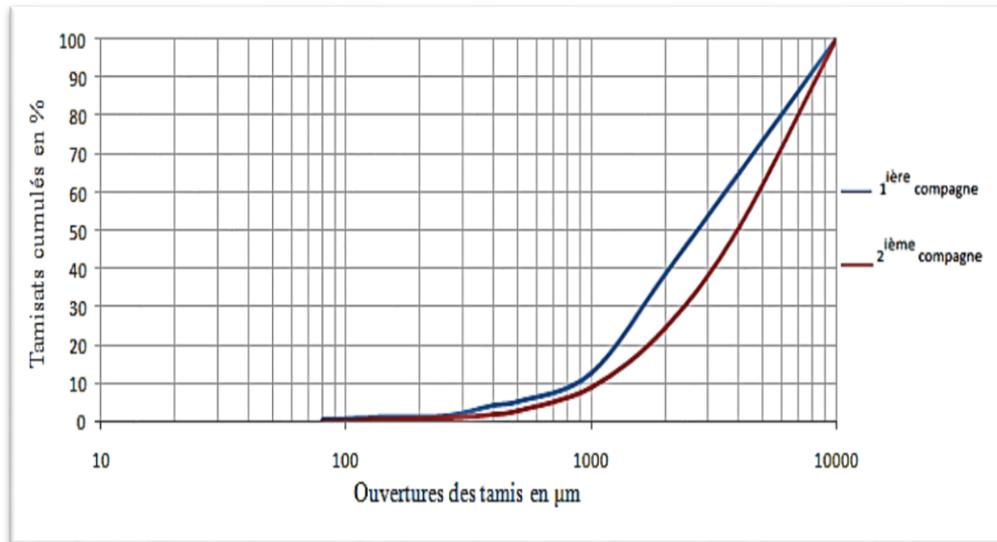
L'échantillon 5-1 est prélevé en Mars 2013, représenté par la courbe granulométrique en bleu. La courbe est hyperbolique moyennement concave, elle indique une dominance relative de la fraction grossière ; avec 67,31% du poids de l'échantillon total est constitué de sédiments de diamètres supérieurs à 1000µm, et avec 48,3% de sédiments de diamètres supérieurs à 4000µm.

Le faciès caractérise un transport en déséquilibre par un courant de forte énergie, le dépôt se fait par excès ou par chute brusque d'énergie.

L'échantillon 5-2 est prélevé en Juin de la même année, représenté par la courbe granulométrique en rouge. La courbe est hyperbolique plus concave que la précédente elle indique une dominance relative de la fraction grossière, plus forte que la précédente ; avec 78,74% du poids de l'échantillon total est constitué de sédiments de diamètres supérieurs à 1000µm, et avec 55,26% du poids total, de sédiments de diamètres supérieurs à 4000µm.

Le faciès de cette courbe caractérise un transport en déséquilibre par un courant de forte énergie, le dépôt se fait par excès ou par chute brusque d'énergie.

#### IV.3.1.6. Echantillons prélevés dans le lit de l'oued Ighzer Oufdis



**Figure (4.8) :** courbes granulométriques des échantillons E6-1 et E6-2

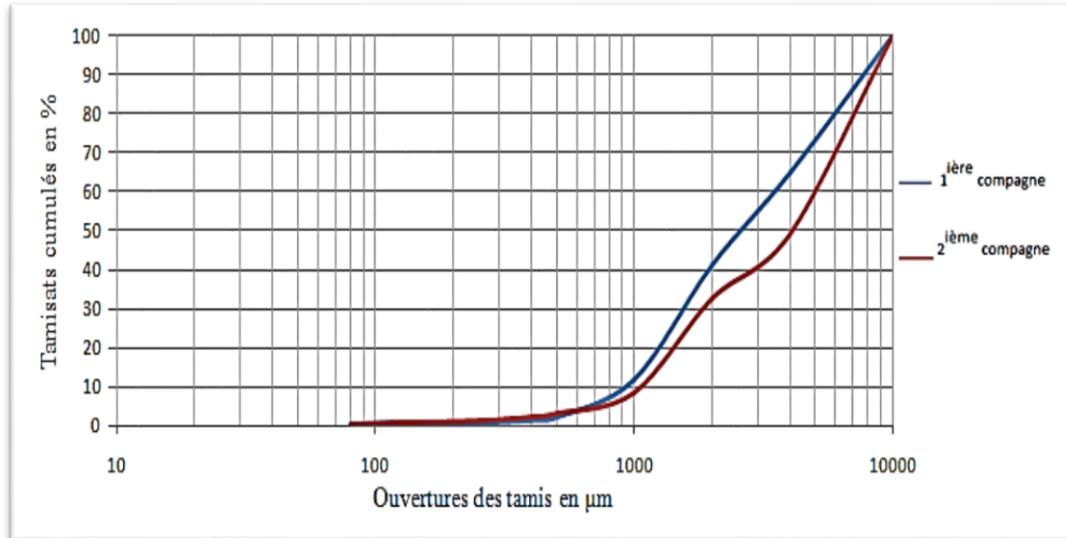
L'échantillon 6-1 prélevé en mois de Mars 2013, est représenté par la courbe granulométrique en Bleu .d'après la méthode de RIVIERE(1977), la courbe est hyperbolique moyennement concave, elle indique une dominance relative de la fraction grossière ; avec 87,35% du poids total de l'échantillon est constitué de sédiments de diamètres supérieurs à 1000 $\mu$ m, et 35,04% des sédiments de diamètres supérieurs à 4000 $\mu$ m.

Le faciès caractérise un transport en déséquilibre, par un courant de forte énergie, le dépôt s'est fait par excès ou par chute brusque d'énergie.

L'échantillon 6-2 prélevé en mois de Juin de la même année, est représenté par la courbe granulométrique en rouge .d'après la méthode de RIVIERE(1977), la courbe est hyperbolique plus concave que la première, elle indique une dominance relative de la fraction grossière plus fort que la première courbe ; avec 91,03 % du poids total de l'échantillon est constitué de sédiments de diamètres supérieurs à 1000 $\mu$ m, et 49,07 % des sédiments de diamètres supérieurs à 4000 $\mu$ m.

Le faciès caractérise un transport en déséquilibre, par un courant de forte énergie, le dépôt s'est fait par excès ou par chute brusque d'énergie

#### IV.3.1.7. Echantillons prélevés à Darguina à l'aval de la confluence avec l'oued Ighzer Oufdis :



**Figure (4.9) :** courbes granulométriques des échantillons E7-1 et E7-2

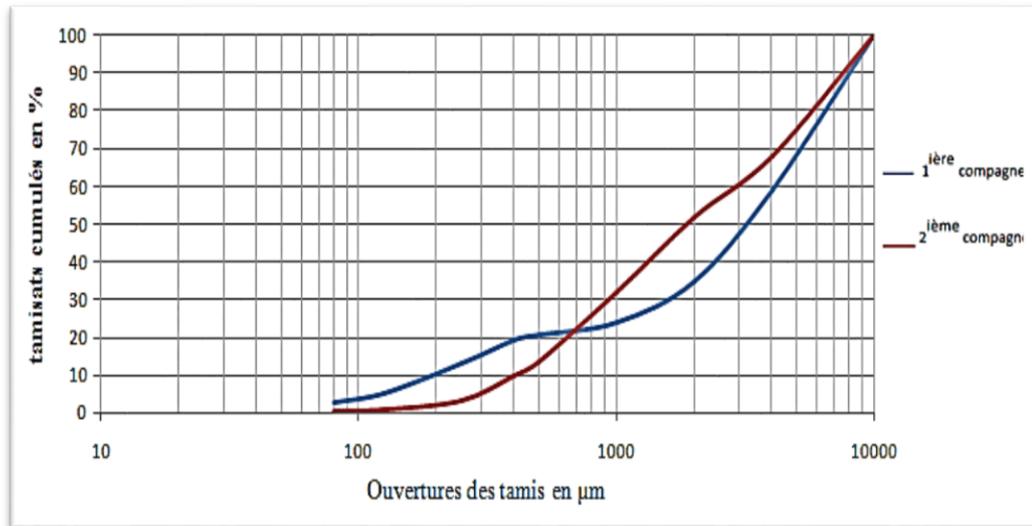
L'échantillon 7-1 prélevé en mois de Mars 2013, est représenté par la courbe granulométrique en Bleu .d'après la méthode de RIVIERE (1977), la courbe est hyperbolique concave, elle indique une dominance relative de la fraction grossière ; avec 88,17 % du poids total de l'échantillon est constitué de sédiments de diamètres supérieurs à 1000 $\mu\text{m}$ , et 35,21% des sédiments de diamètres supérieurs à 4000 $\mu\text{m}$ .

Le faciès caractérise un transport en déséquilibre, par un courant de forte énergie, le dépôt s'est fait par excès ou par chute brusque d'énergie.

L'échantillon 7-2 prélevé en mois de Juin de la même année, est représenté par la courbe granulométrique en rouge .d'après la méthode de RIVIERE(1977), la courbe est hyperbolique plus concave que la première, elle indique une dominance relative de la fraction grossière plus forte que la première courbe ; avec 91,42 % du poids total de l'échantillon est constitué de sédiments de diamètres supérieurs à 1000 $\mu\text{m}$ , et 50,66 % des sédiments de diamètres supérieurs à 4000 $\mu\text{m}$ .

Le faciès caractérise un transport en déséquilibre, par un courant de forte énergie, le dépôt s'est fait par excès ou par chute brusque d'énergie.

#### IV.3.1.8. Echantillons prélevés à la rentrée de Beni Anane ( Deux fontaines)



**Figure (4.10) :** courbes granulométriques des échantillons E8-1 et E8-2

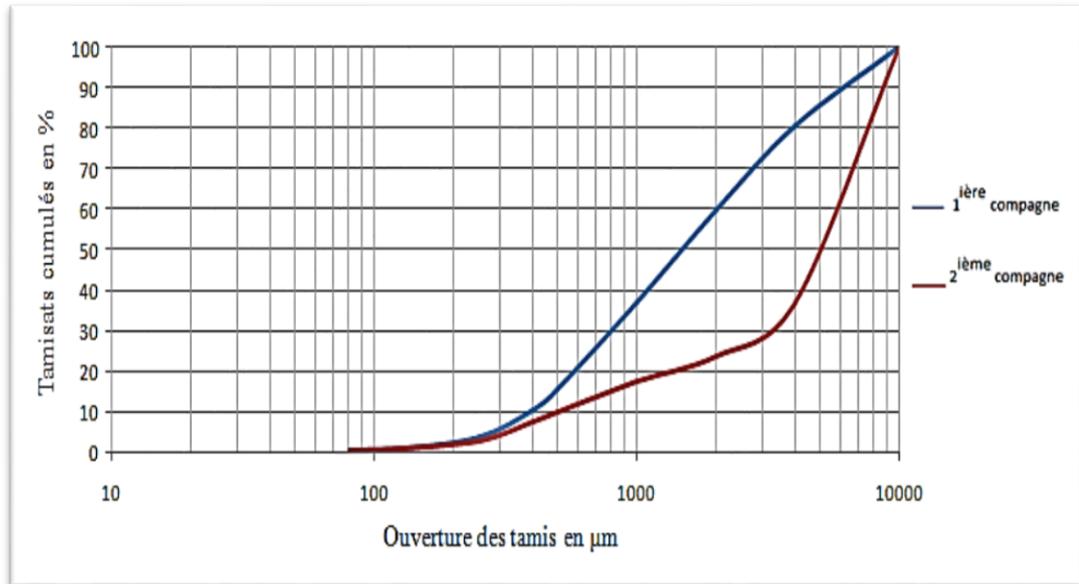
L'échantillon 8-1 prélevé en mois de Mars 2013, est représenté par la courbe granulométrique en Bleu .d'après la méthode de RIVIERE(1977), la courbe est hyperbolique moyennement concave, elle indique une dominance relative de la fraction grossière ; avec 76,09 % du poids total de l'échantillon est constitué de sédiments de diamètres supérieurs à 1000 $\mu\text{m}$ , et 40,78 % des sédiments de diamètres supérieurs à 4000 $\mu\text{m}$ . mais avec une fraction considérable égale à 20,72 du poids total ,des sédiment fins de diamètres inférieurs à 500 $\mu\text{m}$

Le faciès caractérise un transport en déséquilibre, par un courant de forte énergie, le dépôt s'est fait par excès ou par chute brusque d'énergie.

L'échantillon 8-2 prélevé en mois de juin 2013, est représenté par la courbe granulométrique en rouge .d'après la méthode de RIVIERE(1977), la courbe est hyperbolique légèrement concave, elle indique une dominance relative de la fraction grossière moins forte que la courbe précédente ; avec 68,03% du poids total de l'échantillon est constitué de sédiments de diamètres supérieurs à 1000 $\mu\text{m}$ , et 32,18% des sédiments de diamètres supérieurs à 4000 $\mu\text{m}$ .

Le faciès caractérise un transport en déséquilibre, par un courant de forte énergie, le dépôt s'est fait par excès ou par chute brusque d'énergie.

#### IV.3.1.9. Echantillons prélevés à la sortie de Beni Anane(Deux fontaine)



**Figure (4.11) :** courbes granulométriques des échantillons E9-1 et E9-2

L'échantillon 9-1 prélevé en mois de Mars 2013, est représenté par la courbe granulométrique en Bleu. D'après la méthode de RIVIERE(1977), la courbe est hyperbolique légèrement concave, qu'on pourra considérer comme sensiblement rectiligne, elle indique un des proportions presque équivalentes des deux fractions grossière et fine ; avec 62,86 % du poids total de l'échantillon est constitué de sédiments de diamètres supérieurs à 1000µm, et 19,16 % des sédiments de diamètres supérieurs à 4000µm, 10,51% inférieurs à 400µm et 15,42 inférieurs à 500. Le faciès indique un équilibre entre un courant décroissant et la charge solide transportée.

L'échantillon 9-2 prélevé en mois de Juin de la même année, est représenté par la courbe granulométrique en rouge .d'après la méthode de RIVIERE(1977), la courbe est hyperbolique concave, elle indique une dominance relative de la fraction grossière ; avec 82,68 % du poids total de l'échantillon est constitué de sédiments de diamètres supérieurs à 1000µm, et 63,14 % des sédiments de diamètres supérieurs à 4000µm.

Le faciès caractérise un transport en déséquilibre, par un courant de forte énergie, le dépôt s'est fait par excès ou par chute brusque d'énergie.

#### IV.3.1.10. Echantillons prélevés à côté du pont métallique de Souk El Ténine :

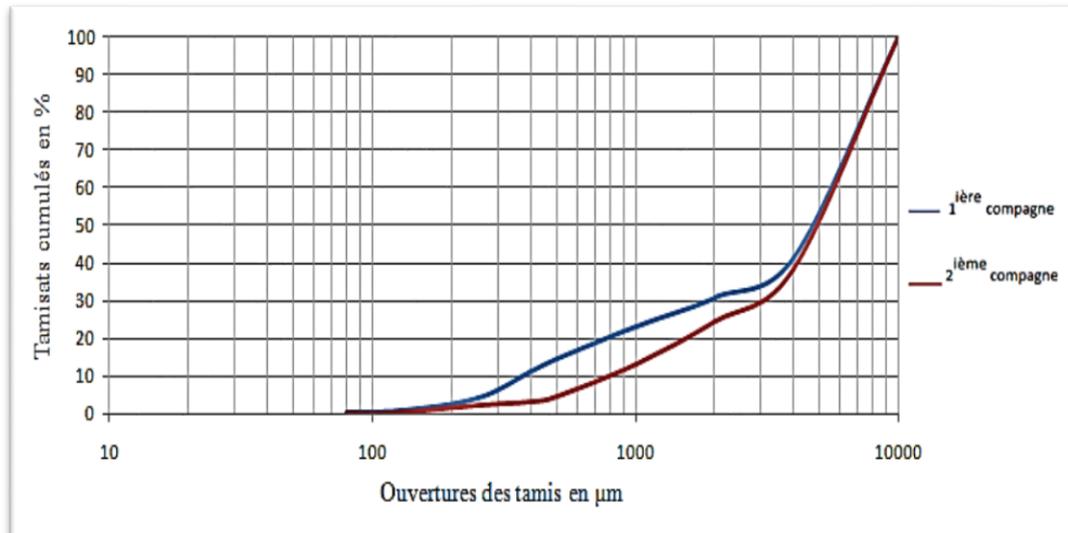


Figure (4.12) : courbes granulométriques des échantillons E10-1 et E10-2

L'échantillon 10-1 prélevé en mois de Mars 2013, est représenté par la courbe granulométrique en Bleu .d'après la méthode de RIVIERE(1977), la courbe est hyperbolique concave, elle indique une dominance relative de la fraction grossière ; avec 76,59% du poids total de l'échantillon est constitué de sédiments de diamètres supérieurs à 1000 $\mu\text{m}$ , et 58,63% des sédiments de diamètres supérieurs à 4000 $\mu\text{m}$ .

Le faciès caractérise un transport en déséquilibre, par un courant de forte énergie, le dépôt s'est fait par excès ou par chute brusque d'énergie.

L'échantillon 10-2 prélevé en mois de Mars 2013, est représenté par la courbe granulométrique en rouge .d'après la méthode de RIVIERE(1977), la courbe est hyperbolique concave, elle indique une dominance relative de la fraction grossière plus forte que la précédente ; avec 86,68 % du poids total de l'échantillon est constitué de sédiments de diamètres supérieurs à 1000 $\mu\text{m}$ , et 61,68 % des sédiments de diamètres supérieurs à 4000 $\mu\text{m}$ .

Le faciès caractérise un transport en déséquilibre, par un courant de forte énergie, le dépôt s'est fait par excès ou par chute brusque d'énergie.

### IV.3.2. Interprétation des résultats par la méthode de Passega et Byramjee (1969)

Les valeurs de  $M$  qui est le  $D_{50}$ , et  $C_p$  qui est le  $D_{99}$  pour les échantillons prélevés dans les deux campagnes de prélèvement représentées dans les deux tableaux (4.2) et (4.3) suivants :

**Tableau (4.2) :** les valeurs de  $M$  et  $C_p$  pour les échantillons de la première campagne de prélèvement

Echantillons	$M$	$C_p$
Echantillon 1-1	1401,21	9615,13
Echantillon 2-1	1231,34	9557,2
Echantillon 3-1	378,91	6891,19
Echantillon 4-1	478,04	1940,04
Echantillon 5-1	3653,76	9875,77
Echantillon 6-1	2867,52	9828,76
Echantillon 7-1	2750,31	9829,59
Echantillon 8-1	3243,33	9813,54
Echantillon 9-1	1567,26	9686,84
Echantillon 10-1	4883,16	9897,66

**Tableau (4.2) :** les valeurs de  $M$  et  $C_p$  pour les échantillons de la deuxième campagne de prélèvement

Echantillons	$M$	$C_p$
Echantillon 1-2	3168,67	9841,68
Echantillon 2-2	2451,85	9855,90
Echantillon 3-2	2912	9860,1
Echantillon 4-2	812,79	9633,69
Echantillon 5-2	4571,11	9891,42
Echantillon 6-2	3929,83	9877,72
Echantillon 7-2	4078,16	9881,56
Echantillon 8-2	1914,76	9813,54

Echantillon 9-2	5248,65	9904,97
Echantillon 10-2	5136,18	9902,72

$M > 100$  et  $C_p > 1000$  pour tous les échantillons prélevés ; d'après la classification de la méthode de **Passaga et Byramjee (1969)**, tous les échantillons sont du Type I, qui veut dire que les échantillons renferment des grains transporté par roulement et déposés ,ou transportés à travers des environnement où la suspension est très faible.

Ces échantillons sont constitués par le mélange de sédiment déposés après suspension, et d'autre après roulement avec la dominance de ces derniers.

#### IV.4. Variation du coefficient de Strickler rapporté au grain le long de l'oued

Pour 16 échantillons prélevés du oued Agrioun, nous avons calculé le Coefficient de Strickler lié au frottement de peau produit par la rugosité des grains  $K_r$ , les résultats sont représentés dans la figure(4.13)

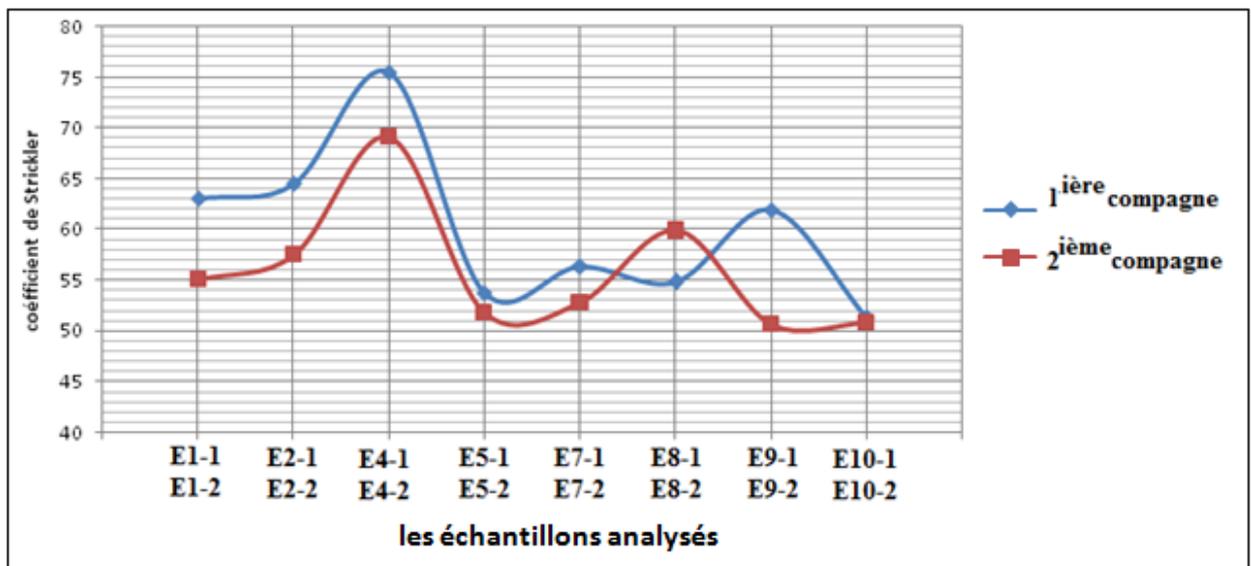


Figure (4.13) : variation du coefficient de Strickler  $K_r$

Nous constatons de la représentation du coefficient de Strickler rapporté au diamètre caractéristique  $D_{50}$  des sédiments, que ce coefficient est plus élevé dans la première campagne par rapport à la deuxième dans tous les endroits sauf à la rentrée de Beni Anane.

Pour chaque série de valeurs qui correspond à une campagne, on remarque qu'il y'a une légère augmentation du coefficient de Strickler ,entre les échantillons prélevés à Kherrata (échantillons (1-1) et (1-2)) et les échantillons (2-1)et (2-2)prélevés à bordj Mira à l'amont de la confluence avec oued Ait Smail .Juste après ,il y a une augmentation considérable des sédiments fins à l'aval de la confluence avec l'oued Ait Smail pour les échantillons(4-1)et (4-2),avec des coefficients  $K_r$  allant de 64,49 à 75,45 pour la première campagne et de 57,46 à 69,46 dans la deuxième campagne , nous supposons que cela et du entre autre facteurs à l'apport des sédiments fins de l'oued Ait Smail, pour le coefficient de Strickler correspondant aux échantillons (3-1)et (3-2) prélevés à l'oued Ait Smail sont :78,43 et 55,83,on remarque qu'il est très important dans la première campagne.

Nous constatons une diminution de  $K_r$  à Darguina à l'amont de la confluence avec Ighzer Oufis, pour les échantillons (5-1) et (5-2),  $K_r$  égal respectivement 53,76 et 51,79 qui traduit une augmentation du diamètre médian.

Par la suite, le  $K_r$  augmente légèrement à 56,37 et 52,78 respectivement pour les échantillons (7-1) et (7-2), à l'aval de la confluence avec Ighzer Oufis, les échantillons prélevés sur ce dernier ont un  $K_r$  de 56 et 53, 1 respectivement pour les échantillons (6-1) et (6-2).

A la rentrée de Beni Anane, le coefficient  $K_r$  de la deuxième campagne est supérieur à celui de la première avec des valeurs de 59,87 et 54,84 respectivement pour les échantillons (8-2) et (8-1)

A la sortie de Beni Anane, le coefficient  $K_r$  de la première campagne est supérieur à celui de la deuxième, 61,9 et 50,61 respectivement pour les échantillons (9-1) et (9-2)

Et finalement, à Souk El Ténine les valeurs de  $K_r$  de la première et la deuxième campagne sont très proche, 51,22 et 50,79 respectivement pour les échantillons (10-1) et (10-2)

## IV.5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons interpréter les courbes granulométriques prélevés dans l'oued en différents endroits en deux compagnes de prélèvement. Avec deux méthodes qui nous ont renseignés sur la dominance des fractions de sédiments grossiers ou fines, et sur leurs types de dépôt.

D'après la méthode RIVIERE(1977), l'échantillon 3-1 prélevé sur l'oued Ait Smail juste avant la confluence avec l'oued Agrioun en Mars caractérisé par une dominance de la fraction fine et un régime de décantation en milieu calme.

Pour les échantillons 2-1,4-1,4-2 et 9-1 prélevés respectivement à Bordj Mira avant la confluence en Mars, et à Bordj Mira après la confluence en Mars, Bordj Mira après la confluence en Juin et entrée de Beni Anane en Mars, qui sont composés de proportions presque équivalentes des deux fractions. Déposé dans un équilibre entre un courant décroissant et la charge solide transportée.

Pour le reste des échantillons prélevés, une dominance relative de la fraction grossière. Caractérisant un transport en déséquilibre par un courant de forte énergie, le dépôt se fait par excès ou par chute brusque d'énergie.

D'après la méthode de Passega et Byramjee (1969), tous les échantillons du lit que nous avons prélevé renferment des grains transporté par roulement et déposés, ou transportés à travers des environnements où la suspension est très faible. Ces échantillons sont constitués par le mélange de sédiment déposés après suspension, et d'autre après roulement avec la dominance de ces derniers.

# Conclusion générale

## Conclusion Générale

Les mixtures d'eau et sédiments évacuées du barrage d'Ighil Emda apportent des modifications de débit liquide et solide dans l'oued Agrioun, ce qui influence la dynamique sédimentaire dans l'oued Agrioun à l'aval du barrage. Nous avons vu dans le premier chapitre que l'influence des eaux et sédiments libérés est évidente en parlant d'un équilibre dynamique fluviale, ou une variation des variables de contrôle provoque une réponse du cours d'eau. Nous avons cité des effets observés des barrages sur les cours d'eau, et l'importance de prendre en considération la continuité sédimentaire pour un bon fonctionnement du système fluvial, et la prise en compte du transport solide qui reste un Domaine complexe de l'hydraulique, vue les paramètres et considération qui rentre en jeu.

Durant toute la période d'exploitation du barrage d'Ighil Emda, qui est la pièce maitresse de l'aménagement hydroélectrique de l'oued Agrioun, des opérations de dévasement par soutirage des courants de densité sont périodiquement effectuées. Ce qui veut dire qu'il y avait libération continue des sédiments dans l'oued Agrioun, ces derniers participent dans dynamique sédimentaire dans l'oued et sa recharge en sédiments. Nous pouvons même parler de continuité sédimentaire par rapport au volume total des sédiments libéré qui est estimé à 55,55 Mm<sup>3</sup> depuis le début de l'exploitation jusqu'à l'année 2012. Cette eau et sédiments évacués avec des densités (concentration) comprise généralement dans la zone de bon soutirage, donnent un bon rendement de dévasement, reste alors à étudier si ces densités sont favorables pour un bon fonctionnement sédimentaire dans l'oued.

Nous avons aussi montré la variation des quantités d'eau et de sédiments libérés dans l'oued, durant ces vingt-trois dernières années d'exploitation, selon les années les saisons et les mois. la quantité maximale annuelle est enregistrée durant l'année 2003. pour cette durée d'étude les quantités saisonnières maximales sont enregistrées en hiver, et les quantités mensuelles sont enregistrées pour le mois de Décembre. et cela dépend essentiellement des précipitations, de l'érosion et bien sûr de mode gestion du barrage.

Le lit du cours d'eau à l'aval du barrage d'Ighil Emda est constitué de sédiments grossier transportés par charriage et de sédiments fins transporté par suspension, cette composition est en fonction de l'hydrologie, de l'érosion du bassin versant, de la nature des

sol du versant et du mode de gestion du barrage . Cette gestion qui conditionne le passage de l'eau et des sédiments vers l'oued Agrioun ,et cela par les opérations de soutirage des courants de densité par les vannette de dévasement qui sert à évacuer les sédiments fins ,et les vannes de fond qui servent dans leur fonction principale à la vidange ,et en second rôle le dévasement des élément grossiers .

L'analyse granulométrique des échantillons prélevés dans l'oued Agrioun été pour nous une très bonne expérience pratique pour étudier la dynamique de sédimentaire dans l'oued. L'interprétation des résultats de l'analyse granulométrique des sédiments avec deux méthodes (la méthode de RIVIERE(1977) et la méthode de Passega et Byramjee (1969)), qui nous ont renseignés sur la fraction des sédiments grossiers et fins dans les sédiments, et sur le mode de transport et déposition.

D'après la méthode RIVIERE(1977), l'échantillon 3-1 prélevé sur l'oued Ait smail en Mars caractérisé par une dominance de la fraction fine et un régime de décantation en milieu calme.

Pour les échantillons 2-1,4-1,4-2 et 9-1 prélevés respectivement à Bordj Mira avant la confluence en Mars, et à Bordj Mira après la confluence en Mars, Bordj Mira après la confluence en Juin et entrée de Beni Anane en Mars, qui sont composés de proportions presque équivalentes des deux fractions. Déposé dans un équilibre entre un courant décroissant et la charge solide transportée.

Pour le reste des échantillons prélevés, une dominance relative de la fraction grossière. Caractérisant un transport en déséquilibre par un courant de forte énergie, le dépôt se fait par excès ou par chute brusque d'énergie.

D'après la méthode de Passega et Byramjee (1969), tous les échantillons du lit que nous avons prélevé renferment des grains transporté par roulement et déposés, ou transportés à travers des environnements où la suspension est très faible. Ces échantillons sont constitués par le mélange de sédiment déposés après suspension, et d'autre après roulement avec la dominance de ces derniers.

Ce travail de recherche nous à monter l'influence des soutirages des courants de densité, en tant que recharge sédimentaire pour l'oued en montrant les quantités évacuées, et nous a aussi

donné une idée plus au moins précise sur la granulométrie qui constitue le lit de l'oued Agrioun et sa dynamique sédimentaire.

D'autres études, et d'autres campagnes de prélèvements peuvent nous permettre à mieux orienter l'étude de l'impact des soutirages sur la dynamique sédimentaire, dans l'oued Agrioun .et aussi la généralisation de ce genre d'étude de la dynamique sédimentaire dans les oueds Algériens s'avère très utiles pour garantir un bon fonctionnement sédimentaire et pour éviter les effets néfaste d'une rupture sédimentaire, et afin même de prévoir les effets d'un éventuel aménagement.

# **Références bibliographiques**

## Références bibliographiques

- **BAVARD, Jean-Paul., et PETIT François.,** « Les cours d'eau : dynamique du système fluvial » édition ARMAND COLIN, Paris, 2002
- **BOUVARD, Maurice.,** « Barrages mobiles et ouvrages de déviation, à partir de rivières transportant des matériaux solides », éditions EYROLLE, Paris 1984
- **DEGOUTTE, Gérard.,** « Diagnostic, aménagement et gestion des rivières : Hydraulique et morphologie fluviales appliquées », éditions TEC et DOC, Paris 2008
- **RAMEZ, Philippe.,** « Erosion et transport solide en rivière, tome 1 : Guide pour la compréhension de phénomène », CEMAGREF, Lyon, 1995
- **REMINI, Boualem.,** « La sédimentation des barrages : Mécanismes et soutirage des courants de densité », agence nationale pour le développement de la recherche universitaire, Alger 2006
- **REMINI, Boualem.,** « Evolution de la sédimentation dans les retenues de barrages et le soutirage des particules fines », Courrier du Savoir, N°02, pp. 29-34,2002
- **LADJEL, Mahmoud.,** « Argumentation des vitesses de la concentration fluviale pour les rivières des zones arides »(en langue russe).La revue « météorologie, climatologie et hydrologie »
- **LADJEL Mahmoud.,** « Contribution to the development of a method of estimate of the time of concentration of the maximum flows of the rain risings ». J Fundment App Sci. 2014, 6(1), 56-65
- **LADJEL Mahmoud,** Gopchenko E.D. Ovcharuk V.A. « Maximum runoff of the flood on wadis of northern part of Algeria. », J Fundment Appl Sci. 2014, 6(1), 66-78
- **LADJEL, Mahmoud.,** « Contribution au développement d'une méthode d'estimation du temps de concentration des débits maxima des crues pluviales ».1<sup>ier</sup> colloque international de l'eau CIE 2010, 25-27 octobre 2010, Annaba
- **BACCHI, Victo.,** « Etude expérimentale de la dynamique sédimentaire d'un système à forte pente soumis à des conditions hydrauliques faibles », thèse doctorat, Université de Grenoble, 2011.
- **DE LINARES, Matthieu.,** « Modélisation Numérique Bidimensionnelle du transport solide et de la dynamique fluviale. Validation sur deux sites en Loire et sur l'Arc », thèse doctorat, Université JOSEPH FOURIER, GRENOBLE ,2007

- **DE MORAES FRANKLIN, Erick.**, « Dynamique de dunes isolées dans un écoulement cisailé », thèse doctorat, l'Université Toulouse III - Paul Sabatier, 2008
- **NDIAYE, Ada.**, « Dynamique fluviale et évolution morphosédimentaire de l'estuaire du fleuve Sénégal après la mise en eau du barrage de Diama », thèse doctorat ; Université CHEIKH ANTA DIOP DE DAKAR, 2004
- **OUARET, Yacine.**, « Impact des courants de densité sur l'évolution de l'envasement d'un barrage : cas d'Ighil Emda (Bejaia) », mémoire magister, université de Bejaia, 2009
- **OUIDIR, Karim.**, «Barrage d'Ighil Emda et Erraguene (Est Algérie) : Mécanismes et soutirage des sédiments », mémoire magister, université de Bejaia, 2011
- **PINTO MARTINS, Débora** « Aménagement hydroélectrique et impacts sur la dynamique des flux d'eau et de sédiments : le cas du haut Paraná Brésil », thèse doctorat, Université lumière Lyon 2, 2008
- **ROLLET, Anne-Julia.**, « Etude et gestion de la dynamique sédimentaire d'un tronçon fluvial à l'aval d'un barrage : le cas de la basse vallée de l'Ain », thèse doctorat ; Université Jean Moulin Lyon 3
- **TISSIERES, Pascal**, « Etude sédimentologique et géotechnique des dépôts deltaïques de GRANDE-PRES-MARNAND », thèse doctorat, école polytechnique fédérale de Lausanne ,1990
- **Agence des bassins hydrographiques**, « Les cahiers de l'agence », cahier N°4, 2000.
- **Laboratoire d'études maritimes**, « Etude de protection du couloir Kherrata-Souk El Ténine contre les crues de l'oued Agrioun », étude, la direction de l'hydraulique de la wilaya de Bejaïa, 2007
- **BEGAY, Lyle C.**,« **Fluvial Geomorphology** », 2012, consulté le 16/08/2014 <https://riverrestoration.wikispaces.com/Fluvial+geomorphology+2>,

## **Abstract**

The periodic discharging density currents through the discharge gates of the dam Ighil Emda alter sediment dynamics in Wadi Agrioun downstream of the dam. Significant amounts of sediment are removed is deposited on the bed of the Oued Agrioun. These flows heavily loading with sediment alter the morphology of the valley over the time. In this work we study the influence of flows heavily laden on sediment dynamics along the valley Agrioun of Ighil Emda dam to the sea. The amounts of sediment removed and it's deposits. For achieve these objectives, the following steps will be examined:

- Literature search on the river system, sediment transport in rivers and river dynamics.
- Quantification of sediment removed and analysis of sediment from the river

**Keywords:** withdrawals density currents, sediment dynamics, valley Agrioun, Ighil Emda dam

## **Résumé**

Les soutirages périodiques des courants de densité à travers les pertuis de vidange du barrage d'Ighil Emda modifient la dynamique sédimentaire dans l'oued Agrioun à l'aval du barrage. Des quantités appréciables des sédiments sont évacuées est déposées sur le lit de l'Oued Agrioun. Ces écoulements très chargés en sédiments modifient la morphologie de l'oued avec le temps. Dans ce travail nous étudions l'influence des écoulements des eaux chargées sur la dynamique sédimentaire le long de l'oued Agrioun du barrage d'Ighil Emda jusqu'à l'embouchure. Les quantités de sédiments évacuées et leur dépôt fera l'objet de ce travail .pour atteindre ces objectifs, les étapes suivantes seront examinées :

- Recherche bibliographique sur le système fluvial, le transport solide dans les cours d'eau et la dynamique fluviale.
- Quantification des sédiments évacués et analyse des sédiments prélevés dans l'oued

**Mots-clés :** Les soutirages des courants de densité, dynamique sédimentaire, l'oued Agrioun, barrage Ighil Emda

## ملخص:

الصرف الدوري لطيارات الكثافة من خلال بوابات سد اغيل امدا يسبب تغير حركية التّسرب في وادي أغريون, حيث يتم صرف كميات كبيرة من الرواسب في الوادي أين تُحمل و تترسب. هذه التدفقات المحمّلة بالرواسب تغيّر من مورفولوجية النهر مع مرور الوقت.

في هذا العمل نقوم بدراسة في المباحث التالية :

\_ تأثير تدفق المياه المحملة بالرواسب على حركية الترسب على طول الوادي من سد اغيل امدا إلى البحر؛

\_ الكميات المصرفة و ترسيبها.

للاوصول إلى هذه الدراسات لقد تطرقنا للعمل بالخطوات التالية:

\_ بحث في المراجع على نظام النهر, عملية نقل الرواسب في الأنهار و ديناميكية الترسب.

\_ التحديد الكمي للرواسب المصرفة و تحليل الرواسب المأخوذة من النهر.

كلمات المفاتيح : الصرف لطيارات الكثافة, ديناميكية الترسب , وادي أغريون, سد اغيل امدا.