



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريش
Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A.
كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers
قسم العلوم الفلاحية
Département des Sciences Agronomiques



Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Aménagement Hydro-Agricole

Thème

**Evaluation du transport solide en suspension avec modèle
Sédiment Rating Curve (SRC) « Barrage K'sob »**

Présenté par :

- REBAI Oum Essaad

- KECHIDA Salma

Devant le jury composé de :

Président : LAOUFI Hadjer (MCB) (Univ. Bordj. Bou. Arrédj).

Encadrant : BENAINI Mohamed (MCA) (Univ. Bordj. Bou. Arrédj).

Examineur : CHOURGHAL Nacira (MAA) (Univ. Bordj. Bou. Arrédj).

Année universitaire : 2020/2021

Remerciement

Nous remercions en premier lieu Dieu le tout puissant pour nous avoir donné la force, le courage et la volonté d'accomplir ce travail.

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude ainsi nos vifs remerciements à notre encadreur : Pr : **BENAINI MOHAMED***

Pour avoir dirigé ce travail, et pour la confiance et l'intérêt qu'il nous a témoigné tout au long de ce travail.

Nos remerciements s'adressent aussi aux membres du jury, pour fait l'honneur d'accepter d'examiner notre travail.

***M^{me} LAOUFI H.** De nous avoir fait l'honneur de présider le jury de ce travail.*

***M^{me} CHOURGHAL N.** D'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.*

Nous remercions tous les professeurs de la faculté des sciences de la nature et la vie et science de la terre qui nous ont accompagnés tout au long de notre parcours académique.

Dédicaces

*La lumière qui éclaire mon chemin et à la lampe dont la lumière ne
s'éteint jamais. A celui
qui a exercé l'effort des années afin de gravir les échelons du succès à
l'homme qui a été
inclus dans la terre pendant quelques mois, mon cher frère Rebai
Ahmed dédie mon diplôme à ton amé est pur*

*C'est avec un immense plaisir que je dédie ce travail :
A mon cher père Saïd, Dieu repose son âme mon
A la prunelle de mes yeux ma mère
A l'homme de ma vie : Merouane
A Mes chers frères : Allawa, Houcine, Abd Essalam, Abla.
A ma chère amie : Khinouche Samah, Rania.
A Mes cousines : Samah et Malika.
A mon promoteur Mr BENAINI Mohamed.
A tous mes enseignants de tous les cyclés d'étude.*

REBAI OUM ESSAAD

Dédicace

Avant tout je remercie ALLAH pour le tout.

Je dédie ce modeste travail

A mes très chers parents maman Oum Essaad et papa Ali source de tendresses et la force de courage de vie et d'étude.

A mes chères sœurs : Houria, Rachida

A mes chers frères : Hakim, yacine, abde El Rahman, Khalifa, Saaid.

A toute la famille Kechida.

A ma chère amie :Nawel

A mon promoteur Mr BENAINI Mohamed.

Merci à tous amis qui m'ont aidé de près et de loin.

Salma kechida

TABLE DES MATIERE

Remerciements.....	I
Dédicaces.....	II
Table des matières.....	IV
Liste des Figure.....	VII
Liste des Tableaux.....	IX
Introduction générale	01
CHAPITRE I : Généralités sur : Les facteurs et processus de l'érosion du sol, érosion hydrique, Transport solide.	
I.1. Introduction	02
I.2. Notion sur l'érosion du sol	02
I.3. L'érosion hydrique	03
I.4. Formes de l'érosion hydrique	03
I.4.1. L'érosion en nappe	03
I.4.2. L'érosion concentrée (linéaire)	04
I.4.2.1. L'érosion en griffes et rigoles.....	05
I.4.2.2. Érosion par ravinement.....	05
I.5. Mécanisme de l'érosion.....	06
I.5.1. L'impact des gouttes de pluie « l'effet Splash	07
I.5.2. L'éclatement.....	08
I.5.3. La désagrégation par gonflement différentiel.....	08
I.5.4. La dispersion physico- chimique.....	08
I.6. Facteurs de l'érosion hydrique.....	09
I.6.1. Le climat.....	09
I.6.2. L'état du couvert végétal	10
I.6.3. La topographie	10
I.6.4. L'état structural du sol.....	10
I.6.5. La lithologie.....	11
I.6.6. Action humaine.....	11
I.6.7. L'utilisation des terres.....	12
I.7. Qu'est-ce que le transport solide ?.....	12
I.7.1. Modes de transport en rivière.....	13
I.7.1.1. Le transport solide par charriage.....	14

I.7.1.2. Le transport solide en suspension.....	15
I.7.2. Le transport solide en suspension en Algérie.....	15
I.8. Le modèle « rating-curve ».....	15
I.9. Etude similaire en Algérie	16
I.10. Conclusion	16
CHAPITRE II : Présentation de la Zone d'Etude « K'sob »	
II.1. Introduction	17
II .2. Historique du barrage K'sob.....	17
II.3. Barrage K'sob.....	18
II .4. Monographie du barrage.....	19
II.5. Présentation du bassin versant de El K'sob.....	20
II.5.1. Caractéristiques géographiques du barrage.....	20
II.5.1.1. Situation géographique du bassin versant K'sob.....	20
II.5.1.2. Les caractéristiques morpho-métriques du bassin versant de K'sob et principales du barrage.....	22
II.6. Les caractéristiques générales du bassin versant	23
II.6.1. Surface.....	23
II.6.2. Périmètre.....	23
II.6.3. Indice de compacité de Graveleuse	23
II.6.4. Indice de pente	24
II.7. Les fondations.....	24
II.8. Les matériaux de construction.....	25
II.8.1. L'étanchéité et le collage.....	25
II.9. Réseaux Hydrographique.....	25
II.10. La géomorphologie et la description du milieu physique du bassin versant K'sob.....	26
II.10.1. Géomorphologie.....	26
II.10.2. Topographie et relief.....	27
II.10.3. Géologie.....	27
II.10.4. Lithologie de bassin versant du K'sob.....	28
II.10.4.1. Le Maestrichtien	28
II.10.4.2. Le Quaternaire (Miocène)	29
II.10.4.3. Alluvions du quaternaire	29

II.10.5. Pédologie.....	29
II.10.5.1. Première classe.....	29
II.10.5.2. Deuxième classe.....	30
II.11. La couverture Végétale.....	30
II.12. Le climat de barrage K'sob.....	31
II.12.1. Précipitation.....	31
II.12.2. Température.....	32
II.12.3. Le vent	33
II.12.4. Humidité.....	34
II.12.5. Evaporation.....	35
II.13. Synthèse climatique.....	36
II.14. Conclusion.....	37

CHAPITRE III : Evaluation du transport solide en suspension du bassin versant du K'sob

III.1. Introduction.....	38
III.2. Quelques chiffres sur l'érosion hydrique	38
III.2.1. La dégradation du sol dans le monde	38
III.2.2. La dégradation du sol en Algérie	39
III.3. Evaluation du transport solide en suspension.....	39
III. 4. Mesure et quantification du transport solide.....	39
III.4.1. Mesure des matières en suspension.....	39
III.4.2. Courbes de transport solide (SRC).....	40
III.5. Analyse des résultats et discussions.....	41
III.5.1. Relations débit liquide – débit solide	41
III.5.2. A l'échelle saisonnière.....	42
III.5.3. Bilan des apports solides annuels.....	44
III.6. Conclusion	45
Conclusion générales.....	46

Référence Bibliographique

Résumé

Liste des figures

Chapitre I : Généralités sur : Les facteurs et processus de l'érosion du sol, érosion hydrique, Transport solide.

Figure I.1. Un paysage qui illustre l'effet de l'érosion en nappe.....	04
Figure I.2. Le début de formation des rigoles à une terre située à la région de Maadid, M'sila (Photo Guesri 2017)	05
Figure I.3. L'érosion en ravines est plus spectaculaire à l'Oued Rithem, Sud de M'sila (Photo Guesri 2017)	06
Figure I.4. Mécanismes de désagrégation à l'eau.....	07
Figure I.5. L'effet « splash » sur le sol sous l'impact d'une goutte de pluie.....	07
Figure I.6. Courbe de Hjulström (1935) qui propose une répartition des trois phases du transport solide : l'érosion (mise en mouvement), le transport et le dépôt ; en fonction de la taille des particules et de la vitesse d'écoulement.....	13
Figure I.7. Schématisation des différents modes de transport solide.....	14
Figure I.8. Types de transport.....	14

Chapitre II : Présentation de la Zone d'Etude « K'sob »

Figure II.1. Barrage El K'sob (M'sila).....	19
Figure II.2. Plan d'implantation du barrage K'sob.....	20
Figure II.3. La Situation géographique du bassin versant de l'Oued K'Sob.....	21
Figure II.4. Carte du réseau Hydrographique du bassin versant d'Oeud El K'Sob.....	26
Figure II.5. Carte géologique du bassin versant d'Oued El K'sob.....	27
Figure II.6. Lithologie du bassin versant d'Oued El K'sob.....	28
Figure II.7. Couverture végétale dans bassin versant de l'Oued K'sob.....	32
Figure II.8. Histogramme de précipitation moyenne mensuelle interannuelles de station du K'sob (1988/2017).....	32
Figure II.9. Températures moyennes mensuelle interannuelles des minimales, et moyennes maximales température (C°) de la station du K'sob (1988-2017).....	33
Figure II.10. Variation des Moyennes mensuelles interannuelles de la vitesse du vent (m/s) de la station du K'sob la durant période (1988/2013).....	34
Figure II.11. Histogramme Moyennes mensuelles et annuelles et de l'humidité.....	35
Figure II.12. Histogramme Moyennes mensuelles de l'évaporation de station de M'sila.....	36

Chapitre III : Evaluation du transport solide en suspension du bassin versant du

K'sob

Figure III.1. Localisation de station hydrométrique Medjez dans le bassin.....	40
Figure III.2. Relation entre les débits solides et les débits liquides instantanés de 1974 à 1991.....	41
Figure III.3. Variation mensuel des apports liquides et solides de la station hydrométrique de Medjez (Oued k'sob).....	42
Figure III.4. Modèles saisonniers reliant les débits solides aux débits liquides instantanés 1974 à 1991 (Oued k'sob hydrométrique Medjez).....	43
Figure III.5. Variation saisonnière des apports liquide et solide de la station hydrométrique de Medjez (Oued k'sob).....	44
Figure III.6. Variabilité interannuelle des apports liquide et solide de la station hydrométrique de Medjez (Oued K'sob).....	45

Liste des tableaux

CHAPITRE I : Généralités sur : Les facteurs et processus de l'érosion du sol, érosion hydrique, Transport solide.

Tableau I.1. Caractéristiques des mécanismes de désagrégation.....09

CHAPITRE II : Présentation de la Zone d'Etude « K'sob »

Tableau II.1. Les caractéristiques morpho-métriques du bassin versant de K'sob et principales du barrage.....22

Tableau II.2. Principales caractéristiques du barrage El K'sob.....23

Tableau II.3. Les précipitations moyennes mensuelles interannuelles en (mm) station du K'sob (1988 /2017)31

Tableau II.4. Moyennes mensuelles et interannuelles des températures de la station de M'sila32

Tableau II.5. Moyennes mensuelles interannuelles de la vitesse du vent en m/s (1988-2013)33

Tableau II.6. Moyennes mensuelles et annuelles et de l'humidité en (%) (1988/2017).....34

Tableau II.7. Moyenne mensuelles annuelles de l'évaporation de station M'sila.....35

CHAPITRE III : Evaluation du transport solide en suspension du bassin versant du K'sob

Tableau III.1. Relations débit solide-débit liquide pour chaque échelle de temps (1974 à 1991).....43



INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Les pays du Nord de la Méditerranée, ceux d'Afrique du Nord et du Proche- Orient se sont lancés dans une politique de construction de petits barrages. Les objectifs de ces aménagements sont essentiellement la gestion et la conservation des eaux et des sols avec la protection des infrastructures en aval, en particulier en Afrique du Nord, celles des grands barrages contre une sédimentation trop rapide. Le développement des petits barrages a suivi des chemins et des objectifs différents (Alberge et al, 2004).

Les barrages de stockage sont exposés à une perte de capacité due au phénomène d'envasement. Un phénomène qui peut s'exprimer par d'autres termes tels que, l'envasement des retenues et la sédimentation des particules transportées par les cours d'eau que ce soit le transport par charriage au en suspension, il est la conséquence naturelle de la dégradation des bassins versants (Benaicha, 2011).

Le transport solide en Algérie est évalué au niveau des stations hydrométriques des bassins versants pour la quasi-totalité des épisodes d'écoulement. Généralement, on se limite au débit en suspension. La mesure du charriage est en effet un problème dont la solution n'est pas complète. A partir de l'évaluation du transport solide en suspension, le charriage est estimé entre 15 % et 25 % de la suspension, selon plusieurs auteurs (Larfi et Remini, 2006).

Les objectifs assignés au présent mémoire et de traiter et d'analyser les données hydrométriques (débits liquide et solide). Nous permettant, après leurs corrections, d'établir les relations existantes entre les débits liquides et solides à différentes échelles du temps (journalières) avec le modèle sédiment rating curve.

Le but de cette étude est l'évaluation du transport solide en suspension et de l'envasement du bassin versant du k'sob par les modèle SRC au niveau de la station hydrométrique de Medjez.

Pour réaliser ce travail, nous commençons par la première partie, nous avons parlé en généralités sur : Les factures et processus de l'érosion du sol, érosion hydrique, transport solide.

La deuxième partie est consacrée à présenter : l'aperçu général sur B.V. du K'sob, nous parlons généralement sur les caractéristiques du bassin versant, le climat et la morphologie.


La troisième partie est consacrée à l'étude bibliographique sur l'évaluation du transport solide et parlé sur l'étude hydrologique du bassin versant et les calculs les débit solides et liquides.

Enfin une conclusion qui résume l'ensemble des résultats, les recommandations de l'analyse de ces résultats et les perspectives de l'étude.



CHAPITRE I

Généralités sur : Les facteurs et
processus de l'érosion du sol,
érosion hydrique, Transport
solide.



I.1. Introduction :

Le sol constitue le support des cultures. C'est une entité dynamique qui s'approfondit sous l'action des processus de pédogénèse et s'amincit sous l'action de l'érosion, responsable de la diminution de la fertilité des sols agricoles (Bouklikha et Berrichi, 2017).

D'une manière générale, l'érosion des sols correspond au "détachement" et au "transport" des particules de sol, par différents agents (gravité, eau, vent, glace), de leur emplacement d'origine à un endroit de "dépôt" à l'aval. Dans tous les cas, ces mouvements de sol sont des processus discontinus à fortes variations spatio-temporelles, difficiles à décrire sous forme d'équation mathématiques. Nous, nous intéressons dans cette étude plus particulièrement à l'érosion hydrique, qui est un phénomène largement répandu et dont les conséquences peuvent entraîner des pertes de terre irréversibles et une diminution des capacités de stockage des barrages (Bouklikha et Berrichi, 2017).

L'érosion hydrique est "le détachement de fragments ou de particules solides du sol ou des roches de leur position initiale par l'eau". Elle constitue en Algérie un phénomène très grave qui affecte durement le patrimoine foncier. Elle touche 45% des zones telliennes, soit 12 millions des surfaces cultivables, sont situées dans les zones les plus sensibles à l'érosion (Elahcene, 2013).

I.2. Notion sur l'érosion du sol

Le terme « érosion » provient du verbe latin « éroder » qui signifie ronger. Il évoque l'usure de la surface terrestre sous l'action des éléments météorologiques. Ce phénomène existe de façon permanente ; il débute dès que les roches émergent et se trouvent en contact avec l'atmosphère (Fournier, 1969).

Les roches en effet se décomposent sous l'action d'agents atmosphériques : la température et la pluie. Les variations de température et d'humidité provoquent en elles des dilatations et des contractions, dues à des alternances de gel et de dégel ou à des variations de la teneur en eau. Elles déterminent ainsi leur désagrégation mécanique. L'eau de pluie, plus ou moins chargée de gaz carbonique et d'autres éléments en traversant l'atmosphère et la partie superficielle du sol, dissout une partie de leurs éléments minéraux et déclenche une série de phénomènes chimiques. Elle provoque alors l'altération chimique des roches. Par ces deux phénomènes les éléments rocheux se morcellent et sont réduits de volume jusqu'à la taille des sables, limons ou argiles (Fournier, 1969).

I.3. L'érosion hydrique :

L'érosion hydrique est un phénomène naturel essentiel de l'évolution des paysages et de la modification du relief terrestre. Elle correspond à un déplacement de matière sous l'action de l'eau. Principalement dans l'extrême Nord Est Algérien, l'observation sur le terrain et la recherche de divers documents et les différentes mesures nous seront utiles pour déterminer les processus de l'érosion ([Amamra, 2017](#)).

Selon les études de la FAO (1990), la situation continue à se détériorer : ainsi, sont affectées par l'érosion hydrique : en Grèce 35% des terres, au Maroc 40% et en Turquie 50%, en Tunisie 45% de la superficie du pays est menacée par l'érosion et en Algérie, 45% des zones telliennes, soit 12 million d'hectares ([Bouras, 2019](#)).

L'érosion hydrique affecte les terres lors des orages exceptionnels, des coulées boueuses et des inondations. Les dégâts observés se traduisent par une baisse des rendements des cultures, un atterrissement des sédiments érodés dans les zones urbaines, une réduction de la superficie des sols agricoles, une accélération du taux d'envasement des réservoirs réduisant ainsi la quantité et la qualité des eaux disponibles, une aggravation des coulées boueuses qui mettent en péril les infrastructures humaines et une désertification du milieu naturel ([Bouras, 2019](#)).

I.4. Formes de l'érosion hydrique

I.4.1. L'érosion en nappe

Elle est caractérisée par une eau de ruissellement sans griffes ou rigoles visibles. Sous l'effet de l'impact des gouttes de pluies (effet splash), les particules sont arrachées et restent maintenues en suspension par la turbulence.

Dans un premier temps, c'est l'énergie cinétique des gouttes qui va arracher les particules. La battance des gouttes de pluie va envoyer des gouttelettes dans toutes les directions, sous l'effet de la gravité, l'ensemble des gouttelettes auront une vitesse moyenne qui se dirige de l'amont vers l'aval. A partir de là, il y aura formation de flaques et débordement de l'eau non infiltrée d'une flaque à l'autre ce qui entrainera un ruissellement en nappe ([Bourenane et Mechri, 2008](#)).

Elle se manifeste lorsque la concentration des eaux conduit à la formation de chenaux de dimension croissante : griffes (quelques centimètres de profondeur), rigoles (incision dans la couche labourée), ravines (incision dépassant la couche labourée) ([Bouras, 2019](#)).

Ce type d'érosion entraîne des conséquences morphologiques et pédologiques fâcheuses suite à un décapage de l'horizon superficiel diminuant insidieusement sa réserve en élément

fertilisant et un entrainement préférentiel des particules les plus fines de la matière organique et du carbonate de calcium. Le plus souvent l'érosion hydrique commence par un ruissellement diffus ou érosion en nappes qui se développe plus tard au ruissellement concentré (Amamra, 2017).



Figure I.1. Un paysage qui illustre l'effet de l'érosion en nappe (photo : Guesri 2015 à Bousaada) en Guesri 2021.

I.4.2. L'érosion concentrée (linéaire)

L'érosion linéaire est un indice que le ruissellement s'est organisé, qu'il a pris de la vitesse et acquis une énergie cinétique capable d'entailler le sol et d'emporter des particules de plus en plus grosses (Elahcen, 2013).

Elle se produit lorsque l'écoulement liquide est concentré dans le lit des talwegs. Ce type d'érosion dépend des caractéristiques géométriques et hydrauliques de l'écoulement, ainsi que de la granulométrie du substrat en place. La connaissance de ces paramètres permet de déterminer la force tractrice qui agit sur le lit et qui représente l'ensemble des forces érosives. Ces forces, beaucoup plus grandes que celles qui contrôlent l'érosion aréolaire, permettent de mobiliser des grains de diamètre élevé (Elahcen, 2013).

Elle apparaît à l'intersection de deux plans de versant, et s'étend jusqu'au fond des vallées à travers le réseau hydrographique. Lorsque les eaux de ruissellement se concentrent, elles peuvent selon la nature du sol et l'intensité du relief creuser la terre en formant des griffes, des rigoles ou des ravines (Guesri, 2021).

On parle de **griffes**, lorsque les petits canaux ont quelques centimètres de profondeur, de **rigoles**, lorsque les canaux dépassent 10 cm de profondeur et de **ravines** lorsque les creux atteignent plusieurs dizaines de cm (plus de 50 cm) (Guesri, 2021).

I.4.2.1. L'érosion en griffes et rigoles

Deuxième phase de l'érosion aréolaire. Elle se produit lorsque l'écoulement d'eau se concentre et choisit son passage. Dès qu'une griffe s'établit, l'eau de ruissellement tend à se réunir, et plus elle se creuse plus il y a appel d'eau dans la rigole. Ainsi, le phénomène de creusement s'accélère de lui-même. De point de vue quantitatif, ce type d'érosion reste dans les mêmes proportions que l'érosion en nappe (Amamra, 2017).

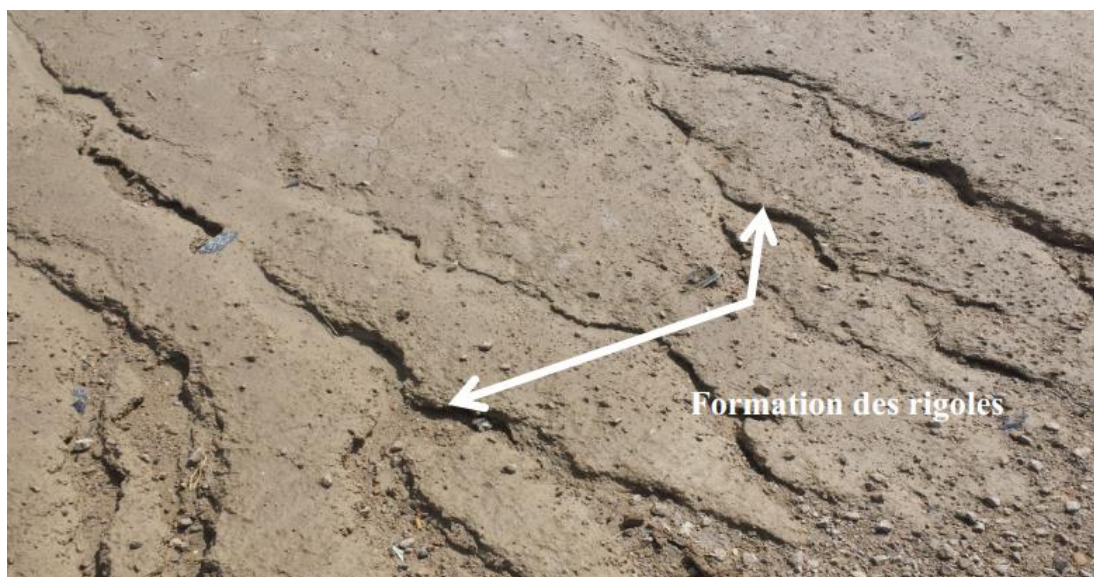


Figure I.2. Le début de formation des rigoles à une terre située à la région de Maadid, M'sila Guesri, 2017 en (Guesri, 2021).

I.4.2.2. Érosion par ravinement

Les ravines suivent la ligne de plus grande pente des versants puisque le ruissellement provenant des versants peut atteindre 50 à 80% durant les averses exceptionnelles tombant sur les terres battues ou compactées, l'essentiel du transport solide provient des ravines et des oueds. Lorsque le sol est peu perméable, saturé et peu couvert, le ruissellement est abondant. Ce dernier creuse des ravines et augmente les pointes de crue des oueds, ce qui favorise le sapement des berges et les glissements de terrain, et par conséquent l'envasement des barrages, la destruction des infrastructures et la dégradation des terres (Bouras, 2019).

En Algérie, l'érosion en ravines déplace en moyenne entre 90 à 300 t/ha/an ce qui correspond à une vitesse d'altération des versants de 8 à 17 mm/an. (Guesri, 2021).



Figure I.3. L'érosion en ravines est plus spectaculaire à l'Oued Rithem, Sud de M'sila Guesri, 2017 en (Guesri, 2021).

I.5. Mécanisme de l'érosion

L'érosion hydrique des sols résulte de divers processus : le détachement des particules du sol puis leur transport par l'eau. Lorsque l'énergie nécessaire au transport des particules par l'eau n'est plus suffisante, un troisième processus intervient. Il s'agit du dépôt des particules, encore appelé sédimentation. Chacun de ces processus est causé par un ensemble de mécanismes (Guesri, 2021).

Les mécanismes de l'érosion se différencient selon la nature des interactions en jeu et de l'énergie nécessaire à leur rupture, des conditions physico-chimiques nécessaires pour leur mise en œuvre, de la cinétique des processus ainsi que de la nature et la taille des particules résultant de la désagrégation. Plusieurs mécanismes ont été identifiés : L'effet « Splash », l'éclatement, la désagrégation par gonflement différentiel, la dispersion physico-chimique et le ruissellement (Guesri, 2021).

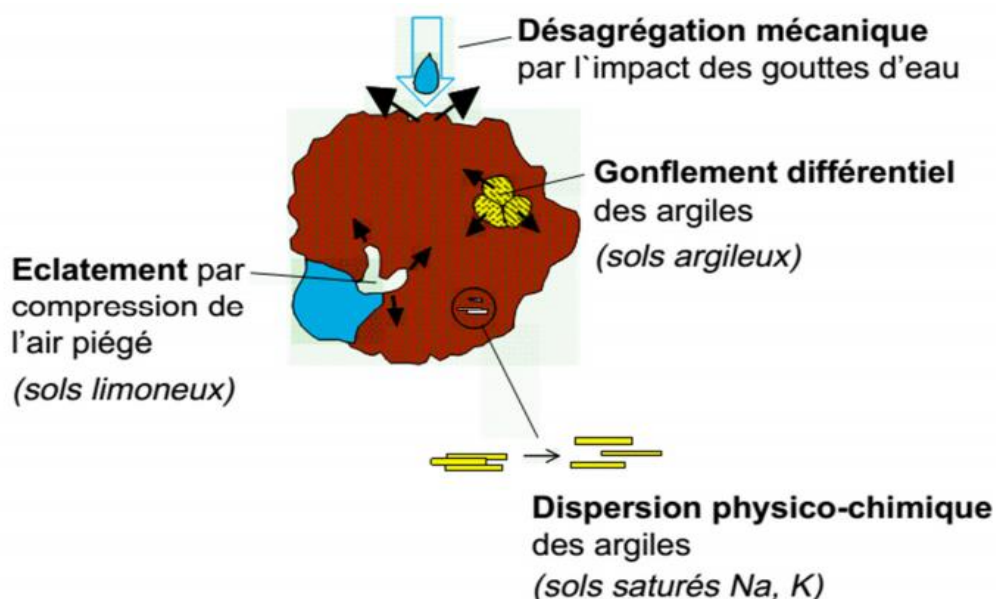


Figure I.4. Mécanismes de désagrégation d'une particule d'un sol par l'eau (Chenu et Cosentino, 2011).

I.5.1. L'impact des gouttes de pluie « l'effet Splash »

Ce type de mécanismes est dû au choc de la goutte de pluie sur le sol. Chaque goutte possède une énergie cinétique en fonction de son poids et de sa vitesse de chute. L'impact des gouttes de pluie peut fragmenter les agrégats et surtout détacher les particules de leur surface. Les grains de sables, les fragments d'agrégats et les argiles dispersés sont projetés autour du lieu de l'impact. L'intensité de ce processus et la distance de projection dépendent de l'énergie cinétique des pluies, de la texture du matériau et de la pente (Le Bissonnais et al, 1996).

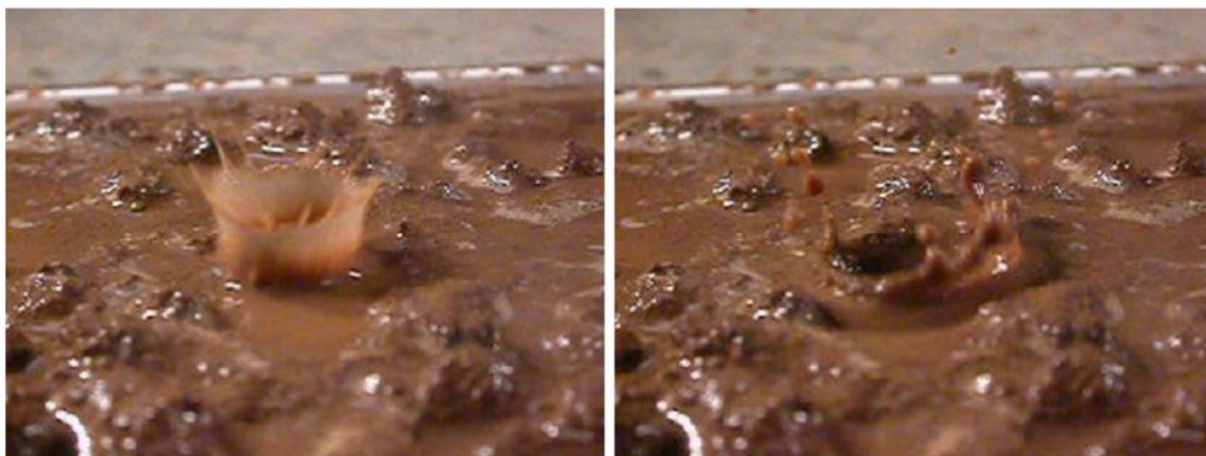


Figure I.5. L'effet « Splash » sur le sol sous l'impact d'une goutte de pluie (photo : Pierre-Olivier Cochard Référence).

L'énergie cinétique d'une goutte de pluie lors de son contact au sol est en fonction de la masse et de la vitesse de chute de la goutte. Elle est donnée par l'équation (Guesri, 2021).

$$E_c = \frac{1}{2} m V^2$$

m : la masse de la goutte

V : la vitesse de la goutte

Ec : l'énergie cinétique en joule (si m en Kg et V en m/s).

Le diamètre des gouttes de pluie, leur vitesse de chute et leur masse totale déterminent la capacité de détachement des particules du sol (Guesri, 2021).

I.5.2. L'éclatement

Il s'agit de la désagrégation par compression de l'air piégé lors de l'humectation. L'intensité de ce mécanisme dépend entre autres, du volume d'air piégé, donc de la teneur en eau initiale des agrégats et de leur porosité. Les sols argileux sont moins affectés par l'éclatement que les sols limoneux ou sableux. L'humidification des sols avant une averse diminue considérablement le taux de détachement de particules. L'éclatement est qualifié comme un bon indicateur permettant de décrire la susceptibilité des sols à l'érosion (Barthès, Roose, 2001).

I.5.3. La désagrégation par gonflement différentiel

Ce phénomène intervient suite à l'humectation et la dessiccation des argiles, entraînant des fissurations dans les agrégats. L'importance de ce mécanisme dépend en grande partie de la teneur et de la nature de l'argile des sols. Ce mécanisme contribue à la réduction de la taille des agrégats à la surface du sol. La fissuration par gonflement augmente lorsque la teneur en argile augmente, du fait de l'augmentation du gonflement potentiel. Les conséquences directes de ce mécanisme sont moins importantes que les autres mécanismes (Guesri, 2021).

I.5.4. La dispersion physico- chimique

Ce mécanisme est le résultat de la réduction des forces d'attraction entre particules colloïdales lors de l'humectation. L'eau s'infiltré par les fissures, dissous le sel contenu dans le sol et creuse des tunnels provoquant des effondrements qui se manifestent, parfois par d'importantes ravines qui marquent le paysage des versants. Ce mécanisme de désagrégation est le plus efficace, car il concerne la structure élémentaire de l'agrégat. Il décuple les effets des autres mécanismes. La dispersion physico-chimique concerne les particules élémentaires de l'agrégat, et dépend de la taille et la valence des cations (particulièrement du sodium) pouvant

lier les charges négatives dans la matière colloïdale. Ces dernières constituent des ponts entre les particules chargées négativement. La dispersion dépend alors, essentiellement, de la capacité d'échange cationique portée par le complexe agrégat (Le Bissonais *et al*, 1995).

Les différents mécanismes de désagrégation et ses caractéristiques sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau I.1. Caractéristiques des mécanismes de désagrégation (Le Bissonais, 2000).

Mécanisme	Eclatement	L'effet « splash »	Désagrégation Par gonflement différentiel	Dispersion physico-chimique
Nature des forces en jeu	Pression interne De l'air piégé Lors de l'humectation	Impact des Gouttes de Pluie	Pression interne Par gonflement de L'argile	Réduction des forces D'attraction entre particules
Intensité de la désagrégation	Totale	Cumulative	Partielle	Totale
Propriétés du sol en jeu	Porosité, Mouillabilité, Cohésion Interne, mouillabilité,	Cohésion Humide (argile, matière organique, oxydes)	Gonflement Potentiel, Cohésion, Conditions, d'humectation.	Statut ionique, minéralogie de l'argile
Particules produites	Petits Micro agrégats (< 500 Um)	Particules et micro-agrégat	Macro et micro-agrégats	Particules élémentaires

I.6. Facteurs de l'érosion hydrique

L'érosion hydrique qui affecte les sols méditerranéens est fonction de multiples facteurs qui, selon (Bouras, 2019) semblent être les même partout dans le monde.

I.6.1. Le climat

En Algérie sur des parcelles peu couvertes, pendant les orages d'automne, le ruissellement journalier maximal a dépassé 19 à 32 % et jusqu'à 70-85 % des averses importantes en hiver, sur des sols détrempés. Durant le reste de l'année sévit une période sèche. Ces averses de fréquence rare tombant sur des sols déjà saturés et de faible épaisseur sont à l'origine de la formation des ravines, de l'apparition des mouvements de masse et d'inondations. Lors d'averses exceptionnelles, le ruissellement des sols limoneux encroûtés en permanence peut augmenter de 15 % à 60-90 %. Les ravines acquièrent des tailles de l'ordre du mètre et les mouvements de masse sont importants lorsque les roches argileuses affleurent ; ils se produisent fréquemment dans les zones caractérisées par les tremblements de terre, failles ou surélévèrent très répandu dans le bassin méditerranéen. Ces inondations sont caractérisées

par des charges de sédiments qui peuvent atteindre 40 % du volume du ruissellement (Bouras, 2019).

I.6.2. L'état du couvert végétal

La nature et l'extension de la couverture végétale jouent un rôle important dans l'interception et la formation du ruissellement superficiel. Le feuillage des plantes permet de dissiper l'énergie cinétique des gouttes de pluie et par conséquent la diminution de l'effet "splash". Par ailleurs, par leurs racines, les plantes favorisent l'infiltration de l'eau vers le sous-sol et retardent le ruissellement superficiel (Guesri, 2021).

I.6.3. La topographie

La longueur et l'inclinaison de la pente sont parmi les facteurs qui conditionnent considérablement l'érosion des sols. **Une forte inclinaison de la pente** agit directement sur la vitesse du ruissellement vers le bas et augmente l'énergie cinétique des eaux concentrées et par conséquent, le potentiel érosif. La **longueur de pente** est moins importante que l'inclinaison. Au-delà d'une centaine de mètres, la longueur a peu d'influence sur la vitesse d'écoulement maximale. De plus, il a souvent été remarqué que le ruissellement diminue le long d'un versant de l'amont vers l'aval, peut-être dû à des zones d'infiltration plus élevées le long de la trajectoire de l'écoulement de surface (Bouras, 2019).

I.6.4. L'état structural du sol

La stabilité structurale correspond à la capacité d'un sol à conserver son arrangement entre particules solides et vides lorsqu'il est exposé à différentes contraintes, comme l'action désagrégante de gouttes de pluie ou l'humectation. On la considère comme un bon indicateur de la susceptibilité des sols à la battance et à l'érosion hydrique (Le Bossonais et al, 2002).

Ces fragments réduisent l'érodibilité protection contre l'impact des gouttes de pluie et diminution de la vitesse du ruissellement réduisant sa capacité de détachement et de transport. La suppression de cette couverture caillouteuse peut augmenter l'érosion de 1/3 à 3 (Bouras, 2019).

Les sols contenant des fragments de roches dont la taille est supérieure à 40 mm sont plus sensibles à l'érosion que les sols graveleux contenant des fragments de roches de 2 à 40 mm . La position, la taille et le taux de couverture des éléments grossiers augmentent le volume total d'infiltration (Bouras, 2019).

En région méditerranéenne, les sols riches en argiles saturés en calcium sont résistants à la battance mais sensibles au ravinement. La stabilité du sol augmente si le sol reste faiblement humide pendant plusieurs jours et inversement diminue lorsqu'il reste proche de la

saturation. Selon (Bouras, 2019). L'érosion n'est proportionnelle ni à la hauteur des pluies, ni à leur énergie cinétique, mais est fonction de la somme des énergies érosives dont l'énergie des eaux ruisselantes est la principale composante.

I.6.5. La lithologie

Les divers types de roches et leurs structures donnent une indication précieuse sur la capacité d'infiltration des zones occupées par les roches et par les sols et en conséquence sur la quantité de sol susceptible d'être érodée. Plusieurs paramètres déterminent la capacité d'infiltration : la lithologie, les failles, les linéaments, le karst et la densité de drainage. Une faible infiltration des roches affleurâtes indique qu'une grande quantité d'eau ruisselle, par conséquent, une forte quantité de terre peut être emportée. En Algérie, (Demmak, 1984).

A montré que les transports solides d'un bassin versant dépendaient de sa surface en roches de différents types (argileuses, marneuses, schisteuses, etc.).

I.6.6. Action humaine

Le phénomène de l'érosion n'est pas conditionné seulement par des paramètres et des processus naturels, mais aussi par les actions anthropiques comme :

- L'intensification de l'agriculture,
- L'élevage des animaux,
- Les exploitations minières,
- L'abattage du bois,
- La construction de routes,
- Les aménagements urbains,
- Le surpâturage.

Ces différentes activités humaines ont une grande influence sur la terre, car elles peuvent avoir un effet important à cause de la destruction de la stabilité structurale du sol, la diminution ou la suppression de la végétation et modifications topographiques (Guesri, 2021).

Le déboisement illégal et les feux de forêts exposent le sol nu à l'agressivité des pluies, ce qui permet de faciliter le détachement des particules, et de favoriser le ruissellement et par conséquent causer une forte érosion (Ben chaabane, 1998). Le surpâturage à deux actions sur l'augmentation des phénomènes érosifs, le premier est la dégradation du couvert végétal protecteur, le second est un effet mécanique sur la structure des sols en pente par les chemins suivis par les troupeaux.

D'après (Dajoz, 1996), Les actions et les fautes de l'homme ont causé une perte de 5 millions km² de terres cultivables au niveau mondial.

I.6.7. L'utilisation des terres

L'intensité de l'érosion hydrique des sols est affectée significativement par les activités humaines qui augmentent ou diminuent les pertes en terre. Les incendies répétés et le déboisement illégal détériorent les forêts existantes. Ceci favorise fortement le ruissellement et aboutit à une forte érosion des sols. La mise en culture d'un sol le rend sensible à l'érosion, cela dépend de la nature de la plante cultivée et des techniques culturales. Sous verger, l'érosion est intense comme un sol nu sous maïs planté en terrasses, elle est moindre que s'il est planté en ligne dans le sens de la plus grande pente et pour des cultures peu denses, elle est plus intense que pour des cultures denses (Bouras, 2019).

L'alternance culture-légumineuses atténue l'érosion du sol d'une manière spectaculaire ; ainsi en Algérie, en associant du blé à des fèves, la perte en terres diminue de 1,5 tonnes/ha (sur sol nu travaillé) à 0,3 tonnes/ha. Les semis très battus ou chantiers de récolte très roulés (rugosité nulle), accroissent les risques d'érosion, au contraire, du déchaumage avec résidus abondants ou labour (rugosité forte). Les résidus de récolte jouent le rôle d'éponge et créent une rugosité qui divise, ralentit et étale les écoulements dans le temps. Des recouvrements de 15 à 25% de résidus de récolte diminuent l'érosion de 60 à 75% par rapport au sol nu (Bouras, 2019).

I.7. Qu'est-ce que le transport solide ?

Le transport solide correspond au phénomène d'entraînement et de transport de matériaux solides par un écoulement liquide d'intensité suffisante. On y inclut généralement le transport de toute matière non-organique dans les cours d'eau, quelle que soit leur taille (argiles, limons, sables, graviers, galets, etc.) (Camenen et Melun, 2021).

Camenen et Melun en 2021, ont proposé la définition suivante : « L'écoulement d'eau sur un fond mobile peut se charger de sédiments ; un mélange eau-sédiments se déplace alors le long du cours d'eau. Ce mouvement des sédiments (érosion, transport, dépôt) modifie l'écoulement, mais aussi le fond du lit, donc sa cote, sa pente et sa rugosité. Cette interaction entre l'eau et les sédiments conduit à un problème couplé ». Cette interdépendance entre l'écoulement liquide et l'écoulement solide reste très complexe, car dépendante de très nombreux paramètres qui varient à la fois dans le temps, (l'hydrologie, la « charge sédimentaire » ou le « stock alluvial » présente dans le sous bassin amont, les changements climatiques, etc.) Et dans l'espace (la pente du lit, les caractéristiques granulométriques, le contexte géomorphologique, la végétation présente dans le fond de vallée et sur les versants, etc.).

Les études du transport solide nécessitent donc généralement de nombreuses simplifications et hypothèses pour pouvoir y appliquer des modèles et autres formules semi-empiriques valables dans des domaines d'application restreints. Concernant la mesure, le transport solide se définit comme une quantité de sédiments se déplaçant au travers d'une section donnée d'un cours d'eau pendant un temps défini. Cette quantité peut être exprimée en volume (m^3/s , m^3/h , m^3/an ou Mm^3/an), ou en masse (kg/s , kg/h , t/an ou Mt/an) (Camenen et Melun, 2021).

Selon son intensité l'écoulement liquide peut entraîner l'érosion (mise en mouvement), le transport ou le dépôt de particules sédimentaires. Hjulström, (1935) a proposé une représentation graphique de l'organisation de ces trois domaines en fonction de la vitesse de l'écoulement et la taille des matériaux (Camenen et Melun, 2021).

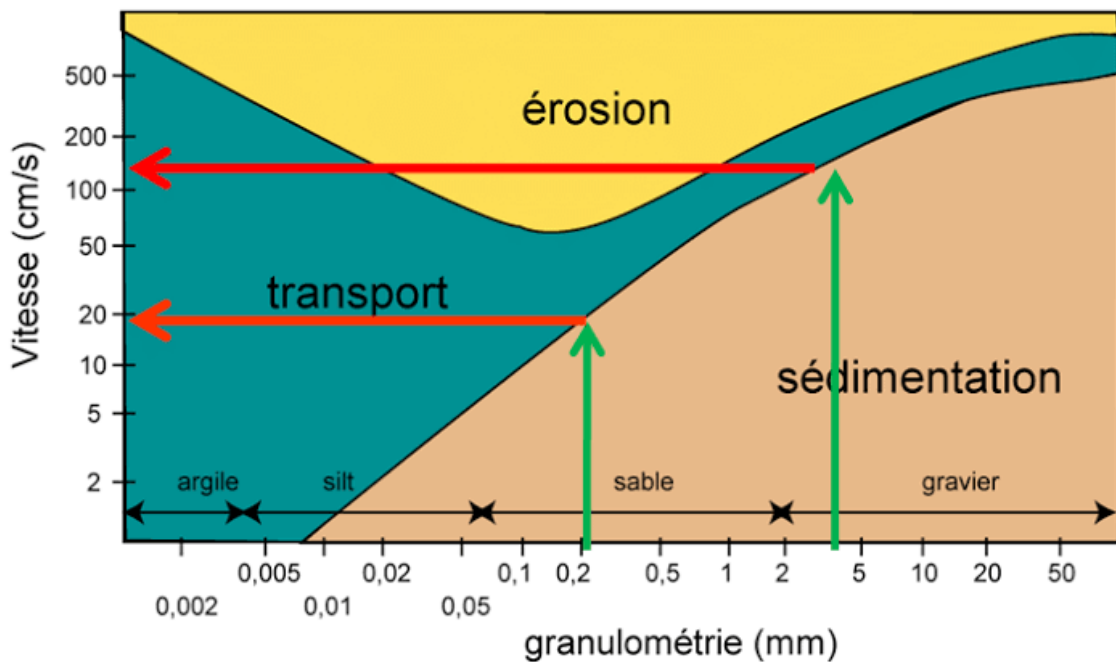


Figure I.6. Diagramme de Hjulström (1935) : permet de déterminer la vitesse d'un cours d'eau en fonction de la granulométrie d'un grain étudié (Pierre-Yves, 2010).

I.7.1. Modes de transport en rivière

Généralement deux modes de transport solide sont considérés : le transport solide par charriage et le transport solide en suspension. Il n'existe pas de délimitation nette entre ces deux modes de transport. Il y a même des auteurs qui considèrent un troisième mode caractéristique intermédiaire, la saltation, où les particules se déplacent par des bonds, en alternant le charriage et la suspension. Le mode de transport dépend essentiellement d'un paramètre fondamental : la taille du sédiment transporté (Bouras, 2019).

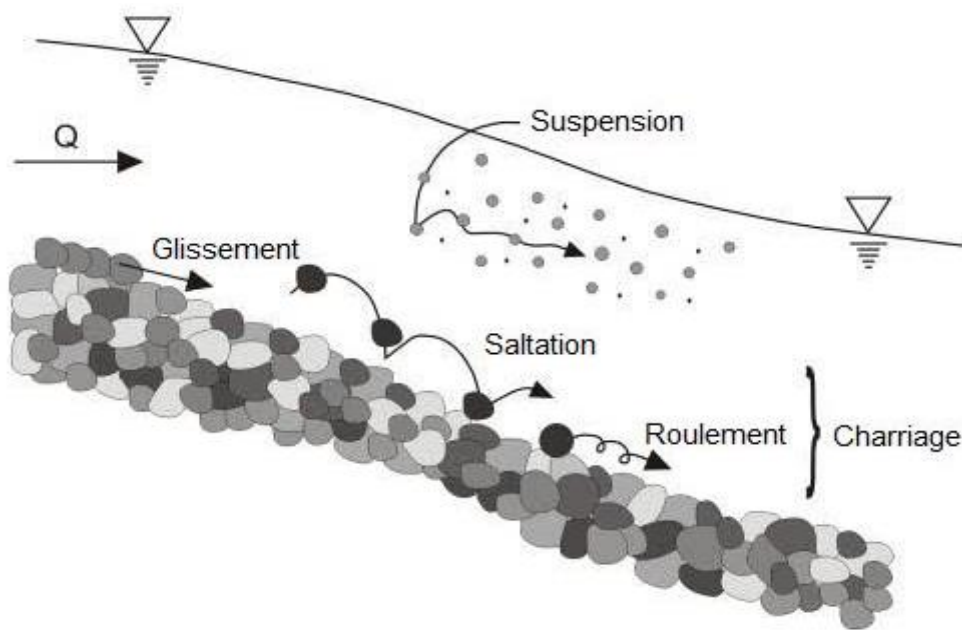


Figure I.7. Schématisation des différents modes de transport solide

(Source : http://theses.univ-lyon2.fr/documents/getpart.php?id=lyon2.2008.pintomartins_d&part=154405).

Suspension: limon, argiles, sable très fin ($d < 0.02$ mm)

Charriage: sable, graviers, galets

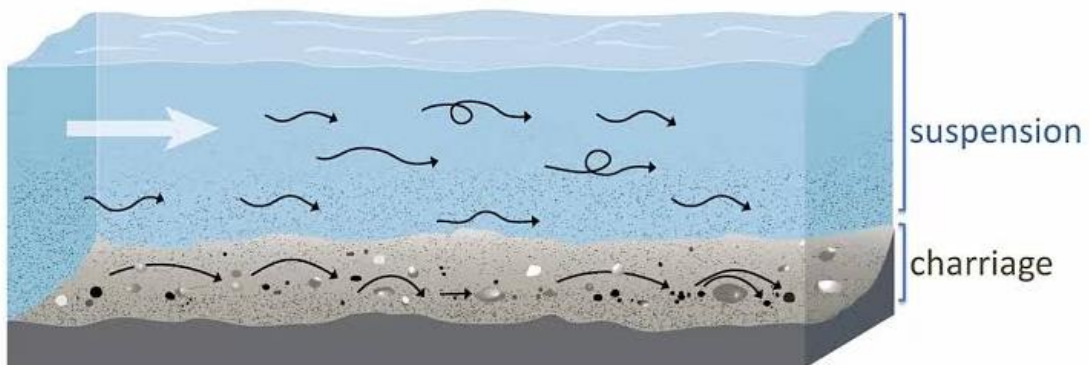


Figure I.8. Types de transport.

I.7.1.1. Le transport solide par charriage

Le transport solide par charriage, représente la progression de sédiments grossiers (sables, gravier, galets et blocs), de diamètre supérieur à 1 mm, qui se déplacent par roulement ou glissement, au voisinage immédiat du fond du cours d'eau, et parcourent des distances relativement petites et discontinues dans le temps et dans l'espace.

Les mesures sur le terrain du transport solide par charriage sont très onéreuses à cause des perturbations de l'écoulement. De ce fait, les évaluations de ce type de transport sont

difficiles à mener en l'absence de bases de données. On se contente généralement d'études sur modèles réduits pour déterminer la proportion du charriage par rapport à la suspension ou au transport total (Couvert *et al.* 1994).

I.7.1.2. Le transport solide en suspension

Le transport solide en suspension représente le transport de sédiments fins (argiles, limons, sables fins), de taille micronique, maintenues en suspension sur toute la hauteur de la masse liquide du cours d'eau, sous l'action des fluctuations turbulentes de l'écoulement. Les sédiments se déplacent sur des grandes distances et le débit solide croît de l'amont vers l'aval. Quelques valeurs indicatives, permettent de délimiter les deux modes de transport. Ces valeurs utilisent le rapport entre vitesse de l'écoulement V sur le lit du cours d'eau, et la vitesse W de chute des particules (Elahcene, 2013).

- $V/W > 0.10$: début de transport par charriage.
- $V/W > 0.40$: début de transport en suspension.

Le transport en suspension se fait par flottaison et ne comporte que très épisodiquement des retombées des sédiments sur le fond. La turbulence est le facteur principal de la suspension des sédiments (Elahcene, 2013).

I.7.2. Le transport solide en suspension en Algérie

Le transport solide en suspension dans les cours d'eau en Algérie est très élevé. Il est mal connu et mal quantifié en raison du manque de données et particulièrement celles relatives à la concentration des sédiments en suspension. Les erreurs et l'imprécision de ces mesures sont aussi des contraintes rencontrées lors des études des bilans sédimentaires ou d'analyse de la relation débit solide – débit liquide (Ben Khaled et Remini, 2003).

I.8. Le modèle « rating-curve »

La recherche de modèle reliant le flux des matières en suspension en transit à l'écoulement dans différents bassins mondiaux a fait l'objet de multiples études qui permettent de déterminer quelques principes de comportement de ces paramètres, Il s'agit des courbes de transport sédimentaire, « rating-curves », utilisées pour estimer les concentrations et les flux de MES à partir des seules mesures de débit. Des diverses méthodes développées pour définir ces courbes de transport sédimentaire, les régressions de type puissance restent les plus courantes pour décrire les relations entre le débit liquide et la concentration ou le débit solide (Elmahi *et al.*, 2012). Le débit liquide Q , exprimé soit sous la forme des précipitations, soit sous la forme de l'écoulement.

$$Q_s = a.Q^b$$

Q_s : est le débit solide en suspension (kg/s).

Q : est le débit liquide (m³/s).

a et b sont des coefficients empiriques.

I.9. Etude similaire en Algérie :

Une étude similaire a été réalisée dans le bassin versant de l'Oued El Hammam (Algérie du Nord) (Elmahi et al, 2012). Il existe d'autres études, notamment :

- Réalisée dans le bassin versant de l'Oued wahrane (Algérie) (Benkhaled et Remini, 2003)
- Réalisée dans le bassin versant de la Haute-Tafna (Nord-Ouest Algérien) (Megnounif et al, 2003).
- Réalisée dans le bassin versant d'Oued Haddad (Nord-Ouest Algérien) (Achite et Meddi, 2004).
- Réalisée dans le bassin versant de d'Oued Boukiou (Nord-Ouest Algérien) (Bougurra et Bouanani, 2019).
- Réalisée dans le sous bassin versant de Soubella (Hodna) (Bourenane et Mechri, 2008)
- Réalisée dans le bassin versant d'Oued Boumessaoud (nord-ouest de l'Algérie) (Bouguerra et al, 2016).
- Réalisée dans le bassin versant d'Oued Bellah (Tipaza) (Elahcene, 2013).

I.10. Conclusion

L'érosion hydrique est la source majeure de la dégradation des sols en zone méditerranéenne. Ce phénomène qui porte préjudice aux ressources en eau et en sol des bassins versants de l'Algérie dépend d'une multiplicité de facteurs interagissant entre eux. La complexité de sa modélisation nécessite d'importants jeux de données de référence, d'où l'accent mis dans ce travail sur les mesures des données hydrométriques dans l'un des bassins versants.



CHAPITRE II

Présentation de la zone

D'étude « K'sob »



II.1. Introduction

Un barrage est un ouvrage artificiel retenant de l'eau. Il peut être installé sur un cours d'eau pour en bloquer les écoulements et élever le niveau d'eau amont de l'ouvrage, ou de manière à fermer une cuvette naturelle dans le but retenir les eaux de pluie et de ruissellement. Les barrages peuvent être constitués de matériaux durs (autrefois en maçonnerie, aujourd'hui en béton), ou en matériaux meubles (terre, enrochements) (Amara, 2018). Les barrages jouent deux rôles principaux celui d'une part de stocker les apports d'eau afin de répondre aux besoins vitaux et économiques des populations (eau potable, irrigation, fourniture d'énergie, navigation), et celui d'autre part, de protection contre des effets destructeurs de l'eau (maîtrise des crues, rétention de sédiments, protection contre avalanches) (Delliou, 2003).

Le barrage k'sob est l'un des plus anciens barrages d'Algérie, situé dans le village de Boukhmisia, à 15 km au Nord de chef lieux de la wilaya de Msila, est actuellement utilisé pour l'irrigation, ce barrage a été construit par une entreprise française en 1934 (Belgoumri et Teit, 2020). Actuellement, le barrage fait l'objet d'une nouvelle opération de dévasement ; après celle de 2001 ; qui concernera un volume plafond de l'ordre de 10 millions de mètres cubes, Enfin, il est à noter, que les engins destinés à cette opération de dévasement sont visibles sur les 02 prise de vus Alsat-2A (A.S.A, 2015).

Ce chapitre est consacré à une description générale du bassin versant K'sob étudié afin de déterminer les caractéristiques généralement, le climat et le type de barrage.

II.2. Historique du barrage K'sob

- **1920** : Edification d'un barrage de dérivation des eaux de crue de l'Oued K'sob inférieur fut inscrite au programme de travaux publics de Novembre 1920.
- **1927** : La possibilité de construire sur l'oued K'sob, non pas un barrage de dérivation mais un barrage réservoir fut examinée par les ingénieurs de la circonscription de bougie (Bejaia).
- **1930** : La réalisation du barrage fut mise au concours le 25 novembre 1929. Six entreprises soumissionnaires. Par jugement du 2 décembre 1930 les travaux furent confiés à la société THEG.

Il s'agissait alors d'un barrage type « poids évidé » à la cote (610 m) d'une hauteur de 50 m et d'une capacité de 50 hm³. L'ouvrage ainsi conçu pouvait assurer la régularisation interannuelle de débit de l'Oued K'sob.

- **1933** : Les travaux préparations étaient achevés lorsque des compressions budgétaires imposèrent une limitation des dépenses entraînant une modification du projet.

Le marché passe avec la société THEG fut approuvé le 23 octobre 1933.

- **1934** : Les fondations furent terminées en 1933.
- **1935** : Une crue de 680 m³ survint le 5 octobre endommageant les rives en aval du barrage.
- **1939** : Le corps du barrage fut achevé dans le courant de l'année.
- **1940** : Les évacuateurs étant terminés à la fin du premier semestre la mise en eau débuta en juillet 1940.
- **1947** : Le câble de la vanne de grade de vidanger se rompit provoquant l'interruption des validations. Il fallut vidanger par les vannes de prise.
- **1954** : L'aménagement d'un deuxième pertuis de vidange fut terminé en Mai 1954.

1955-1960 : Construction du tronc commun et du réseau d'irrigation en béton remplaçant les anciennes seguias ([ANBT, 2008](#)).

II.3. Barrage K'sob

Le barrage K'sob est situé au lieu-dit HAMMAN entre les monts de kef El Ouerad et Djebble El Groun à 15 km au nord-est de la ville de de M'sila sur la route nationale numéro 45. En direction vers la Wilaya de Bordj Bou Arreridj fut construit à cet endroit sur l'oued K'sob entre les années 1934 et 1940 dans le but d'irriguer les périmètres agricoles de la commune d'M'sila. Par suite de l'envasement progressif de la retenue, sa capacité initiale de 12 hm² est tombée à 3 hm³(en raison de l'envasement) en 1970 dont la hauteur initiale construite est de 31 m ([Mimeche, 2014](#)).



Figure II.1. Barrage El K'sob (M'Sila) (Photo : Mimeche, 2014).

II .4. Monographie du barrage

Le barrage du K'sob est de type contreforts à voûtes multiples, posé sur deux culées en rive droite et rive gauche. Le barrage actuel présente une hauteur maximale sur sa fondation de 46 mètres, pour une longueur de crête de 280 mètres, la capacité initiale de la retenue est de 29,5hm³ sous le niveau de retenue normale. Il est classé en catégorie « M » inscrit au registre mondial des grands barrages. La partie principale est constituée de trente-huit voûtes reposant sur trente-sept contreforts intermédiaires et aux extrémités, sur deux culées formant barrage poids ([Madani, 2016](#)).

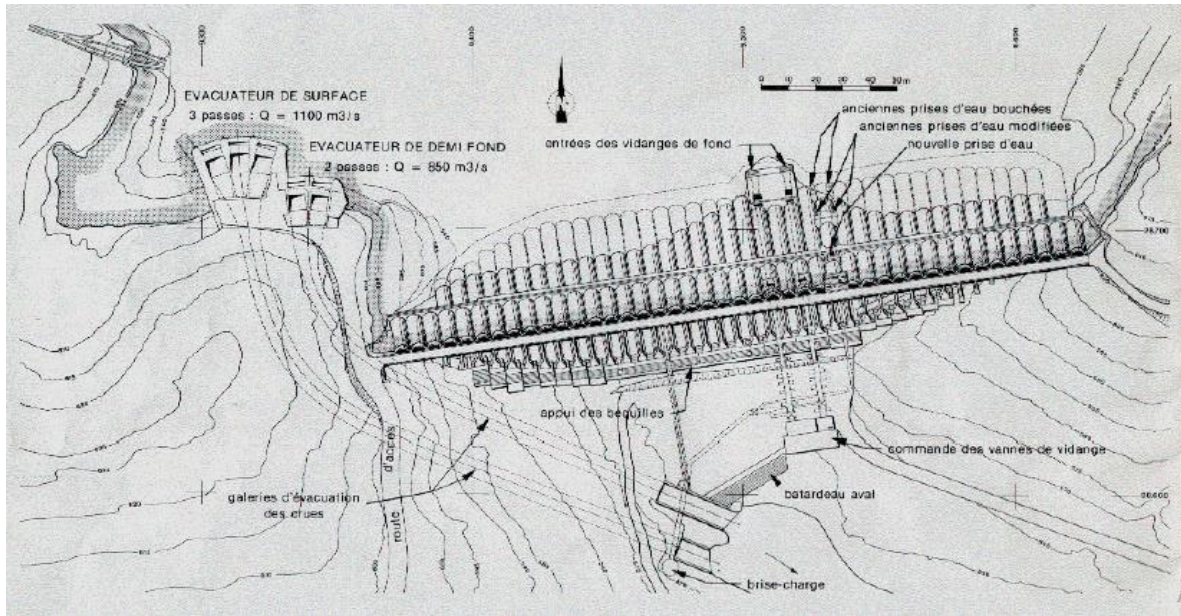


Figure II.2. Plan d'implantation du barrage K'sob.

II.5. Présentation du bassin versant de l'K'sob

II.5.1. Caractéristiques géographiques du barrage

II.5.1.1. Situation géographique du bassin versant K'sob

Le bassin versant de l'Oued K'sob appartenant au grand bassin de Chott El Hodna, il se situe aux confins Nord de ce dernier, il constitue la partie Ouest des hautes plaines Constantinoises représentant un trait d'union entre le Tell et des monts du Hodna. Le bassin du barrage El K'sob s'étend sur une superficie planimétrique de 1494,5 Km² situé sur le versant Nord des monts du Hodna et s'étale jusqu'au Nord de Bordj Bou Arreridj (Billa et Gherabi, 2020) :

- Au Nord, sa limite est constituée par la ligne des partages des eaux entre le bassin du Soummam et le Chott d'El-Hodna jusqu'au Djebel Mourissane puis sommet de Teniet Ben Azarag sur le Djebel Tarachett. Cette limite continue vers le Nord-Ouest jusqu'au sommet de Djebel Manssorah.
- Au Sud est constituée par les monts de Hodna matérialisés par la ligne de crête Ouest Est de Djebel Manssorah.
- A l'Est, s'étend de Djebel Safiet El Hamra jusqu'à L'Elalleche en prenant la direction Nord-Ouest Dehleb, passant par Bir Aissa.
- A l'Ouest sa limite est Nord-Sud de Djebel Manssorah jusqu'au niveau du barrage El K'sob.

- Selon le découpage administratif du 04 Février 1984, le bassin versant du barrage El K'sob se situe à 97,7 % en superficie dans la Wilaya de Bordj Bou Arréridj (Bordj Bou Arréridj, Medjana, Hasnaoua, El K'sob, El Euch, Rabta, Hammadia, Belimour, Bordj Ghdir, Ras El Oued, El Annasser, Oued Braham) et à 1.3 % et 1 % en superficie, respectivement dans les Wilayas de Sétif (Ain Oulmène) et M'sila (Roy et al, 2008).

Ce bassin est situé sur les versants Sud des monts du Hodna et ses eaux s'écoulent vers le Chott Hodna qui est un lac endoréique, c'est-à-dire dépourvu d'exutoire. En raison de la présence des villes de Sétif et Bou Arréridj sur leur territoire, l'accès de ces deux bassins versants est facilité par les autoroutes N 5, N 28, N 45 (Roy et al, 2008).

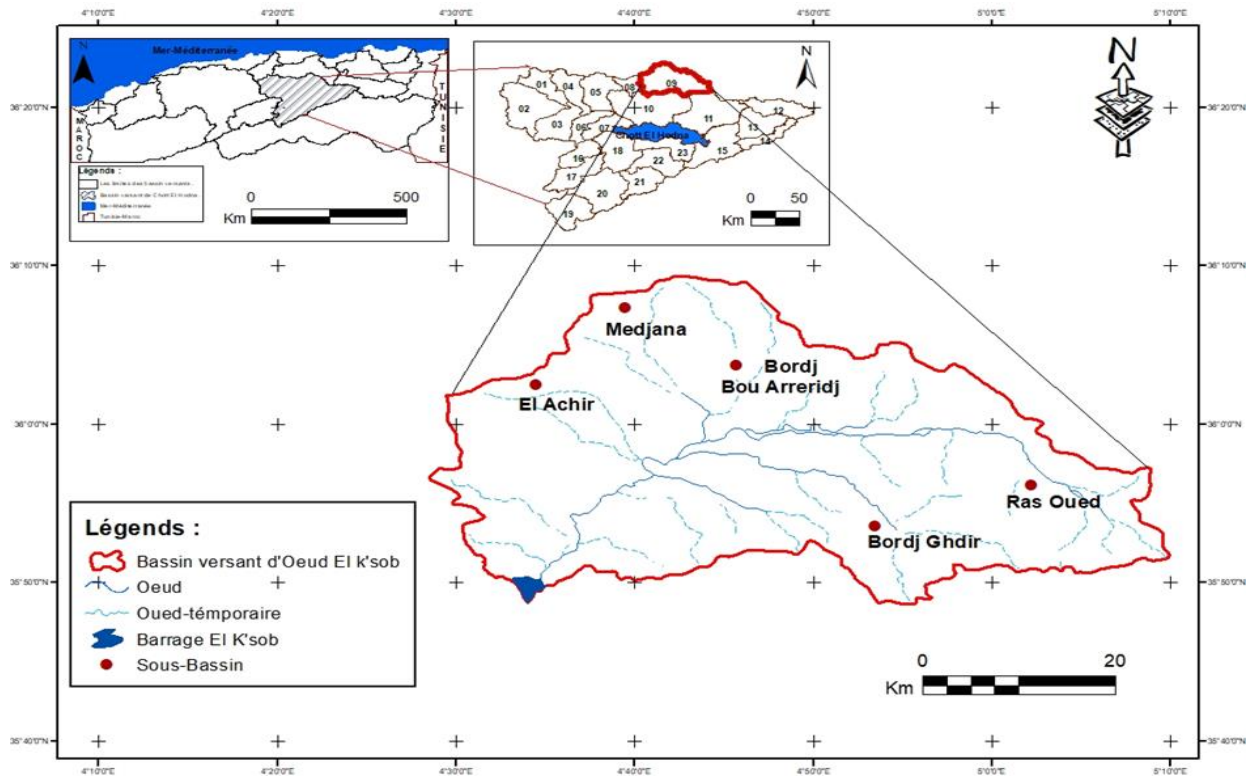


Figure II.3. La Situation géographique du bassin versant de l'Oued K'Sob (Belgoumri et Teit, 2020).

II.5.1.2. Les caractéristiques morpho-métriques du bassin versant de K'sob et principales du barrage

Les caractéristiques morpho-métriques du bassin versant du barrage sont données en tableau.II.1.

Tableau II.1. Les caractéristiques morpho-métriques du bassin versant de K'sob (Zeroual, 2016).

Caractéristiques morphométriques et hydrographique	Valeur	Unité	Observation
Superficie	1491	Km ²	
Périmètre	184.7	km	
Longueur du bassin-versant : L _{BV}	54.79	km	
Longueur du talweg principal : L _{CP}	66.24	km	
Longueur maximale L _{max}	92.89	km	
Largeur du bassin versant	27.21	km	
Indice de compacité de Gravelius	1,34	m	forme allongée
Altitude maximale	1885	m	
Altitude minimale	500	m	
L'altitude à 95%	820	m	
L'altitude à 50%	1060	m	
L'altitude à 5%	1540	m	
Altitude moyenne	1065	m	
La dénivelée simple D	720	m	
Longueur du rectangle équivalent	71.5	Km	
Largeur du rectangle équivalent	20.85	Km	
Pente moyenne	19.25	%	
Indice de pente de Roche	31.85	%	
Dénivelée spécifique D _s	461.46	/	Relief fort
Pente moyenne d'un cours principal	0.25	%	
Densité de drainage D _d	1.57	Km	Moins dense
La densité hydrographique : F	1.425	Km ⁻²	
Rapport de confluence des cours d'eau	4.53	/	
Rapport des longueurs des cours d'eau	2.17	/	
Le coefficient d'élanement : CE	0.6	/	Relief accentuée
Coefficient de torrencialité : Ct	1.71	Km	
Temps de concentrations.	7.29	Heure	
Vitesse de l'écoulement de l'eau : V _e	2.52	m/s	

Tableau II.2. Principales caractéristiques du barrage El K'sob (Azouz, 2017).

Caractéristiques du barrage	Barrage initial	Après surélévation	Récent
Début et fin des travaux	1934 à 1940	1972 à 1976	-
Année tenue en eau	1940	1977	-
Surface du plan d'eau	121 ha	252.5 ha	-
Altitude maximale de la retenue	591 m	605.5	-
Hauteur de surélévation	-	15 m	-
Hauteur maximal	31 m	46 m	-
Longueur crête	254.5 m	280 m	-
Largeur de la crête	5.5 m	3 m	-
Base de la digue	48 m	56 m	-
Pente des parements amont	0.9	-	-
Pente des parements aval	0.4	-	-
Cote de la retenue maximale	591.00	605.50	-
Cote de la retenue normale	590.00	604.00	-
Capacité à la retenue normale	11.5 hm ³ (590)	29.5 hm ³ (604)	11.8 hm ³ (2008)
Taux d'envasement	69% Levé 1968	60 % Levé 2008	-
Périmètre irrigué.	13000 ha	6250 ha	4840 ha

II.6. Les caractéristiques générales du bassin versant

II.6.1. Surface :

La surface du bassin versant est la caractéristique la plus importante, elle s'obtient par planimétrie sur une carte topographique après que l'on y ait tracé les limites topographiques, comme elle peut être déterminée en utilisant les techniques de digitalisation à l'aide des logiciels, la surface totale du bassin versant du K'sob elle est de l'ordre **1462,54 km²** (Boussag, 2012).

II.6.2. Périmètre :

Le périmètre du bassin versant est la longueur de la ligne de partage des eaux. Le périmètre peut être mesuré à l'aide d'un curvimètre ou automatiquement par des logiciels. Le périmètre du bassin versant du K'sob **208 km** (Boussag, 2012).

II.6.3. Indice de compacité de Graveleuse :

$$K_G = P / (2\sqrt{\pi A}) = 0.28 (P/\sqrt{A})$$

Avec :

K_G : Indice de compacité de Graveleuses

P : Périmètre stylisé en km du bassin versant

A : Superficie du bassin versant en km².

Le coefficient de Graveleuses du B.V. du K'sob est de 1.26.

- * Lorsque K_G est proche de 1 le bassin versant est de forme quasiment circulaire.
- * Lorsque le K_G supérieur à 1 le bassin versant est de forme allongée.

D'après K_G obtenu, le bassin versant du K'sob est de forme allongée (Mazouz et Dehoum, 2020).

II.6.4. Indice de pente :

ROCHE a proposé un indice de pente, il est donné par la formule :

$$I_p = 1/\sqrt{L} \sum_i^n \sqrt{S_i} (H_i - H_i)$$

L : Longueur de rectangle équivalent (m),

S_i : Surface partielle correspondante (%).

Soit : $I_p = 13.75$ (Mazouz et Dehoum, 2020).

II.7. Les fondations

Le barrage est fondé sur un banc de calcaire éocène recouvrant un substratum de mar nes du crétaé supérieur. Le banc de rocher solide de fondation à 15 mètres d'épaisseur dans l'axe d'implantation, cependant un banc de schiste dit couche M se trouve intercalé dans le calcaire et vient affleurer dans les fondations du barrage. Cette zone de roches moins résistante a nécessité un accroissement assez important des fondations afin de répartir les charges de manière compatible avec la résistance des schistes.

La base des contreforts a été conçue de façon à ne transmettre au rocher de fondation que les pressions admissibles et également pour éviter tout glissement de l'ouvrage. Elle consiste en des semelles de béton armé dont les empattements croissent suivant une loi linéaire fonction de la hauteur totale du profil. La pression sur le rocher est ainsi limitée, en principe à 15 kg/cm².

En ce qui concerne les efforts de glissement, on remarquera que l'orientation des contreforts, normale aux strates rocheuses, a permis de les buter dans de bonnes conditions de résistance. Il y'a lieu d'observer également que la résultante générale (pour chaque contrefort) fait avec le sol un angle supérieur à 45°, la charge d'appui est donc supérieure à l'effort de glissement. Pour accroître la sécurité, on a muni la face inférieure de chaque semelle de fortes dents pénétrant dans le terrain à des profondeurs de l'ordre de 0.80 m. Dans la partie centrale du barrage et sur toute l'emprise

intéressée par chaque semelle, on a procédé à l'enlèvement des terrains des terrains alluviaux jusqu'au couches sous-jacents de calcaires de calcaires à silex et de Marno-calcaire. Le remplissage du vide crée a été fait au moyen de gros béton ancré au rocher à l'aide de redans aménagés à cet effet. Le massif en béton porte à sa partie supérieure, des cavités correspondant aux saillies des semelles (Bounouiga et Ben Nacer, 2020).

II.8. Les matériaux de construction (ANBT, 2008).

- Les fondations des contreforts et les contreforts et les culées du barrage ont été exécutée en béton à 200 Kg de ciment.
- Les contreforts, les nervures et les entretoises en béton à 300 Kg.
- Les voûtes et toutes les parties baignées par l'eau en béton à 400 Kg.

II.8.1. L'étanchéité et le collage (ANBT, 2008).

Le dispositif destiné à assurer l'étanchéité d'ensemble comprend :

- Un radier au pied amont des voutes.
- Une para-fouille implantée sous la partie amont du radier d'étanchéité.
- Un rideau d'injection.

II.9. Réseaux Hydrographique

Oued K'sob résulte de la jonction de deux cours d'eau qui sont Oued Soulite et Oued Beyata, il prend d'abord une direction Nord-Est /Sud-Ouest jusqu'au barrage K'sob. Le lit d'oued est large de 15m en moyenne et le régime d'écoulement d'oued K'sob est endoréique.

Les principaux affluents sont (Tatar, 1985) :

- Oued Toubou venant de la partie Nord-Ouest.
- Oued Rabta venant de la partie Sud-Est.
- Oued Rhafistant du Sud-Est
- Oued Mezroug du Nord-Ouest.

Oued K'sob avant l'entrée dans le barrage à une abondance annuelle moyenne de 60 millions de m³ soit UN débit spécifique de 1.5/s /Km², soit coefficient d'écoulement moyen de 11%, la densité moyenne du réseau hydrographique y est extrême forte (5.45km /km²) cette zone est située surtout après de barrage (Tatar, 1985).

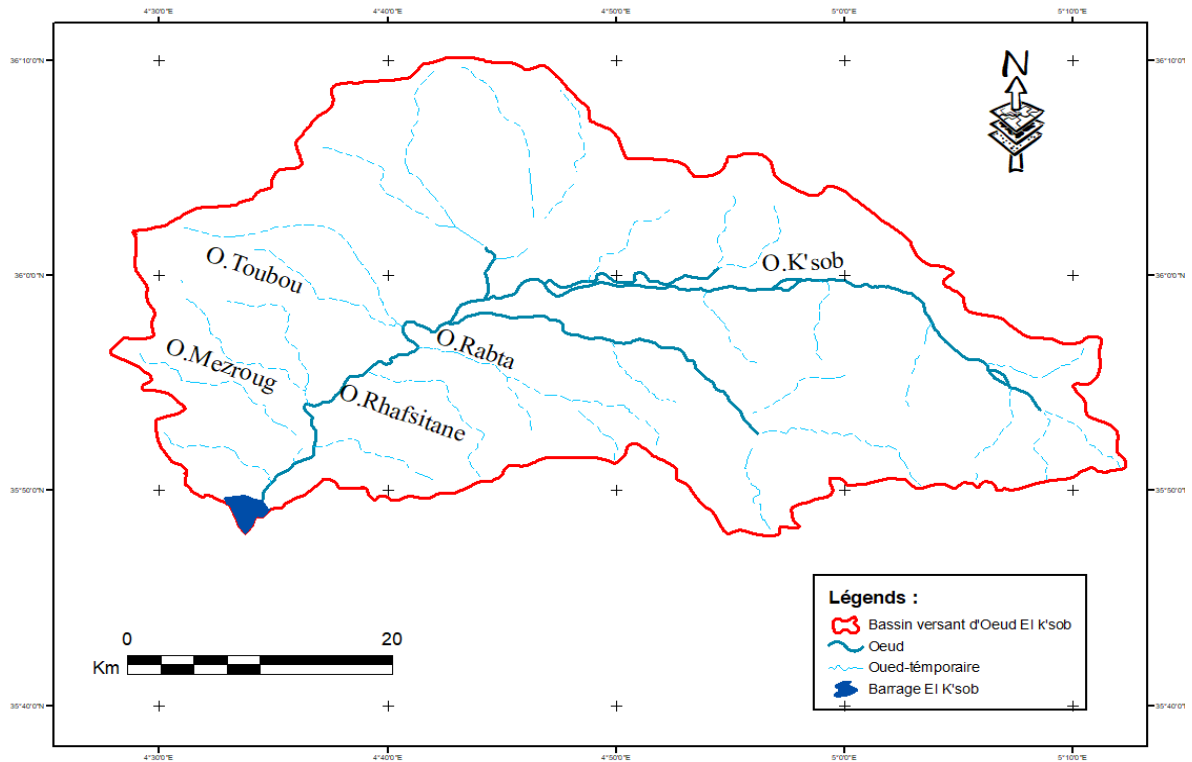


Figure II.4. Carte du réseau Hydrographique du bassin versant d'Oued El K'sob (Belgoumri et Teit, 2020).

II.10. La géomorphologie et la description du milieu physique du bassin versant K'sob

II.10.1. Géomorphologie

Le bassin versant de l'Oued El K'sob se présente sous forme de cuvette à demi fermé, encadré par une ligne de relief relativement élevée, constituée au Nord par les monts de Medjana à l'Ouest par les massifs de Djebel Mansoura et au Sud par les monts du Hodna. Ces reliefs sont composés de (Derradj et Batta, 2017) :

- **Les piémonts** : occupant (28%) ce sont des glacis qui forment le record entre la plaine et le relief (100 à 1200 m). Avec une pente de 3 à 12.5%.
- **Les plateaux** : occupant (22%) ce sont des plates-formes, situées en contre bas et en bordure des montages.
- **Les montagnes** : moyennes montagne occupent 6% situé à l'Oued de bassin versant, altitude (1000 à 1400 m).
- **Hautes montagnes** : occupant 13 %, située au Sud de bassin versant et correspond au Mont de Hodna de Hodna (altitude 1500 à 1885 m) avec une pente de plus de 45%.

II.10.2. Topographie et relief

Le bassin versant de K'sob est une zone montagneuse peu couverte, fortement dégradée formé par les chaines des Maàdid et de Ouled Brahem à de terrains méso cénozoïques. Le partie Sud du bassin (sous bassin de M'sila) a un relief plat et microrelief ondulé. Cette zone occupe une partie de la plaine. Les oueds denses étalent leurs sédiments sous forme de crue. La région d'étude est composée de deux ensembles structuraux bien distincts (Mabrouki et Saoudi, 2020).

- La chaine montagneuse du Hodna au Sud.
- Les plaines et plateaux au Nord.

II.10.3. Géologie

La série géologique intéressant plus particulièrement la région où est construit le barrage (défilé du hamam) est constitué par des couches de calcaires à silex où s'intercalent des bancs phosphatés (Eocène moyenne). Les couches à silex sont surmontées au Sud par des calcaires marneux plus ou moins feuilletés (Eocène supérieur) qui passent vers le haut à des marnes vertes à gypse et à des argiles rouges (Eocène supérieur et Oligocène). En se dirigeant à partir du barrage vers le Nord, on rencontre des affleurements de plus en plus anciens. Immédiatement au-dessous et au Nord de l'ensemble des calcaires à silex, on observe une succession de bancs calcaires et de marnes en alternances assez régulières (Eocène inférieur et Paléocène). Plus au Nord, on passe à une série de couches surtout argileuses et marneuses, admettant des bancs calcaires (Sénonien), pour aboutir à des calcaires massifs en gros bancs (Turonien) qui affleurent en amont du pont de Medjez, au confluent des Oued K'sob et Ziatine) (Bouchaiba et Nouri, 2019).



Figure II.5. Carte géologique du bassin versant d'Oued El K'sob (Bourahla, 2016).

II.10.4. Lithologie de bassin versant du K'sob

La lithologie d'un bassin versant joue un rôle important dans l'infiltration, l'érosion, le transport solide et les sédiments dans la retenue. Le bassin versant du K'sob et ses affluents, comprend la grande dépression de la Medjana au Nord de Bordj Bou Arreridj et la bordure Nord du massif du Maàdid (cuvettes de Bordj Ghdir et de ras El Oued). Sa lithologie est constituée des formations visualisées sur la figure.II.6. (Madani, 2016).

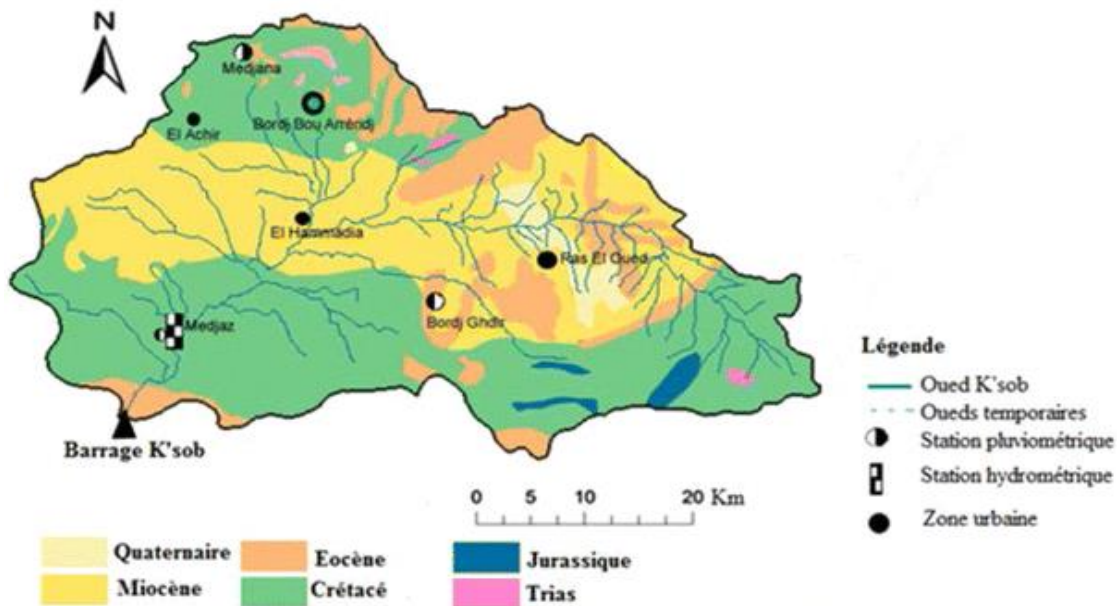


Figure II.6. Lithologie du bassin versant d'Oued El K'sob (Saida et Debbi, 2016).

II.10.4.1. Le Maestrichtien : (Crétacé ; inférieur ; moyen et supérieur)

Ce faciès affleure en large bande dans le Sud du bassin de K'sob, puis large mont sur le flanc Nord du Djebel Maàdid, on le retrouve aussi au Nord du bassin au sud-Ouest de Medjana. Le Maestrichtien (y compris la partie calcaire du Danien) comprend presque partout trois Subdivisions :

- **La partie inférieure** est constituée en une série de calcaire et de grès.
- **La partie moyenne** est particulièrement marneuse avec intercalations de calcaires-grès compacts.
- **La partie supérieure** présente en grande partie le même faciès que la partie inférieure, vers le sommet, on rencontre fréquemment des calcaires ocreux ou faunes à niveau glauconieux Pétris de fragments d'huitres.

Ces terrains occupent approximativement 25% du bassin versant toujours au Sud du bassin et particulièrement dans les monts du Hodna, on rencontre des calcaires durs de l'Albien contenant une riche faune à ammonites ; ainsi que des marnes du campanien grisâtes ou blanchâtres avec de nombreuses intercalations de marne du campanien grisâtes ou blanchâtres avec de nombreuses intercalations de marne-calcaire et de calcaires marneux.

II.10.4.2. Le Quaternaire (Miocène)

Ce faciès occupe toute la partie Sud-Ouest et centre de bassin (Djebel Zegger, Djebel Mansourah) et (Ouled Khelouf) on la retrouve également au Nord du bassin (Kef El Mellah).

Ses terrains sont constitués essentiellement de calcaires et de Grès, Grès souvent glauconieux ou gris, à ce grès sont associés des lits plus ou moins épais de marnes gréseuses. Ces terrains occupent approximativement 30% du bassin versant.

II.10.4.3. Alluvions du quaternaire

Ce type de terrains se rencontre dans la dépression de Medjana, aussi bien dans les cuvettes de Ras-El-Oued et Bordj Ghdir. Ces terrains sont constitués de cailloutis, de sables calcaires et parfois de vases sur les bords des Oueds et particulièrement sur l'Oued K'sob et l'Oued El-Amri. Les derniers dépôts se composent de Gravier et de Sables à éléments locaux. Ces terrains s'étendent sur grandes surfaces, occupent ainsi 35% du bassin versant (Saida et Debbi, 2016).

- On note aussi que toute la partie Sud du bassin de K'sob (50 % de la superficie) est effectuée par la fracturation ou karstification.
- La partie Nord du bassin est principalement composée de roches calcaires, de grès et d'alluvions du quaternaire.

II.10.5. Pédologie

Les différentes classes des sols suivant la texture, la morphologie, le mode d'évolution pédo-génétique et le niveau de la salinisation la classification distinguent principaux types de sol : Sols peu évolués, vertisols, calcimagnésiques et les sols halomorphes (Guersas, 2016).

II.10.5.1. Première classe

Ce sont des sols peu évoluée, sous-classe des sols d'origine climatique, groupe des sols gris subdésertique. Ces sols sont caractérisés par (Ghellab et Touil, 2020) :

- Un profil du type AC.
- Une teneur en matière organique très légère.

- Une structure granuleuse ou polyédrique.
- Une conductivité inférieure à $4\mu\text{s}/\text{cm}$ dans l'ensemble du profil.
- Abondance de carbonate de calcium le long du profil.

II.10.5.2. Deuxième classe

Ce sont des sols halomorphes, sous-classe des sols à structure non dégradée. Ces sols sont caractérisés par (Ghellab et Touil, 2020) :

- Un profil peu évolué, du type AC.
- Une structure généralement polyédrique.
- Une conductivité supérieure à $4\mu\text{s}/\text{cm}$.
- Une quantité de carbonate de calcium.
- Un pH autour de 8 et souvent plus élevée.

II.11. La couverture Végétale

La couverture végétale d'un bassin versant est un facteur important de l'écoulement et de l'érosion hydrique ; son action complexe et contradiction s'exerce aussi bien sur les paramètres climatiques notamment l'évaporation, que sur les bilans hydriques des sols. En effet, par les organes aériens, la végétation intercepte une partie des précipitations qui est évaporée au niveau du feuillage avant de parvenir au Sol. Les végétaux jouent un rôle mécanique très important dans les zones de forte activité en freinant le ruissellement lors des averses, ce qui diminue la vitesse de concentration des eaux dans les Oueds et par conséquent, ils atténuent la violence des crues et leur agressivité sur le sol, Mais l'efficacité de ces impacts de la couverture végétale dépend du type de végétation, et plus particulièrement de sa densité et de son degré de recouvrement du sol, Or, si la répartition spatiale de cette couverture végétale est plus ou moins aisée à délimiter, l'aspect quantitatif est encore insuffisant. Et l'importance de ses effets hydrologiques n'a pas réellement été appréciée car aucune mesure n'a été menée dans ce sens dans la région (Boussag, 2012).

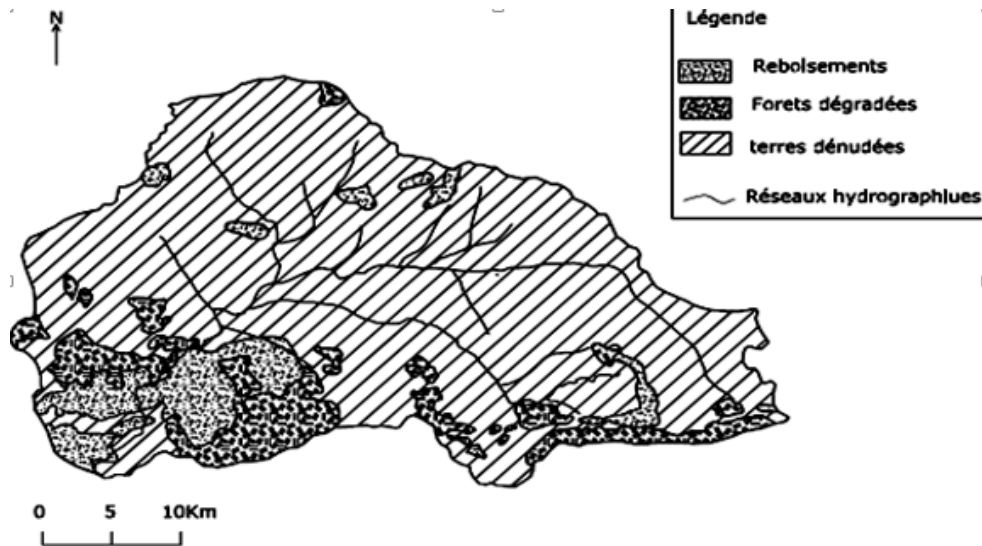


Figure II.7. Couverture végétale dans bassin versant de l'Oued K'sob.

II.12. Le climat de barrage K'sob

Les paramètres climatiques d'un bassin versant sont les éléments les plus déterminants de l'écoulement, les précipitations sont le facteur principal qui influence directement l'écoulement (Ledjilol et Mazari, 2018).

La température est un facteur très important, qui conditionne les phénomènes et les paramètres du bilan hydrologique en particulier. La saison chaude s'étend de Mai à Octobre, avec un maximum en Juillet, qui atteint la valeur 34.7°C. Alors que la saison froide correspond à la période de Novembre à Avril (Ledjilol et Mazari, 2018).

II.12.1. Précipitation

La précipitation est une équation de première degré qui ne dépend que du contenu de vapeur dans l'atmosphère et divers facteurs externes comme la température de l'air et la qualité de l'eau à la terre (Ghellab et Touil, 2020).

Elles constituent un facteur écologique d'importance fondamentale, non seulement pour le fonctionnement et la répartition jouent des écosystèmes limniques (Ramade, 2003).

Tableau II.3. Les précipitations moyennes mensuelles interannuelles en (mm) station du K'sob (1988 /2017) (Charifi, 2019) :

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
P(mm)	15.2	13.0	15.5	25.0	24.5	9.4	3.7	7.4	24.4	26.8	19.6	19.0	204.1

Le mois le plus pluvieux est le mois d'Octobre 26.8 mm alors que le mois le plus sec est le mois de juillet.

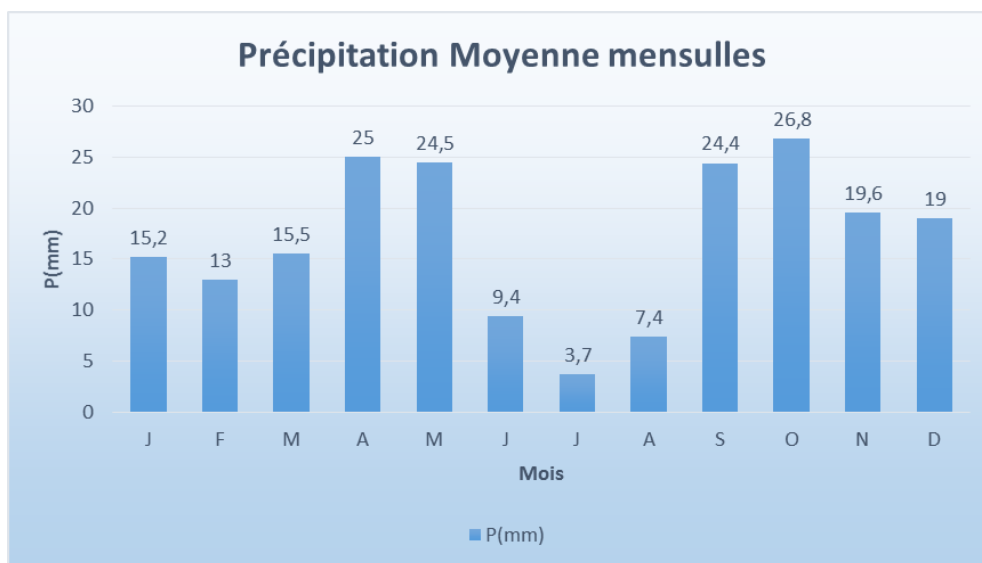


Figure.II.8. Histogramme de précipitation moyenne mensuelle interannuelles station du K'sob (1988/2017).

II.12.2. Température

La caractéristique de la température en un lieu donné se fait généralement à partir de la connaissance d'au moins cinq variables importantes qui sont les moyennes des minimums et des maximums, la moyenne mensuelle, le minimum absolu et le maximum absolu ainsi que l'amplitude thermique (Charifi, 2019).

Tableau. II.4. Moyennes mensuelles interannuelles des températures de la station de M'sila (Charifi, 2019).

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy /an
m(°C)	3,1	3,6	7,03	9,9	15,6	20,6	24,2	23,9	19,1	14,1	8,11	4,2	12,8
M(°C)	14,5	16,5	20,6	23,8	28,3	35,0	39,0	38,3	32,4	26,2	19,2	14,6	25,7
T _{moy} (°C)	8,8	10,0	13,8	16,9	21,9	27,8	31,6	31,1	25,8	20,2	13,6	9,4	19,2

Le tableau II.4. Ci-dessus montre que au niveau de la station du El K'sob le mois de Janvier est le mois le plus froid (8,8°C), bien que le mois de Juillet est le mois le plus chaud (31.67°C).

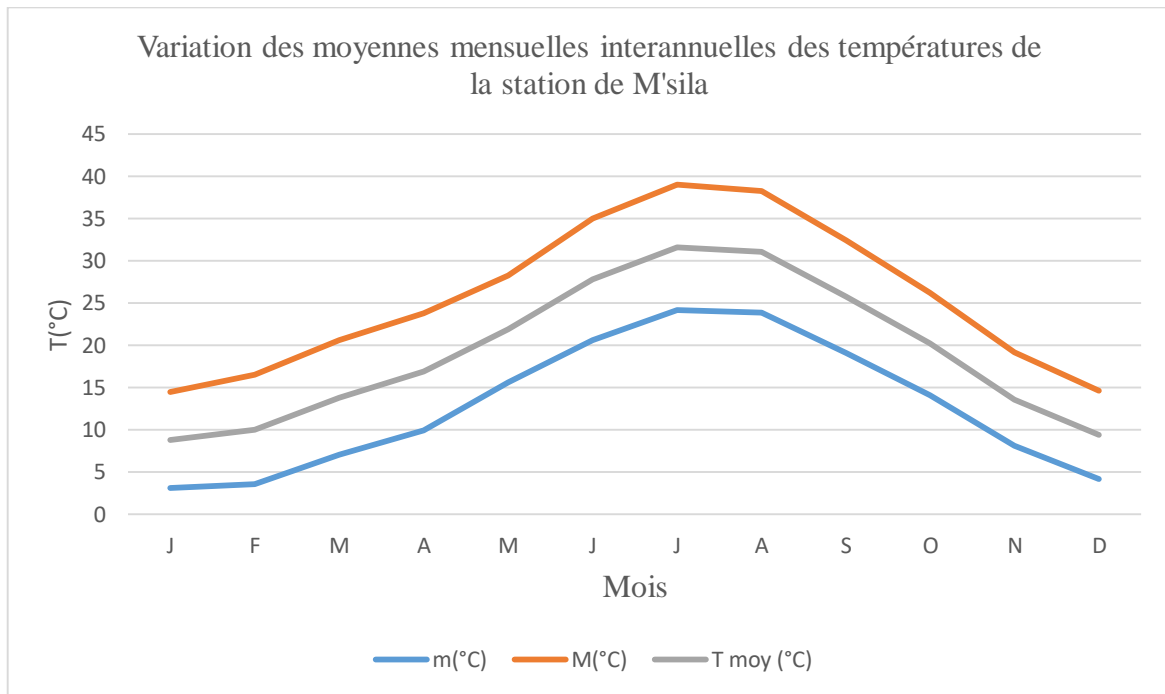


Figure.II.9. Moyennes mensuelle interannuelles des minimales, moyennes et maximales des températures (°C) de la station du El K'sob (1988-2017).

II.12.3. Le vent

Les vents du Nord sont fréquents pendant l'hiver, les vents du Nord Est sont bien répartis sur toute l'année et accèdent facilement dans la cuvette par l'ouverture de la vallée d'oued Barika. Ceux du Sud n'atteignent le Hodna qu'en été, dans la cuvette. Ils soufflent avec des rafales brûlantes (Noui et Grimet, 2017).

C'est le Sirocco (10 à 15°C) pendant une ou deux heures qui font un abaissement de l'humidité relative de l'air (H<10%) (Boukaf et Ouadah, 2017).

Tableau II.5. Moyennes mensuelles interannuelles de la vitesse du vent en m/s station du K'sob 1988-2013 (Charifi, 2019) :

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Vent (m/s)	4.2	4.7	5.1	5.5	4.5	5.0	4.6	4.2	4.1	4.0	4.1	4.0	4.6

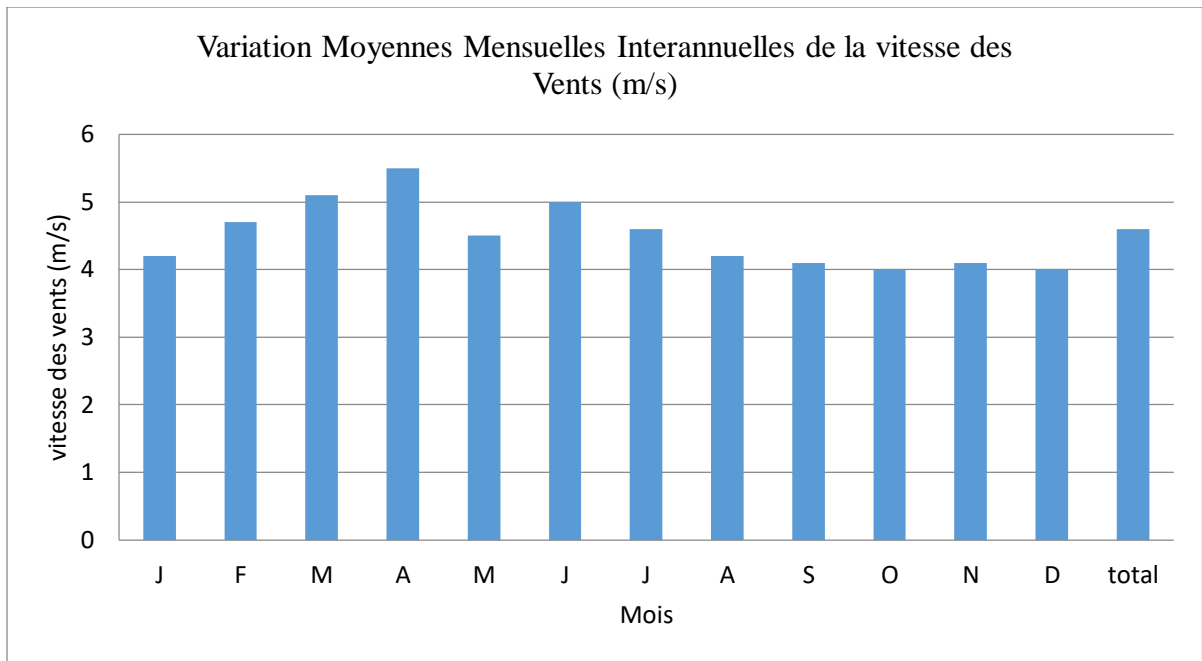


Figure.II.10. Variation des Moyennes mensuelles interannuelles de la vitesse du vent (m/s) de la station du El K'sob la durant période (1988/2017)

II.12.5. Humidité

Tableau ci-dessous sous représente les moyennes mensuelles et annuelles de l'humidité de la station de M'sila (Charifi, 2019).

Tableau II.6. Moyennes mensuelles et annuelles et de l'humidité en (%) (1988/2017) (Charifi, 2019) :

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
H(%)	73.8	66.4	60.2	56.7	49.1	41.8	35.8	38.0	52.8	60.1	69.4	75.1	56.6

D'après le (tableau II.6) nous constatons que le mois de Décembre présente l'humidité la plus élevée (75.1%), par contre la plus faible moyenne mensuelle est enregistrée pendant le mois de Juillet avec (35.8%).

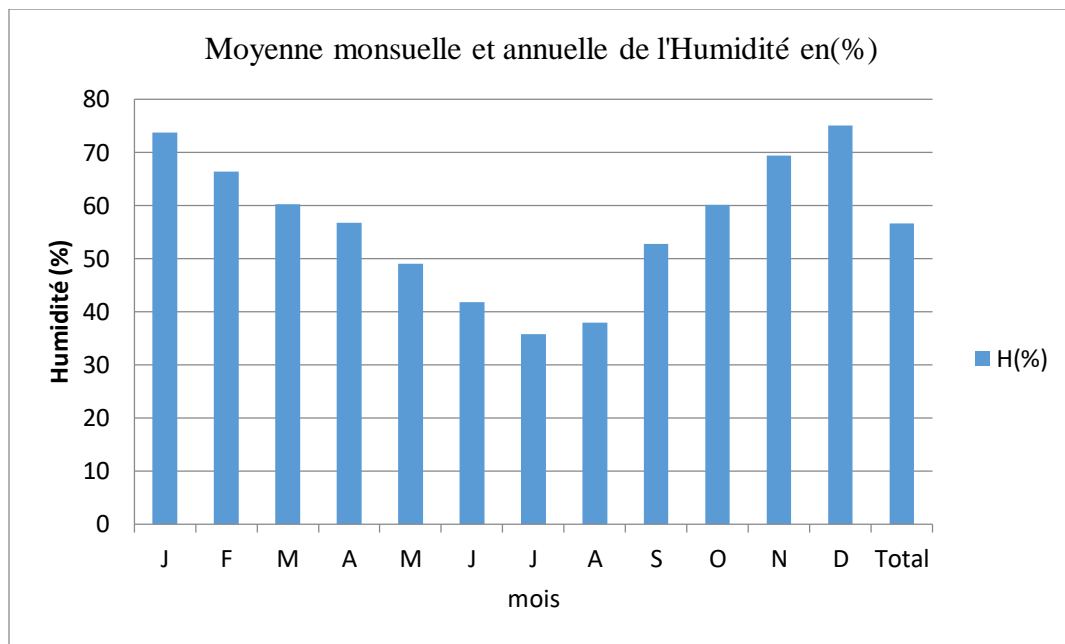


Figure.II.11. Histogramme Moyennes mensuelles et annuelles et de l'humidité.

II.12.5. Evaporation

L'évaporation est définie, comme étant une restitution de l'eau sous forme de vapeur de la surface terrestre à l'atmosphère. Elle est donc un élément très important pour l'établissement du bilan hydrique, et dépend de plusieurs paramètres : la température, les précipitations, l'humidité de l'air (Remini, 2010).

Tableau II.7. Moyennes mensuelles annuelles de l'évaporation de station de M'sila (Belgoumri et Tiet, 2020) :

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
EV (Hm ³)	0,29	0,32	0,14	0,10	0,13	0,13	0,21	0,26	0,36	0,38	0,51	0,45	3,28

D'après le (tableau II.12.7) nous constatons que le mois de Juillet présente l'évaporation la plus élevée (0.51Hm³), par contre la plus faible moyenne mensuelle annuelle est enregistrée pendant le mois de Décembre avec (0.10 Hm³).

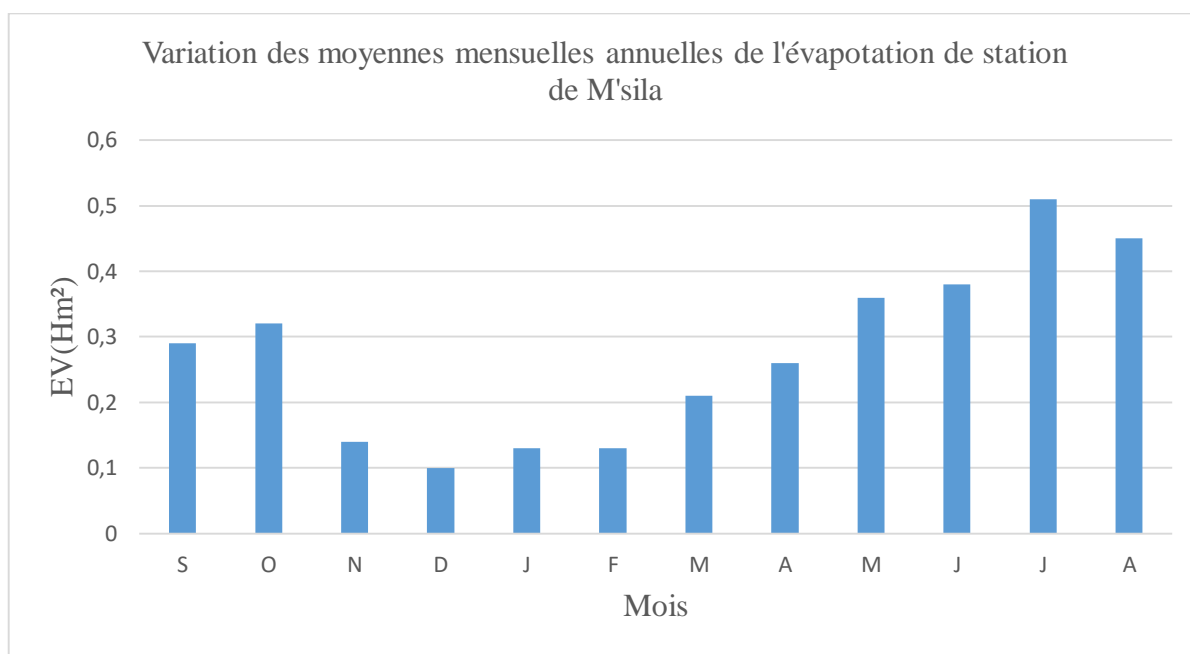


Figure.II.12. Histogramme Moyennes mensuelle annuelles de l'évaporation de station de K'sob.

II.13. Synthèse climatique

Dans la région de M'sila, les spécificités climatiques et géographiques constituent un handicap naturel qui limite les productions agricoles. L'écosystème steppique du territoire est fragile et des contraintes bioclimatiques fortes contrarient les cultures : aridité, irrégularité des pluies et augmentation de la température. L'adoption de pratiques intensives d'agriculture est donc rendue difficile par une pluviométrie globalement déficitaire, aléatoire, irrégulièrement répartie, à laquelle il faudrait ajouter les accidents climatiques tels que le gel (décembre à mars) et le sirocco qui affectent la région. L'élément qui devrait permettre de compenser le handicap pluviométrique est la gestion rationnelle des ressources en eau (sachant que la faible pluviométrie limite les écoulements permanents d'eau superficielle) notamment par l'irrigation. La question de l'irrigation des cultures est au centre des préoccupations notamment dans la région steppique, s'agissant d'une région aride majoritairement située au-dessous de l'isohyète 300 mm qui constitue la limite de la culture pluviale de l'orge. Toutefois la région est un bassin endoréique qui pose des problèmes de salinisation des sols et de drainage. La mobilisation des eaux de surface se fait par stockage dans le seul barrage du K'sob, ce qui pose le problème de son envasement, et reprise vers le seul périmètre irrigué collectif du K'sob. Il apparaît clairement du diagnostic climatique que l'agriculture dans la région se heurte à un handicap naturel : sécheresse et aridité constituent une

menace constante. Les contraintes agro climatiques ont délimité naturellement les frontières à la vocation agricole de la région (Rezag, 2010).

II.14. Conclusion

Le barrage du K'Sob se trouve dans la Wilaya de M'sila (Algérie) à 15 km au nord de M'sila. Le type de barrage à contreforts voutes multiples en béton armé et le début des travaux 1933, achèvement 1939. Le barrage d'El K'sob est inscrit au registre mondiale des grands barrages et est actuellement envasé à 70% suite à l'érosion intense dans le bassin versant.

La couverture végétale est pauvre, en exception de quelques régions limitées, les zones d'irrigation au niveau de la plaine de M'sila et au niveau des monts Messaad, Maadhid, Hourane. Les précipitations moyennes annuelles du bassin sont comprises.



CHAPITRE III

Evaluation du transport solide en
suspension du bassin versant du
K'sob.



III.1. Introduction

En 2007, l'Algérie dispose de 120 petits et grands barrages en exploitation d'une capacité de 7 milliards de m³ d'eau, avec un volume régularisé de 3 milliards de m³ par année. Un cumul de vase d'environ un milliard de m³ s'est déposé au fond de ces barrages (Meguenni., Remini 2008).

Le transport de sédiments dans les cours d'eau est un élément clé dans l'étude des cycles globaux de l'eau (Megnounif et al,2013). La connaissance de la quantité de sédiments transportés est importante pour de nombreuses raisons. Il s'agit notamment des impacts sur fertilité des sols, le transfert, le stockage et le devenir des nutriments et des contaminants, les changements dans les tendances de la qualité de l'eau, les habitats aquatiques, l'envasement des canaux, des réservoirs et des ports, et la réduction de la longévité des équipements hydroélectriques.

La surveillance du transport de sédiments nécessite une bonne technique d'échantillonnage, qui est très longue et coûteuse. Par conséquent, il est nécessaire de développer des modèles qui puissent prédire avec précision les charges de sédiments en suspension à partir d'un ensemble de données continues sur l'eau.

Un des modèles les plus courants, comportant moins de paramètres physiques, est la courbe d'estimation de la charge solide en suspension, ou appelé « *sediment rating curve* », qui représente une courbe fonctionnelle de puissance, relie-la concentration/charge de sédiments en suspension au débit du cours d'eau sont un type principal (Guesri,2021).

L'objectif de ce chapitre est :

- Détermination de la quantité de production de sédiments dans le bassin de Oued k'sob à partir de données interannuelle.
- Le but de cette étude est d'estimer le transport solide en suspension à partir de l'application du modèle SRC.

III.2. Quelques chiffres sur l'érosion hydrique

III.2.1. La dégradation du sol dans le monde

A l'échelle du globe, les bilans établis, surtout à partir de 1950, révèlent que le tonnage annuel des sédiments en suspension exportés vers les océans, à partir des continents, est très variable (Megnounif, 2007). En Amérique latine, une perte de 123 t.km⁻² an⁻¹ a été estimée au Mississippi, et 203 t.km⁻² an⁻¹ en Amazone. Le fleuve jaune situé en Asie (chine), transporte environ de 1,837 *10¹¹ tonnes de sédiments. En Europe, la Garonne en France, transporte à peu près 27,6 t. km⁻².an⁻¹ de matières en suspension, au niveau du Danube, qui est le deuxième fleuve d'Europe par sa longueur, environ de 107 t.km⁻² an⁻¹ de sédiments transportés.

En Afrique, le Sénégal (un fleuve d'Afrique de l'Ouest) transmet $8,75 \text{ t.km}^{-2}.\text{an}^{-1}$ de MES, tandis que le fleuve Nile transporte $64 \text{ t.km}^{-2}.\text{an}^{-1}$ (Guesri, 2021).

III.2.2. La dégradation du sol en Algérie

En raison de son climat semi-aride, de la présence de relief abrupt et de la pauvreté de la végétation, l'Algérie est l'une des régions les plus vulnérables au monde à l'érosion des sols (Megnounif, 2007). Le nord de ce pays est une région montagneuse caractérisée par un petit et moyen bassin de moins de $10\,000 \text{ km}^2$ avec une forte variabilité spatio-temporelle de l'intensité de l'érosion en réponse à une végétation clairsemée et un climat irrégulier et agressif (Ghenim et Megnounif, 2016).

L'intensité de l'érosion hydrique varie d'une zone à l'autre. La partie Ouest du pays est la plus érodée, où l'érosion touche 47% de l'ensemble des terres ; suivie du Centre (27%) et de l'Est (26%). L'érosion spécifique varie de 2000 et $4000 \text{ t.km}^{-2}.\text{an}^{-1}$ et le taux d'envasement est supérieur à 15%. L'Algérie est, de ce fait l'un des pays les plus menacés dans le monde par l'érosion (Achite et al, 2006).

III.3. Evaluation du transport solide en suspension

L'évaluation du débit solide en suspension se base sur la connaissance de la variation de la turbidité (concentration en matière en suspension) et les débits liquides en fonction du temps. Le débit solide Q_s est égal au produit de la concentration en matière en suspension C (g/l) par le débit liquide Q_l (m^3/s). Cette étape de l'étude a nécessité de relever d'une part toutes les crues existantes à partir de la série globale des crues et les accroissements de la hauteur d'eau par rapport au niveau d'eau initial d'autre part (Meguenni et Remini, 2008).

III. 4. Mesure et quantification du transport solide

III.4.1. Mesure des matières en suspension

L'étude est basée sur les valeurs instantanées des débits liquide (Q en m^3/s) et des concentrations en matières en suspension (C en g/l) mesurées à la station hydrométrique Medjez de coordonnées ($X=35^{\circ}53' 25.78''$, $Y= 4^{\circ}037'9.27''$, $Z= 636 \text{ m}$).

La localisation de la station est montrée dans la figure III.1.

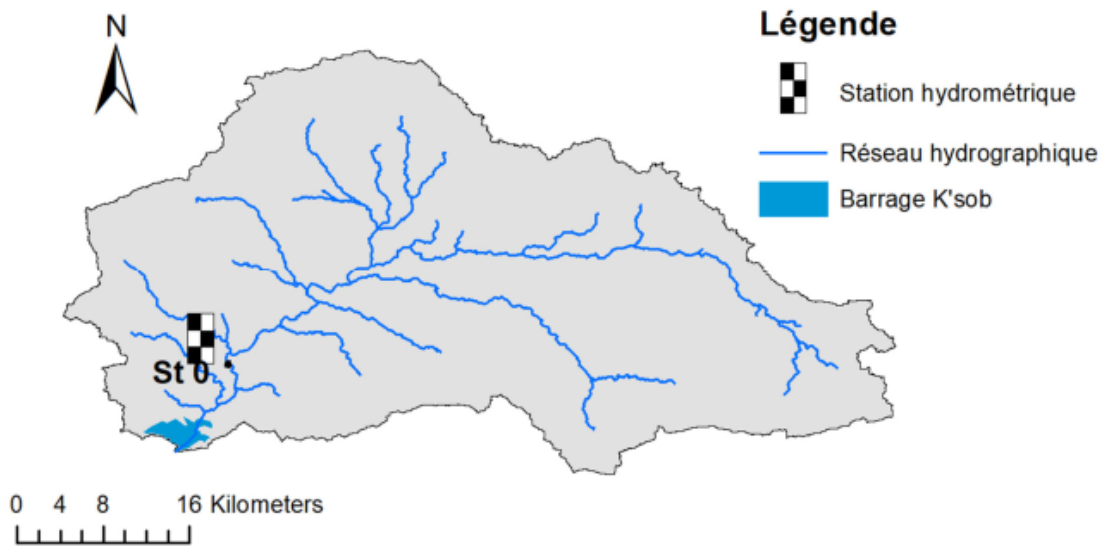


Figure III.1. Localisation de station hydrométrique Medjez dans le bassin k'sob (Guesri, 2021).

Le protocole pratiqué par les services de l'ANRH pour mesurer le débit liquide et la charge solide en suspension est la même partout en Algérie. Les hauteurs d'eau sont transformées en débits liquides par une courbe de tarage établie localement. Ces courbes sont actualisées et vérifiées périodiquement. Pour l'estimation du débit solide, un échantillon d'eau est prélevé au moyen d'un flacon de 1L. La fréquence de prise d'échantillon est adaptée au régime d'écoulement. Elle est intensifiée en période de crue, jusqu'à une prise par demi-heure. En dehors des crues, un échantillon est pris 1 jour sur deux. Lorsque les écoulements sont très faibles. Un échantillon est pris tous les quinze jours. A chaque prise d'échantillon, le surveillant lit la hauteur d'eau pour en déduire le débit correspondant. La concentration des matières solides en suspension est estimée au laboratoire par pesée sur filtre suivant un protocole détaillé dans les études (Achite, Ouillon 2007 ; Megnounif et al. 2013).

III.4.2. Courbes de transport solide (SRC)

Depuis plusieurs décennies, et en raison de l'absence de mesures réelles liées au transport des sédiments, continues ou quasi-continues, les hydrologues utilisent souvent des courbes d'estimation pour prévoir les concentrations des matières en suspension « MES » quotidiennes et pour le calcul des flux. Bien qu'il existe nombreuses méthodes pour élaborer des courbes d'estimation de la charge solide en suspension, La plus courante est une fonction de puissance ou également appelée « sediment rating curve, SRC ». Cette courbe décrit empiriquement la relation entre la concentration de sédiments en suspension C (g/m^3) et le débit liquide Q (m^3/s) pour un endroit spécifique, elle est exprimée comme suivant :

$$C = aQ^b$$

Les coefficients a et b sont les paramètres d'évaluation des sédiments (Guesri, 2021).

III.5. Analyse des résultats et discussions

III.5.1. Relations débit liquide – débit solide

L'analyse porte sur les valeurs des débits liquides en m^3/s et des débits solides en Kg/s mesuré au niveau du bassin versant Oued K'sob de Mars 1974 à Aout 1991, l'étude des apports interannuelle de la station hydrométrique de Medjez montre que sur la période (1974-1991) il y a eu des années sèches et des années humides, la répartition mensuelle des précipitations dans l'année et ses variations influencent en grande partie sur les rapports solides et liquides pendant les saisons de l'année, trois périodes météorologiques caractérisent l'année hydrologique : une période correspondant aux mois où se produisent les crues pendant l'automne. Une deuxième période représentant aux mois de Mars à mai sont considérés comme les plus pluvieux de l'année, la troisième période correspondant aux mois secs de l'année (juin, juillet, et aout).

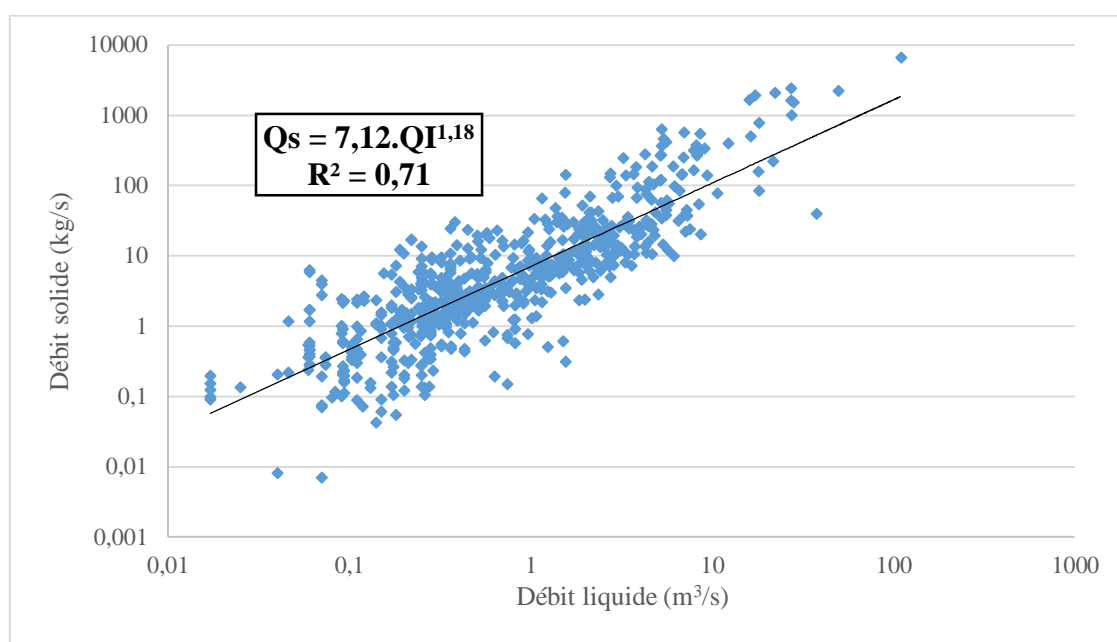


Figure III.2. Relation entre les débits solides et les débits liquides instantanés de 1974 à 1991 (Oued k'sob –station hydrométrique Medjez).

La figure III.3, montre une bonne corrélation ($R^2 = 0,70$) en puissance liant le débit des matières solides en suspension aux débits liquides, les points du nuage obtenir sont alignés autour de la droite de régression. La relation puissance [$Q_s = aQ_l^b$] a été vérifiée pour la plupart des cours d'eau dans le monde. L'exposant b, fonction des caractéristiques physiques, climatiques et hydrologiques des bassins versants (Probst et Bazerbachi, 1986).

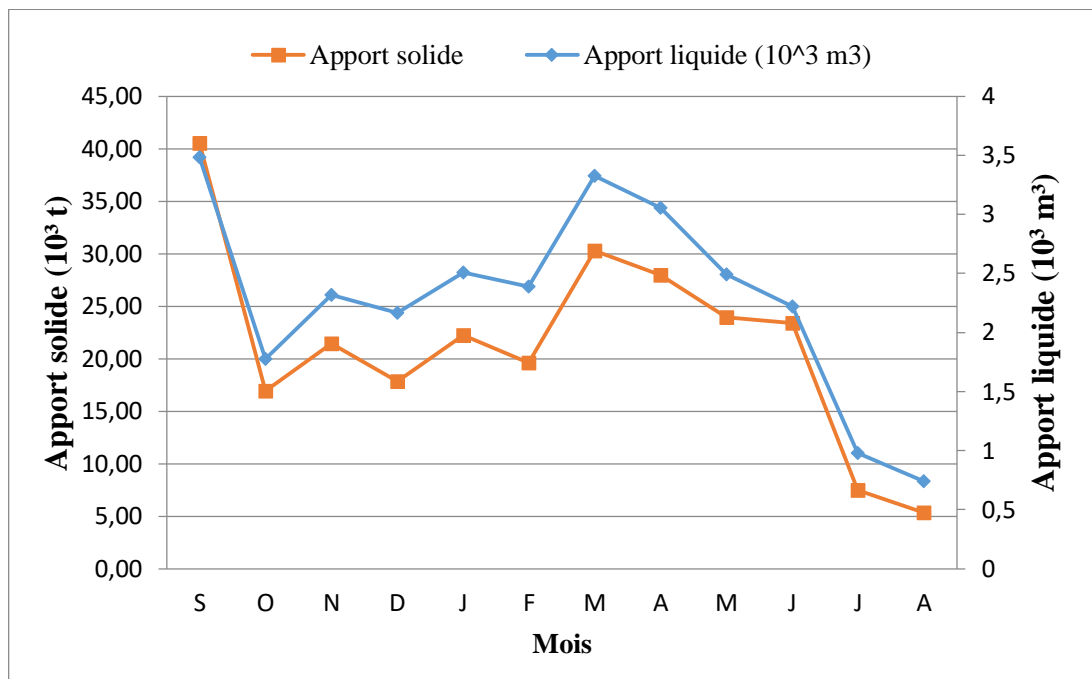


Figure III.3. Variation mensuelle des apports liquides et solides de la station hydrométrique de Medjez (Oued k'sob).

Sur l'ensemble de la période étudiée dans ce bassin-versant, montre que l'apport liquide est trop élevé estimée à $3,42 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ par rapport au reste mois et c'est à cause des pluies du printemps. Les crues d'automne contribuent à des apports solides plus élevés qu'au printemps.

- L'été reste une saison sèche avec des apports presque inexistantes.
- En septembre, le rapport solide atteint sa valeur la plus élevée estimée à $40,54 \cdot 10^3 \text{ t}$.
- Les apports liquide et solide diminuent au mois d'août à la valeur la plus basse.
- Il existe une relation relative entre les apports solides et les apports liquides pendant l'année, plus l'apport liquide est élevé plus l'apport solide élevé lui aussi.

III.5.2. A l'échelle saisonnière

Afin d'étudier les réponses du bassin aux débits liquides et matières en suspension au cours de l'année hydrologique, nous avons jugé utile de regrouper suivant les différentes saisons les valeurs instantanées (prélevées sur 17 ans d'étude), et d'analyser la relation liant les débits liquide aux débits solide en suspension. Le tableau III.1. Résume les modèles trouvés pour les différentes saisons.

Tableau III.1. Relations débit solide-débit liquide pour chaque échelle de temps (1974 à 1991).

Echelle temporelle	Nombre d'observations	Coefficient de détermination (R ²)%	Relations retenues
Série complète	639	0,70 (70%)	$Q_s = 7,12Q^{1,18}$
Automne	207	0,85 (85%)	$Q_s = 8,59Q^{1,51}$
Hiver	140	0,77 (77%)	$Q_s = 5,17Q^{1,03}$
Printemps	184	0,47 (47%)	$Q_s = 4,83Q^{0,89}$
Été	108	0,65 (65%)	$Q_s = 9,63Q^{1,09}$

Les valeurs des coefficients de déterminations trouvés indiquent la forte liaison entre les débits solides et les débits liquides pour l'ensemble des saisons. La représentation graphique des résultats (figure III.4).

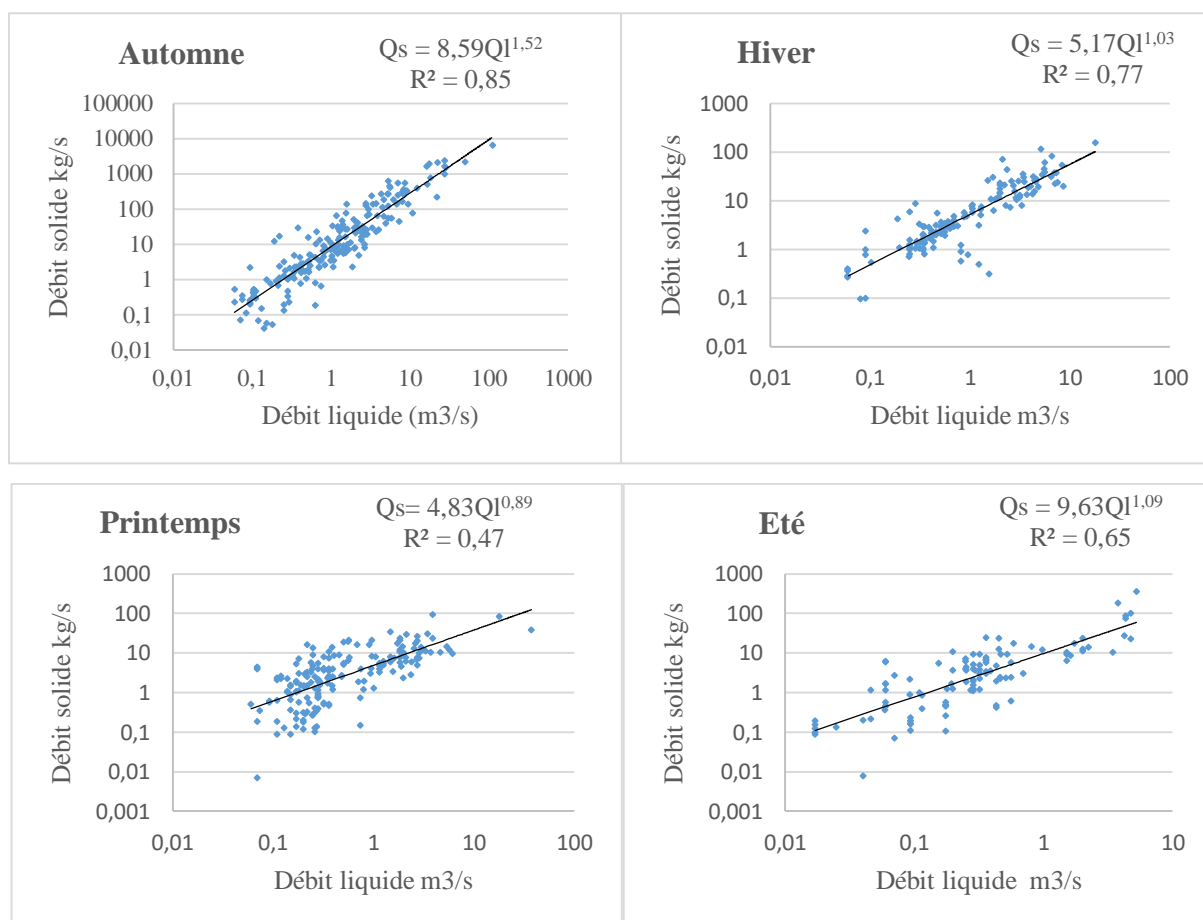


Figure III.4. Modèles saisonniers reliant les débits solides aux débits liquides instantanés 1974 à 1991 (Oued k'sob hydrométrique Medjez).

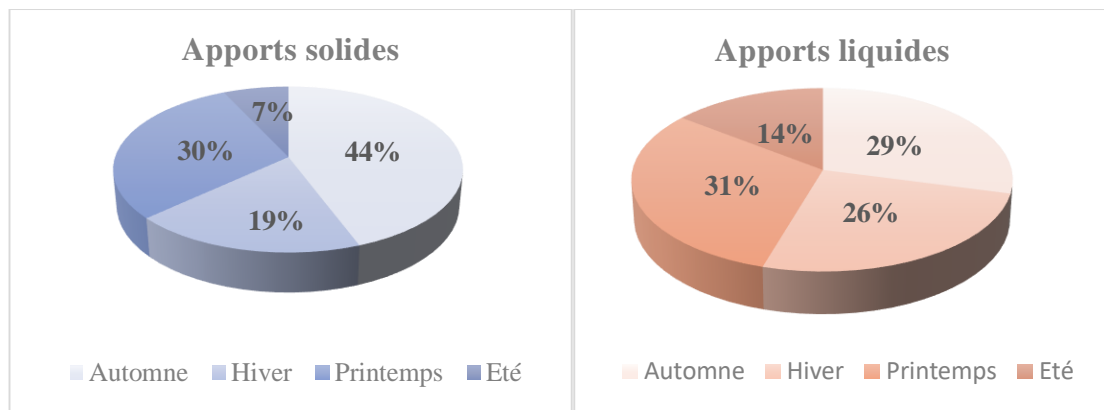


Figure III.5. Variation saisonnière des apports liquide et solide de la station hydrométrique de Medjez (Oued k'sob).

En Automne, le modèle obtenu indique que la valeur de a et b élevés par rapport aux autres saisons, avec une valeur de $b = 1,516$. La région de Oued K'sob est caractérisée par des orages qui surviennent durant la saison d'automne, ce qui produit un transport solide important pendant cette saison.

En hiver, on remarque une diminution de la valeur $b = 1,031$. Ceci est dû à la réserve des réservoirs d'eaux souterraines collectées à la saison d'automne. En cette saison de l'année le sol est humide, ce qui rend le transport solide faible.

Au printemps, les valeurs des a et b étaient faibles par rapport aux autres saisons, ce qui indique l'absence d'érosion dans le ruissellement de surface abondant, et nous concluons que la couverture végétale réduit l'évaporation et retient l'humidité du sol, ce qui réduit considérablement l'érosion pendant cette saison.

La valeur du modèle est estimée en été est de 9,631. Tandis que la valeur b est élevée par rapport à la saison printanière. Ceci est dû à l'assèchement du sol, ce qui provoque une augmentation du taux de transport solide, en été les précipitations diminuent et parfois elles sont rares dans la région semi-aride, mais elle apporte des forts débits liquide et solide.

III.5.3. Bilan des apports solides annuels

Les variations interannuelles des apports solides montrent une grande irrégularité, liée à la variation et fréquence des pluies et donc des apports liquides (figure III.6).

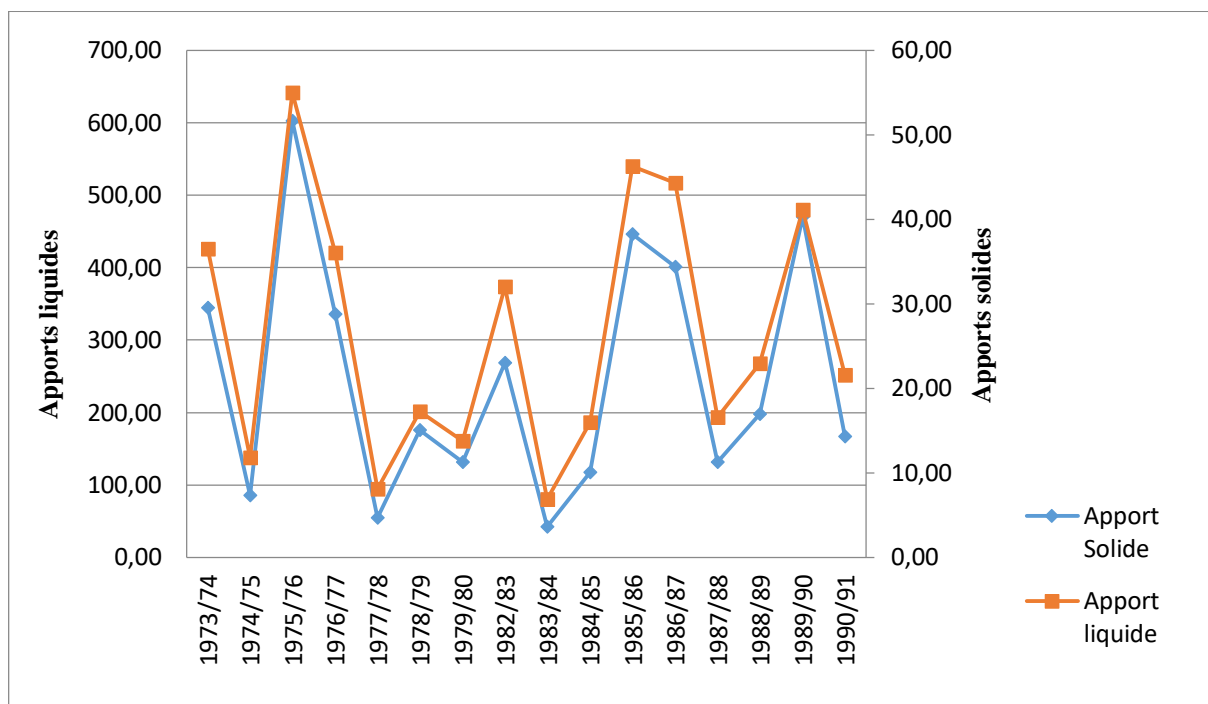


Figure III.6. Variabilité interannuelle des apports liquide et solide de la station hydrométrique de Medjez (Oued K'sob).

Valeur estimée de l'apport solide durant l'année 1975/1976 est $54,65 \text{ Hm}^3$, cette année est l'année qui a produit le plus grand apport solide de toute la série d'observation, au cours de cette année hydrologique la crue survenue le 09/09/1975 a été la plus exceptionnelle avec une concentration maximale de $88,57 \text{ g/l}$ ce qui correspond au débit de pointe.

D'une manière générale, le phénomène du transport solide dépend essentiellement de la capacité érosive des pluies, des caractéristiques physiques du sol (nature du sol, végétation, relief, etc.) et variations de son état (teneur en eau, teneur en matière organique, etc.).

III.6. Conclusion

Dans cette étude on s'est intéressé à la compréhension du fonctionnement hydro sédimentaire de l'un des bassins versants algérien situés dans la partie Nord, Le bassin - versant de l'Oued k'sob 1462 km^2 .

Cette région a été très affectée par l'érosion hydrique, en effet l'une des causes contribuant à l'accélération du phénomène est l'irrégularité des écoulements et l'accroissement de l'aridité qui s'est manifesté par une augmentation du volume d'eau ruisselé au détriment des infiltrations.

Une forte variabilité interannuelle a été observée pour les apports solides avec une capacité d'érosion variant entre les périodes humides et sèches.



CONCLUSION GENERALE



CONCLUSION GENERALE

Le transport solide constitue un problème majeur pour les pays à climat aride et semi-aride, pour l'Algérie, il présente la plus grande menace sur la ressource en eau superficielle. Cette menace se manifeste dans la dégradation des terres agricoles et alluvionnement des retenues.

Cette étude est contribution dans la mesure de l'agressivité des pluies et ses conséquences sur la dégradation des sols et la genèse des sédiments susceptibles d'être transportés en suspension par les écoulements de surface en milieu semi-aride. L'étude est menée sur Oued K'sob (1462,54 km²), sous bassin de Hodna situé au Nord-Est de l'Algérie entre l'Atlas saharien au sud et de l'Atlas Tellien au Nord.

Dans le cadre de ce mémoire de fin d'étude, on s'intéresse à la compréhension du fonctionnement hydro-sédimentaire de l'un des bassins versants Algérienne (k'sob). Cette région a été très affectée par l'érosion hydrique, en effet l'une des causes contribuant à l'accélération du phénomène est l'irrégularité des apports liquides et accroissement de l'aridité qui s'est manifesté par une augmentation du volume d'eau ruisselé au détriment des infiltrations.

Une forte variabilité interannuelle des apports solides a été constatée avec une capacité d'érosion qui diffère entre les périodes humides et sèches, A l'échelle saisonnière, les contributions enregistrées des apports solides 44% pour l'automne, 19% pour l'hiver et 30% pour printemps et 7% pour l'été.

À partir de cette étude, nous concluons que l'analyse des pluies agressives, c'est-à-dire génératrices de crues transportant une charge sédimentaire, a montré une variabilité spatiale du seuil d'érosivité des pluies qui est le facteur déterminant dans la production des sédiments dans le bassin d'étude.

Les résultats de l'évaluation des apports solides par le modèle SRC pour l'estimation de l'envasement du barrage k'sob, montre que les valeurs obtenues de modèle sont des résultats relatifs, car il y a un manque de mesure directes pour les apports solides et liquides en station expérimentale.



Référence bibliographique

Référence Bibliographique

- Achite M., Meddi M. (2004).** Estimation du transport solide dans le bassin-versant de l'oued Haddad (Nord-Ouest algérien) /Article.
- Achite M., Ouillon S. (2007).** Suspended sediment transport in a semiarid watershed, wadi abd, Algeria (1973-1995). Journal of hydrology, p187-202.
- Agence spatiale Algérienne. (2015).** Analyse Bi-date du barrage d'El K'sob (Wilaya de M'SILA) à partir images du satellite ALSAT-2A.
- Alberge J., Nasri S., Boufaroua M., Merzouk A. (2004).** Petits barrages et collinaires, Aménagements originaux de concervai 'ion des eaux et de protection des infrastructures avales : exemples des petits barrages en Afrique du Nord et au Proche-Orient. Sécheresse N°1 vol.15, p 78.
- Amamra A. (2017).** Bilan des flux de matières particulaires et dissoutes du bassin versant de l'oued Kébir EST. Thèse de Doctorat, université Badji Mokhtar – Annaba, p 5.
- Amare F. (2018).** Optimisation de la largeur en crête des petits barrages et retenues collinaires. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master, Ecole Nationale Supérieure D'hydraulique-Arbaoui Abdellah, p 2.
- ANBT. (2008).** Agence Nationale des Barrage et Transferts.
- Azouz D. (2017).** Etude de stabilité interne d'un barrage rigide (en présence d'un séisme), cas barrage k'sob, Mémoire pour d'obtention du diplôme de Master, Université de Mohamed Boudiaf-M'sila, p33.
- Barthès B., Roose E. (2001).** La stabilité de l'agrégation, un indicateur de la sensibilité des sols au ruissellement et à l'érosion : validation à plusieurs échelles. Cahiers Agricultures, 185-193.
- Belgoumri H., Tiet H. (2020).** Etude du bilan hydraulique du barrage K'sob-M'sila. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master, Université de Mohamed El Bachir El Ibrahim-Bordj Bou Arreridj, p 26- 38.
- Bella E., Gherbi Y. (2020).** Etude comportementale du grand cormoran phalacrocorax carbo dans le barrage El K'sob(M'sila), Mémoire pour d'obtention du diplôme de Master, Université de Mohamed Boudiaf-M'sila, p 3.
- Benaïcha A. (2011).** Etude des processus des transports solides et leur impact sur l'alluvionnement des barrages. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Magister, Université Hadj Lakhdar –Batna, p 1.
- Benchaabane A. (1998).** Impact de l'exploitation du prélèvement du bois de feu sur l'érosion du sol en haute montagne (cas du haut Atlas de Marrakech, Maroc). Science et changements planétaires/Sécheresse, p265-269.
- Benkhaled A., Remini B. (2003).** Analyse de la relation de puissance : débit solide – débit liquide à l'échelle du bassin versant de l'Oued Wahrane (Algérie)/Article p 336/5.
- Bouchai B., Nouri M. (2019).** Suave de la qualité physico-chimique des eaux du barrage K'sob utilisées en irrigation dans la plaine de M'sila (Sud-Est Algérien). Mémoire pour d'obtention du diplôme de Master, Université de Mohamed Boudiaf-M'sila, p17.
- Bouguerra S., Bouanani A., Baba-Hamed K. (2016).** Transport solide dans un cours d'eau en climat semi-aride : cas du bassin versant de l'oued Boumessaoud (nord-ouest de l'Algérie) / Article.
- Bouguerra S., Bouanani A. (2019).** Analyse saisonnière et interannuelle de la dynamique des flux en suspension dans le versant de l'oued Boukiou (nord-ouest de l'Algérie) / Article.
- Boukaf S., Ouadah I. (2017).** Ecoéthologie du Grébe castagneux tachybaptus ruficallis-(Palas, 1764) dans le barrage El K'sob (M'sila). Mémoire pour d'obtention du diplôme de Master, Université de Mohamed Boudiaf-M'sila, p 14 et 15.

- Bouklikha Z., Berrichi M. (2017).** Estimation de l'envasement d'un barrage par le modèle PISA. Cas du barrage de EL Izdihar. Mémoire de Master, Université Aboubekr Belkaid, Tlemcen, p 4.
- Bounouiga A., Ben Nacer O. (2020).** Etude paramétrique de la stabilité du barrage régide El K'sob (en présence d'un séisme). Mémoire pour d'obtention du diplôme de Master, Université de Mohamed Boudiaf-M'sila, p 41.
- Bourahla L. (2016).** Impact du changement climatique sur le régime hydrologique du bassin versant de l'Oued K'sob, Mémoire pour d'obtention du diplôme de Master, Université de Mohamed Boudiaf-M'sila, p 4.
- Bouras F. (2019).** Contribution à l'étude de l'envasement des barrages par les méthodes paramétriques et non paramétriques Cas de l'Afrique du Nord. Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar – Annaba p 7-19.
- Bourenane A., Mechri S. (2008).** Contribution à l'étude du transport solide dans le sous bassin versant de Soubella (Hodna). Mémoire pour l'obtention du diplôme d'Ingénieurs d'Etat en Hydraulique, université Mohamed Boudiaf de M'sila.
- Boussag F. (2012).** Evaluation du transport solide et de l'envasement dans le bassin versant du K'sob. Mémoire pour d'obtention du diplôme de Master, Université de Mohamed Boudiaf-M'sila, p 5, 6, 44.
- Camenen B., Melun G. (2021).** Guide technique pour la mesure et modélisation du transport solide/Guides et protocoles, L'office français de la biodiversité, p8.
- Charif C. (2019).** Importance écologique du barrage K'sob pour l'hivernage des oiseaux d'eau : cas des larolimicoles. Mémoire pour d'obtention du diplôme de Master, Université de Mohamed Boudiaf-M'sila, p 11 et 13.
- Chenu C., Cosentino D. (2011).** Microbial regulation of soil structural dynamics. The architecture and biology of soils : life in inner space, p 41.
- Couvert B., Lefort Ph., Peiry J., Belleudy Ph. (1994).** La gestion des rivière-transport solide et atterrissements. Guide méthodologique, les études agences de l'Eau, n°65.
- Dajoz R. (1996).** Précis d'écologie : 2^{ème} et 3^{ème} cycles universitaires. Dunod.
- Demmak A. (1982).** Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en suspension en Algérie septentrionale. Mémoire de Docteur-Ingénieur, Université Paris VI, France, p 45-49.
- Demmak A. (1984).** Recherche d'une relation empirique entre les apports solides et les paramètres physico-climatique des bassins : cas algérien. IAISH 1, p 403-414.
- Derradj W., Batta C. (2017).** Contribution à l'étude de la biodiversité avifaunistique du barrage El K'sob (M'sila). Mémoire pour d'obtention du diplôme de Master, Université de Mohamed Boudiaf-M'sila, p 44.
- Elahcene O. (2013).** Etude du transport solide par charriage et en suspension dans le bassin versant de l'oued Bellah (Tipaza). Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique El-Harrach (Alger), p 12-24.
- El Mahi A., Meddi M., J P Bravard. (2012).** Analyse du transport solide en suspension dans le bassin versant de l'Oued El Hammam (Algérie du Nord) / Article, p8.
- Fournier F. (1969).** L'érosion hydrique et le climat/ Article, p 1.
- Ghellab R., Touil K. (2020).** Contribution à l'étude des macros vertébrés dans l'Oued El K'sob. Mémoire pour d'obtention du diplôme de Master, Université de Mohamed Boudiaf-M'sila, p 7 et 8.
- Ghenim A, N., Megnounif A. (2016).** Variability and trend of annual maximum daily rainfall in norther Algeria. International Journal of Geophysics, 2016.
- Guersas I. (2016).** Etude de la distribution statistique des pluies du bassin versant K'sob. Mémoire pour d'obtention du diplôme de Master, Université de Mohamed Boudiaf-M'sila, p 23.

- Guesri M. (2021).** Influence de la variabilité climatique sur la production des sédiments. Thèse de Doctorat, Université Aboubekr Belkaid, Tlemcen, p 11-90.
- Larfi B., Remini B. (2006).** Le transport solide dans le bassin versant de l'Oued ISSER, Impact sur l'envasement du Barrage de Beni Amrane (Algérie), p 1.
- Le Bissonnais Y. (1996).** Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility: I. Theory and methodology. *European Journal of Soil Science* 47(4), p 425-437.
- Le Bissonnais Y., Le Souder C. (1995).** Mesurer la stabilité structurale des sols pour évaluer leur sensibilité à la battance et à l'érosion. *Etude et gestion des sols*, p 43-56.
- Le Bissonnais Y., Thorette J., Bardet C., Daroussin J. (2002).** L'érosion hydrique des sols en France. Rapport INRA, IFEN, p 106.
- Ledjilot M., Mazari M. (2018).** Mesures préventives contre l'envasement des barrages en Algérie avec étude de cas (barrage K'sob. Mémoire pour d'obtention du diplôme de Master, Université de Mohand Oulhadj-Bouira, p 62.
- Mabrouki K., Saoudi H. (2020).** Utilisation du SIG pour étudier la perturbation Ecologique de l'Oued K'Sob « bassin versant de k'sob _ Algérie » Mémoire pour d'obtention du diplôme de Master, Université de Mohamed Boudiaf-M'sila, p 41.
- Madani I., (2016).** Etude de la stabilité à long terme d'un barrage rigide, cas barrage El K'sob. Mémoire pour d'obtention du diplôme de Master, Université de Mohamed Boudiaf-M'sila, p 40 et 49.
- Mano V. (2008).** Processus conditionnant les apports de sédiments fins dans les retenues – optimisation des méthodes de mesure et modélisation statistique. Thèse de Doctorat, Université Joseph Fourier, Grenoble 1, France.
- Mazouz A., Dehoum M. (2020).** Traitement des sédiments de dragage du barrage K'sob en vue de leur valorisation en techniques routières. Mémoire pour d'obtention du diplôme de Master, Université de Mohamed Boudiaf-M'sila. p 36 et 38.
- Megnounif A., Terfous A., Bouanani., A. (2003).** Production et transport des matières solides en suspension dans le bassin versant de la Haute-Tafna (Nord-Ouest Algérien) / Article.
- Megnounif A. (2007).** Etude du transport des sédiments en suspension dans les écoulements de surface. Thèse de Doctorat, université Abou-Bekr Belkaid, Algérie.
- Megnounif A., Terfous A., Ouillon S. (2013).** A graphical method to study suspended sediment dynamics during flood events in the wadi Sebdou, NW Algeria (1973-2004). *Journal of hydrology*, p 24-36.
- Meguenni K., Remini B. (2008).** Evaluation du débit solide dans le bassin versant de harreza (Algérie)/ Article, p12
- Mimeche F., (2014).** Ecologie du barbeau de l'Algérie. (Valenciennes, 1842) (Pisces : Cyprinidae) dans le barrage d'EL K'sob (M'sila). Thèse Doctorat. Ecole National Supérieure D'agronomie. El-Harrach. Alger. p 180.
- Noui S., Grmet I. (2017).** Contribution à l'étude des hyménoptères et la flore visitée dans les mores d'Oued El K'sob (wilaya de M'sila) et Oued Barika (wilaya de Batna). Mémoire pour d'obtention du diplôme de Master, Université de Mohamed Boudiaf-M'sila, p 23.
- Pierre-Yves D. (2010).** Relations architecturales, faciologiques et diagénétiques des carbonates Bioclastiques du bassin miocène rhodano-provençal (SE France). Thèse de Doctorat, L'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, p 101.

- Probst J., Banzerbachi A. (1986).** Transports en solution et en suspension par la Garonne supérieure. Sciences géologiques, bulletins et mémoire, p79-98.
- Ramade F. (2003).** Elément d'écologie-Ecologie fondamentale. 3^{ème} édition. Dunod Paris, p 190.
- Remini B. (2010).** La problématique de l'eau Algérie, larhyss, Journal, p 49.
- Rezag N. (2010).** Diagnostic hydro agricole et stratégie de gestion des irrigations du périmètre irrigué du K'sob W.de M'sila. Mémoire pour l'obtention du diplôme de Magister, Ecole Nationale Supérieur.
- Roy P., Faucher., Langois J., Parent G., Tichoux H., Trudeau F. (2008).** Etude de la protection des bassins versants des barrages Fom El Gherza, Fontaine des Gazelles, Fom El Gueiss, Babar, Koudiat, Medouar, K'sob et Ain Zada (Identification et évaluation du degré d'érosion), Phases 3, Montréal, p 156.
- Saida A., Debbi M. (2016).** Etude de la relation Sol-Végétation dans le versant Oriental du plan d'eau barrage K'sob-M'sila. Mémoire pour d'obtention du diplôme de Master, Université de Mohamed Boudiaf-M 'sila, p 13 et 14.
- Tatar H. (1985).** Les milieu et l'occupation du sol dans le bassin versant du K'sob. Mémoire pour d'obtention du diplôme de doctorat, Université de Caen (France), p 106.
- Zeroual S. (2016).** Etude de la sensibilité du sous bassin versant de K'sob à l'érosion hydrique par une approche quantitative. Mémoire pour d'obtention du diplôme de Master, Université de Mohamed Boudiaf-M 'Sila, p 40.

Résumé

En zone semi-aride, l'irrégularité spatiotemporelle des précipitations et des écoulements, en plus du manque des stations hydrométriques pose un sérieux problème d'évaluation des apports liquides et solides. L'oued de k'sob est l'un des rivières les plus importants dans la région d'El Hodna vers lequel ruisselle une quantité des eaux des rivières des ravins sud des montagnes des Bibans, c'est leurs exutoires. Oued El K'sob bouge du nord vers le sud contrairement aux autre rivières, et ce après son déclenchement des collines de Medjana et de Bordj Bou Arreridj et passe par une grande partie des montagnes des Maadid 1462,54 km², alors la moyenne annuelle des pluies est 343 mm. Une précipitation qui atteint sa limite maximum deux fois par an l'une aux mois de novembre- décembre (2,33.10³mm) et l'autre aux mois d'avril –mai (1,40.10³mm). La charge annuelle du (barrage El-K'sob) est estimée à environ 57 million m³ comme moyenne annuelle donnant une capacité de 1,8 m³/s, or cette capacité est loin de la réalité sachant qu'elle varie entre le zéro lors des canicules pendant la saison de sécheresse et des certaines de mètres pendant la saison des pluies et des inondations. Dans cette étude, nous avons utilisé le modèle "Sediment Rating Curve (SRC)" pour estimer le transport solide en suspension annuels et interannuels de bassin versant du k'sob à la station hydrométrique de Medjez.

Mot clés : SRC, Apports liquide et solide, bassin versant K'sob, semi-aride.

Abstract

In the semi-arid zone, the spatiotemporal irregularity of precipitation and flow, in addition to the lack of hydrometric stations, poses a serious problem in assessing liquid and solid inputs. The k'sob wadi is one of the most important rivers in the region of el Hodna into which a quantity of the water of the rivers of the southern ravines of the Biban Mountains flows, and it is their outlets. Oued El-K'sob moves from north to south contrary to other rivers, and this after its triggering of the hills of Medjana, Bordj Bou Arreridj and passes through a large part of the Maadid mountains of 1462.54 km², then the annual average of rainfall is 343 mm. Precipitation which reaches its maximum limit twice a year, one in November-December (2,33.10³mm) and the other in April-May (1,40.10³mm). The annual load of the (El-K'sob dam) is estimated at around 57 million m³ as an annual average giving a capacity of 1,8 m³/s, but this capacity is far from reality knowing that it varies between zero during heatwaves during the drought season and some meters during the rainy season and floods. In this study, we used the model "sediment rating curve (SRC)" to estimate the annual and interannual suspended solid transport assessments of the k'sob watershed at the Medjez hydrometric station using the sediment rating curve model.

Key words: sediment rating curve, liquid and solid flow, k'sob watershed, semi-arid.

ملخص

في المناطق شبه القاحلة، يشكل عدم الانتظام الزمني المكاني لهطول الامطار والتدفق، بالإضافة الى نقص محطات القياس الهيدرومتري، مشكلة حقيقية في تقييم التدفقات السائلة والصلبة. يعد وادي القصب من أهم الأنهار في منطقة الحضنة حيث تتدفق منه كمية من مياه أنهار الوديان الجنوبية لجبال الببيان وهي منافذها. يتحرك وادي القصب من الشمال الى الجنوب بعكس الأنهار الأخرى، وذلك بعد اندلاعه في تلال مجانة وبرج بوعربريج ويمر بجزء كبير من جبال المعاضيد 1462.54 كيلو مترا مربعا، ثم يبلغ المعدل السنوي لهطول الامطار 343 ملم. هطول الامطار الذي يصل الى الحد الأقصى مرتين في السنة، واحد في نوفمبر وديسمبر (2,33.10³ ملم) والآخر في ابريل ومايو (1,40.10³ ملم). يقدر الشحن السنوي لسد القصب بحوالي 57 مليون م مكعب كمتوسط سنوي بسعة 1.8 متر مكعب في ثانية، لكن هذه السعة بعيدة كل البعد عن الواقع مع العلم انها تتراوح بين صفر خلال موجات الحرارة اثناء موسم الجفاف وبعض الأمتار اثناء موسم الامطار والفيضانات. في هذه الدراسة، استخدمنا نموذج "منحنى تصنيف الرواسب" لتقدير قيم نقل المواد الصلبة المعقدة السنوية والمتداخلة بين السنوات لمستجمعات المياه في وادي القصب في محطة مجاز الهيدرومتري باستخدام نموذج منحنى تصنيف الرواسب.

الكلمات المفتاحية: منحنى تصنيف الرواسب، التدفق السائل والصلب، مجمع مائي القصب، منطقة شبه القاحلة.