



N°d'ordre :.....

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université d'Oran 2 Mohamed Benahmed

Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers

Département des Sciences de la Terre

Mémoire

Présenté pour l'obtention du grade de

Master en géologie

Spécialité: **Hydrogéologie**

Thème

**Préservation de la capacité de stockage et de la qualité de l'eau
du barrage Kramis W- Mostaganem**

Présenté par :

Mehaddi Djahida

Soutenue publiquement le : 21 / 09 / 2022, devant le jury :

Mr. FOUKRACHE Mohammed	Pr.	Université ORAN 2	Président
Mr. BAAOUAGUE Abdelbaki	MAA	Université ORAN 2	Rapporteur
Mr. HASSANI Moulay Idris	Pr.	Université ORAN 2	Examineur

2021 - 2022



Remerciements

L'élaboration de ce mémoire de fin d'études est le fruit de cinq années d'études. Ce travail n'aurait pu voir le jour sans la collaboration de nombreuses personnes qu'il m'est agréable de remercier.

Je remercie Allah le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il m'a donnée durant toutes ces années d'études.

Je tiens tout d'abord à remercier mon encadreur .Mr. BAAOUAGUE Abdelbaki , pour m'avoir fait confiance, ainsi que pour leur disponibilité, leur patience et leurs généreux conseils tant scientifiques qu'humains qui m'ont été d'une grande valeur.

Merci pour votre aide inestimable, vos précieux conseils avisés m'ont été très utiles pour améliorer et développer mon esprit critique et scientifique.

C'est un honneur pour moi de voir dans mon jury Mr. Mr. FOUKRACHE Mohammed et Mr. Mr. HASSANI Moulay.

. Qu'elles soient vivement remerciées.

Mes remerciements à tous les enseignants du Département des Sciences de la Terre et de l'Univers de l'Université de Oran

Et enfin, je tiens à remercier tous mes amis (es) qui m'ont aidé et encouragé pour réaliser ce mémoire.

Merci à tous !

Djahida



Dédicace

A mon très cher père

Pour m'avoir soutenu moralement et matériellement jusqu'à ce jour, pour son amour, Et ses encouragements. Que ce travail, soit pour vous, un faible témoignage de ma Profonde affection et tendresse.

*Qu'ALLAH le tout puissant te préserve, t'accorde
Santé, bonheur et te protège de tout mal.*

A ma très chère mère

Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour toi. Tu m'as comblé avec ta tendresse et affection tout au long de mon parcours. Tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études. Qu'ALLAH te protéger et te donner la santé, le bonheur et longue vie.

*A ma sœur **Maghnia** à mes frère*

Mohammed, Nassim, Fethi et

***Anouer** que j'aime tant Pour leurs
petits mots et leur soutien.*

*A mes amies **Nadjet , Asmaa, Hizia,***

Saadia et Imane.



Résumé

L'eau est l'élément naturel de base de la vie et l'une des richesses nécessaires à toute activité humaine et c'est l'héritage de la nation.

Ce travail s'articule autour les caractéristiques géographiques, climatiques, géologiques et hydrogéologiques de barrage Kramis à Achaacha wilaya de Mostaganem qui se trouve dans le bassin de Chélif.

L'étude est aussi consacrée à examiner la qualité et la quantité de l'eau de barrage Kramis afin de savoir le niveau de potabilité d'eau. Ce dernier est menacé par l'envasement et pollution du bassin versant.

À la protection de qualité et quantité de l'eau de barrage Kramis on a cité comme solution : la lutte contre l'envasement qui pose un énorme danger sur la qualité et la quantité de ce barrage, le dévasement, clôture et l'utilisation de la méthode américaine shade balls.

Mots clé : barrage Kramis, quantité et qualité, envasement, clôture, shade balls.

Abstract

Water is the basic natural element of life and one of the resources necessary for all human activity and it is the heritage of the nation.

This work revolves around the geographical, climatic, geological and hydrogeological characteristics of the Kramis dam in Achaacha wilaya of Mostaganem which is located in the Chélif basin.

The study is also devoted to examining the quality and quantity of Kramis dam water in order to know the level of water portability. The latter is threatened by siltation and pollution of the catchment area.

To the protection of quality and quantity of the water of Kramis dam one quoted as solution: the fight against the siltation which poses an enormous danger on the quality and the quantity of this dam, the desiltation, fence and the use of the American shade balls method.

Keywords: Kramis dam, quantity and quality, siltation, fence, shade balls.

الملخص

الماء هو العنصر الطبيعي الأساسي للحياة وأحد الموارد الضرورية لكل نشاط بشري وهو تراث الأمة. يدور هذا العمل حول الخصائص الجغرافية والمناخية والجيولوجية والهيدروجيولوجية لسد كراميس في ولاية أشعاشة في مستغانم الواقعة في حوض الشلف.

الدراسة مكرسة لفحص نوعية وكمية مياه سد كراميس من أجل معرفة مستوى صلاحيتها للشرب. هذا الأخير مهدد بسبب الطمي والتلوث في منطقة مستجمعات المياه.

من أجل حماية نوعية وكمية مياه سد كراميس ، تم اقتباس الحلول التالية : محاربة الترسبات الطينية التي تشكل خطراً كبيراً على نوعية وكمية هذا السد ، وتصريف المياه ، والسور ، واستخدام كرات الظل الأمريكية.

الكلمات المفتاحية: سد كراميس ، كمية ونوعية ، ترسيب الطمي ، سياج ، كرات التظليل.

Liste des figures

Figure n°1. La carte géographique présentant le nord d'Algérie et la situation géographique de Mostaganem (maphill).....	3
Figure n°2. Situation géographique du barrage kramis.....	4
Figure n°3. Géomorphologie générale du bassin du Chélif.....	5
Figure n°4. Carte géologique et situation géographique de la zone étudiée du bassin, extrait de la carte géologique d'Algérie, 1952 de Service de la Carte Géologique (<i>M. Dalloni et al</i>) La légende de la carte géologique.....	7
Figure n°5. Légende de la carte géologique.....	8
Figure n°6. carte géologique de plateaux d'Achaacha	12
Figure n°7. Localisation de la zone d'étude (Projected Coordinate System: Nord_ Sahara _1959_ UTM _Zone_31N).....	13
Figure n°8. Vue en plan du barrage kramis (source : Google maps).....	14
Figure n°9. Barrage de kramis en voie de réalisation (noyau en argile).....	15
Figure n°10. Talus amont et Aval de la digue du barrage de Kramis	15
Figure n°11. Evacuateur de crue du barrage de kramis	16
Figure n°12. Réseau hydrographique du bassin versant de l'oued Kramis.....	17
Figure n°13. Etat mensuel des réserves du barrage de kramis	18
Figure n°14. Capacité de stockage en Afrique du nord (http://www.webreview.dz/IMG/pdf/10-Remini.pdf).....	36
Figure n°15. Envasement annuel en Afrique du nord Courrier du Savoir – N°04, Juin 2003, pp. 65-69	36
Figure n°16. Situation des retenues les plus envasées en Algérie	37
Figure n°17. Processus d'envasement d'un barrage Réservoir.....	38
Figure n°18. haie vive (www.fao.org)	44
Figure n°19 : Clôtures empilées (www.fao.org).....	45
Figure n°20 : Clôtures en fil de fer (www.fao.org)	45
Figure n°21 : Clôtures en grillage (www.francebleu.fr).....	46
Figure n°22 : 96 millions de ces boules de plastique (GENE BLEVINS / MAXPPP).....	47

Liste des tableaux

Tableau n°1. Les paramètres climatologiques.....	19
Tableau n°2. Distribution des apports pour les trois années (ANBT 2022).....	20
Tableau n°3. Classes de perméabilité.....	21
Tableau n°4. Classification du pH des eaux.....	28
Tableau n°5. Normes OMS et algériennes des paramètres physico-chimiques pour l'eau potable (OMS, 2003).....	30
Tableau n°6. Normes OMS des paramètres bactériologiques pour l'eau potable (OMS, 2003.....	30
Tableau n°7. Résultats d'analyses physico-chimique de l'eau barrage Kramis (eaux de barrage-KRAMIS- ADE ACHAACHA 04/2019)	31
Tableau n°8. Résultats d'analyses physico-chimique de l'eau barrage Kramis (eaux de barrage-KRAMIS- ADE ACHAACHA 10/02/2021).....	32
Tableau n°9. Résultats d'analyses physico-chimique de l'eau barrage Kramis (eaux de barrage-KRAMIS- ADE ACHAACHA 23/01/2022).....	33
Tableau n°10. Résultats d'analyses physico-chimique de l'eau barrage Kramis (eaux de barrage-KRAMIS- ADE ACHAACHA Mars 2022).....	34
Tableau n°11. Caractéristiques du barrage Kramis (ANBT 2022).....	35

Liste des acronymes et abréviations

ADE : Algérie des Eaux

AEP : Alimentation en Eau Potable

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

ANBT : Agence National des Barrages et Transferts

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

pH : Potentiel Hydrogène

SEOR : Société de l'Eau et de l'Assainissement d'Oran

Sommaire

Introduction général.....	1
---------------------------	---

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude du barrage Kramis

I - Généralités	3
1-Situation géographique de la région de Mostaganem.....	3
2- Localisation de la zone d'étude.....	4
3-Cadre géologique.....	5
4- Principaux types de substrat rencontré au niveau de zone d'étude.....	9
a- Les Grés.....	9
b- Les calcaires.....	9
c- Les marne.....	9
d- Miocène.....	10
e- Pliocène.....	10
f- Crétacé.....	11
g- Trias.....	11
5-La Géologie du bassin versant.....	11
6-Localisation du bassin versant de barrage Kramis.....	13
7-Aspect d'ensemble de l'aménagement	14
7.1. Mur du barrage.....	14
7.2. Evacuateur de crue	16
7.3. Vidange de fond.....	17
8-Réseau hydrographique.....	17
9- L'hydrologie du bassin versant.....	18
9.1. Caractéristiques climatiques.....	19
9.2. Les apports.....	19
9.3. Caractéristiques hydrogéologiques.....	20
▪ Complexe colluvial argileuse –limoneux.....	21
▪ Complexe des dépôts à blocs.....	21
▪ Complexe alluvial.....	21

Chapitre II : Qualité de l'eau et capacité de stockage du barrage Kramis

Introduction.....	24
I- Qualité de l'eaux de barrage Kramis.....	24
I- 1 Généralités sur l'eau potable.....	24
a- Origine de l'eau potable.....	24
1- Eau souterraine.....	25
2- Eau de surface.....	25
3- Définition de l'eau potable.....	25
4- Eau minérale naturelle.....	26
b- Définition du traitement des eaux	26
c- Eau potable brute.....	26
d-Normes de potabilité.....	27
e-Paramètres physiques et chimiques.....	27
❖ Température.....	27
❖ PH.....	27
❖ Turbidité.....	28
❖ Conductivité.....	28
❖ Dureté.....	28
❖ Nitrates.....	29
❖ Nitrites.....	29
❖ Résidu sec.....	29
❖ Les composés phosphorés	29
❖ Oxygène dissous.....	29
II-Capacité de stockage de barrage Kramis.....	35
II-1 Envasement.....	35
II-2 Problèmes posés par l'envasement es barrages.....	38
Conclusion.....	38

Chapitre III : Préservation du qualité et quantité de l'eau de barrage de Kramis

Introduction.....	40
I-Technique de lutte contre l'envasement.....	40
I-1 Avant l'envasement.....	40
a. Aménagement des bassins versants.....	40
b. Installation des obstacles émergés dans les cours d'eau.....	41
c. Réalisation de barrage de décantation.....	41
d. Le reboisement.....	41

II- Après envasement.....	42
II-1- Dévasement périodique : Soutirage des courants de densité.....	42
II-2- Dévasement périodique : Évacuation de la vase par la vanne de fond.....	42
II-3- Dévasement occasionnel : Dragage d'un barrage.....	42
II-4- Surélévation du barrage.....	43
III- Préservation de la qualité.....	44
A- Système de clôture.....	44
A-1 Clôture de haie vive.....	44
A-2 Clôtures empilées.....	44
A-3 Clôtures en fil de fer.....	45
A-4 Clôtures en grillage.....	46
IV- Shade balls.....	47
Conclusion Générale.....	50
Références Bibliographiques.....	51

Introduction Générale

Introduction Générale

L'eau est une source précieuse de vie, elle peut être le miroir de la santé, comme elle peut devenir source de maladies et de nuisances (Bouzianai, 2000). La bonne qualité de l'eau de boisson, est primordiale pour la santé humaine, surtout que les risques de pollution existent à chaque étape du parcours de l'eau. Les interventions visant à améliorer la qualité de l'eau de boisson, apportent des bénéfices notables en matière de santé (OMS, 2004). A cet effet, dans toute gestion de ressource, les actions préventives doivent être privilégiées par rapport aux actions curatives (Montiel, 1999).

L'eau est indispensable à l'existence, au développement et à la vie de tous les êtres vivants y compris l'homme. Ainsi l'eau est nécessaire à la réalisation des activités humaines qu'elles soient industrielles, domestiques ou pour l'agriculture. L'eau recouvre 72 % de la surface de la terre mais seulement 0,3 % des réservoirs globaux en eau sont utilisés comme eau potable.

En effet l'eau est une ressource élémentaire à la vie elle est indispensable pour l'homme. On l'utilise pour des usages quotidiens, l'agriculture, boisson, l'hygiène et industrie. Malgré cette abondance de l'eau, elle est inégalement répartie et inégalement accessible.

Les ressources en eaux de surface et souterraines sont l'une des richesses capitales de l'Algérie. Ce dernier compte actuellement 75 barrages en cours d'exploitation.

Pour Mostaganem les ressources en eaux sont limitées actuellement à trois barrages : Kramis, Chellif, Karrada et le barrage de Gargar situé dans la wilaya de Relizane.

Le bassin de l'oued Kramis d'une surface de 302 Km² se situe dans la partie Nord-Ouest de l'Algérie. Il fait partie du grand bassin versant de Côtiers Algérois. A l'aval de ce bassin versant, le barrage de l'oued Kramis a été construit et mis en service en 2004 pour une capacité de rétention 45 millions m³.

Notre travail consiste à déterminer la protection de la qualité et quantité de l'eau de barrage Kramis la région d'Achaacha.

Cette étude s'articule autour de trois chapitres :

- Le premier chapitre est une présentation générale de la zone d'étude, en abordant les caractéristiques géographiques, climatiques, géologiques et hydrogéologiques.
- Le deuxième chapitre est consacré à l'étude de qualité et quantité de l'eau de barrage Kramis.
- Le troisième chapitre est consacré à la protection de qualité et quantité de l'eau de barrage Kramis.

Et nous terminons par une conclusion générale.

Chapitre I

Présentation de la zone d'étude du barrage Kramis

Chapitre I Présentation de la zone d'étude du barrage Kramis

Introduction :

Les lacs de barrages constituent un type de zones humides continentales de plus en plus important. Alors que l'on détourne toujours d'avantage d'eau des rivières et des fleuves pour des projets d'irrigation ou pour approvisionner les industries et les villes. Les réservoirs construits en montagne remplacent dans une certaine mesure les zones humides des plaines en aval comme le barrage de Kramis.

I- Généralités :

1-Situation géographique de la région de Mostaganem :

Mostaganem est une Wilaya côtière située au Nord-Ouest du territoire national Algérien à environ 360 Km l'ouest d'Alger et 80 Km à l'Est d'Oran. C'est la 27ème wilaya dans l'administration territoriale Algérienne. Elle couvre une superficie de 2,269 Km² et est limitée par:

- A l'Est par les wilayas de Relizane et Chlef.
- Au Sud par les Wilayas de Relizane et Mascara.
- A l'Ouest par les Wilayas d'Oran et Mascara.
- Au Nord par la mer Méditerranéenne

Entre les coordonnées géographiques (0°8' Ouest 36°29' Nord) et (0°46' Est 35°37' Nord).



Figure n°1 : La carte géographique présentant le nord d'Algérie et la situation géographique de Mostaganem (maphill)

Chapitre I Présentation de la zone d'étude du barrage Kramis

2-Localisation de la zone d'étude

Le présent chapitre a pour but de présenter les caractéristiques de la zone d'étude du barrage, à travers sa localisation, la taille du bassin versant et les propriétés hydrologiques et géologiques et climatiques de ce bassin versant.

Le bassin de l'oued Kramis se situe dans la partie Nord-Ouest de l'Algérie. Il fait partie du grand bassin versant de Côtiers Algérois. D'une superficie de 302 km² et d'une forme allongée, le bassin versant de l'oued Kramis est encadré par le massif montagneux du Dahra au Nord, et par les monts de Taougrite et Chaabnia à l'Est. Au sud, il est limité par les monts nord de la plaine de Chélif.

Le barrage kramis est implanté sur l'oued kramis située au sud-est du chef lieu de la commune de Achacha et au nord -est du chef lieu de la commune de Nekemaria, approximativement à 80km a l'est de la ville de Mostaganem et 14 km environ de son embouchure avec la mer méditerranéenne.

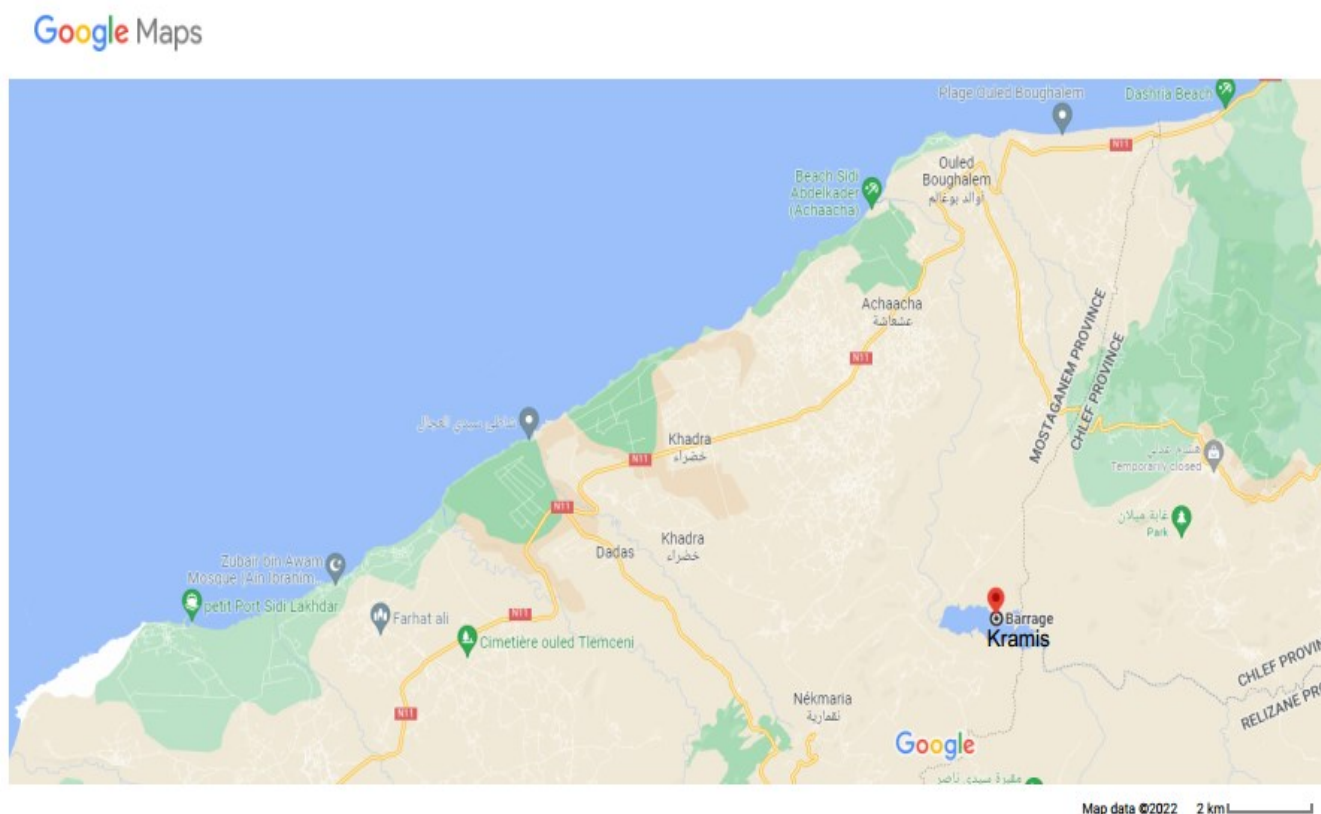


Figure n°2: Situation géographique du barrage kramis.

Chapitre I Présentation de la zone d'étude du barrage Kramis

3-Cadre géologique

Le bassin du Bas Chélif est situé dans la chaîne alpine d'Afrique du Nord. D'après Perrodon (1957) et Neurdin Trescartes 1992), le Chélif se trouve dans un milieu intra-montagneux. Ils le considèrent comme un sillon complexe, discontinu par une concession de mûles et de fosses, orienté ENE-WSW. Les faciès marneux remplissent essentiellement les fosses, tandis que les dépôts détritiques se déposent un niveau des bordures (Kazi Tani N, 1986).

Trois sillons caractérisent cette région :

- 1- Le sillon nord qui correspond au plateau d'Achaacha.
- 2- Le sillon médian qui englobe les plaines de l'Habra, Mina, Ech-Chlef et les plateaux de St Louis et de Mostaganem.
- 3- Le sillon sud qui se trouve à la plaine de Mascara.

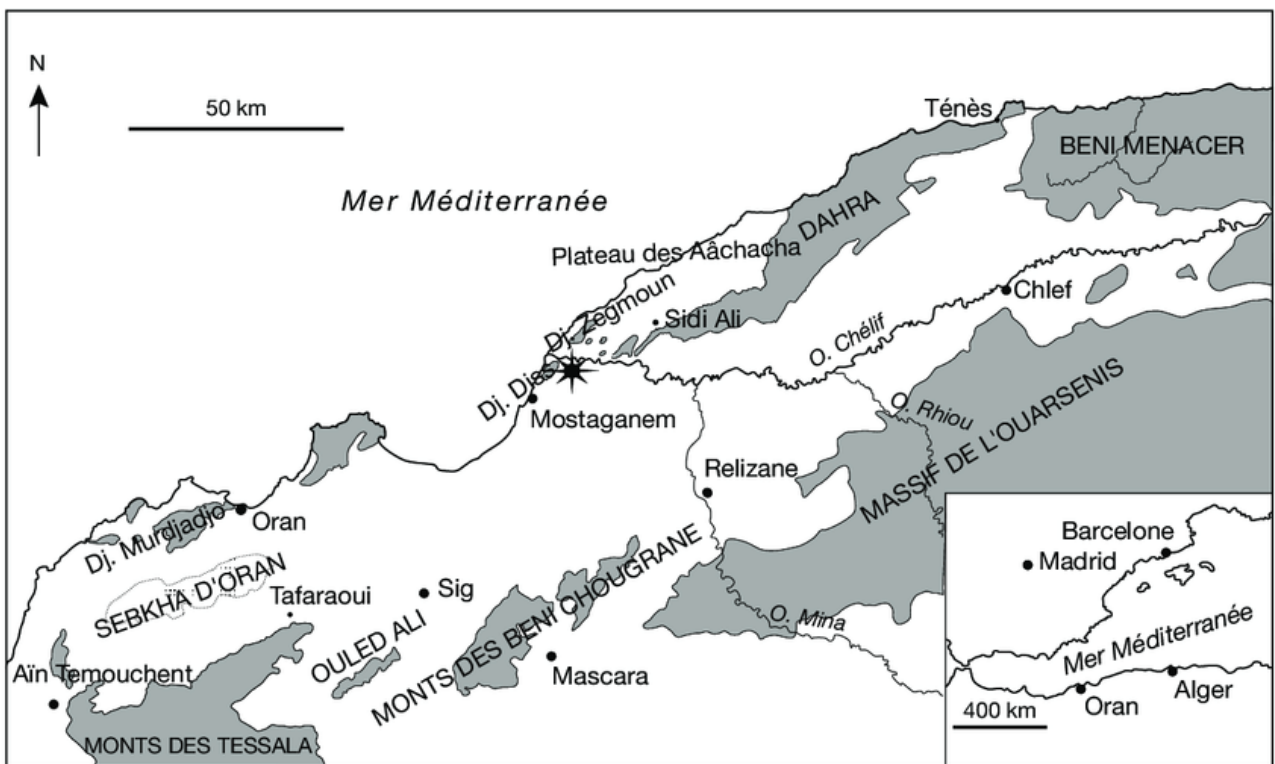


Figure n°3 : Géomorphologie générale du bassin du Chélif

Chapitre I Présentation de la zone d'étude du barrage Kramis

L'information géologique a été prise de la carte géologique à l'échelle 1/500000 de l'Oued Kramis et de l'étude réalisée par (CALTECHNICA, 1975) portant sur le reboisement industriel.

Le rapport géologique consulté indique que les formations rocheuses présentes dans la région sont composées de grès carbonatés en surface, d'argile, de calcaire et de marnes en profondeur. La vallée du bassin versant du barrage Kramis est formée par des bancs de sable fin à moyens limoneux.

Des alluvions sableuses sont présentes dans le lit d'Oued et des dunes à l'embouchure.

La carte géologique consultée indique que la zone d'étude est recouverte de roches sédimentaires, plutoniques.

La carte géologique consultée distingue plusieurs types de dépôts quaternaires alluvions (actuelles, récentes, anciennes), les colluvions, les éboulis, les dunes ainsi que les sable.

Chapitre I Présentation de la zone d'étude du barrage Kramis

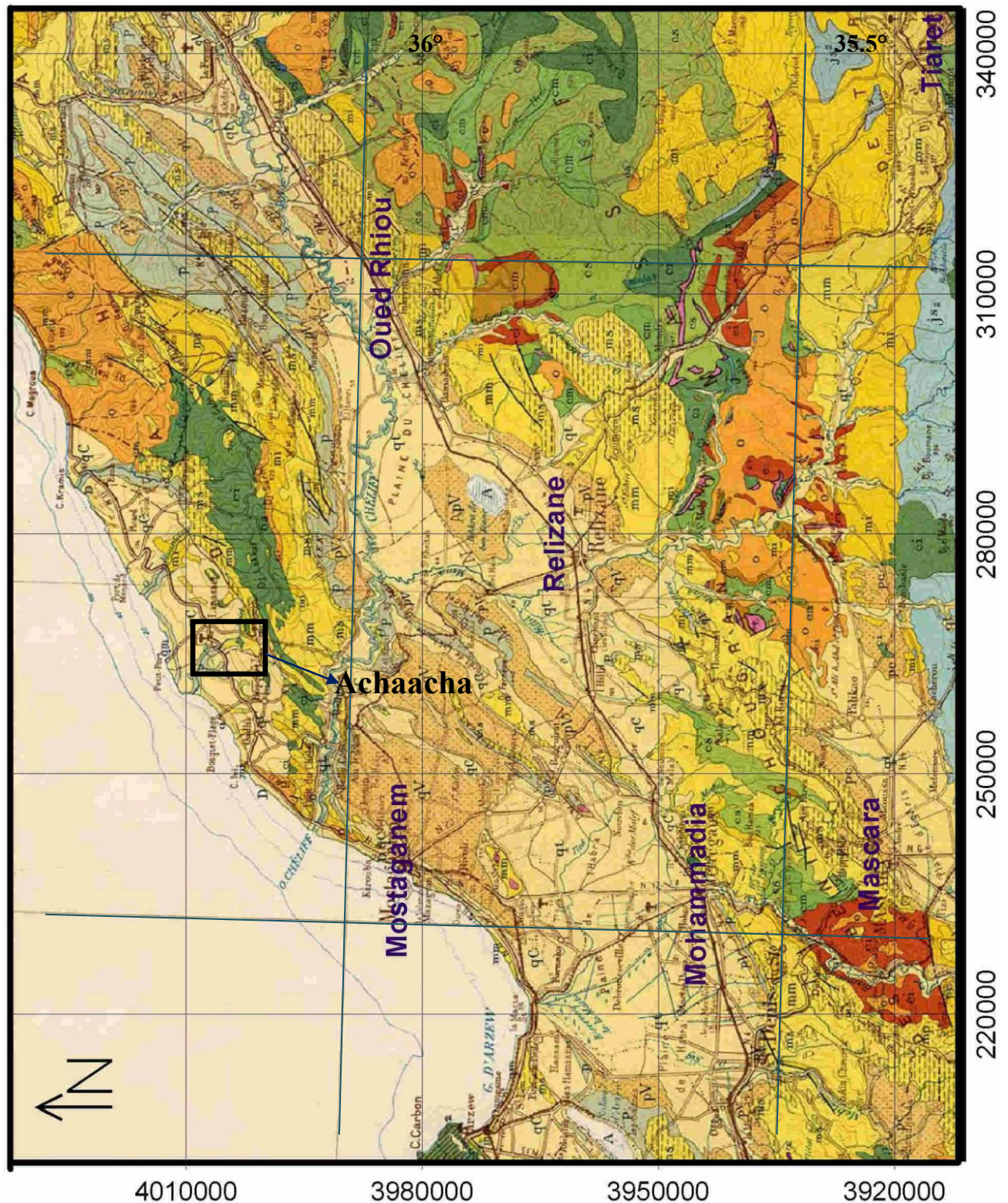


Figure n°4: Carte géologique et situation géographique de la zone étudiée du bassin, extrait de la carte géologique d’Algérie, 1952 de Service de la Carte Géologique (*M. Dalloni et al*) La légende de la carte géologique (voir la page suivante).

Chapitre I Présentation de la zone d'étude du barrage Kramis

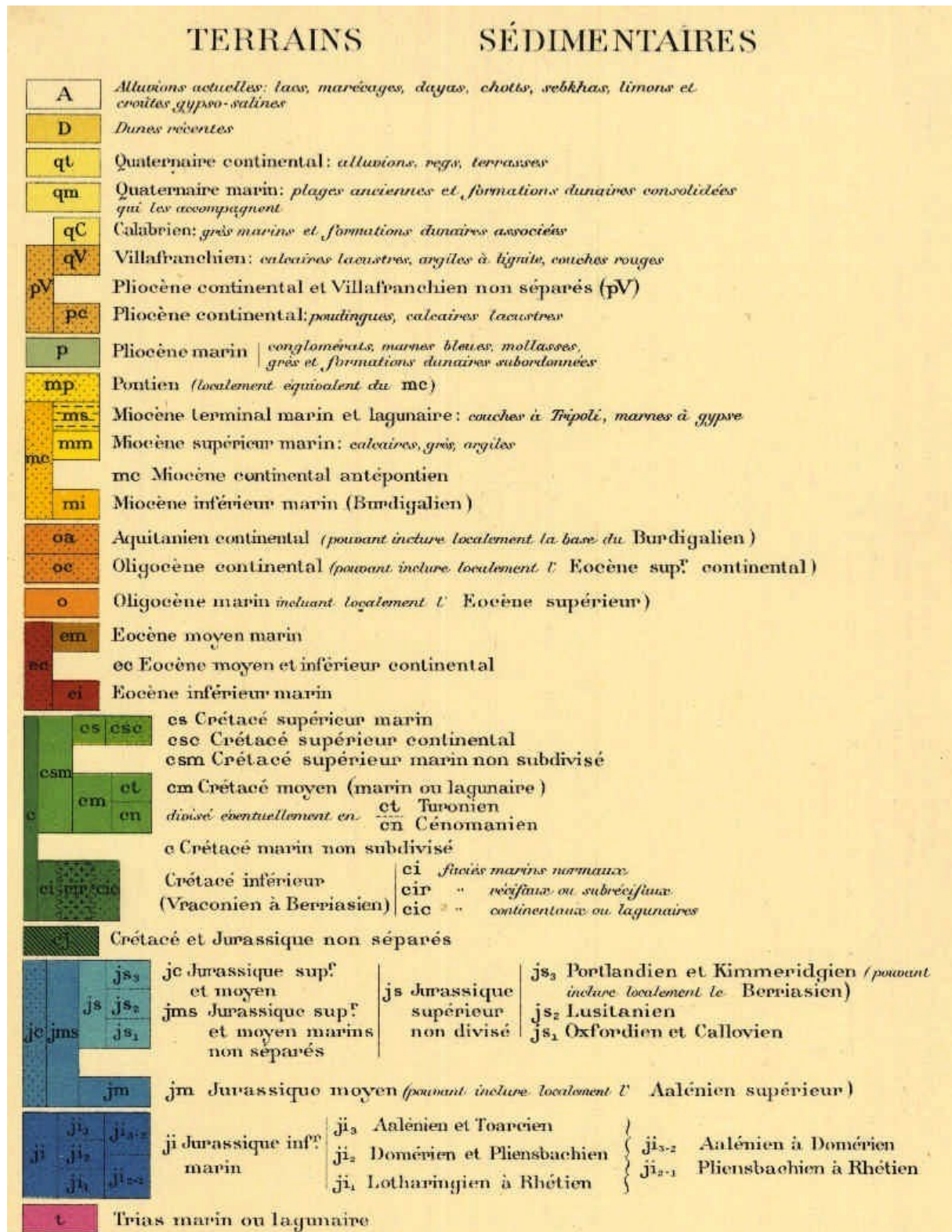


Figure n°5: Légende de la carte géologique précédente.

Chapitre I Présentation de la zone d'étude du barrage Kramis

4. Principaux types de substrat rencontré au niveau de zone d'étude

Nous rencontrons huit types de substrat :

a- Les Grés

Leur décomposition donne des sables qui sont facilement transportés par les eaux de ruissellement et le vent, pour aller se déposer sur les terrains à faibles pentes.

Nous rencontrons deux types de grés sur le périmètre.

Grés à ciment calcaire : sa désagrégation est très facile par H₂O des pluies + CO₂ → dissolution du calcaire.

Grés à ciment siliceux : sa désagrégation est lente vu que la silice est inaltérable.

b- Les calcaires

Roches plus souvent compactes, constituées essentiellement de carbonate de calcium. leur décomposition est liée à la dissolution de calcium par les eaux de pluie chargées de CO₂.

Leur dissolution laisse un résidu argileux (argile de décalcification) qui sera entraîné par les eaux de ruissellement. Comme la plus grande partie de calcaire est dissoute, il ne se forme pas ou peu de sol.

Seules les variations de température, le gel, l'action de désagrégation des racines peut un calcaire cohérent en cailloutis.

Les sols formés sur calcaire sont le plus souvent pierreux et sans profondeur. Ce sont des sols riches en élément utilisables par la plante, ils se réchauffent vite et sont plus secs.

Les terrains présentant une alternance avec les marnes donnent des sols de meilleure qualité.

c- Les marne

Les terrains développés sur substrat marneux se prêtent mieux à la forêt. Leur décomposition donne des argiles formant des terrains lourds profonds suivant leur situation, ce sont des sols imperméables, froids, sujettes à l'érosion linéaire et en masse.

Chapitre I Présentation de la zone d'étude du barrage Kramis

Elles se dessèchent très vite, deviennent durs et crevassées.

Elles donnent des sols peu favorables aux essences forestières dont les racines se déchirent avec la présence de fente de retrait, une fois le sol desséché.

Calcaire marneux : ce mélange présente un substrat plus cohérent, mais sur les terrains en pente facilement emportés par les eaux de ruissellement, les argiles ont tendance à se détacher des bandes calcaires qui apparaissent sous formes de colluvions caillouteuse très importantes.

d- Miocène

Le miocène inférieur marin, burdigalien, est formé d'une épaisse série monotone d'argile et de marines budes, souvent rubanées, parfois sableuses ou limoneuses. L'étage se termine par un complexe argilo-détritique formé d'une alternance de marnes et de grès grossiers, l'épaisseur de la série peut atteindre de 500 à 600 m.

Le miocène supérieur marin, vindobonien, les formations médianes sont représentées par des couches des marnes bleues, entrecoupées des marnes sableuses, de cierites, de marno-calcaire et localement d'argiles bentonitiques la partie supérieure et constitué par une série de grès calcaire fossilifères que l'on voit passer littéralement aux calcaires à lithothamnées, l'épaisseur de la série peut atteindre de 500 à 800 m.

e- Pliocène

Le pliocène continental et villafranchien forment une série continental rouge, les sables et les grès faibles alternent avec l'argile, les limons et les poudingues et conglomérats, calcaire lacustres et argile à lignite.

Le pliocène marin-astien, série marine finement détritique sableuse ou gréseuse, les grès peu argileux, sauf la partie inférieure, sont le plus souvent à ciment calcaire et peuvent localement passer à des calcaires gréseux, les grès astiens sont des grès calcaire plus ou moins consolidés, de couleur jaune fauve, localement de couche de sable quartzeuse à grain fins.

f- Crétacé

Inferieur marin, marnes et argile grés, schisteuses avec couches de grés quartzitiques et avec nodules fer érugineux, moins fréquemment avec couche de calcaires dures, grés foncé, puissance de m environ.

g- Trias

Sont des argiles ou marnes bigarrés plus ou moins gypseuses et salées.

7- La Géologie du bassin versant :

Le site du barrage est constitué de roches sédimentaires ,des marnes ,des pélites et des argilites qui sont faiblement cimentées ,fortement fissurées et broyées dans la plut part des cas.

La région du site du barrage est constituée par des sédiments du Miocène supérieur , du pliocène et par des dépôts quaternaires . Les sédiments du Miocène supérieur sont représentés par des argilites , des marnes et des pélites . par contre ,le pliocène est représenté par des galets dans une matrice argilo –limoneuse à marno –pélitique. Par des grés et des brèches conglomérats , avec une cimentation argilo-pélitique très faible

La rive gauche du site est constituée essentiellement de marne , la rive droite d'argilites et au niveau du col topographique de marnes .Les sédiments du pliocène , les marnes et les argilites du Miocène supérieur constituent la plaine de l'oued.

Les différentes roches , citées ci-dessus , sont tectonisées sur les deux rives .Les roches du substratum sont recouvertes par des colluvions , et dans la plaine de l'oued par des alluvions repaties en deux horizons inférieur constitué d'alluvions grossières ,et supérieur par des argiles, des limons et des sables .Au niveau de la rive gauche, les dépôts colluvionnaires et les marnes sous-jacentes sont affectés par des glissements .

Les formations colluvionnaires sur le versant gauche ont tendance à glisser :

- Les dépôts colluvionnaires et les masses de glissements , représentés oar des argiles, des limons , des galets et des blocs dans une matrice argilo- limoneuse à argilo-marneuse, sont extrêmement hétérogènes et en état naturel de gissemnt correspondent à des sols non consolidés , très altérés et remaniés . pour ces raisons on ne recommande pas que ces dépôts soient laissés (maintenus) à la fondation de la digue, ils sont sujet à l'excavation totale .
- Les dépôts de l'orison inférieur du complexe alluvionnaire, représentés par des galets , des

Chapitre I Présentation de la zone d'étude du barrage Kramis

graviers et des blocs avec un remplissage de sables en état naturel sont normalement consolidés. Les roches du Miocène supérieur constituées par des argilites, des marnes et des pélites, et des sédiments du pliocène, en état naturel de gissement dans le massif Rocheux du site du barrage, présentent des roches très fracturées.

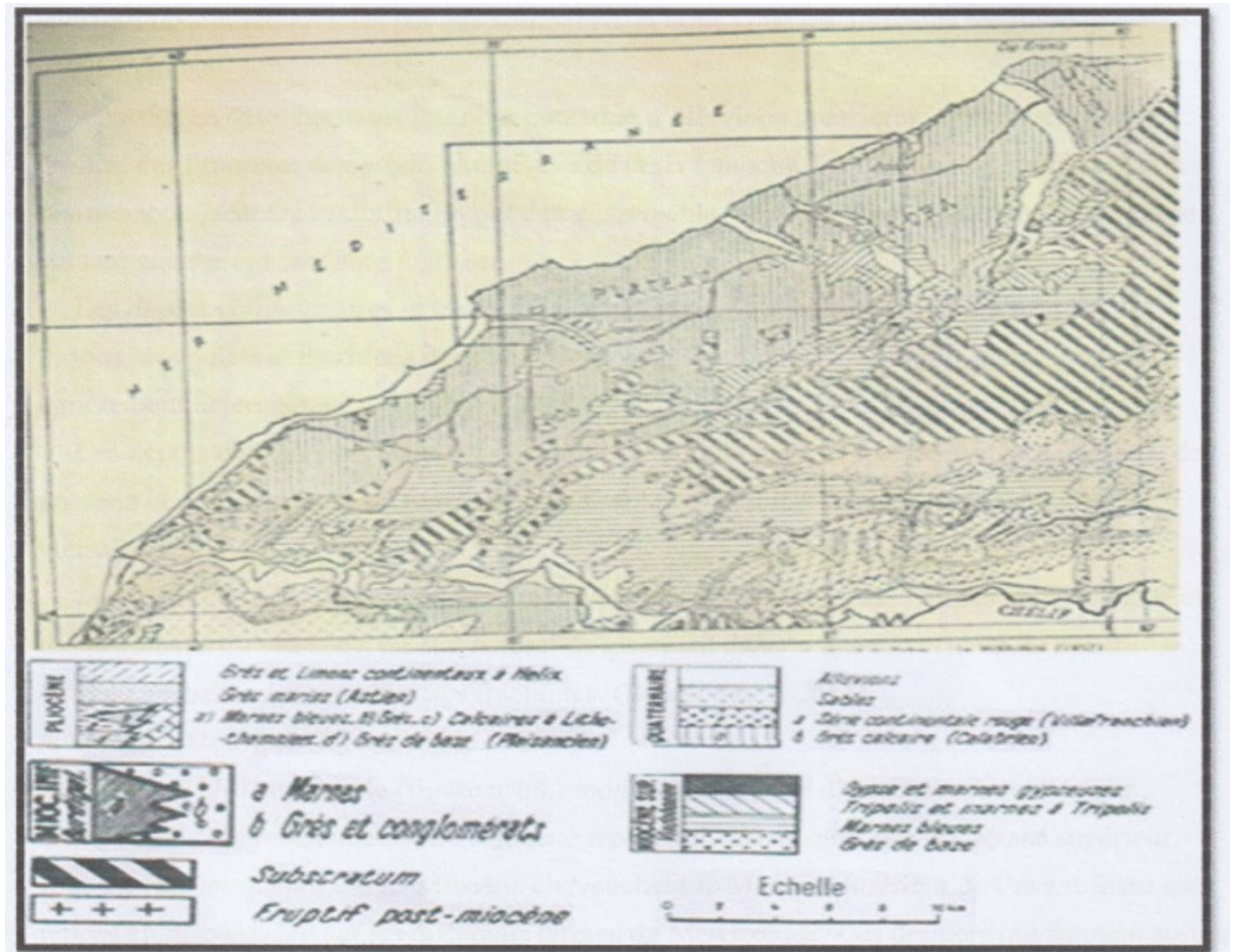


Figure n°6 : carte géologique de plateaux d'Achaacha (Belkbir, 1986)

Chapitre I Présentation de la zone d'étude du barrage Kramis

8-Localisation du bassin versant du barrage de Kramis :

Le barrage de Kramis a pour but de stocker un volume de 45Hm³ et régulariser annuellement un volume de 25Hm³/an. Cet ouvrage est destiné a irriguer les périmètres de Achacha d'une superficie de 4300 ha pour un volume affecté de 10 Hm³ et à renforcer l'AEP de la zone de Dahra (Sidi Lakhdar , Nekmaria, Ouled Boughanem et Achacha) avec une population totale de 11 546 habitants (2003) ,avec un volume affecté de 5Hm³ .

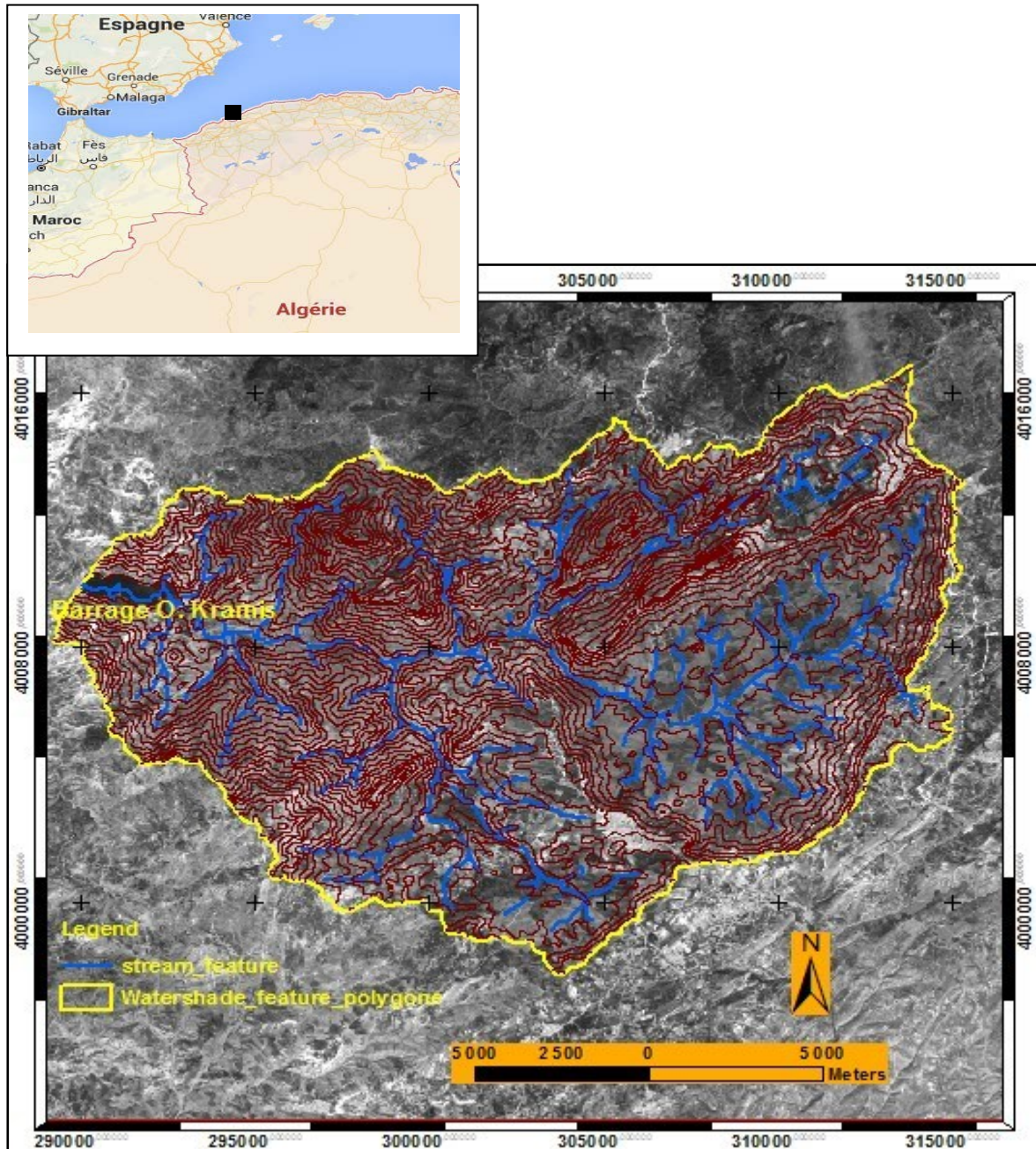


Figure n°7 : Localisation de la zone d'étude : topographie du bassin (Projected Coordinate System: Nord_Sahara_1959_UTM_Zone_31N)

9-Aspect d'ensemble de l'aménagement :

9.1. Mur du barrage :

Le barrage est en terre zoné avec un noyau en d'étanchéité en argile, ce noyau est fondé partout sur de la roche mère constituée surtout de marnes et d'argilites. Dans le but de réduire le débit de filtration au –dessous du noyau.

Le barrage de kramis a une hauteur 48m, la longueur est de 650m et sa largeur est de 6m. La crête du barrage se trouve à la cote 116m. Le niveau normal de la retenue du barrage est de 108m, peut stocker un volume de 45, 38Hm³.



Figure n°8 : Vue en plan du barrage kramis (source : Google maps).



Figure n°9: Barrage de kramis en voie de réalisation (noyau en argile).

La partie étanche de la digue du barrage de Kramis est constituée d'une partie sur terre (noyau d'argile central) ,et d'une partie souterraine (la galerie d'injection et le voile d'injection).On utilise le voile d'injection pour assurer le contact entre la galerie et la roche ; contre la suffisions et l'infiltration dans la zone avec les charges et les pressions maximales.



Figure n°10: Talus amont et Aval de la digue du barrage de Kramis.

Chapitre I Présentation de la zone d'étude du barrage Kramis

9.2. Evacuateur de crue :

L'évacuateur de crues est implanté en rive droite. Il est constitué par un déversoir curviligne à seuil libre. Ce déversoir est capable d'évacuer le débit de 1250 m³/s. Le seuil déversant a une longueur de 100 m, il est suivi d'un chenal à pente faible long de 75m et ensuite par un chenal à forte pente de (5% à 28%) large de 20 m et long de 254 m qui arrive dans un bassin de dissipation la longueur est de 100m et sa largeur de 20 à 76 m avec blocs à seuil casse veine.



Figure n°11: Evacuateur de crue du barrage de kramis.

9.3. Vidange de fond :

Le vidange de fond était implanté dans le versant droit avec un débit de 27 à 34 m³/s, selon le niveau hydrique. La tour de prise émergente est reliée à terre par une parcelle, la vidange de fond est constituée par une tuyauterie en acier diamètre 2600 mm enrobée dans le béton avec la tuyauterie de prise diamètre 600 mm de l'AEP. A la fin du coté aval, la vidange de fond a en parallèle une vanne Johnson et une vanne plane de 1,5x 1,5 qui déchargent dans un bassin de dissipation. La conduite de diamètre 1000 mm en amont du déversoir permet d'alimentation de l'eau pour l'irrigation , avec u un by-pass qui peut alimenter même l'AEP .

10- Réseau hydrographique :

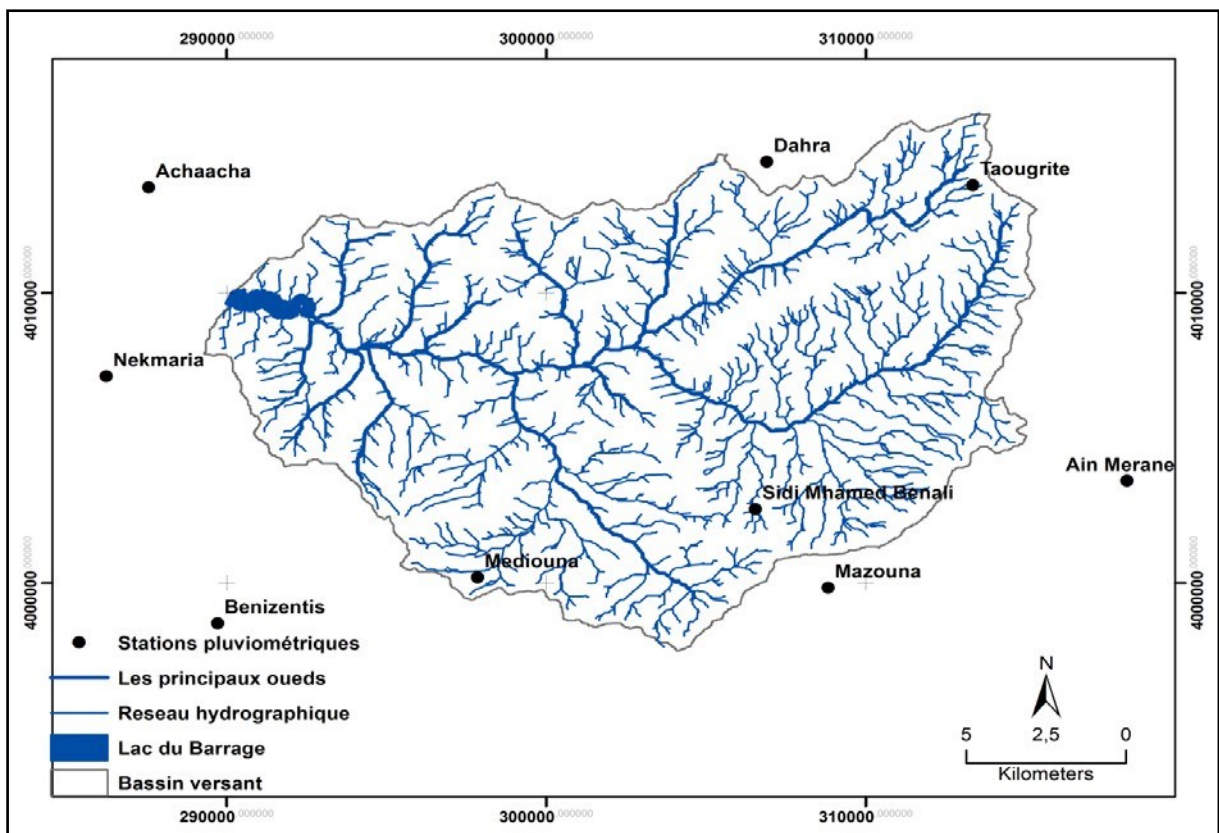


Figure n°12: Réseau hydrographique du bassin versant de l'oued Kramis

La carte du réseau hydrographique montre que le chevelu hydrographique de la région d'étude permettant l'identification des cours d'eau. A sa lecture, le réseau hydrographique du bassin de l'oued Kramis draine une superficie de 302 km² comprise depuis les monts de Dahra au Nord et ceux de Taougrite au nord-est jusqu'au lac du barrage. Les principaux affluents de la rive droite du bassin versant prenant naissance à partir des montagnes de Taougrite, Dahra et Sidi Moussa et se déversant dans l'oued Kramis. Alors ceux qui sont de la rive gauche du bassin versant prenant naissance à partir des monts de Sidi Mhamed Benali, de Mediouna et de Nekmaria. Ils se déversent dans l'oued Kramis prenant une direction d'écoulement du sud vers le nord. D'une

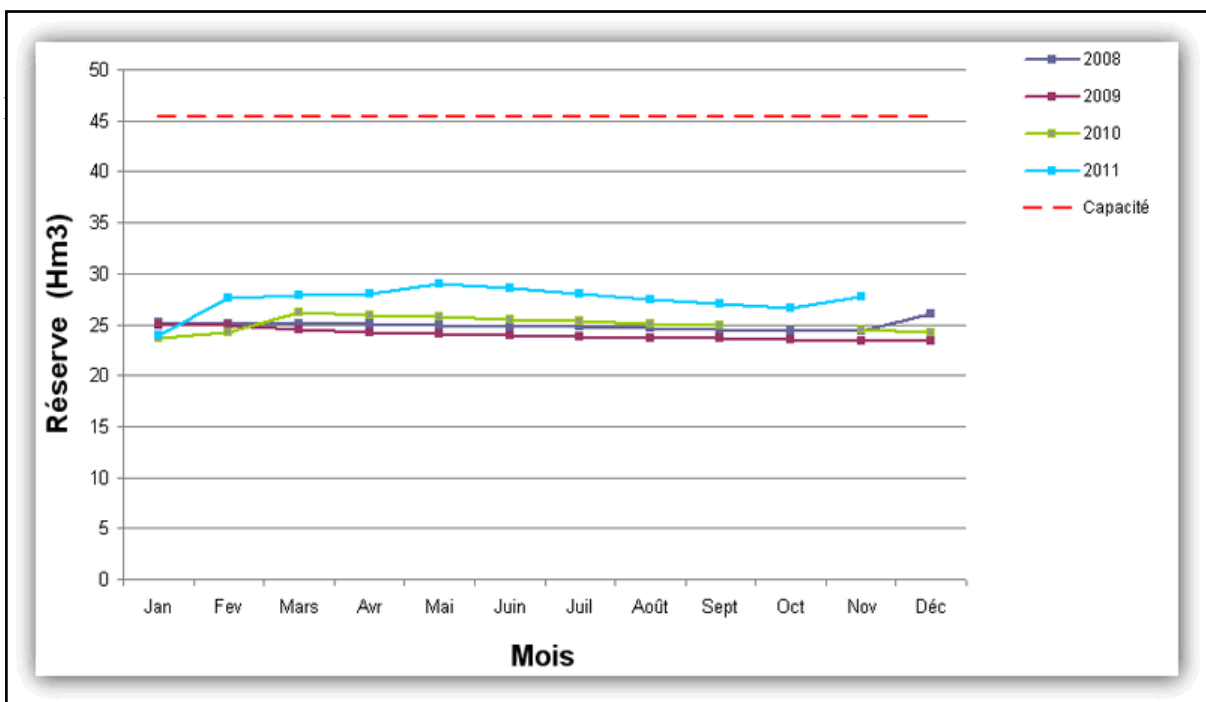
Chapitre I Présentation de la zone d'étude du barrage Kramis

façon générale, et d'après la figure 08, la zone d'étude présente un réseau hydrographique assez dense 3.7 km/km^2 . Ce qui montre une activité importante de l'aléa érosif, en particulier à l'échelle du secteur sud-ouest de la zone d'étude.

11- L'hydrologie du bassin versant :

La superficie totale du bassin jusqu'au site du barrage de Kramis est de 300 km^2 avec une altitude moyenne de 390 m , une longueur maximale de l'oued de $37,50 \text{ km}$, une pente moyenne $i_0 = 16 \%$ et une pente des versant $I_{BV} = 0,134$.

Figure n°13: Etat mensuel des réserves du barrage de kramis (Source: bassin hydrographique)



Chapitre I Présentation de la zone d'étude du barrage Kramis

11.2. Caractéristiques climatiques :

Le climat du bassin versant est méditerranéen qui se caractérise par un hiver humide et pluvieux et d'un été sec .Le tableau n°1 présente les principaux paramètres climatologiques :

Tableau n°1: Les paramètres climatologiques.

Valeur Caractéristiques	Unité	Moyenne	maximale	Minimale
Température	(degr)	18.9	25.1	12.2
Humidité	(%)	68.7	89.7	42.3
Précipitations	(mm /an)	687	-	-
Evaporation	(mm /an)	1633	1894	1365.9

La direction et la vitesse des vents qui prédominent est de l'ouest vers l'est et respectivement de 28.2% et 17.5% . la vitesse moyenne du vent est de $1 \div 4.5$ m/s, alors que la vitesse moyenne du vent maximal adoptée est égale à 16m/s .Le vent d'une fréquence de 2% a une vitesse de 36 m/s.

11.3. Les apports :

Les caractéristiques (paramètres)des apports de l'oued Kramis sont :

Apport interannuel	$A_{moyenne} = 49.4 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{an} .$
Coefficient de variation	$C_v = 0.59$
Coefficient d'asymétrie	$C_s = 1.18$
Apport annuel dans une année sèche	$A = 24.90 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{an} .$
Apport annuel dans des années très sèches	$A = 13.09 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{an} .$

Chapitre I Présentation de la zone d'étude du barrage Kramis

La distribution des apports pour les trois années est présentée dans le tableau suivant :

Tableau n°2: Distribution des apports pour les trois années (ANBT 2022).

Mois	Moyenne	Séche	Tr.séche
Septembre	0.84	0	0
Octobre	7.77	5.24	0
Novembre	9.83	13.35	4.39
Décembre	16.35	10.12	7.62
Janvier	15.04	17.71	24.75
Février	17.75	11.44	22.71
Mars	12.79	13.05	11.53
Avril	12.73	23.50	26.20
Mai	4.41	5.50	2.82
Juin	1.79	0.09	0
Juillet	0.38	0	0
Aout	0.32	0	0
%	100%	100%	100%

11.4. Caractéristiques hydrogéologiques :

Une étude hydrogéologique a été réalisée dans le but de connaître les différents ensembles hydrogéologiques et de définir le niveau de la nappe sur les versants et le long de l'oued.

Le niveau de perméabilité des ensembles hydrogéologiques qui ont été repérés a été attribué par rapport au classement AFTES 1992, d'après lequel on peut distinguer les 4 classes de perméabilité qui suivent :

$K1 < 10^{-8}$ m/s	Perméabilité très faible .
$10^{-8} < K2 < 10^{-6}$ m/s	Perméabilité de moyenne à faible .
$10^{-6} < K3 < 10^{-4}$ m/s	Perméabilité moyenne .
$K4 > 10^{-4}$ m/s	Perméabilité de moyenne à bonne .

Chapitre I Présentation de la zone d'étude du barrage Kramis

Les indications des essais sont résumées au tableau suivant :

Tableau n°3: Classes de perméabilité.

Classe	Complexe hydrogéologique	Intervalle de perméabilité	Classe AFTES 1992
Ia	Complexe colluvial argileuse –limoneux	$10^{-6} \div 10^{-8}$ m/s	K2
Ib	Complexe des dépôts à blocs	$10^{-5} \div 10^{-7}$ m/s	K3 > K2
II	Complexe alluvial	$10^{-5} \div 10^{-8}$ m/s	K 3
IV	Complexe marneux	$10^{-3} \div 10^{-8}$ m/s	K 3 > K2

Au niveau du site du barrage les complexes hydrogéologiques suivants ont été reconnus :

▪ **Complexe colluvial argileuse –limoneux :**

Ce complexe correspondant aux dépôts colluviaux situés sur les Versants en rive droite et gauche de l'oued kramis. Il est caractérisé par une perméabilité en général faible, avec des valeurs de k allant d'environ 10^{-6} m/s à 10^{-8} m/s.

▪ **Complexe des dépôts à blocs :**

On le retrouve en général localisé sur les versants et il est constitué par des éboulis, des dépôts torrentiels et des dépôts d'accumulation de glissement. En raison de la composition, notamment de matériaux grossiers avec des matériaux fins vaseux sablonneux, la perméabilité est en général de moyenne à faible, avec k qui varie entre 10^{-5} et 10^{-7} m/s.

▪ **Complexe alluvial :**

Correspondant aux dépôts le long de l'oued kramis, dépôts de coulées et torrentiels et dépôts d'accumulation de glissements. Il est constitué, au niveau du lit de L'oued kramis, par des graviers et des sables intercalés dans des niveaux argileux-limoneux et il est caractérisé par une perméabilité qui varie entre 10^{-5} et 10^{-8} m/s Dans ces dépôts, on trouve une nappe phréatique, alimentée par l'oued kramis et par l'eau de drainage des versants, ce complexe est en continuité hydraulique avec les dépôts de coulée et torrentiels et les dépôts d'accumulation des glissements, dont la perméabilité est inférieure.

▪ **Complexe marneux :**

Correspondant au substratum marneux au –dessous des dépôts alluviaux –colluviaux. Au-dessous des deux premiers complexes, on trouve le complexe marneux, ou la perméabilité a lieu surtout par fracturation, et les essais d'eau effectués jusqu'à présent permettent de déterminer des valeurs de k comprises entre 10^{-3} m/s et 10^{-5} m/s .

Chapitre I Présentation de la zone d'étude du barrage Kramis

La nappe superficielle est localisée à une profondeur d'environ 0.5 ÷ 4.5 m le long de l'oued, tandis que sur les versants on l'a une profondeur variable, entre les dépôts quaternaires (colluvions) et elle va diminuant en direction de l'oued. La direction de l'écoulement dans les marnes fracturées est influencée par le degré de fracturation et par la composition minéralogique. Les résultats du laboratoire montrent que l'eau est très minéralisée (beaucoup de chlorure, de bicarbonate de calcium du sulfate et du magnésium) et très dure.

Chapitre II

Qualité de l'eau et capacité de stockage du barrage

Kramis

Introduction :

Le barrage de Kramis est situé sur l'Oued Kramis à la confluence des oueds Nekmaria et Kramis, quelques kilomètres avant que celui-ci ne se jette dans la mer. Il est destiné à l'alimentation en Eau Potable de la ville de Achaacha, Boughanem, Nekmaria, Khadra, Sidi Lakhdar et la zone d'extension DAHRA et l'irrigation de 4 300 ha pour un volume affecté de 10 Hm³ et à renforcer l'AEP.

I- Qualité de l'eaux de barrage Kramis**I-1 Généralités sur l'eau potable :****a- Origine de l'eau potable**

L'eau est très présente sur notre planète, ainsi vue de l'espace, la terre apparaît bleue car les océans recouvrant près des trois quarts de la surface terrestre (70%). La totalité de l'eau sur terre représente un volume de 1,4 milliard de km³ sous forme liquide, solide ou gazeuse.

Cependant, la majeure partie de l'eau (97 %) est contenue dans les océans et est salée, ce qui la rend inutilisable pour l'homme.

L'eau douce n'en représente que 3 % et concerne :

- pour la majeure partie, les glaciers de montagne, les inlandsis du Groenland et de l'Antarctique (près de 2 %).
- les eaux douces souterraines (moins de 1 %, la majorité des eaux souterraines est salée, donc ne sont pas douces).
- les eaux de surface (cours d'eau, sols gelés, marécages et lacs d'eau douce : 0,03%).
- l'atmosphère (0,001%) ; les êtres vivants (0,0001%).

La moitié de cette eau douce représente l'eau disponible pour l'usage humain avec seulement 0,3% du volume d'eau de la planète, soit 4 millions de km³ (CIE, 2018) ⁽¹⁾.

Concernant l'origine d'eau potable, on distingue :

1- Eau souterraine :

Les eaux potables d'origine souterraine proviennent de deux sources essentielles : les nappes profondes et les nappes phréatiques. Les eaux des nappes profondes sont bien protégées des contaminants microbiens. Par contre, elles sont beaucoup plus accessibles aux souillures chimiques tels que les nitrates, les hydrocarbures, les détergents, les pesticides, les métaux, etc. En dépit de ce danger, les eaux profondes lorsqu'elles sont potables, sont idéales pour le consommateur (*Vierling, 2003*).

2- Eau de surface :

L'eau de surface désigne une eau, telle que le ruissellement, qui reste à la surface du sol et qui peut être stockée en étangs ou autres ouvrages de retenue. Elle résulte de la collecte de l'eau souterraine ou d'eau atmosphérique. (Guay et Rossel, 2003).

Les eaux de surface regroupent l'ensemble des masses d'eaux courantes ou stagnantes en contact avec l'atmosphère.

Parmi les eaux de surface, on peut citer :

- Les fleuves, les rivières, les lacs, les ruisseaux, les cours d'eau,
- Les eaux de ruissellement (eaux de pluies),
- Les réservoirs,
- Les lacs de barrage,
- Les mers et les océans,
- Les eaux côtières,
- Les zones humides ou eaux de transitions, c'est-à-dire toutes les masses d'eau situées à proximité des embouchures de rivières ou de fleuves (estuaires, vasières, marais côtiers, lagunes, mares, bordures de lacs...).

3-Définition de l'eau potable :

L'eau potable est une eau que l'on peut boire ou utiliser à des fins domestiques et industrielles sans risque pour la santé. Elle peut être distribuée sous forme d'eau en bouteille (eau minérale ou eau de source, eau plate ou eau gazeuse), d'eau courante (eau du robinet) ou encore dans des citernes pour un usage industriel et quand elle satisfait aux normes établies. Toutes ses caractéristiques biologiques,

physiques, chimiques et organoleptiques sont conformes aux normes de potabilité⁽²⁾.

4-Eau minérale naturelle :

Les eaux minérales sont des eaux potables qui répondent à une réglementation précise. Elles contiennent des teneurs en minéraux et en oligoéléments fixes et susceptibles de leur donner certaines vertus thérapeutiques⁽³⁾.

En générale, une eau minérale naturelle doit avoir une composition chimique stable, et ne doit surtout subir aucun traitement chimique.

b-Définition du traitement des eaux :

Le traitement de l'eau correspond à une action visant à modifier la composition physico-chimique, voire bactériologique, d'une certaine qualité et quantité d'eau. Cette modification par traitement est toujours liée à la quantité d'eau qui sera à traiter mais aussi à la qualité nécessaire pour un objectif donné. Pour atteindre cet objectif, il est nécessaire de mettre en place des procédés de traitement de l'eau visant à générer la quantité attendue de la qualité attendue par l'utilisateur.

Les procédés de traitement de l'eau pouvant être résumés à l'ensemble constitué par les produits, les matériels mise en œuvre mais aussi la mise en œuvre et le suivi technique ou la maintenance

La notion même de traitement de l'eau englobe donc de nombreux procédés permettant de répondre à de nombreux et divers besoins pour des utilisateurs très différents⁽⁴⁾.

c-Eau potable brute :

L'eau brute est celle qui se trouve dans l'environnement, qui n'a pas été traitée et possède tous ses minéraux, ions, particules, bactéries ou parasites Avant tout traitement de potabilisation les eaux sont nommées eaux brutes, dont l'exploitation est assujettie à des autorisations pour le prélèvement et la potabilisation appropriée (*Rapport SEOR*).

Les eaux brutes sont classées en trois catégories :

- Bonne qualité-traitement physique simple
- Qualité moyenne-traitement normal
- Qualité médiocre-traitement chimique poussée

d-Normes de potabilité :

Les normes de l'eau potable sont créées à partir d'une conception de la santé publique, s'appuyant sur la valeur guide de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

Une eau potable est une eau que l'on peut boire sans risque pour la santé. Afin de définir précisément une eau potable, des normes ont été établies qui fixent notamment les teneurs limites à ne pas dépasser pour un certain nombre de substances nocives et susceptibles d'être présentes dans l'eau. Le fait qu'une eau soit conforme aux normes, c'est-à-dire potable, ne signifie donc pas qu'elle soit exempte de matières polluantes, mais que leur concentration a été jugée suffisamment faible pour ne pas mettre en danger la santé du consommateur (OMS, 2000)⁽⁵⁾.

Les normes définissant une eau potable sont variables suivant la législation en vigueur et selon qu'il s'agit d'une eau industrielle ou destinée à la consommation.

e-Paramètres physiques et chimiques :

L'estimation de la qualité physico-chimique d'une eau ne peut s'effectuer pas la mesure d'un seul, mais d'un ensemble des paramètres de nature diverses. Pour l'analyse de la qualité de l'eau, on voit : pH, la conductivité, turbidité, les résidus secs, chlorure, bicarbonates, sulfate, nitrate, température et dureté...etc.

❖ Température :

Une température élevée accélère la plupart des réactions physico-chimiques, favoriser le développement de micro-organismes, accentuer le goût, la saveur, provoquer des odeurs désagréables, comme peut aussi être un facteur important dans la corrosion de la canalisation. Une eau potable devant être rafraichissante, la température maximale admissible est de 15°C. (ADE, 2012)

❖ PH :

Le pH (potentiel hydrogène) mesure la concentration en ions H⁺ de l'eau. Le pH doit être impérativement mesuré sur le terrain à l'aide d'un pH-mètre

Par définition le pH est le logarithme décimal de l'inverse de la concentration H⁺:

(Djemmal, 2008-2009)

$$\text{pH} = -\text{Log} [\text{H}^+].$$

L'échelle de pH varie de 0 à 14 en fonction de la force ionique, si :

➤ $[\text{H}^+] < [\text{OH}^-] \Rightarrow \text{pH} > 7$: l'eau est basique.

➤ $[\text{H}^+] > [\text{OH}^-] \Rightarrow \text{pH} < 7$: l'eau est acide.

➤ $[H^+] = [OH^-] \Rightarrow pH = 7$: l'eau est neutre.

Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques, et dépend de facteurs multiples, dont la température et l'origine de l'eau (**Tableau n°4**).

Tableau n°4 : Classification du pH des eaux

pH <5	-acidité forte -présence d'acide minéral ou organique dans les eaux naturelles
pH =7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée, majorité des eaux de surface
5.5 < pH < 8	Eau souterraines
pH > 8	Alcalinité

❖ **Turbidité :**

La turbidité de l'eau est causée par des matières en suspension (MES) composées d'argile, de limon, de particules organiques, de plancton et de divers autres organismes microscopiques, elle est utilisée pour les eaux souterraines, les eaux usées, les eaux de surface et l'eau potable (CEAEQ, 2016). La présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale constitue une faible quantité de la turbidité (Rejsek, 2002)

❖ **Conductivité:**

La conductivité est la mesure de la capacité d'une eau à conduire un courant électrique. La conductivité varie en fonction de la température. Elle est liée à la concentration et à la nature des substances dissoutes. En général, les sels minéraux sont de bons conducteurs par opposition à la matière organique qui conduit peu (CEAEQ, 2015).

❖ **Dureté :**

La dureté ou titre hydrotimétrique d'une eau correspondons à la somme des concentrations des cations alcalino-terreux (sels de calcium et de magnésium). Il s'agit d'un dosage complexo-métrique dont la solution dosante est un sel di-sodique d'acide éthylène diamine tétra-acétique : l'EDTA (di-hydrogéné-éthylène-diamine tétra-acétate de sodium).

On distingue respectivement :

- ✓ La dureté magnésienne (titre magnésien TMg) correspondant à la teneur en ions Mg^{+2} .
- ✓ La dureté calcique ou titre calcique TCa correspondant à la concentration en ions Ca^{+2} .
- ✓ La dureté permanente issue de l'association des ions calcium et magnésium avec les anions Cl^- , SO_4^{2-} ou NO_3^- .
- ✓ La dureté temporaire provenant de la combinaison des Ca^{+2} et Mg^{+2} avec les ions HCO_3^- , CO_3^{2-} et OH^- (**Gilles et Claude, 2013**).

❖ Nitrates :

Toutes les formes d'azote sont susceptibles d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique. Pour connaître la méthode de détermination voir § " anions". Les composés carbonés : il existe différents indicateurs de pollution organique. Les composés carbonés peuvent avoir différentes origines liées aux activités humaines, industrielles, agricoles ainsi qu'aux activités naturelles.

❖ Nitrites :

Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante. Une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte. Pour connaître la méthode de détermination voir § " anions ".

❖ Résidu sec :

Cette mesure permet d'évaluer la teneur des matières dissoutes et en suspension déterminée par pesée. Une certaine quantité d'eau est évaporée soit à 110 ou 180 °C dans une coupelle tarée. Le résidu desséché est ensuite évalué par pesée.

❖ Les composés phosphorés :

Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol ; leur présence dans les eaux naturelles est liée à la nature des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique. Les eaux de surface peuvent souvent être contaminées par des rejets domestiques, agricoles ou industriels. Le phosphore existe à l'état minéral ou organique. Chaque fraction peut être séparée analytiquement en orthophosphates, phosphore hydrolysable et phosphore organique.

❖ Oxygène dissous :

L'eau absorbe autant d'oxygène que nécessaire pour que la pression partielle d'oxygène dans le liquide et l'air soit en équilibre. La solubilité de l'oxygène dans l'eau est fonction de la pression atmosphérique (donc de l'altitude), de la température et de la minéralisation de l'eau : la saturation en O₂ diminue lorsque la température et l'altitude augmente.

La concentration en oxygène dissous est un paramètre essentiel dans le maintien de la vie, et donc dans les phénomènes de dégradation de la matière organique et de la photosynthèse.

L'Algérie s'est basée sur les normes internationales, pour établir ses propres normes, on peut dire que c'est une combinaison de différentes normes qui existe sur le plan international (Tableaux n°5 et n°6) (Ghettas B., 2011)⁽⁶⁾.

Tableau n°5 : Normes OMS et algériennes des paramètres physico-chimiques pour l'eau potable (OMS, 2003).

Substance	Unité	Normes OMS	Normes Algériennes
Turbidité	NTU	<2.5	<2
Température	C°	<25	<25
TA	Mg/l	<15	<5
TAC	Mg/l	<15	<
Calcium	Mg/l	<270	<200
Magnésium	Mg/l	<50	<150
Chlorure	Mg/l	<250	<500
Concentration en ions hydrogéné	pH	≥6.5 et ≤9.5	≥ 6.5 et ≤9
Dureté	Mg/l de CaCO ₃	<500	<500
Conductivité à 20°C	µs/cm	<2100	<2800
Ammonium	Mg/l	<0.5	<0.5
Potassium	Mg/l	<20	<12
Aluminium	Mg/l	<0.2	<0.2
Cadmium	µg/l	<3	<3
Cuivre	O ₂	<2	<2
Oxygène dissous	Mg/l	<6.5	Pas de valeur guide
Fluorure	Mg/l	<1.5 mg /l (jusqu'à 10)	<1.5
Fer	Mg/l	<0.3	<0.3
Manganèse	Mg/l	<0.4	<0.05
Nitrate	Mg/l	<50	<50
Nitrite	Mg/l	<0.1	<0.1
Oxydabilité	Mg/l O ₂	<5	<5
Sulfate	Mg/l	<400	<400
Zinc	Mg/l	<3	<5
Phosphate	Mg/l	<0.5	<0.5
Cyanure	Mg/l	<0.07	<0.07
Résidu sec	Mg/l	<1500	<2000

Tableau n°6 : Normes OMS des paramètres bactériologiques pour l'eau potable (OMS, 2003).

Variable	Concentration maximale admissible (eau désinfectée)
Coliformes totaux/100ml	0
Coliformes fécaux/100	0
Streptocoques fécaux/10	0

Tableau n°7 : Résultats d'analyses physico-chimique de l'eau barrage Kramis (eaux de barrage-KRAMIS-ADE ACHAACHA 04/2019)

Paramètre	Unité	Eau brute	Eau Traité	Norme algérienne
Température	C°	15.2		25
PH	PH	8.61		6.5-8.5
Turbidité	NTU	38		5
Conductivité	µS /Cm	1894		2500
Chlore libre	Mg/l	-	0.82	-
O ₂ Dissous	Mg/l	10.42	10.68	<5
La dureté totale	F°	75	72	50
Alcalinité Simples	F°	1.00	00	00
Alcalinité Complets	F°	33	32	-
Aluminium	Mg/l	00	0.05	0.2
Oxydabilité KMnO ₂	Mg/l	0.56	0.13	0.3
MES (105°)	Mg/l	900	1000	-
Résidu sec 105°	Mg/l	1400	1600	2000
Ammonium	Mg/l	0.23	0.045	0.5
Nitrates	Mg/l	8.12	4.22	50
Nitrites	Mg/l	0.01	00	0.05
Phosphate	Mg/l	00	00	00
Sulfate	Mg/l	282	315	400
Chlorure	Mg/l	489	503	600
Fer	Mg/l	0.62	0.22	0.3
Manganèses	Mg/l	37	36	0.05
Potassium	Mg/l			12
Calcium	Mg/l de CaCO ₃	152.3	144.2	200
Magnésium	Mg/l de CaCO ₃	90	87.5	150
Bicarbonate	Mg/l de CaCO ₃	402.6	400	-

Tableau n°8 : Résultats d'analyses physico-chimique de l'eau barrage Kramis (eaux de barrage-KRAMIS- ADE ACHAACHA 10/02/2021)

Paramètre	Unité	Eau brute	Eau Traité	Norme algérienne
Température	C°	15.2	15.6	25
PH	PH	8.61	8.05	6.5-8.5
Turbidité	NTU	38	0.62	5
Conductivité	μS /Cm	1894	1886	2500
Chlore libre	Mg/l	/	0.4	-
La dureté totale	F°	75	72	<50
T Calcium	F°	38	36	-
T Magnésium	F°	37	36	-
Alcalinité Simples	F°	0.8	00	00
Alcalinité Complets	F°	16.4	16	0.5
Ammonium	Mg/l	0.36	0.012	0.5
Nitrates	Mg/l	2.08	1.12	50
Nitrites	Mg/l	0.07	0.01	0.5
Phosphate	Mg/l	00	00	00
Sulfate	Mg/l	286	297	400
Chlorure	Mg/l	418	425	600
Fer	Mg/l	0.15	0.11	0.3
Manganèses	Mg/l	/	/	0.05
Calcium	Mg/l de CaCO ₃	152	144	200
Magnésium	Mg/l de CaCO ₃	90	87	150
Bicarbonate	Mg/l de CaCO ₃	299	280	-

Tableau n°9 : Résultats d'analyses physico-chimique de l'eau barrage Kramis (eaux de barrage-KRAMIS- ADE ACHAACHA 23/01/2022)

Paramètre	Unité	Eau brute	Eau Traité	Norme algérienne
Température	C°	11.8	12.2	25
PH	PH	7.48	7.28	6.5-8.5
Turbidité	NTU	28	0.42	5
Conductivité	µS /Cm	1025	1036	2500
Chlore libre	Mg/l	0.07	1.08	-
Salinité	-	0.3	0.3	1
TDS	Mg/l	445	448	1000
O ₂ Dissous	Mg/l	10.29	10.30	<5
La dureté totale	F°	40	38	50
T Calcium	F°	27	26	-
T Magnésium	F°	13	09	-
Alcalinité Simples	F°	00	00	00
Alcalinité Complets	F°	23	22	-
Aluminium	Mg/l	/	0.092	0.2
Oxydabilité KMnO ₂	Mg/l	/	/	0.3
MES (105°)	Mg/l	600	200	-
Résidu sec 105°	Mg/l	900	500	2000
Ammonium	Mg/l	0.321	00	0.5
Nitrates	Mg/l	32	08	50
Nitrites	Mg/l	00	00	0.5
Phosphate	Mg/l	00	00	00
Sulfate	Mg/l	348	349	400
Chlorure	Mg/l	56.5	62.2	600
Fer	Mg/l	0.52	0.04	0.3
Manganèses	Mg/l	0.09	00	0.05
Potassium	Mg/l	11.4	7.02	12
Calcium	Mg/l de CaCO ₃	108	104	200
Magnésium	Mg/l de CaCO ₃	31.6	22	150
Bicarbonate	Mg/l de CaCO ₃	280	268	-

Tableau n°10 : Résultats d'analyses physico-chimique de l'eau barrage Kramis (eaux de barrage-KRAMIS- ADE ACHAACHA Mars 2022)

Paramètre	Unité	Eau brute	Eau Traité	Norme algérienne
Température	C°	16.8	17.2	25
PH	PH	7.49	7.32	6.5-8.5
Turbidité	NTU	25.2	0.42	5
Conductivité	µS /Cm	1204	1226	2500
Chlore libre	Mg/l	0.07	1.2	-
Salinité	-	0.4	0.4	1
TDS	Mg/l	518	522	1000
O ₂ Dissous	Mg/l	9.82	9.92	<5
La dureté totale	F°	34	32	50
T Calcium	F°	29	28	-
T Magnésium	F°	05	04	-
Alcalinité Simples	F°	00	00	00
Alcalinité Complets	F°	14	13.2	-
Aluminium	Mg/l	0.03	0.088	0.2
Oxydabilité KMnO ₂	Mg/l	/	/	0.3
MES (105°)	Mg/l	700	200	-
Résidus sec 105°	Mg/l	900	500	2000
Ammonium	Mg/l	0.274	00	0.5
Nitrates	Mg/l	5.62	0.8	50
Nitrites	Mg/l	0.035	00	0.5
Phosphate	Mg/l	00	00	00
Sulfate	Mg/l	270	272	400
Chlorure	Mg/l	106	116	600
Fer	Mg/l	0.320	0.04	0.3
Manganèses	Mg/l	0.009	00	0.05
Potassium	Mg/l	15.8	6.12	12
Calcium	Mg/l de CaCO ₃	116	112	200
Magnésium	Mg/l de CaCO ₃	12	9.7	150
Bicarbonate	Mg/l de CaCO ₃	168	161	-

Les résultats des analyses réalisées au niveau du laboratoire de la ADE ont été comparés aux normes algériennes et celles de l'OMS. Elles sont relativement proches dans tous les tableaux (n° 8, 9 et 10) sauf que le tableau n°7 (l'année 2019) à cause de la rareté de la pluie dans cette année. Celui-ci a provoqué la réduction de la quantité de l'eau de barrage et la vase a influencé la qualité d'eau.

II-Capacité de stockage de barrage Kramis

Le barrage de Kramis a une capacité de 45Hm³ avec un prélèvement actuel : 28 000 M3/J soit 10 Hm³/an. Notons que le barrage de Kramis alimente en eau potable la région de Dahra.

Il est constaté du que la capacité totale initiale (à la mise en eau des retenues) qui est de l'ordre de 45Hm³ a été réduite à 41,5 Hm³. Cette réduction de la capacité de stockage d'environ un 3,5Hm³ correspond au volume perdu par l'accumulation de la vase dans les retenues de barrages pendant la période d'exploitation. Cette perte représente un taux de 7,77 % de la capacité initiale. (NBT 2022).

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

Tableau n°11: caractéristiques du barrage Kramis (ANBT 2022)

Date de mise en service	2005
Superficie du bassin versant	366 ha
La capacité initiale du barrage	45 Hm ³
Volume régularisé	25 Hm ³ /an
Taux d'envasement	7,77 %

II-1 Envasement

L'envasement des barrages est l'une des conséquences la plus dramatique de l'érosion hydrique ; environ 180 millions de tonnes sont arrachés annuellement des bassins versants par le ruissellement dans le nord d'Algérie (Demmak, 1982).

Le phénomène de l'envasement des barrages est l'aboutissement d'un processus naturel d'érosion des bassins versants et du sapement des berges des cours d'eau. L'envasement qui représente les dépôts successifs des sédiments, pose des problèmes de quantité et de qualité des eaux des barrages. En matière de quantité, l'infrastructure hydrotechnique Algérienne forte de 74 grands barrages, d'une capacité de 8 milliards de m³ est amputée annuellement d'une capacité de plus de 50 millions de m³.

Les pays de l'Afrique du nord comme l'Algérie, le Maroc, et la Tunisie, détiennent plus de 230 barrages d'une capacité totale de 23km³. Environ 125hm³ de sédiments se déposent annuellement au fond de ces barrages, avec par ordre d'importance décroissante, le Maroc avec 65hm³, l'Algérie avec 32hm³ et la Tunisie avec 25hm³ (Remini ,1997).

La figure 14 et 15 montre respectivement la capacité de stockage et de l'envasement annuel en Afrique de nord.

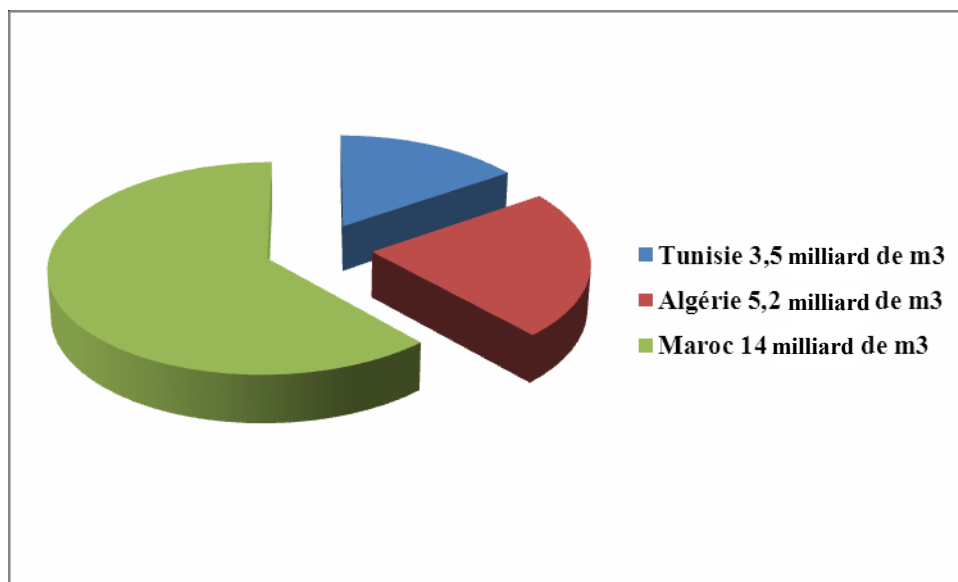


Figure n°14: Capacité de stockage en Afrique du nord (<http://www.webreview.dz/IMG/pdf/10-Remini.pdf>)

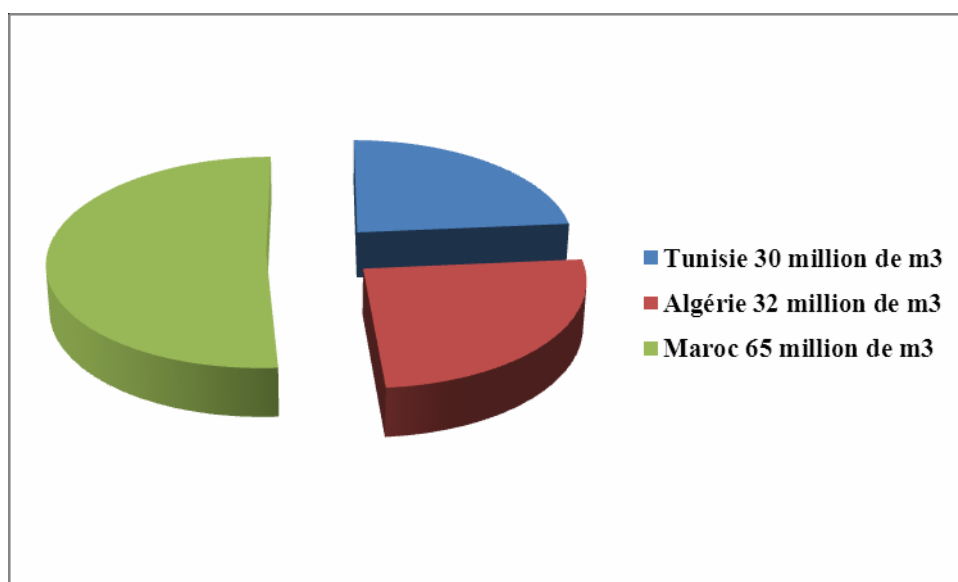


Figure n°15: Envasement annuel en Afrique du nord (Courrier du Savoir – N°04, Juin 2003, pp. 65-69).

Ainsi, plus de 30 millions de m³ de sédiments se déposent annuellement au niveau des grandes retenues de barrage de l'Algérie dont une quinzaine sont gravement menacés par ce phénomène d'envasement.

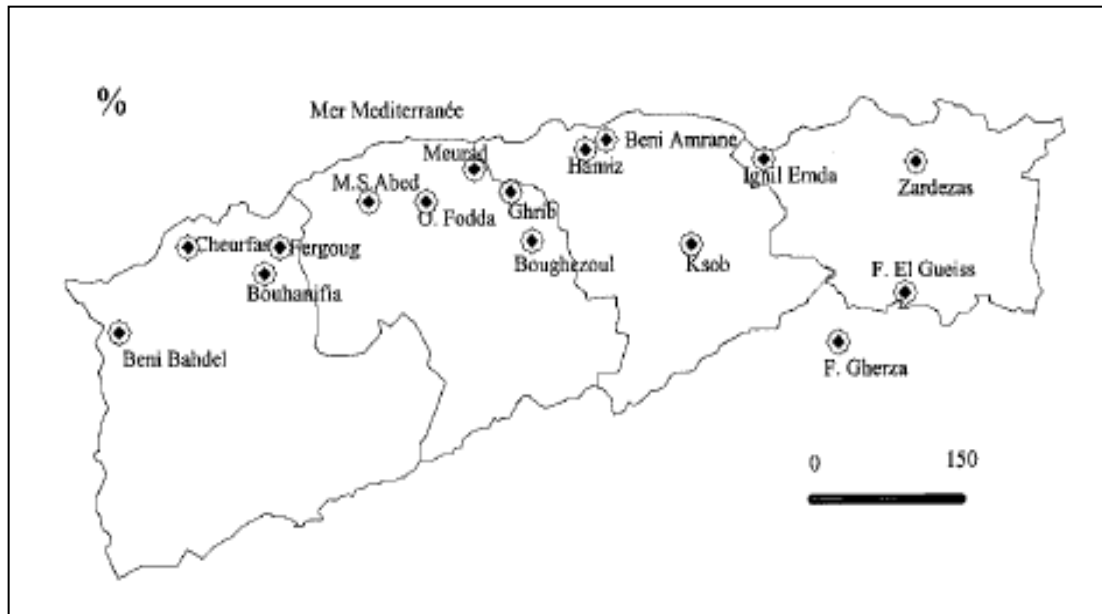


Figure n°16: Situation des retenues les plus envasées en Algérie.

Au total, environ 20 grands barrages sont fortement menacés par le comblement total du réservoir à court terme si les moyens techniques de lutte ne sont pris en compte (Remini et Hallouche, 2007b). Le processus de l'envasement d'un barrage commence dans la première phase par l'arrachage des particules fines de leurs positions initiales par le ruissèlement. Dans la seconde phase, les sédiments seront drainés par les cours d'eau jusqu'au barrage. Enfin dans la troisième partie, les particules seront pièges pour se décanter et se tasser au fond du lac du barrage.

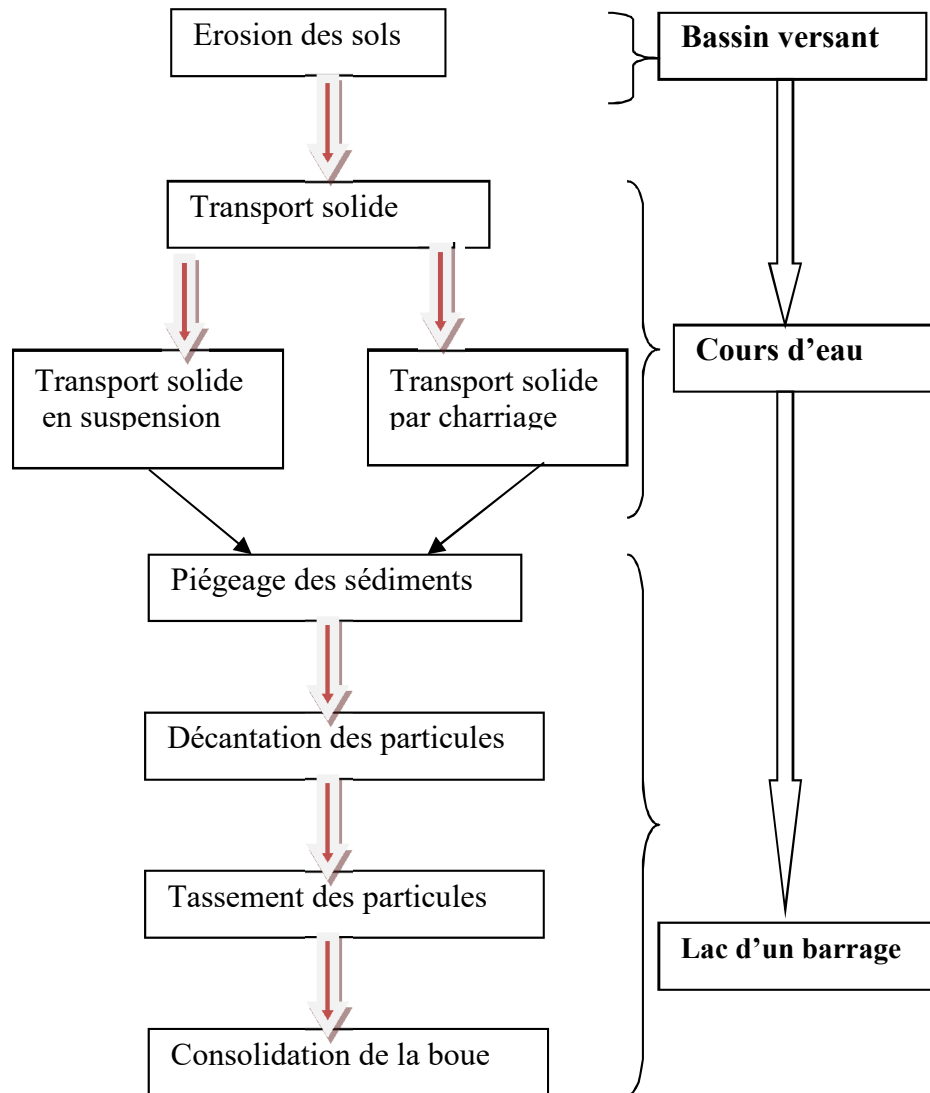


Figure n°17 : Processus d'envasement d'un barrage Réservoir (Remini, 1990)

II-2 Problèmes posés par l'envasement des barrages

L'envasement pose d'énormes problèmes au barrage et à son environnement. C'est ainsi que les dépôts successifs de la boue réduisent la capacité utile des barrages. Le tassement et la consolidation de la boue bloque les pertuis de vidange d'un barrage. Un barrage envasé destiné à l'irrigation, provoque l'envasement des canaux d'irrigation. Un barrage envasé accélère l'eutrophisation.

Conclusion :

A l'issue de cette étude on a remarqué que l'eau de barrage Kramis n'est pas polluée et elle est de bonne qualité mais l'envasement risque d'endommager la qualité et la capacité de stockage.

C'est pour cela il faut trouver une solution pour protéger cette eau et régler le problème d'envasement.

Chapitre III

Préservation du qualité et quantité de l'eau de barrage de Kramis

Introduction :

La lutte contre l'envasement des barrages en Algérie doit revêtir une dimension nationale tant les enjeux sont énormes ; tous les spécialistes s'accordent à dire que les barrages souffrent de ces vases en diminuant la capacité des barrages et influençant la qualité d'eau.

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

I- Technique de lutte contre l'envasement :

La capacité de stockage est menacée par l'envasement qui est une conséquence directe de l'érosion et de la sédimentation. On présente les principales mesures préventives contre l'envasement des barrages avec la mise en évidence du rôle de la dégradation du bassin versant en amont.

Plusieurs moyens techniques de lutte contre l'envasement ont été expérimentés en Algérie.

I-1 Avant l'envasement :

a. Aménagement des bassins versants :

Comme l'ancien dictant dit prévenir mieux que guérir. Il existe deux méthodes de conservation des sols utilisées pour freiner l'érosion et la pénétration des matériaux solides dans une retenue sont : l'implantation de structures anti-érosion et l'aménagement des sols dans le bassin versant. On peut construire plusieurs types de structures dans le bassin.

- Il faut construire des bassins de rétention conçus soit pour retenir les matériaux solides définitivement pendant la durée de vie de l'ouvrage, ou soit pour stocker les matériaux solides provenant du ruissellement créé par un certain nombre d'orages entre des vidanges périodiques.
- Le revêtement des berges pour réduire leur érosion, et des seuils ou des déversoirs pour la stabilisation du lit.
- L'amélioration des sols, l'introduction de meilleures méthodes agricoles, l'utilisation du terrain par bandes de niveau, la culture en terrasses, et l'assolement.

b. Installation des obstacles émergés dans les cours d'eau :

La saison hydrologique en Algérie peut être répartie en deux saisons: sèche et humide. La période sèche est caractérisée par de faibles précipitations et les oueds sont à sec, et s'étend du mois avril au mois de novembre. Quant à la saison humide qui s'étale du mois de novembre au mois d'avril, il y a généralement un écoulement dans les rivières, et on assiste des fois à de forte crues. Cette occasion peut être favorable pour mettre au point une technique pratique et simple au niveau du cours d'eau principal (débouchant dans la retenue) qui consiste à réaliser un système d'obstacles émergés (en gabions) pour piéger les sédiments fins en amont de la retenue lors des crues. La vase sera enlevée par des moyens manuels durant la saison sèche. Elle peut être utilisée dans plusieurs domaines, comme le domaine industrielles (briques, tuiles et poterie...) et amendement pour les sols pauvres en matières organiques.

c. Réalisation de barrage de décantation :

La meilleure façon d'éviter l'envasement, c'est d'empêcher la vase d'arriver jusqu'au barrage. Cela peut se faire par la création de retenues pour la décantation des apports solides, ce qui revient à construire un autre barrage en amont du barrage principal.

d. Le reboisement :

Les coupes de bois et le pâturage des troupeaux au XIX^{ème} siècle sont à l'origine de l'érosion des sols dans certaines zones montagneuses. Lors d'orages violents, l'eau ruisselle alors sur les pentes et forme des ravines. Comme rien ne retient plus le sol sur les pentes et au fond des ravines, l'eau se charge en sédiments qu'elle charrie vers les cours d'eau. Ceux-ci deviennent alors trop chargés en matière solide. Toute cette matière s'accumule lorsque l'écoulement ralentit, ce qui provoque le phénomène de l'envasement des barrages.

Pour lutter contre ce phénomène, les chercheurs ont pensé à utiliser au mieux l'effet de la végétation pour piéger et retenir ces sédiments à l'amont des cours d'eau. Des études ont donc été menées sur des placettes et sur des ravines pour connaître l'efficacité des barrières végétales naturelles. Elles ont mis en évidence que si 20% de la zone érodée était recouverte de végétaux et si ces végétaux sont situés à l'aval de cette zone, les sédiments étaient efficacement piégés.

Un écran de végétation peut servir de façon efficace à empêcher les matériaux solides de pénétrer dans une retenue. L'installation de tels écrans. Qu'ils soient artificiels ou naturels, à l'entrée d'une retenue, diffuse l'écoulement entrant, réduit sa vitesse et encourage la sédimentation. Ainsi, on peut capter une grande quantité de matériaux solides à l'entrée de la

retenue et les empêcher d'aller plus loin. L'accroissement de la végétation entraîne l'inconvénient d'une forte consommation d'eau.

II- Après envasement

Pour des solutions préventives, des tentatives de reboisement et des corrections torrentielles ont été appliquées sur plusieurs bassins versants. En parallèle, des opérations de dévasement se déroulent sur plusieurs barrages. Deux modes de désenvasement peuvent être opérés au niveau d'un barrage. Il s'agit d'un dévasement périodique et d'un dévasement occasionnel.

II-1 Dévasement périodique : Soutirage des courants de densité :

A l'arrivée des crues, l'ouverture des pertuis de vidange permet de soutirer les courants de densité qui se rapprochent du mur du barrage. Grâce à la forte concentration en particules fines, le courant de densité arrive au pied du barrage après avoir parcouru plusieurs kilomètres. La technique de soutirage des courants de densité a obtenu de très bons résultats au niveau des barrages d'Ighil Emda et d'Erraguene. Avec un rendement de 55%, la durée de vie du barrage d'Ighil Emda a triplé.

II-2 Dévasement périodique : Évacuation de la vase par la vanne de fond :

Pour éviter le blocage des vannes de fond. L'ouverture périodique des pertuis de vidange permet d'extraire les dépôts vaseux situés. Dans ce cas, uniquement la vase située dans la zone basse qui peut être perturbée par les manœuvres des vannes. De telles manœuvres sont extrêmement nécessaires pour alléger l'ouverture des pertuis. Un retard dans l'ouverture pourra avoir des dégâts.

II-3 Dévasement occasionnel : Dragage d'un barrage :

Le dragage est une technique de dévasement sûre, mais selon certains auteurs, la récupération d'une capacité de stockage par dragage est une opération très coûteuse qui n'est pas économique pour les grandes retenues. Dans certains pays, cette opération s'impose, surtout lorsqu'il existe peu de sites favorables à la réalisation de nouveaux barrages, comme en Algérie par exemple. Lorsque la stabilité de l'ouvrage est menacée, ou tout simplement lorsque le barrage présente un intérêt économique, le dévasement devient obligatoire.

D'une façon générale, le dragage constitue une méthode de récupération de capacité qui coûte cher, à moins que les sédiments puissent être recyclés de façon intéressante.

On a recours au dragage pour enlever les sédiments d'une retenue si :

- a- les opérations de chasse ne sont pas efficaces.
- b- la construction d'une galerie de dérivation est impossible.
- c- l'abaissement de la retenue pour la chasse est impossible pour des raisons de conservation de l'eau.
- d- le barrage est irremplaçable et ne peut être surélevé.
- e- la quantité d'énergie requise pour réduire l'envasement en vidangeant la retenue

représente une trop grande perte économique.

On effectue le dragage dans une retenue dans des situations différentes. En voici quelques exemples :

1. Le dragage peut servir à récupérer la capacité de petites retenues, de bassins de rétention de graviers ; ou alors à récupérer partiellement la capacité de retenues moyennes.
2. Le dragage est également employé soit pour extraire les sédiments des retenues d'une chaîne d'usines hydro-électriques, soit pour abaisser la cote de la crue de la rivière, soit pour maintenir la profondeur nécessaire à la navigation sur la longueur du remous du barrage.

La technique du dragage a été utilisée en Algérie depuis les années cinquante. Le premier barrage ayant subi des opérations de dragage en Algérie est celui de Fergoug, situé dans la région de Mohamadia (ouest algérien) : de 1986 à 1989 plus de 10 millions de m³ de vase ont été dragués. Ce dragage a été réalisé avec une drague suceuse flottante. Après remaniement local, les sédiments sont aspirés par la drague et refoulés à travers une canalisation constituée d'une partie flottante et d'une partie fixe sur plusieurs centaines de mètres de longueur. Cette canalisation sert aussi au transport par refoulement des sédiments jusqu'à la zone de rejet située en aval du barrage.

Dans le cas où l'envasement atteint un niveau très élevé dépassant un taux de 50%, le dragage peut s'avérer comme ultime solution pour sauver le barrage et prolonger sa durée de vie. Le dragage des retenues de barrages a été pratiqué environ sur certains barrages Algériens durant l'histoire d'hydraulique Algérienne. Il s'agit des barrages de Sig, Cheurfas I, Hamiz, Ksob, Zardezas, Merdja Sidi Abed, Fergoug II, Bouhanifia, Foug El Gherza.

II-1-4 Surélévation du barrage :

Dans le cas d'un envasement très avancé, la surélévation d'un barrage surtout s'il s'agit d'un grand barrage peut s'avérer une solution efficace. Au lieu d'enlever la vase de la cuvette, on surélève la digue de quelques mètres pour un gagner un volume supplémentaire.

III- Préservation de la qualité

A- Système de clôture

Le bétail doit avoir accès au moins à un étang pour boire. Il est alors préférable de limiter l'accès à une partie de plan d'eau du barrage, qu'il faudra soigneusement protéger contre l'érosion par du gravier, du béton ou de l'asphalte. Ces animaux souvent meurent dans les barrages et engendre la pollution des eaux.

Afin de diminuer l'accès aux bétails, voici quelques solutions :

A-1 Clôture de haie vive

Il faut entourer le barrage de clôture qui délimite les entrées des animaux qui veulent boire de l'eau de barrage. Ces animaux souvent meurent à cause des boues.

Une clôture de haie vive est faite d'arbres et d'arbustes plantés de façon très rapproché en forme de haie, et régulièrement taillés pour constituer une barrière qui empêche les animaux d'entrer.

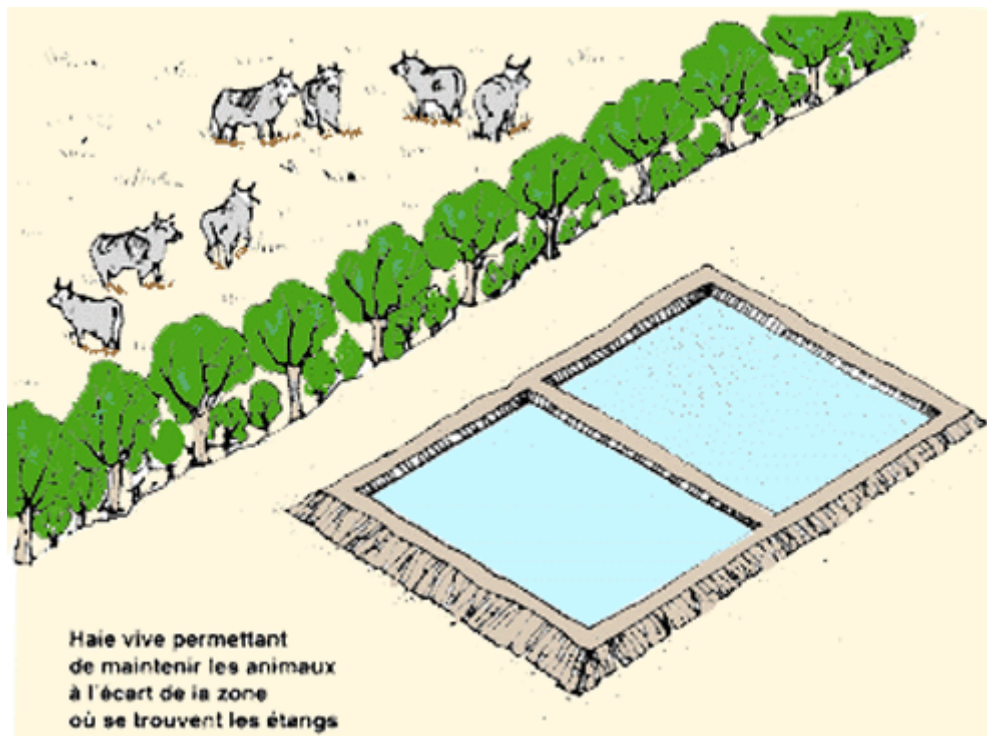


Figure n°18 : haie vive (www.fao.org)

A-2 Clôtures empilées

Une clôture empilée est faite d'une rangée de résidus végétaux coupés, empilés sur une hauteur suffisante pour maintenir à l'écart les animaux et parfois aussi les personnes. Le mieux est d'utiliser des branches épineuses, mais vous pouvez également vous servir de n'importe quel déchet provenant du défrichage des terres ou de l'abattage d'arbres. Attachez les matériaux par endroits à des poteaux verticaux pour leur donner plus de solidité.

Une clôture de ce type dure en général plusieurs années, bien qu'elle puisse également être très vulnérable au feu, à la pourriture et aux termites.

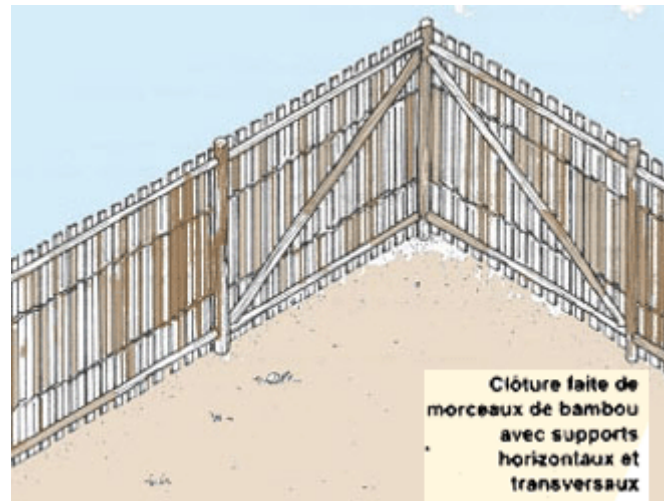


Figure n°19 : Clôtures empilées (www.fao.org)

A-3 Clôtures en fil de fer

Une clôture en fil de fer est faite de plusieurs fils de fer bien tendus entre une série de poteaux verticaux. De telles clôtures sont coûteuses; elles ne devraient être installées que dans les zones où elles sont nécessaires et où l'on ne peut pas en construire de meilleur marché. Il existe deux types de fil de fer, habituellement galvanisé pour être protégé de la corrosion:

- Le fil de fer simple, qui est meilleur marché mais plus difficile à installer correctement.
- Le fil de fer barbelé, qui est plus difficile à manipuler, rouille plus rapidement et peut causer des blessures graves aux animaux. Il est très utile pour le haut de la clôture.



Figure n°20 : Clôtures en fil de fer (www.fao.org)⁽⁷⁾.

A-4 Clôtures en grillage

Les clôtures en grillage sont surtout utilisées pour arrêter les intrus. Pour être efficaces, ces clôtures doivent être hautes, compactes, solides et surmontées de fil de fer barbelé. Elles peuvent être assez coûteuses.



Figure n°21 : Clôtures en grillage (www.francebleu.fr)⁽⁸⁾.

IV- Shade balls

En 2015, le monde a regardé une vidéo de 96 millions de boules d'ombre « shade balls » déversées dans le réservoir de Los Angeles est devenue virale. Le but des balles était d'améliorer la qualité de l'eau et économiser l'eau.

Alors, ces boules de plastique ont été déversées dans les réservoirs d'eau de la ville, officiellement pour limiter l'évaporation de l'eau, alors même que la Californie connaissait l'une des pires sécheresses de son histoire. Avec un coût de 36 centimes par balle, la spectaculaire manœuvre a coûté 34 millions de dollars ⁽⁹⁾.



Figure n°22 : 96 millions de ces boules de plastique (GENE BLEVINS / MAXPPP)

Les boules sont en polyéthylène haute densité (PEHD) moins dense que l'eau, elles flottent donc à la surface du réservoir même si elles se cassent. Ils mesurent 10 cm (4 pouces) de diamètre et contiennent environ 210 ml d'eau. Ainsi, la principale raison pour laquelle ils se trouvent sur le réservoir est d'empêcher la lumière du soleil de pénétrer dans l'eau et de déclencher une réaction chimique qui transforme le bromure inoffensif en bromate cancérigène. Cet effet se produit lors d'une exposition prolongée au bromate, de sorte que les régulateurs insistent pour que les niveaux soient maintenus en dessous de 10 microgrammes par litre en moyenne sur une période de 12 mois. Le problème a commencé avec bromure qui est une substance naturelle. Il est associé à l'eau salée et donc normalement à des endroits comme l'aqueduc de Californie, qui descend du delta.

Vous obtenez des intrusions d'eau salée, vous avez donc du bromure dans l'eau. Le bromure est inoffensif et il est presque impossible de l'enlever. Mais, lorsque vous désinfectez l'eau avec de l'ozone, ce bromure devient du bromate. Et le bromate est cancérigène. Le seul choix que nous avons est de supprimer la lumière du soleil.

Ils sont fabriqués à partir d'un polyéthylène haute densité. C'est le même matériau qui, comme un pot à lait d'un gallon, est fabriqué. C'est un plastique de qualité alimentaire et ils seraient transparents comme un carton de lait, sauf qu'ils ne dureraient pas au soleil. Et donc, ils contiennent un matériau appelé noir de carbone et c'est ce qui fait que le plastique dure au moins 10 ans au soleil ⁽¹⁰⁾.

On peut utiliser cette méthode en Algérie dans les barrages comme celui-ci de Kramis afin de réduire l'évaporation de l'eau surtout en été et économiser la qualité de l'eau. Mais cette technique est très cher.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Le bassin versant d'Oued Kramis fait partie de plateaux d'Achaacha wilaya de Mostaganem, celle-ci couvre une surface de 300 km².

L'alimentation avec une bonne qualité et en quantité nécessite une bonne gestion de ressource de barrage Kramis. Ce barrage est destiné à l'alimentation en eau potable et à l'irrigation et couvre les besoins en eau de plusieurs wilayas d'où l'intérêt d'un suivi régulier de la qualité physico-chimique de ces eaux.

L'étude géologique, basée sur les travaux de plusieurs auteurs, a mis en évidence une structure constituée, nous a aidé à situer la zone d'étude.

L'objectif principale de notre étude était la protection des quantité et qualité des eaux barrage Kramis pour assurer la bonne santé des clients.

L'étude climatique fait apparaitre que le climat de la région est semi-aride de type méditerranéen à bilan déficitaire.

L'étude hydrochimique de l'eau potable des cinq échantillons analysés a mis en évidence deux faciès: chloruré sodique et bicarbonaté sodique.

Sur le plan qualité, les résultats de ces analyses sont globalement conformes aussi bien aux Normes Algériennes qu'à celles de l'OMS.

L'eau potable brute diffère de l'eau potable complète par plusieurs paramètres, tels que la conductivité, les sulfates, les chlorures... Car dans l'eau potable brute, ces paramètres dépassent largement les normes algériennes et celles de l'OMS.

D'après les analyses on constate que pour conserver la bonne qualité est quantité des eaux de barrage Kramis il vaut mieux lutter contre l'envasement qui provoque la salinité d'eau, diminuer l'érosion et l'accès aux bétails et introduire la technique shade balls.

Références Bibliographiques

- **BELKEBIR L. (1986)** - Le Néogène de la bordure nord-occidentale du massif du Dahra (Algérie) : bios-tratigraphie, paléontologie, paléogéographie. Thèse d' Univ. Aix-Marseille 1, 289 p.
- **Bouziani, M. (2000)**. L'eau de la pénurie aux maladies, Edition ibn khaldoun, 247p
- **Gilles, A., Cardot, C., (2013)** - Analyse des eaux : Réglementations, analyses volumétriques et spectro-photométriques, statistiques Cours et exercices corrigés Ellipses Paris, 296 P.
- **Isabelle Guay-Thérèse Rossel. (2003)**, Critères de qualité de l'eau de surface. 536p.
- **CALTECHNICA. (1975)**. Rapport de présentation de l'unité forestière, unité de reboisement industriel d'Azeffoun. Vol 1 de 2. pp 60-125, vol 2 de 2. pp 245-257.
- **Centre d'Expertise En Analyse Environnementale Du Québec (2015)** - Détermination de la conductivité : méthode électrométrique, MA. 115 – Cond. 1.1, rév. 1, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, 9 p.
- **Centre d'Expertise En Analyse Environnementale Du Québec. (2016)** - Détermination de la turbidité dans l'eau : méthode néphélométrique. MA. 103 – Tur. 1.0, Rév. 5, Ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, 11 p.
- **DEMMAK A., 1982**. Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie septentrionale. Thèse de Dr. Ing. Université de Pierre et Marie Curie, Paris XI.
- **Djemmal S. (2008-2009)**, Les Ressources en Eau et L'environnement, l'effet de la sebkha sur la qualité des eaux Souterraines dans la partie sud-est de Sétif Cas du Guidjal, Université de Constantine, Algérie.
- **GHETTAS B., 2011**. Contribution à l'étude qualitative et quantitative de phénomènes de corrosion et d'entartrage causés par les eaux géothermales dans les d'AEP. Mém. Master. Univ. Ouargla.
- **Kazi Tani N, 1986** «Evolution géodynamique de la bordure nord-africain ; le domaine intra plaque nord-algérien ; approche mégasequentielle » Thèse 3ème cycle, Université de Pau, France.
- **Montiel, A. (1999)**. Contrôle de la pollution de l'eau. Ed. Techniques de l'ingénieur, 12 p.
- **NEURDIN-TRESCARTES J. (1992)** - Le remplissage sédimentaire du bassin néogène du Chélif, modèle de référence de bassins intramontagneux. Thèse de Doctorat d'Etat ès-Sciences, 2 t. : 605 p.
- **OMS, 2003**. Directives de qualité pour l'eau de boisson. 2ème édition, Vol. 1. Directives. Ed. Organisation mondiale de la sante, Genève, 95 p.
- **OMS, 2004**. Directives de qualité pour l'eau de boisson. 3ème édition, Vol. 1. Directives. Ed. Organisation mondiale de la sante, Genève, 110 p.

Références Bibliographiques

- **Perrodon A, 1957** « Etude géologique des bassins Néogènes sub-littoraux de l'Algérie occidentale» Publication, Service Carte Géologique de l'Algérie, Bulletin numéro 12.
- **Rejsek, F., (2002)**. Analyse des eaux. Aspects réglementaires et technique. Édition. Scérén, pp (45-54), France.
- REMINI B., 1990. Etude hydrodynamique du mécanisme de l'envasement. Thèse de Magister .E.N.P, juin , 100 pages.
- REMINI B., 1997. Envasement des retenues de barrages en Algérie. Importance, mécanismes et moyen de lutte par la technique du soutirage. Thèse de doctorat, Ecole nationale polytechnique d'Alger, mars, 342p.
- REMINI B., HALLOUCHE W., 2007b. Studying Sediment. Revue International Water Power et Dam construction. Octobre, pp. 42-45.
- Analyse physico-chimique de l'eau de la wilaya d'Oran, Rapport de stage (SEOR).
- VIÉRLING E., 2003. Gestion des eaux alimentation en eau assainissement. Presses de l'école nationale des ponts et chaussées, Paris.

Site web :

- (1) <https://www.cieau.com/connaitre-leau/leau-dans-la-nature/eau-douce-tout-savoir/>
- (2) <https://www.cieau.com/connaitre-leau/leau-dans-la-nature/les-eaux-de-surface-desressources-protegees-controlees-et-de-bonne-qualite/>.
- (3) <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/developpement-durable-eau-minerale-6897/>.
- (4) <https://uae.fr/glossaire/traitement-deau/>.
- (5) <https://sites.google.com/site/normesdequalitedeseauxpotable2/d>.
- (6) <https://regie-eaux-graulhet.com/eau-potable/#:~:text=Une%20eau%20potable%20est%20une,%C3%AAtre%20pr%C3%A9sentes%20dans%20l'eau>.
- (7) www.fao.org
- (8) www.francebleu.fr
- (9) <https://www.la-croix.com/Sciences-et-ethique/Environnement/boules-plastique-economiser-leau-solution-pas-tres-ecolo-2018-07-17-1200955757>
- (10) <https://www.youtube.com/watch?v=uxPdPpi5W4o&t=267s>