

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme

d'Ingénieur en Sciences de la Mer et de l'aménagement du littoral

**Option : Gestion et Protection du Littoral**

**Thème :**

**Impacts des barrages sur la dynamique sédimentaire du littoral centre Algérien**

Présenté par :

LAHRIR Sofiane

NECHEM Hayet

Soutenu le 28 Septembre 2022 devant :

Mme MAHDID Sonia	M.A.A	Présidente
Mr FERNANE Lounes	M.C.B	Promoteur
Mr OTMANI Housseyn	M.C.B	Examineur
Mme ABDEDAIM Hakima	M.C.B	Examinatrice

Promotion : 2021 / 2022

## *Remercîments*

Tout d'abord, nous remercions Dieu le Tout-Puissant de nous avoir donné le courage, la patience et la volonté pour atteindre notre objectif et réaliser cet humble travail.

Nous adressons nos remerciements à Mme. Mahdid Sonia, pour avoir accepté et présider le jury.

Nous exprimons également nos sincères remerciements et notre gratitude à M. Otmani Housseyn et Mme. Abdeddaim Hakima pour avoir accepté d'examiner ce modeste travail.

Nous tenons à remercier notre encadreur M. Fernane Lounes, pour avoir accepté de nous accompagner tout au long de ce travail, pour sa patience, sa disponibilité et surtout pour ses conseils judicieux qui ont contribué à alimenter notre réflexion.

Nous tenons également à remercier Pr. Belkessa Rabah qui nous a guider dans notre démarche, Mme. Keraguel Mehdi, Mme. Abdeddaim Hakima, M. Otmani housseyn, Mme. Mahdid Sonia, M. Mezouar khoudir et M. Selay Miloud. Nous vous sommes profondément reconnaissant pour tout ce que vous avez fait pour nous.

Nous remercions sincèrement tous les personnels et ingénieurs de l'ANBT Mme. Sabiha, M. Rouag Farid, M. Yeles et M. Bouhanid sans oublier Mme. Razika du CNL qui nous ont aidé à collecter les données nécessaires à la réalisation de notre PFE.

Un grand merci à nos collègues et à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin, même avec un mot gentil ou une prière.

## *Dédicaces*

Nous dédions ce modeste travail :

Aux hommes de notre vie, nos éternels modèles, à l'âme pure de nos pères.

A la lumière de nos jours, la source de nos efforts, la flamme de notre cœur, notre vie et notre bonheur ; Nos mères que nous adorons.

Du plus profond de nos cœurs sincères, à nos grands-mères, que Dieu leur accorde une bonne santé et une longue vie parmi nous.

À nos sœurs Souad et Dalya et à nos frères Hichem et Fares pour leurs encouragements.

À tous les membres de notre famille

A nos amis Abderrezak et Bouchra et Manar, Belkacem, Yasmine, Imene, Mounir et Nader.

À toute la famille ENSSMAL, nos enseignant(e)s

À tous nos collègues de la promotion Master 2021/2022.

À tous ceux et celles que nous aimons de près comme de loin et à tous ceux qui nous aiment...

## Résumé

Les apports sédimentaires du littoral centre Algériens ont mal quantifié car il n'y a pas assez de stations hydrométriques qui estiment les débits solides le long des Oueds. Dans ce contexte, le suivi sédimentaire apparaît indispensable pour la quantification de ce transport précisément à l'exutoire qui influe directement sur la côte. Pour cela, ce présent travail porte sur les trois bassins versants de Oued El Hamiz (le barrage El Hamiz), Oued El Hachem (barrage Boukerdane) et Oued Isser (Barrage Beni Amrane) et à pour objectif d'évaluer la réduction du transport sédimentaire suite à l'intensification anthropique sur les trois bassins, notamment depuis la construction des barrages. Afin de prouver que ces derniers ont un impact sur la dynamique sédimentaire côtière, nous avons opté pour comparer le taux de sédiments ramené par les oueds et qui sont bloqués au niveau de chaque barrage de l'année 2004 jusqu'au 2019, avec le volume des plages en 2019 dans les quelles déversèrent ces derniers. Nous avons pris en considération différents facteurs qui influent dans ce système, tel que la forme des bassins versants, la géologie et lithologie de la zone d'étude ainsi la topographie et les pentes et le couvert végétal et aussi les précipitations. La variabilité de ces facteurs nous ont poussé à adopter une analyse systémique qui nous a permis d'estimer l'influence de chaque facteur et de déterminer les facteurs dominants. Pour en déduire que la construction des barrages a effectivement un impact sur la dynamique sédimentaire littoral.

**Mots clés :** littoral centre algérien – dynamique sédimentaire – barrage– plage –bassin versant

# Table de matière

Introduction générale : .....	1
CHAPITRE I. GÉNÉRALITÉS .....	4
1.1 Définition des barrages.....	5
1.1.2 La typologie.....	6
1.2 Définition du littoral.....	14
1.3 Crises sédimentaires.....	15
1.4 Les relations entre les bassins versants et les cellules littorales.....	17
1.5 L'envasement des barrages .....	18
CHAPITRE II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE .....	19
Description de la zone d'étude .....	20
2.1 Délimitation de la zone en coordonnées géographiques : .....	20
2.2 Choix de la zone d'étude.....	20
2.3 Aperçu topographique de la zone générale .....	22
2.4 Aperçu géologique de la zone d'étude .....	23
2.5 La wilaya de Tipaza .....	25
2.5.1 Présentation de la wilaya de Tipaza.....	25
2.5.2 Hydrologie .....	25
2.5.3 Climat.....	25
2.5.4 Pluviométrie .....	25

2.5.5	Températures.....	25
2.5.6	Agriculture .....	26
2.5.7	Le barrage de Boukerdane .....	26
2.6	La wilaya d'Alger .....	29
2.6.1	Géologie et topographie.....	29
2.6.2	Climat et moyennes météorologiques tout au long de l'année pour Alger .....	30
2.6.3	Le barrage d'el Hamiz.....	30
2.6.3.1	Relief et topographie.....	30
2.6.3.2	Géologie.....	32
2.6.3.3	Couverture végétale .....	32
2.6.3.4	Hydrologie .....	32
2.6.3.5	Le barrage de Hamiz déversé à l'embouchure de coco plage (Bordj El Bahri).....	32
2.7	La wilaya de Boumerdes .....	33
2.7.1	Hydrologie .....	33
2.7.2	Climat .....	33
2.7.3	Pédologie .....	33
2.7.4	Barrage Beni Amrane .....	34
2.7.4.1	Situation du barrage .....	34
2.7.4.2	Hydrologie .....	36
2.7.4.3	Bassin versant de l'Oued Isser.....	36
2.7.4.4	Effets résultants d'un barrage construit ultérieurement en amont de Béni-Amrane .....	36
2.7.4.5	Capacité de stockage de la retenue .....	37
2.7.4.6	Le barrage de Beni Amran déverse à l'embouchure de la plage du Cap Djinet .....	37
CHAPITRE III. MATERIELS ET METHODES .....		38
3.1	Données .....	39
		utilisées

3.1.1 Téléchargement du MNT.....	39
3.1.2 Manipulation du logiciel ArcGIS .....	39
3.1.3 Méthode d'interprétation de l'indice KG.....	42
3.1.4 Les rapports techniques de l'ANBT .....	42
3.1.5 Etape d'estimation des surfaces des plages sur Google Earth Pro.....	43
3.2 Méthodes et données utilisés .....	44
3.2.1 Méthodes d'estimation des sédiments piégés au niveau du barrage .....	44
3.2.2 Choix de la méthode.....	45
3.2.3 Méthode pour valoriser l'impact des barrages sur la plage .....	46
3.2.4 Méthode pour estimer les volumes des plages .....	46
3.2.5 Méthode pour délimiter la surface des plages .....	46
3.2.6 Analyse systémique .....	47
Méthode d'analyse systémique.....	47
Matrice D'analyse Structurelle (MAS).....	47
Relations entre éléments .....	47
Construction.....	47
Traitement de la Matrice d'Analyse Structurelle .....	48
Interprétation par un diagramme (motricité dépendance).....	49
CHAPITRE IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION .....	50
4.1 Caractéristiques géométrique des bassins versants .....	51
4.2 L'état d'envasement des barrages .....	54
4.3 Géologie des trois bassins versants .....	56
4.3.1 Interprétation géologique.....	57
4.3.3 Interprétation lithologique .....	58
4.4 Précipitation .....	61

4.5 Le couvert végétal .....	62
4.6 Topographie et pentes .....	63
4.7 Comparaison entre le volume du sédiment piégé au niveau des barrages et le volume des plages (délimiter en unité physiologique) .....	65
4.8 Comparaison entre les plages à l'embouchure .....	69
4.9 Phénomène dominant dans ces trois plages .....	70
4.10 Analyse systémique.....	71
CONCLUSION .....	75
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE.....	77
ANNEXES .....	80

## Listes des figures

Figure 1. Image illustrative d'un barrage poids à contrefort.....	5
Figure 2. schéma des trois types des barrages (IRMA, 2014).....	6
Figure 3. Schéma représentant un barrage voute (EDF) .....	7
Figure 4. Coupe d'un barrage voute (CFBR).....	7
Figure 5. Barrage voûtes contra en Suisse (www.swissdams.ch/fr) .....	8
Figure 6. Schéma représentatif d'un barrage à contrefort (EDF).....	8
Figure 7. Le barrage hydroélectrique d'Erraguene contrefort, willaya de Jijel (1950)(www.soudoud-dzair.com/) .....	9
Figure 8. Schéma représentatif d'un barrage poids (EDF).....	10
Figure 9. Barrage de Sarrans en France (EDF division Production Ingénierie) .....	11
Figure 10. Coupe schématique d'un barrage en remblai (Millogo, 2019) .....	12
Figure 11. Schéma d'un barrage homogène (www.barrages-cfbr.eu/) .....	13
Figure 12. Schéma montrant les lignes des plus hautes et basses marées.....	15
Figure 13. Dépôt de vase (Remini,2003) .....	18
Figure 14. Wilayas limitrophes de la zone d'étude.....	20
Figure 15. Carte topographique et hydrologique de la zone d'étude .....	22
Figure 16. Carte adaptée de la carte géologique de l'Algérie (carte éditée en 1951-1952, M.G Bétier, ingénieur général des mines) .....	24
Figure 17. Carte du bassin versant d'Oued El Hachem .....	27
Figure 18. Carte du bassin versant d'Oued El Hamiz.....	31
Figure 19. Carte du bassin versant d'Oued Isser.....	35
Figure 20. Image explicative de la délimitation de la zone sur usgs ( <a href="https://ers.cr.usgs.gov">https://ers.cr.usgs.gov</a> ) .....	39
Figure 21. Image représentant le MNT de la zone d'étude sur le logiciel Arcmap .....	40
Figure 22. Image représentant les limites des bassins versants et le réseau hydrographique .....	41
Figure 23. Image illustrative du positionnement des barrages sur les bassins versants.....	41
Figure 24. Ligne d'un Km avec les transects de 25 mètres.....	43
Figure 25. Périmètre calculé par google earth.....	44
Figure 26. Exemple de la délimitation de l'unité physiologique .....	46
Figure 27. Illustration du tableau de la matrice de l'analyse structurelle .....	48
Figure 28. Diagramme de dépendance- motricité .....	49

Figure 29. Histogramme représentant le volume de perte de capacité pour chaque barrage .....	55
Figure 30. Positionnement des barrages sur la carte géologique adapté du centre Algérien .....	56
Figure 31. Esquisse géologique du centre Algérois (Bennie et Partners, 1983) .....	60
Figure 32. Carte de la pluviométrie moyenne annuelle de la région d'étude (ANRH 2008).....	61
Figure 33. Carte du couvert végétal d'Algérie (Benslimane et al., 2008).....	62
Figure34. Carte des pentes en degré.....	63
Figure 35. Illustration de la topographie et des pentes de chaque bassin versant .....	64
Figure 36. Histogramme groupé comparant le volume des plages avec le volume des barrages .....	67
Figure 37. Délimitation de l'unité physiologique de la plage Cap Djenet .....	67
Figure 38. Délimitation de l'unité physiologique de Coco plage .....	68
Figure 39. Délimitation de l'unité physiologique de la plage Hamdania.....	69
Figure 40. Diagramme motricité - dépendance .....	73
Figure 41. Model d'interprétation du diagramme de motricité-dépendance.....	73

## Liste des tableaux

Tableau 1. Caractéristiques géométriques des bassins versants.....	33
Tableau 2. Tableau extrait du rapport technique de l'ANBT exemple barrage el Hamiz.....	57
Tableau 3. Les caractéristiques géométriques des trois bassins versants.....	62
Tableau 4. Volume de perte de capacité des barrages en hm <sup>3</sup> .....	63
Tableau 5. Caractéristiques géologique de chaque bassin versant.....	67
Tableau 6. Le volume des plages comparé au volume des sédiments stocké dans les barrages.....	75
Tableau 7. Les rapports entre les volumes.....	76
Tableau 8. Comparaison entre les trois plages.....	79
Tableau 9. Matrice a relation directes simples.....	82
Tableau 10. Coordonnées des variables.....	82

## Acronymes :

ANBT : Agence Nationale des Barrages et Transferts

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydriques

CFBR : Comité Français Des Barrages

CNL : Commissariat National Du Littoral

EDF : Electricité de France

IRMA : Institut Des Risque Majeurs

KG : l'indice de compacité de Gravélius

MAS : Matrice d'Analyse Structurelle

MNT : Model Numérique de Terrain

MRE : Ministère des Ressources en Eau et de l'Environnement

RN : Route National

SIG : Système d'Information Géographique

WRB : Base de référence mondiale pour les ressources en sol (World **Reference Base** for **Soil Resources**, soit **WRB**)

RN : Retenue Normal

PHE : Plus Hautes Eaux

## **Introduction générale :**

Les périodes de sécheresse liée au changement climatique ont eu comme conséquence de compliquer l'approvisionnement en eau potable effectué à partir des réserves stockées au niveau des barrages qui réduisent les transports sédimentaires des cours d'eau et favorisent de ce fait l'érosion de la marge deltaïque, , il est important de faire le suivi du transport sédimentaire dans les rivières/oueds pour mettre l'accent sur les problèmes environnementaux .

Le transport solide constitue par son importance, un problème majeur en Algérie (dégradation des sols agricoles, alluvionnement des retenues). L'estimation du taux de sédimentation des barrages et de leur durée de vie nécessite une bonne connaissance des apports solides. Ces derniers dépendent aussi bien des contraintes topographiques et granulométriques imposées au fond des vallées que de la nature et du volume des apports liquides et solides fournis au réseau d'écoulement. Et le manque de données constitue un handicap dans l'évaluation et la prévision de l'envasement des barrages.

En Algérie, le taux d'érosion spécifique atteint les valeurs les plus élevées d'Afrique du Nord. Selon Demmak (1982), ceux-ci dépassent 2000 tonnes/km<sup>2</sup>/an dans les bassins versants de l'Atlas Tellien. Les concentrations des sédiments en suspension dans les cours d'eau dans les régions semi-arides où l'on pratique une agriculture intensive sont élevées. Il n'est pas rare de trouver des concentrations de 200 g/l à certains endroits pendant ou immédiatement après des pluies abondantes. Sur certains cours d'eau des concentrations maximales dépassant 500 g/l ont été observées (Mekerta et Tisot, 1993). Ces chiffres donnent une idée sur l'ampleur du phénomène et la gravité des problèmes qui en découlent. Cela a une conséquence directe sur l'envasement des retenues et une réduction de leur capacité (Remini, 2002).

La problématique du transport solide et l'ampleur du phénomène d'envasement dans les barrages par dépôts successifs des sédiments ramenés, par les cours d'eau maghrébins, ont suscité l'intérêt de nombreux chercheurs depuis les années 1950. De nombreux modèles explicatifs du transport solide à partir de paramètres comme le débit liquide, la lame d'eau ruisselée, la superficie et la pente moyenne du bassin versant, l'humidité du sol, la pluie ont été élaborés pour le Maghreb.

L'envasement excessif de la plupart des grands barrages algériens a considérablement limité leur volume utile et donc leur capacité réelle de stockage. Bien que le transport solide par l'eau de pluie et

de ruissellement soit un processus naturel, il est fortement accentué par les activités anthropiques : surpâturage, culture sans restitution de la végétation ou le déboisement fragilisant les sols.

L'érosion côtière est une grave menace pour de nombreux sites côtiers algériens, En raison de son climat semi-aride, de la présence de relief abrupt et de la pauvreté de la végétation, le Maghreb est l'une des régions les plus vulnérables au monde à l'érosion des sols. Plus particulièrement le long des littoraux sableux. Ces derniers qui constituent un milieu très mobile. Ils résultent d'une accumulation de grains provenant de l'érosion des reliefs continentaux et transportés jusqu'à la côte sous l'action des fleuves. Ils transitent ensuite le long du rivage sous l'action de la houle et des courants qu'elle induit. Le suivi de ce transport sédimentaire permet d'évaluer et de quantifier les transferts de matières des continents vers les océans.

Les études montrent que 70% des plages du monde reculent plus vite que la normale en raison des diverses activités humaines sur les littoraux et parmi ces actions la construction des barrages en amont. Cependant, le problème du nombre réduit de données relatives aux transports solides a toujours freiné les investigations Les mesures de transport solide effectuées en Algérie et les études ponctuelles détaillées restent insuffisantes pour traiter ce sujet. Le défi consiste donc à utiliser des méthodes de mesures simples pour combler le manque de connaissances.

L'estimation du taux de sédimentation dans les barrages et leur durée de vie nécessitent une connaissance des apports solides provenant du bassin versant. La connaissance des exportations de sédiments permet de sélectionner les bassins versants qui seront prioritairement investigués et éventuellement aménagés en vue de les réduire drastiquement ou de mieux les gérer.

Il existe, actuellement, 80 barrages et 5 autres en cours de réalisation, répartis sur tout le territoire national, qui relèvent du Ministère des Ressources en Eau et de l'Environnement (MRE). Les prévisions du secteur à l'horizon 2030 sont de 139 barrages et chaque année  $45 \times 10^6 \text{ m}^3$  de vase se déposent au fond de 57 grands barrages du pays, ce qui représente une perte de capacité annuelle de stockage égale à 0,7% de la capacité totale.

L'objet de notre étude portera sur la confirmation de l'hypothèse que la construction des barrages au niveau d'un cours d'eau a un impact sur la dynamique sédimentaire.

## **Objectifs :**

### **CE TRAVAIL A COMME OBJECTIFS**

1. Caractériser les bassins versant des zones d'études.
2. Estimer la quantité des sédiments piégés au niveau des barrages à partir des taux d'envasement.
3. Estimer le volume de sédiment des plages étudiées.
4. Comparer la quantité du sédiment piégé dans le barrage avec la quantité de sédiment perdu par la plage.
5. Etudier les facteurs qui influent ce système d'équilibre naturel.
6. Maitre en évidence l'impact des barrages sur l'équilibre naturel de la dynamique sédimentaire littoral.
7. Démontrer que l'érosion en aval est reliée à la construction des barrages.

---

# **CHAPITRE I. GÉNÉRALITÉS**

---

Dans ce chapitre nous allons aborder la notion des barrages ainsi que leur typologie ensuite on abordera la définition du littoral (crise sédimentaire) et on terminera par évoquer les relations entre les bassins versants et les cellules littorales.

### 1.1 Définition des barrages

Un barrage est un « ouvrage artificiel coupant le lit d'un cours d'eau et servant soit à en assurer la régulation, soit à pourvoir à l'alimentation en eau des villes ou à l'irrigation des cultures, ou bien à produire de l'énergie" et une digue est un "ouvrage destiné à contenir les eaux, à élever leur niveau ou à guider leur cours ».

Ces termes de barrages et de digues ne sont pas sans ambiguïté ; le terme de digue est parfois utilisé pour de petits barrages réalisés en remblai. Les berges des canaux ou cours d'eau canalisés peuvent constituer des digues parfois assez hautes. Par ailleurs, il n'y pas de seuils uniformes caractérisant ces ouvrages.



**Figure 1.** Image illustrative d'un barrage poids à contrefort

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, aquaculture), et d'autre part, pour se protéger contre les inondations (maîtrise des crues, rétention de sédiments, protection contre les avalanches) (Anton et al., 2011).

De manière générale, les barrages retenant une quantité plus ou moins importante de sédiments, leur capacité de stockage en eau diminue à terme. En aval, les zones d'embouchures (bassins exoréiques)

connaissent un déficit sédimentaire, qui se traduit le plus souvent pas un recul de trait de côte (Trenhaile, 1997).

### 1.1.2 La typologie

Selon Kert C., 2008, On peut distinguer les ouvrages soit par type de construction (Fig.2) soit par usage principal, bien que de nombreux ouvrages soient à vocation multiple.

#### 1) Par type d'ouvrage

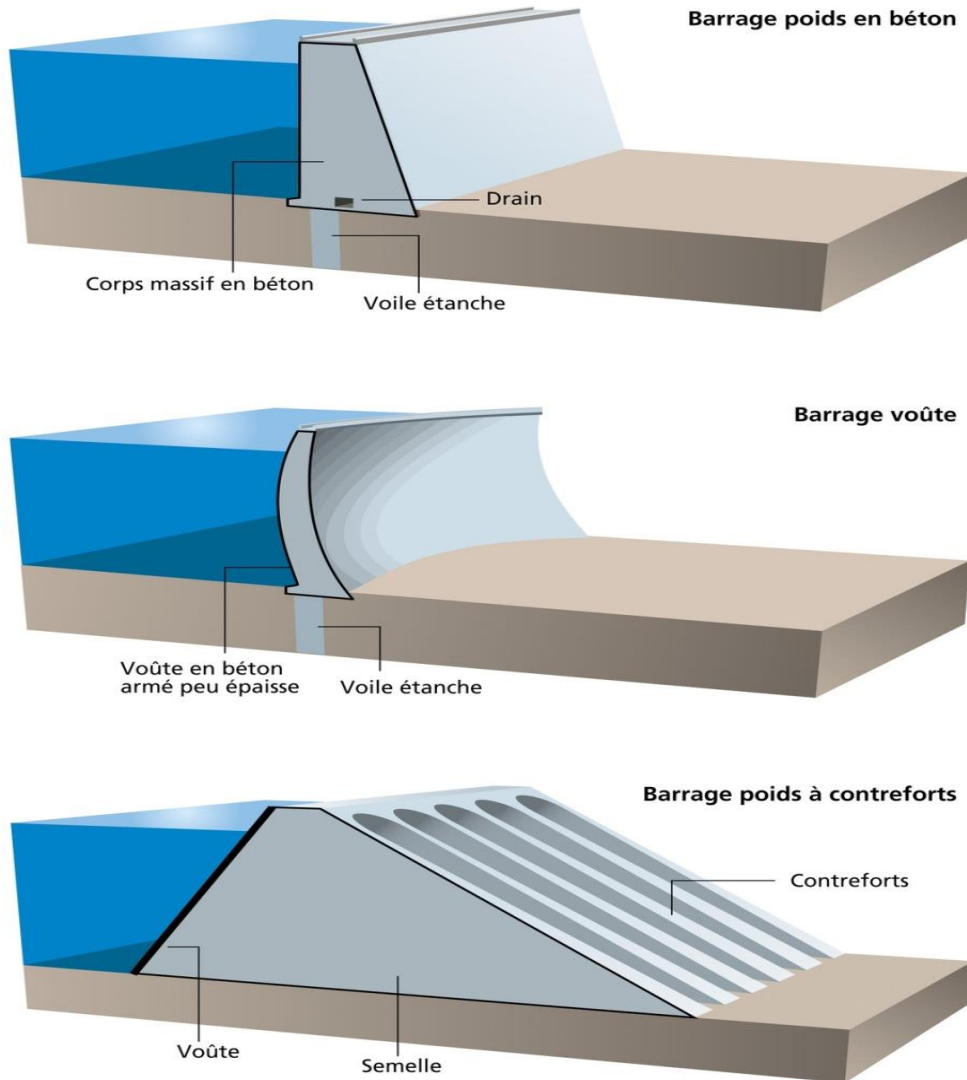


Figure 2. schéma des trois types des barrages (IRMA, 2014)

On considère qu'il existe deux grandes familles de barrages : les barrages "voûte" et les barrages "poids". Les barrages en remblai sont des ouvrages "poids" bien particuliers.

a) Les barrages voûte

Il s'agit de faire reporter sur les flancs de la vallée barrée, tout ou partie des efforts dus à la poussée de l'eau.

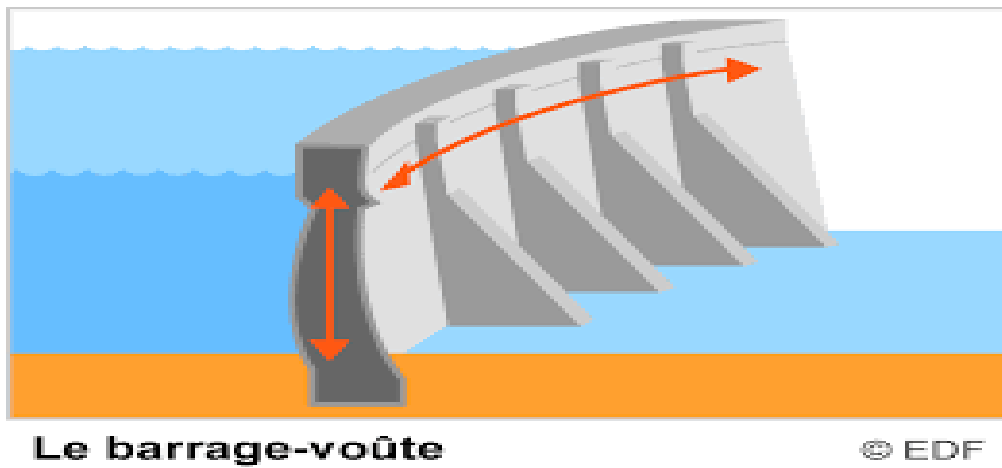


Figure 3. Schéma représentant un barrage voûte (EDF)

Ces ouvrages sont de conception plus récente ; les voûtes peuvent être plus ou moins minces. On citera également dans cette famille, les barrages à voûtes multiples dont les poussées des voûtes intermédiaires sont reprises par des contreforts.

La figure (4) représente une coupe transversale d'un barrage voûte CFBR.

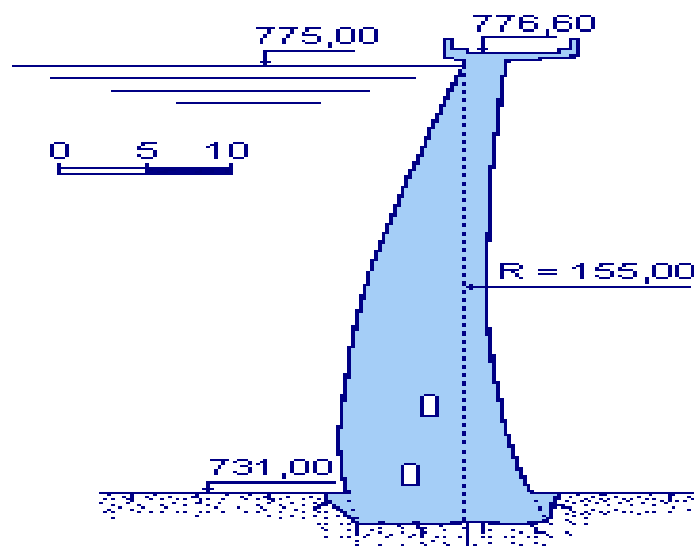


Figure 4. Coupe d'un barrage voûte (CFBR)



Figure 5. Barrage voûtes contra en Suisse ([www.swissdams.ch/fr](http://www.swissdams.ch/fr))

Les barrages-voûtes sont des barrages généralement en béton dont la forme courbe permet un report des efforts de poussée de l'eau sur les rives

### b) Les barrages à contreforts

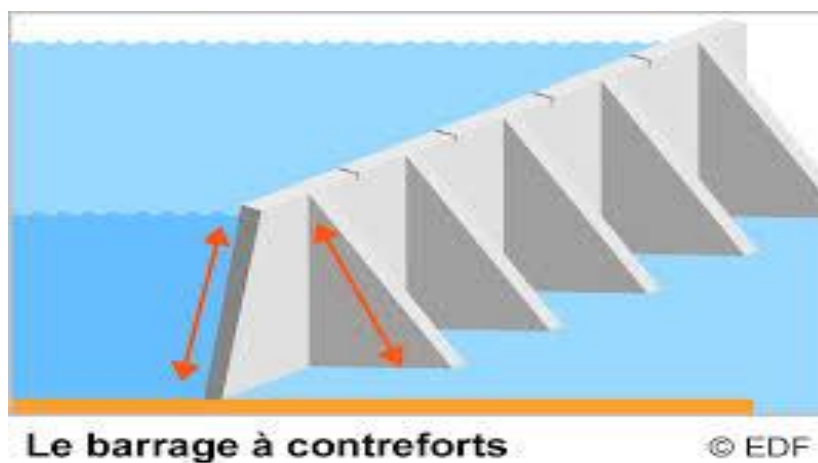


Figure 6. Schéma représentatif d'un barrage à contrefort (EDF)



Figure 7. Le barrage hydroélectrique d'Erraguene contrefort, willaya de Jijel (1950)([www.soudoud-dzair.com/](http://www.soudoud-dzair.com/))

### **Un barrage à contreforts comprend**

Une série de murs parallèles, généralement de forme triangulaire, plus ou moins épais et plus ou moins espacés (les contreforts) ;

- Une bouchure entre contreforts transmettant à ceux-ci la poussée de l'eau. La bouchure peut être constituée :
  - D'une dalle plane en béton ;
  - D'un élargissement du contrefort vers l'amont ;
  - D'une voûte de faible portée.

c) Les barrages poids

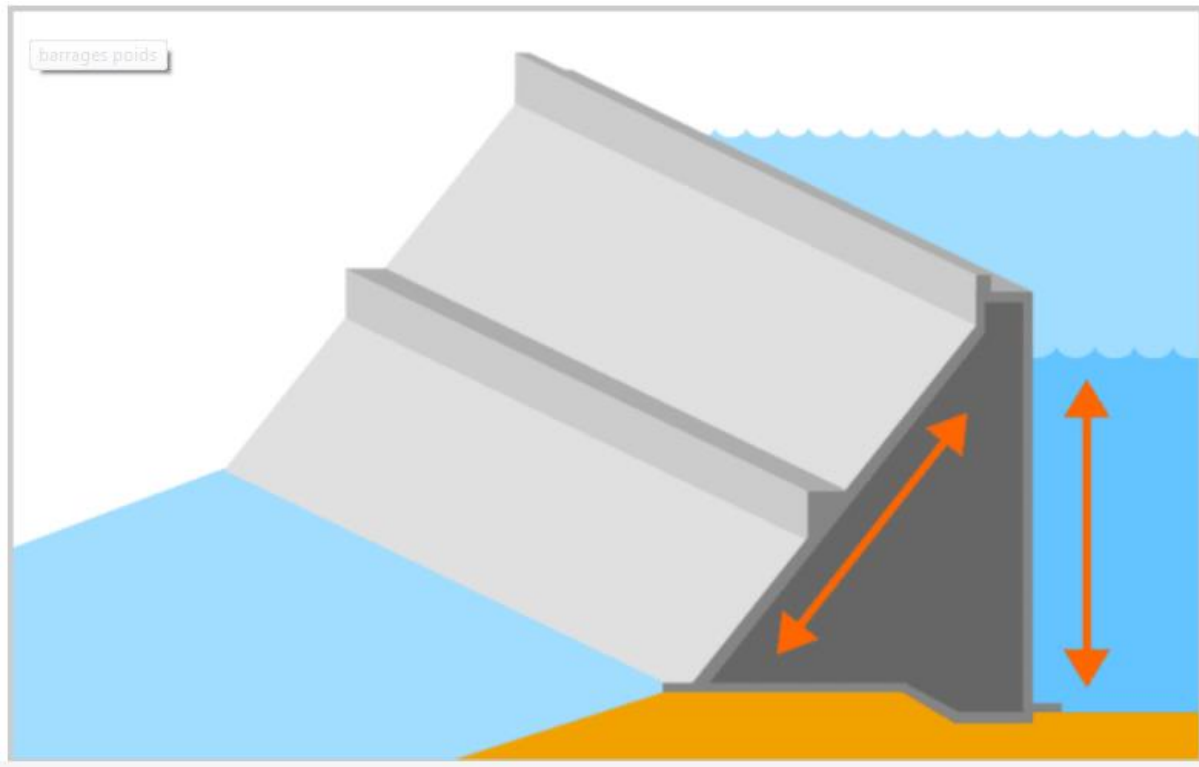


Figure 8. Schéma représentatif d'un barrage poids (EDF)



Figure 9. Barrage de Sarrans en France(EDF division Production Ingénierie)

#### **d) Les barrages en remblai**

Un barrage en remblai est un barrage constitué d'un matériau meuble, qu'il soit très fin ou très grossier (enrochements).

Les barrages en remblai de terre ont la grande qualité de s'accommoder de fondations meubles qui seraient incapables de supporter un ouvrage en béton ; cela permet d'équiper les sites dont le fond de vallée est garni, éventuellement sur de fortes épaisseurs (100 m ou plus), d'alluvions ou de roches décomposées, déformables et plus ou moins perméables.

Cette famille regroupe plusieurs catégories, très différentes. Les différences proviennent des types de matériaux utilisés, et de la méthode employée pour assurer l'étanchéité.

Le barrage homogène est un barrage en remblai construit avec un matériau suffisamment étanche (argile, limon). C'est la technique la plus ancienne de barrages en remblais.

Le barrage à noyau argileux comporte un noyau central en argile (qui assure l'étanchéité), épaulé par des recharges constituées de matériaux plus perméables. Cette technique possède deux avantages sur le barrage homogène : car les matériaux de recharge sont plus résistants que les matériaux argileux, on peut donc construire des talus plus raides et on contrôle mieux les écoulements qui percolent dans le corps du barrage.

Le barrage à noyau en moraine est souvent utilisé dans les régions marquées par le retrait des glaciers. Ces ouvrages sont généralement constitués d'un noyau imperméable de moraine, récupérée à proximité du site, qui est protégé par des filtres en granulaire. La coupe type d'un barrage en enrochement comprend également une zone de transition située entre le filtre et la recharge.

On peut aussi citer d'autres types de barrages en remblai tels que :

- Les barrages à masque amont.
- Les barrages mixtes.
- Les barrages zonés.
- Les barrages en terre.
- Les barrages en terre homogène.

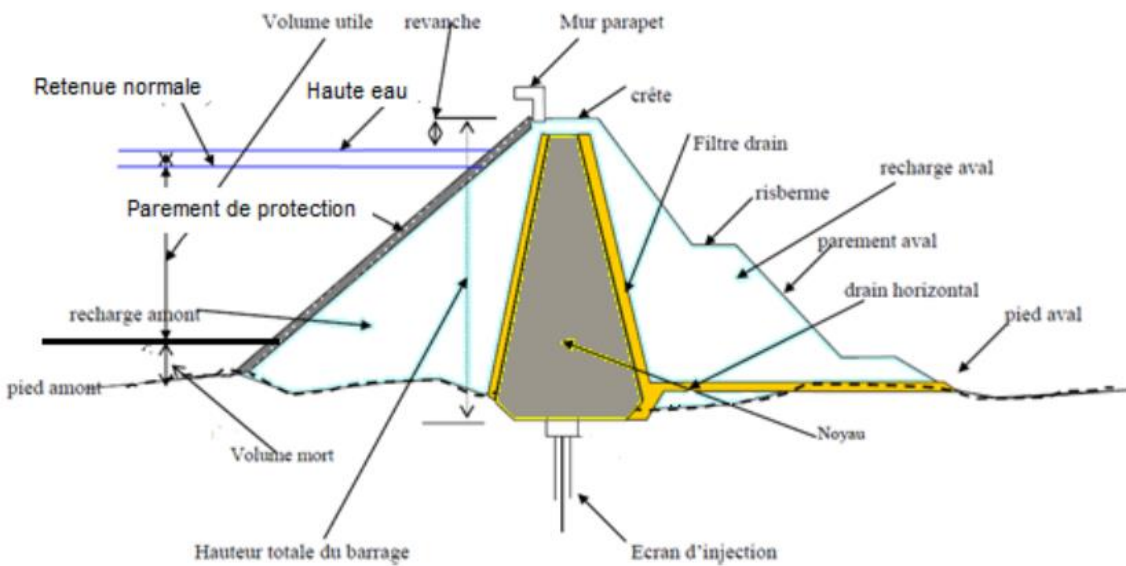


Figure 10. Coupe schématique d'un barrage en remblai (Millogo, 2019)

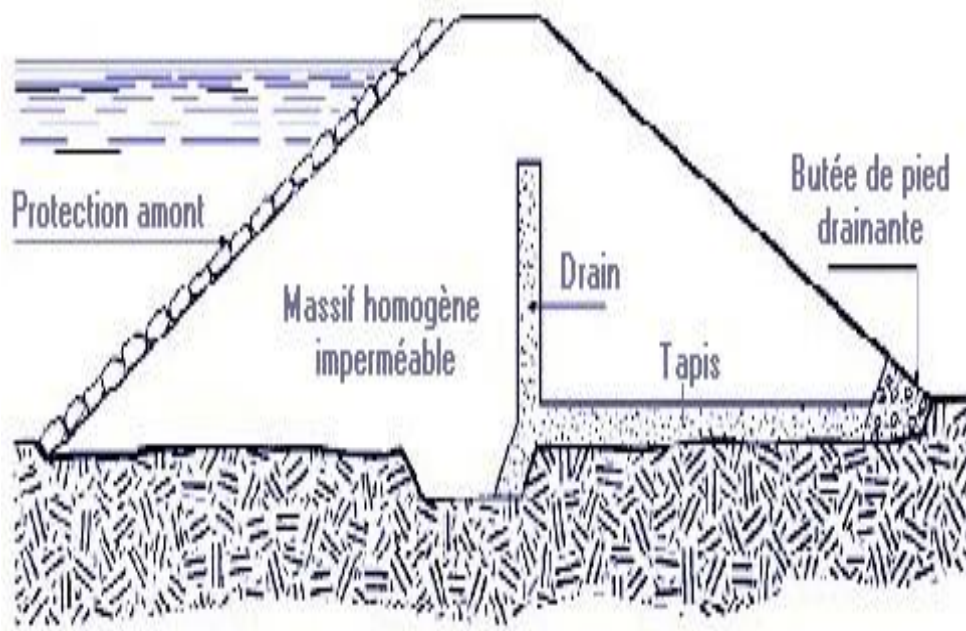


Figure 11. Schéma d'un barrage homogène ([www.barrages-cfbr.eu/](http://www.barrages-cfbr.eu/))

## 2) Par usage

L'eau stockée derrière les barrages peut avoir de nombreux usages mais un ouvrage particulier avec ses vannes, a été souvent conçu pour répondre à un usage déterminé.

On peut distinguer, sans exhaustivité, les finalités suivantes :

- La production d'énergie électrique.
- L'alimentation en eau potable.
- L'irrigation des terres agricoles.
- L'alimentation des canaux de navigation.
- La régularisation du débit des cours d'eau avec l'écrêtement des crues et le soutien des étiages.
- Le tourisme et les loisirs aquatiques.
- La protection contre les crues.

- Les canaux de navigation ou d'aménage d'eau.
- L'alimentation des canons à neige.
- La décantation et/ou le stockage de résidus miniers ou industriels ; La régulation des rejets.

## **1.2 Définition du littoral**

En géographie physique, le littoral est la bande des contacts biophysiques entre l'hydrosphère, l'atmosphère et la lithosphère. En géographie humaine, c'est la bande de l'influence réciproque des activités maritimes et terrestres.

Au sens physique du terme, le littoral est la bande comprise entre le niveau des plus basses mers et celui des plus hautes mers, donc ce que couvre et découvre la mer : il correspondrait dans ce cas à l'estran. Mais c'est une définition beaucoup trop réductrice pour rendre compte du rôle d'interface que joue le littoral entre son avant-pays maritime et son arrière-pays terrestre.

Jusqu'au 18-ème siècle, les termes employés pour parler de cette limite entre la terre et la mer sont d'abord rive et rivage de la mer, expressions que nous retrouvons dans la littérature (Armand, 2020).

Le littoral est cette zone de transition entre continent et océan. Il est soumis à deux ensembles de processus, les processus continentaux et les processus marins. Il est le lieu d'arrivée de tout le matériel érodé sur le continent, mais il est aussi le lieu de transit de ces matériaux qui ultimement seront redistribués dans la grande fosse qu'est l'océan.

Une partie du matériel sédimentaire qu'on retrouve au littoral provient de l'érosion des côtes, mais, en volume, le gros de ce matériel provient de l'érosion des terres continentales et est acheminé au littoral en des points bien spécifiques, les deltas, qui constituent la décharge des grands cours d'eau.

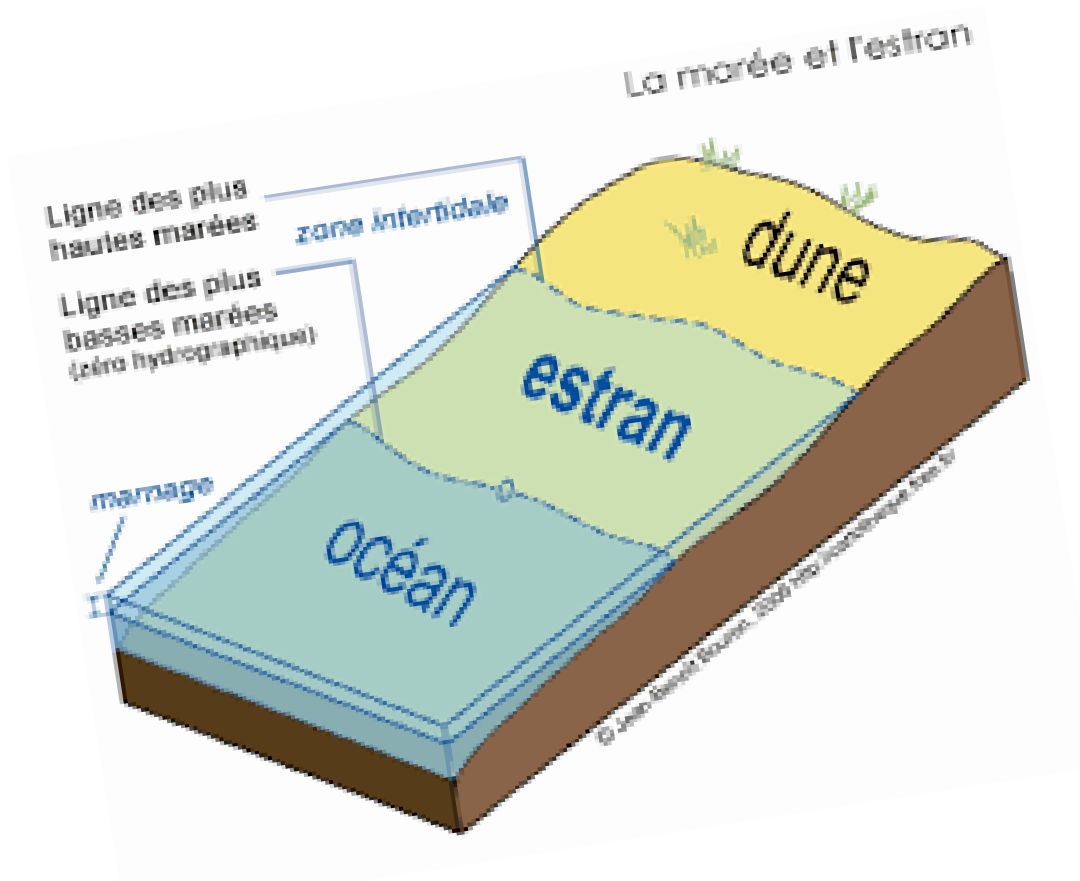


Figure 12. Schéma montrant les lignes des plus hautes et basses marées

(<https://encryptedtbn0.gstatic.com>)

Ces débris sédimentaires sont redistribués le long du littoral par les courants littoraux. Une partie du matériel pourra retourner au continent par le vent et transporté pour former des dunes côtières. Mais le gros du matériel sera éventuellement apporté vers la haute mer de diverses façons.

### 1.3 Crises sédimentaires

L'érosion des plages est un phénomène naturel qu'on retrouve dans le monde entier. Elle est essentiellement due à une pénurie en sable et en galets sur les côtes. Cette pénurie, qui a commencé à se manifester après la fin de la transgression postglaciaire, a été accentuée à l'époque contemporaine par des actions humaines, en particulier la construction de barrages sur les fleuves. L'élévation attendue du niveau de la mer aggravera probablement l'érosion des plages.

À la fin de la transgression postglaciaire, lorsque le niveau de la mer s'est fixé, à peu de chose près, sur sa position d'aujourd'hui. L'époque était alors caractérisée par une grande disponibilité en sédiment sur les littoraux. En effet, lors de sa remontée la mer a balayé et entraîné avec elle des sédiments détritiques, d'origines diverses, qui s'étaient accumulés sur les plates-formes continentales alors que celles-ci étaient émergées. Quand son niveau s'est stabilisé, sables et galets se sont entassés sur des rivages. D'amples plages se sont formées et, éventuellement, des champs de dunes étendus se sont constitués en arrière d'elles.

Cette période d'abondance a duré jusqu'à ce que l'accumulation des sédiments soit telle que l'absorption de l'énergie des vagues soit maximale et que le déplacement des matériaux soit minimal.

Dès lors, les seuls apports frais se sont limités aux produits de l'érosion marine sur les falaises et à la charge solide des cours d'eau livrée à la mer. À cette raison naturelle de restriction de l'alimentation des plages s'est ajoutée, à l'époque contemporaine, une cause humaine qui a encore aggravé la situation de pénurie en diminuant, parfois drastiquement, l'apport des cours d'eau.

Au cours du XX-ème siècle, un peu partout dans le monde, fleuves et rivières ont fait l'objet de travaux de régularisation. On a en particulier, à diverses fins, multiplié les barrages, qui sont d'efficaces pièges pour les sédiments grossiers, les sables et les galets qui, justement, contribuent à l'alimentation des plages.

Il convient de signaler que les sédiments fins, limons et argiles transportés en suspension, échappent à la rétention lors des déversements en temps de crue ou à l'occasion des dévasements périodiques. Aussi, à la différence des plages, les marais maritimes ne connaissent-ils pas en général de crise érosive, d'autant plus que les défrichements pour les mises en culture ont favorisé le décapage des sols par le ruissellement, donc accru la charge en vases des cours d'eau.

#### **1.4 Les relations entre les bassins versants et les cellules littorales**

Une étude a été menée sur la côte méditerranéenne du grand Maghreb (Quinquis, 2017) à une échelle spatiale et temporelle étendue (2200 km de cote et sur 100 ans environ) a permis de déterminer les relations existantes entre l'érosion produite dans les bassins versants et les sédiments transportés en suspension par les oueds. Avec la redistribution de ces sédiments le long du rivage qui participe à l'évolution du trait de côte, alors un nouveau modèle empirique a été proposer qui s'intéresse au transport sédimentaire en suspension le long des bassins versants permettant de déterminer l'impact des barrages sur les sédiments en fonction des taux d'envasement de ces ouvrages, et l'estimation quantitative des apports sédimentaires vers la mer. Ce qui a mené à une synthèse globale sur les relations entre les bassins versants et les cellules littorales, telles que :

- Les deltas jouent un rôle de précurseur et de tampon sédimentaire pour limiter l'érosion des plages en secteur aval de la cellule littorale.
- Il existe un lien entre les apports sédimentaires des Oueds avant-barrage et le type de barre littorale.
- Il existe aussi des liens entre les apports sédimentaires des oueds avant-barrage, minorés du volume de sédiment déplacé par la dérive littorale, avec la taille des deltas et le nombre de barres littorales.

Il existe aussi une relation de forme de bassin versant avec la cellule littorale de manière que (Quinquis, 2017) :

- Bassin arrondie : généralement en forme d'entonnoir (des pentes plus abrutées) donc une vitesse importante alors un temps réduit aux sédiments transportés pour subir plus d'érosion le long du trajet, donc un sédiment grossier relativement va être livré à la plage.
- Bassin allongé : forme plus allongée (pentes plus au moins douces) donc une vitesse moins importante.

## 1.5 L'envasement des barrages

L'envasement est défini comme étant le dépôt de sédiments dans les retenues et barrages, réduisant ainsi leurs capacités de stockage.

La construction d'un barrage change les caractéristiques hydrauliques de l'écoulement et la capacité de transport des sédiments (Chow, 1964), transportée par l'écoulement, la matière solide tend à se déposer à l'approche des plans d'eau, car en réduisant sa vitesse, l'écoulement perd petit à petit sa capacité de transport quand le cour d'eau s'approche et se jette dans le lac du réservoir, les particules grossières se déposent en premier ensuite les plus fines jusqu'à atteindre la digue, n'ayant pas eu le temps d'échapper le dépôt se tasse et se consolide en réduisant ainsi la capacité de stockage du réservoir, sachant qu'en moyenne 90% des sédiments transportés par le cour d'eau sont piégés (Chow, 1964).

Le problème d'envasement des barrages n'est pas un problème propre à l'Algérie qui dispose un envasement moyen de 32 millions m<sup>3</sup> (Remini, 2003). Beaucoup de pays dans le monde souffre du problème surtout dans les zones arides et semi-arides, où le manque de ressources hydrique est accentué par l'érosion des sols qui peut atteindre les 5000 t/km<sup>2</sup>/an contre 30 à 50 t/km<sup>2</sup>/an en Europe (Abdeli, 2007).

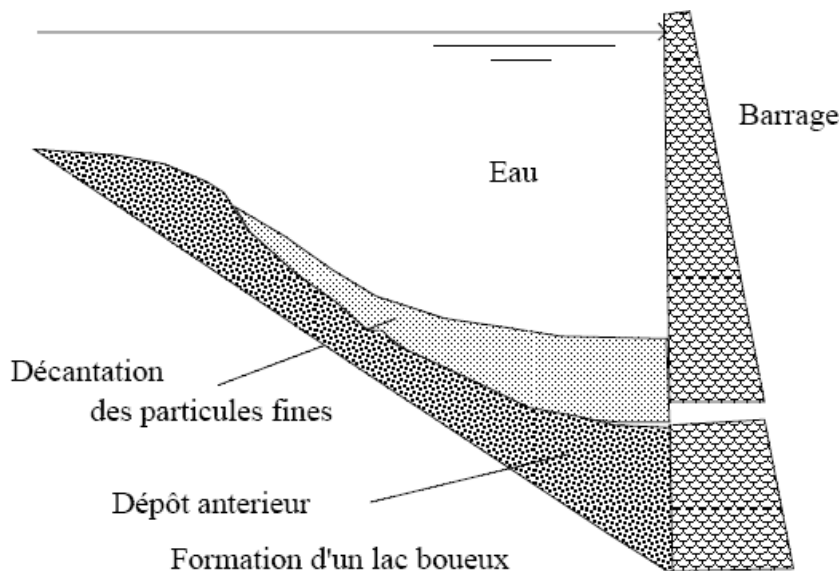


Figure 13. Dépôt de vase (Remini, 2003)

---

## **CHAPITRE II. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE**

---

## Description de la zone d'étude

### 2.1 Délimitation de la zone en coordonnées géographiques :

**Latitudes : Limite Est :  $4^{\circ}37'35''$  /Limite Ouest :  $2^{\circ}7'46''$**

**Longitudes : Limite Nord :  $36^{\circ}54'42''$  /Limite Sud :  $35^{\circ}59'31''$**

### 2.2 Choix de la zone d'étude

Dans ce chapitre nous allons décrire notre zone d'étude qui s'étend sur toute la zone du centre algérien à savoir Tipaza, Alger et Boumerdes avec les cinq bassins versant principales (Fig.14) ; Elle est limitée géographiquement par les wilayas suivantes :

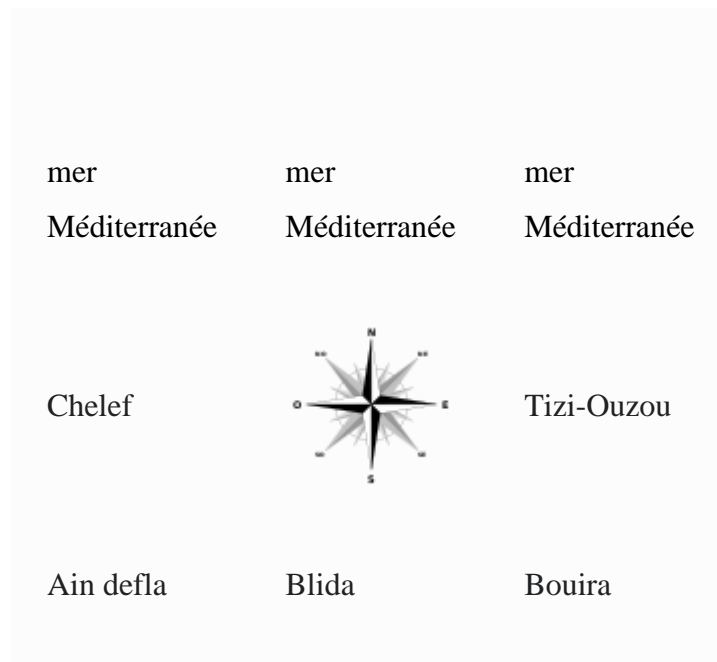


Figure 14. Wilayas limitrophes de la zone d'étude

Nous aborderons essentiellement les caractéristiques géographiques, géologiques, topographiques, hydrologiques, climatiques et océanographiques de cette zone.

Initialement on a opté pour les cinq barrages installer sur les bassins versants étudiées, par manque de données nous avons réorienté nos ambitions et on a réduit le nombre à trois (3), qui sont : le barrage

## Chapitre 2 : Présentation de la zone d'étude

de Boukourdane (Tipaza) sur le bassin versant d'oued El Hachem, barrage du Hamiz (fait partie de la wilaya de Boumerdes mais déverse à Alger) sur le bassin versant d'oued el Hamiz et le barrage de Beni Amran (Boumerdes) sur le bassin versant d'Oued Isser.

A l'embouchure de chaque oued nous retrouvons les plages suivantes : El Hamdania (Cherchel), coco plage (Bordj El Bahri) et Cap Djinet (Boumerdes). Voici un tableau qui illustre quelque caractéristique de ces trois bassins versants :

Tableau 1. Caractéristiques géométriques des bassins versants

<b>Bassin versant</b>	<b>Surface (Km<sup>2</sup>)</b>	<b>Perimetre (Km)</b>	<b>Indice KG</b>
<b>Bassin oued el Hamiz</b>	273,89	129,68	2,19
<b>Bassin oued el Hachem</b>	220,25	89,80	1,69
<b>Bassin oued Isser</b>	3861,91	439,78	1,98

Présentation de la zone d'étude :

2.3 Aperçu topographique de la zone générale

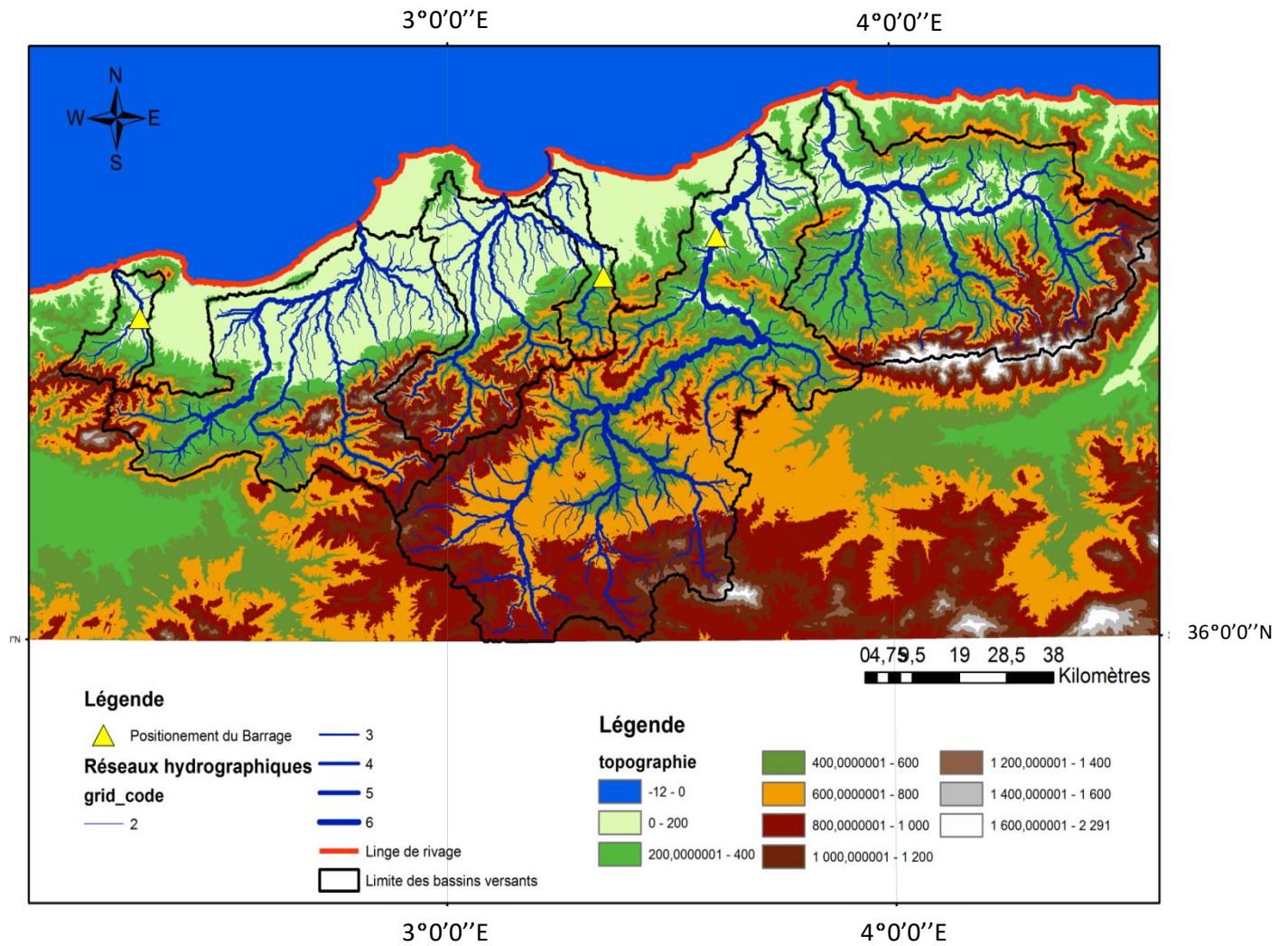


Figure 15. Carte topographique et hydrologique de la zone d'étude

La zone du centre algérien englobe les reliefs de l'Atlas, de la Mitidja et du Sahel qui font partie des wilayas d'Alger, Tipaza et de Boumerdes situées au Nord du pays.

Du point de vue relief, le bassin Algérois est bordé principalement par les Chaînes montagneuses de l'Atlas Tellien où les altitudes dépassent facilement les 1000m, comme Chréa (le refuge 1550m), ou le massif du Djurdjura (Lalla khedidja 2308m). A l'Ouest, les Altitudes sont moins importantes que l'Est avec des Altitudes de plus de 700m pour les hauteurs du Côtier Cherchell, ou 400 m pour les montagnes du Côtier Ténès. Toute cette chaîne montagneuse ne laisse que moins de 20% de la superficie pour les plaines dont la plus importante est certainement la Mitidja avec ces 1400 km<sup>2</sup> de moins de 100m d'Altitude. Disposé au pied de l'Atlas Tellien, la Mitidja caractérise par les alluvions charriées par les cours d'eau qui descendent vers la mer, ce qui lui donne le caractère de plaine Alluviale. Mis à part la Mitidja, le reste des plaines n'est qu'une fine bande aux abords de la côte.

#### **2.4 Aperçu géologique de la zone d'étude**

Le bassin versant de Boukourdane est composé de roches d'âge différent allant du trias, jurassique, crétacé (dolomie dure, calcaire, calcaire friable et schiste), Miocène (roche volcanique), villafranchien (calcaire, lacustres ; argiles) et quaternaire (alluvions, sable, calcaire et pierre) on trouve aussi des roches de nature marneuse.

Quelques affleurements au niveau du Mont Chenoua et du massif de Djurdjura composé essentiellement de calcaire.

Le bassin versant du barrage d'El Hamiz est composé de roches d'âge allant du crétacé inférieur et crétacé supérieur, oligocène et quaternaire continental (alluvions).

Le bassin versant de Beni Amrane est composé de roches d'âge allant du crétacé inférieure, supérieur et moyen, d'éocène, d'oligocène, miocène (Durant le miocène les dépôts les plus importants était des faciées argileux et gréseux), de pliocène et du quaternaire continental.

Faciée argileux veut dire que la nature et le climat sont moins agressifs. Le pliocène qu'on retrouve beaucoup plus sur le pli du Sahel.

Vers l'Est formation d'âge Miocène.

Oued Isser : Crétacé et formation plus récente qui sont moins résistantes à l'érosion mécanique (c'est pour cela que l'on retrouve moins d'envasement d'un côté par rapport à un autre).

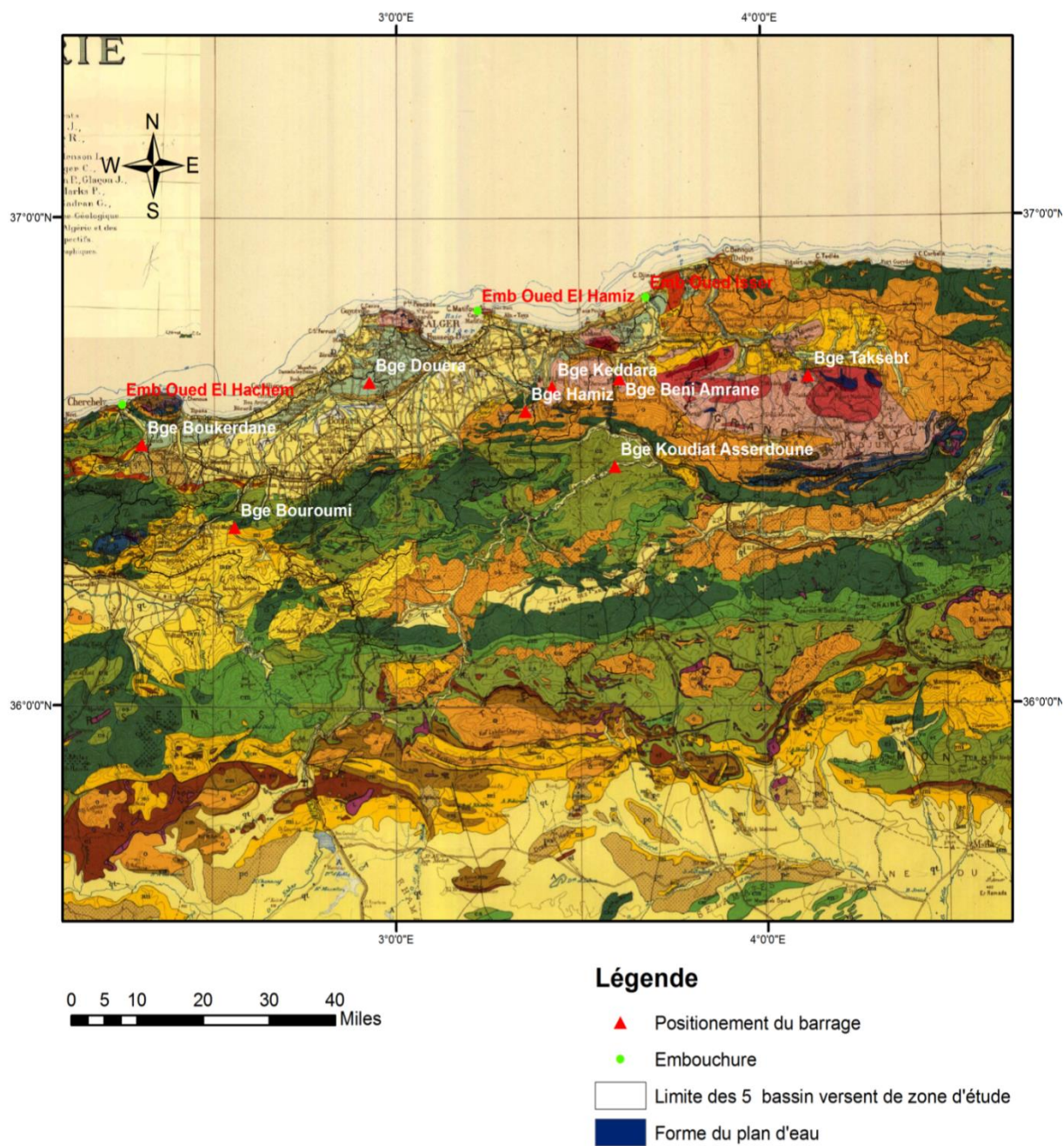


Figure 16. Carte adaptée de la carte géologique de l'Algérie (carte éditée en 1951-1952, M.G Bétier ingénieur général des mines)

## 2.5 La wilaya de Tipaza

La wilaya de Tipaza est située à 68 km à l'ouest de la capitale Alger. Le chef-lieu de la wilaya est Tipaza.

La présence de la mer, des reliefs du Chenoua et du Dahra donnent un paysage particulier et d'un intérêt touristique. De nombreux vestiges puniques, romains, chrétiens et musulmans attestent de la richesse de l'histoire de cette région.(CNL)

### 2.5.1 Présentation de la wilaya de Tipaza

Le territoire de la Wilaya de Tipaza couvre une superficie de 1707 Km<sup>2</sup> qui se répartit en :

- Montagnes : 336 Km<sup>2</sup> (20 %).
- Collines et piémonts : 577 Km<sup>2</sup> (34 %).
- Plaines : 794 Km<sup>2</sup> (46 %).

### 2.5.2 Hydrologie

Compte tenu de sa position géographique la Wilaya de Tipaza dispose d'un réseau hydraulique relativement important. D'Est en Ouest, nous rencontrons :

Oued Mazafran, Oued El-Hachem, Oued Djer, Oued Damous

### 2.5.3 Climat

La Wilaya de Tipaza se situe dans un seul étage bioclimatique subdivisé en 02 variantes:

- L'étage sub-humide caractérisé par un hiver doux dans la partie Nord
- L'étage sub-aride caractérisé par un hiver chaud dans la partie Sud

### 2.5.4 Pluviométrie

Les précipitations moyennes enregistrées par la station de Merad font ressortir une pluviométrie moyenne annuelle de 611 mm durant la période 1978-2020.

### 2.5.5 Températures

Elles varient entre 33°C pour les mois chauds de l'été (Juillet, Août) à 5,7°C pour les mois les plus froids (Décembre à Février).

### **2.5.6 Agriculture**

Les superficies relatives des plaines (46%) ainsi que les collines et des piémonts (34%) donnent à ce secteur une place particulièrement importante dans la vie économique de la Wilaya.

### **2.5.7 Le barrage de Boukerdane**

#### **2.5.7.1 Situation géographique et caractéristiques**

Situé sur l'oued El Hachem dans la wilaya de Tipaza au nord de l'Algérie, fait partie de l'Atlas tellien-littoral. Il est situé entre la longitude 2°7'40" et 2°20'21" Est et la latitude 36°32'60" et 36°24'43" Nord. Il est alimenté par l'oued El Hachem. Ce dernier prend naissance suite à la confluence des quatre principaux affluents : l'Oued Boukadir en provenance de l'Ouest, l'oued Tegdza en provenance du Sud et les oueds Nachef et Fedjena venant de l'Est (Fareh, 2006). La densité de drainage est de 3,10 km.km<sup>-2</sup>, la longueur de son talweg principal est de 34 km. Les pentes supérieures à 35 % occupent une superficie de 78,68 km<sup>2</sup> de l'amont du bassin versant, tandis que les pentes entre 6 et 35 % occupent une superficie de 68,51 km<sup>2</sup> des zones collinaires de la partie centrale du bassin versant. Les faibles pentes, de 0 à 6 %, se localisent principalement dans la vallée et occupent une superficie de 10,87 km<sup>2</sup> dans la partie aval du bassin versant. Les principaux types de sols identifiés dans le bassin versant de l'oued El Hachem sont de types Leptosol lithique (sols peu attrayants pour l'agriculture pluvial raison de leur capacité à retenir l'eau), Régosolcalcaire (sol très peu évolué qui constitue les regs. Il s'agit d'une roche-mère meuble faiblement altérée) et cambisol (un sol au début de sa formation)(WRB).(ANBT)

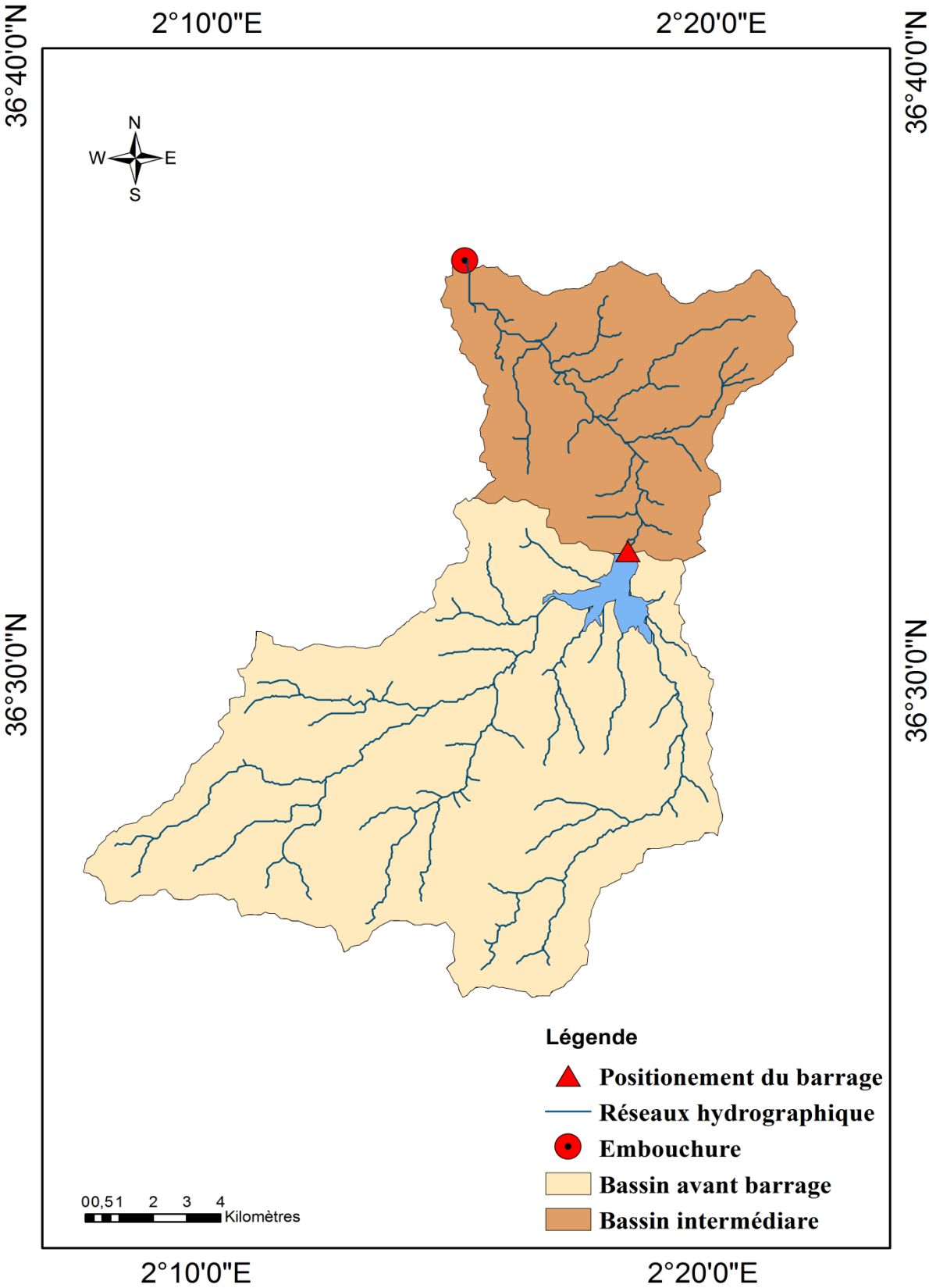


Figure 17. Carte du bassin versant d'Oued El Hachem

### 2.5.7.2 Hydrologie

Au site du barrage la cote du thalweg est d'environ 70 m. La pente longitudinale du lit de l'Oued est de l'ordre de 1%. Le Barrage d'une hauteur de 55 m au-dessus du thalweg avec une cote de retenue normale 119.5 m va constituer une accumulation de 101.5 M<sup>3</sup> régularisant ainsi l'Oued El Hachem et réservant de l'eau provenant de l'Oued Nador par pompage en vue de satisfaire les besoins en eau potable de Cherchell, de Nador et de Tipaza et en eau d'irrigation pour la vallée de l'Oued El Hachem, les régions de Nador, de Hadjout et de Sahel. Selon le programme défini dans l'avant-projet le volume d'eau régularisé par le Barrage est de 49 Mm<sup>3</sup> par année. Dont 8 Mm<sup>3</sup> d'eau potable et 41 Mm<sup>3</sup> d'eau d'irrigation.(ANBT)

La cuvette est entourée de hautes montagnes et des massifs, ce qui est favorable pour y implanter un Barrage d'une hauteur de 55 m au-dessus du terrain naturel. Les formations géologiques au site du Barrage sont divisées en trois groupes :

- Les roches ignées basiques et les produits de leur altération actuelle in situ.
- Les roches sédimentaires tertiaires et les terrains d'altération qui s'y développent.
- Les dépôts quaternaires alluvions de l'Oued et d'éjections torrentielles.

### 2.5.7.3 Aspect géologique du site du Barrage de Boukourdane et de ces environs

Le site du Barrage Boukourdane est situé à 8 km environ au sud de Djèbel Chenoua faisant partie de l'affleurement du dévonien. A 20 km à l'ouest et au sud-ouest du Barrage se trouve le massif Boumaad. Il est constitué essentiellement des roches tectoniques dont le noyau est composé des schistes paléozoïques recouverts des strates du Jurassique et de créacé formant ainsi un vaste anticlinal. Ce sont des terrains relativement monolithiques et stables sauf une série des failles de décrochement senestre en direction NE à l'extrémité ouest, dans la zone contigue au bassin de Cheliff - Ténès du miocène. Depuis le quaternaire ces failles ne sont plus actives en raison de changement de la direction de la contrainte principale de compression régionale.

D'après les données de reconnaissance et d'observation à travers les sondages du site et la fouille de la digue, il résulte que les graviers sont essentiellement des schistes et des schistes arfoisiers, les grès y sont rares. En raison du court trajet de l'Oued et de la petite distance de charriage, les grains de graviers ne sont pas bien arrondis sous l'effet d'érosion. Car la forme des grains, est conditionnée par le gisement de la roche d'origine.

#### **2.5.7.4 Le barrage de boukourdanedéverseà l'embouchure de la plage d'el Hamdania**

La plage: El Hamdania de Wilaya: Tipasa

Daïra :Cherchell / Commune: Cherchell /Chef-lieu de commune: Cherchell

Plage : Autorisée à la baignade

#### **2.5.7.5 Caractéristique géographique et géométrique de la plage**

1. Coordonnées géographique : Latitude : 36°37'5.14"N / Longitude : 2°15'3.63"E

2. Les dimensions de la plage : La forme : Ouverte /Longueur : 1200 m /Largeur : 100 m

3. Type de sédiments : Galets et Sable Grossier

Environnement naturel bordant la plage ; 1/ l'arrière de la plage

Reliefs naturels ; Falaise et oueds

Occupation des sols ; agricoles et naturels / Occupation des sols en arrière plage

Activités balnéaires : Espace naturel (foret ; maquis...)

Espaces agricoles /Route parallèle a au rivage / l'occupation de sol est conforme à la loi 02-02.

C'est une plage qui a gardé son paysage naturel caractérisée par un linéaire côtier très important.

Cette plage nécessite un plan d'aménagement conformément à la loi n°03-02 du 17 février 2003, fixant les règles générales d'utilisation et de l'exploitation touristique des plages. (CNL)

### **2.6 La wilaya d'Alger**

Située dans l'Algérois. Elle correspond à la ville d'Alger et comprend le centre de cette dernière ainsi que ses différents quartiers. La wilaya est divisée en 57 communes. Son chef-lieu (préfecture) est Alger. (CNL)

La wilaya d'Alger est la plus peuplée d'Algérie avec 3 154 792 habitants. Elle est également la moins étendue, avec une superficie de 1 190 km<sup>2</sup>.

#### **2.6.1 Géologie et topographie**

La topographie de la côte algéroise est caractérisée par la succession d'une série de gradins disposés les uns au-dessus des autres comme les marches d'un escalier, du rivage actuel et jusqu'à une altitude de plus de 300 mètres. Ces marches interrompent brusquement la continuité des pentes, en général très raides, qui bordent le littoral algérois.

La constatation de cette disposition apparaît en explorant la côte Algérienne de l'ouest vers l'est à partir des environs des Andalouses et d'Arzew à Oran à l'ouest, à Ténés, à Cherchell, à Bou Ismail, à Bouzereah d'Alger, à Thenia au centre de la côte Algérienne, à Jijel, à Skikda et à Annaba à l'est.

De ce fait, l'étude géologique de la région algéroise, peu étendue en surface et formant un rocher qui s'avance dans la mer, révèle qu'en arrière il est recouvert par un cordon de dunes au-delà duquel on retrouve les terrains sédimentaires de la série tertiaire.

Dans une esquisse géologique et topographique du littoral d'Alger datant de 1911, il apparaît que ce littoral comprend essentiellement toute la région basse qui borde le pied de l'Atlas sur plus de 100 kilomètres, depuis le massif de Sidi Fredj au Nord de Thénia des Béni Aïcha, jusqu'au Mont chenoua à l'Ouest de Tipaza.

### **2.6.2 Climat et moyennes météorologiques tout au long de l'année pour Alger**

À Alger, les étés sont chauds, lourds, secs et dégagés dans l'ensemble et les hivers sont longs, frisquets, venteux et partiellement nuageux. Au cours de l'année, la température varie généralement de 6 °C à 30 °C et est rarement inférieure à 2 °C ou supérieure à 34 °C.

### **2.6.3 Le barrage d'el Hamiz**

Le barrage Hamiz est situé dans la commune de Larbâtache (Bou- merdès) à 6 km de Khemis-el-Khechna, 20 km de la mer et 35 km d'Alger. Réalisé dans la région du bassin versant de l'Oued Lekhal, vallée de l'Oued Reghaïa, qui couvre une superficie de 139 km<sup>2</sup>, ce barrage est destiné à créer un réservoir permettant la régularisation des crues du Hamiz et l'irrigation de la Mitidja orientale. (ANBT)

#### **2.6.3.1 Relief et topographie**

Le bassin versant d'el Hamiz fait partie de l'Atlas de Tablat, prolongement occidental du massif du Djurdjura. À l'est, il est dominé par la surélévation, brusque de ce dernier massif qui constituera la Grande Kabylie. Au sud, il est limité par le djebel Tamesguida qui délimite la ligne de crête et dont le point culminant est à 1.138 mètres.

Le relief de ce bassin présente de multiples collines et crêtes

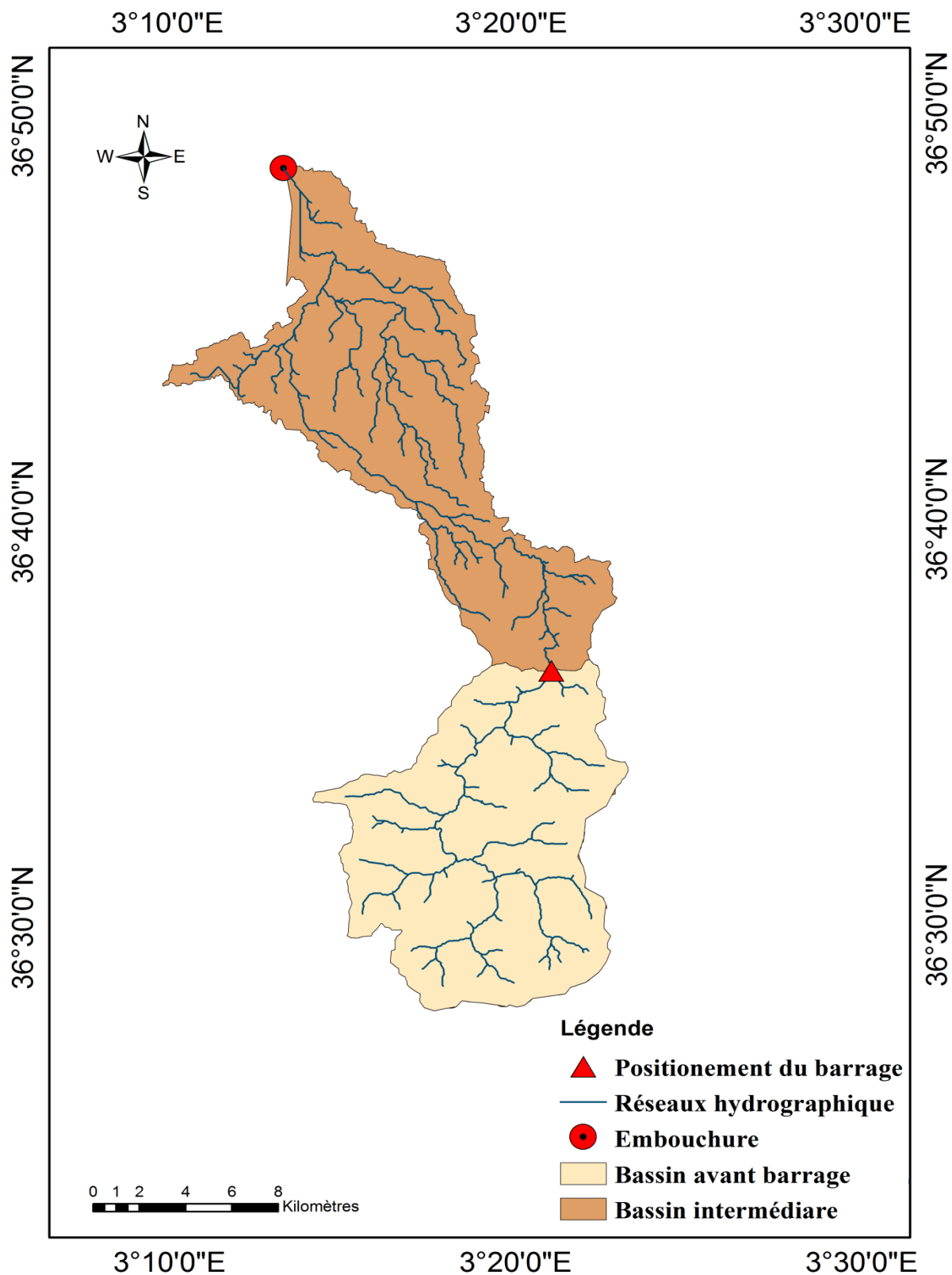


Figure 18. Carte du bassin versant d'Oued El Hamiz

### **2.6.3.2 Géologie**

Le terrain de couverture est constitué en quasi-totalité par des sédiments marneux friables.

On distingue cependant trois unités géologiques principales :

- Le flychalbo-aptien formant le terrain primaire,
- Les marnes avec lentilles calcaires du Sénonien,
- Le flych éocène-cretacé supérieur.

Sur les collines et les crêtes dénudées, apparaissent les schistes.

### **2.6.3.3 Couverture végétale**

La région peu peuplée, possède une très maigre végétation. De loin en loin, on distingue des massifs forestiers, la végétation est du type des maquis et des broussailles. Les travaux récents de D.R.S. vont permettre cependant de diminuer l'action de l'érosion et de reconstituer une végétation d'arbres et d'arbustes.

### **2.6.3.4 Hydrologie**

Le réseau hydrographique est dense dénotant ainsi la faible perméabilité des terrains de couverture. L'oued Arbatache, oued principal, qui deviendra l'oued Hamiz en aval du barrage est formé par la réunion de plusieurs oueds. Le plus long réseau formé par l'oued Arbatache, l'oued di Labadie, à 22 km de long jusqu'au barrage. Il descend du Tamesguida.

Les principaux affluents sont :

Oued Tebehrine (7km de long jusqu'au confluent), oued Krouirde (7,450 m de long Jusqu's confluent), Oued Ferrhiou (5,00 km de long jusqu'à confluent), oued Bou Ziane (5,500 m de long jusqu'à confluent).

En aval de la zone de réunion de ces oueds, l'oued Arbatache reçoit des affluents importants :

Oued Tech - Oued ATchour (6 km de long jusqu'au confluent), oued Bouarra (6,500 km de long jusqu'au confluent)

### **2.6.3.5 Le barrage de Hamiz déverse à l'embouchure de coco plage (Bordj El Bahri)**

Elle se trouve à l'est du centre-ville d'Alger. La plage est constituée de sable moyen et s'étale sur une longueur de 150 mètres et sur une largeur de 08 mètres. Son taux de fréquentation est faible. La baignade n'y est pas autorisée.(CNL)

## **2.7 La wilaya de Boumerdes**

La Wilaya de Boumerdes est une wilaya côtière du centre du pays et s'étend sur une superficie de 1 456,16 Km<sup>2</sup> avec 100 Km de profil littoral allant du cap de Boudouaou El Bahri à l'Ouest à la limite Est de la commune de Afir. Compte actuellement 32 Communes regroupées autour de 09 Dairas.

### **2.7.1 Hydrologie**

Le territoire de la wilaya de Boumerdes est traversé par un important réseau hydrographique.

Outre les petits cours d'eau, il existe des oueds d'un débit appréciable tels que :

L'oued SEBAOU, l'oued ISSER, l'oued Larbatache et l'oued Keddara

Les débits de ces oueds, bien qu'importants en saison humide, sont en général irréguliers.

### **2.7.2 Climat**

La wilaya de Boumerdes est caractérisée par un climat méditerranéen (hivers froids et humides et étés chauds et secs).

La pluviométrie est irrégulière et varie entre 500 et 1 300 mm/an.

Il y a lieu de signaler que la région de Dellys est plus arrosée que le reste de la wilaya avec une pluviométrie moyenne égale à 900 mm/an.

Les amplitudes thermiques annuelles sont en général faibles dans la wilaya ; ceci étant dû à la proximité de la mer. La température moyenne est de 18° près de la côte et de 25° à l'intérieur des terres.

### **2.7.3 Pédologie**

Du point de vue pédologique, la Wilaya dispose d'un potentiel en sols d'une grande valeur agronomique dont l'essentiel se trouve dans la vallée du bas de l'Oued Isser, la plaine du SEBAOU et de la Mitidja. Ils se caractérisent par une texture fine et par leur aptitude à la pratique d'une agriculture intensive.

Suivant leur structure agro-pédologique, nous distinguons trois catégories principales de sols qui sont :

Les sols fertiles à haut rendement agricole formant les plaines du littoral dont une partie est souvent marécageuse (bordure des oueds). Les sols cultivables mais parfois accidentés et exposés à l'érosion, propices à la pratique de la céréaliculture et de l'arboriculture rustique au niveau des piedmonts.

Les sols pratiquement incultes formant les massifs montagneux rocaillieux, accidentés être couverts de végétation forestière.

## **2.7.4 Barrage Beni Amrane**

### **2.7.4.1 Situation du barrage**

La gorge de Béni-Amrane se trouve à 1 km environ à l'est du village du même nom.

Le site du barrage est placé sur un important méandre à l'extrémité aval de la gorge. Il se trouve à environ 20 km de la côte à la longitude 3° 37' E et à la latitude 36° 40' N.

En aval de la gorge, la vallée s'élargit et l'oued serpente à travers une large plaine aboutissant à la mer. Pour le choix du site ont été étudiées trois variantes :Lakhdaria, Béni-Amrane et Bas Isser, de l'amont pour l'aval.

Le site intermédiaire a été choisi parce qu'il permettrait d'obtenir de l'eau au moindre prix, disposant la retenue d'une capacité suffisante pour servir de bassin de décantation et de régularisation pendant les périodes où les eaux seront pompées en direction de la retenue de Keddara. (ANBT)

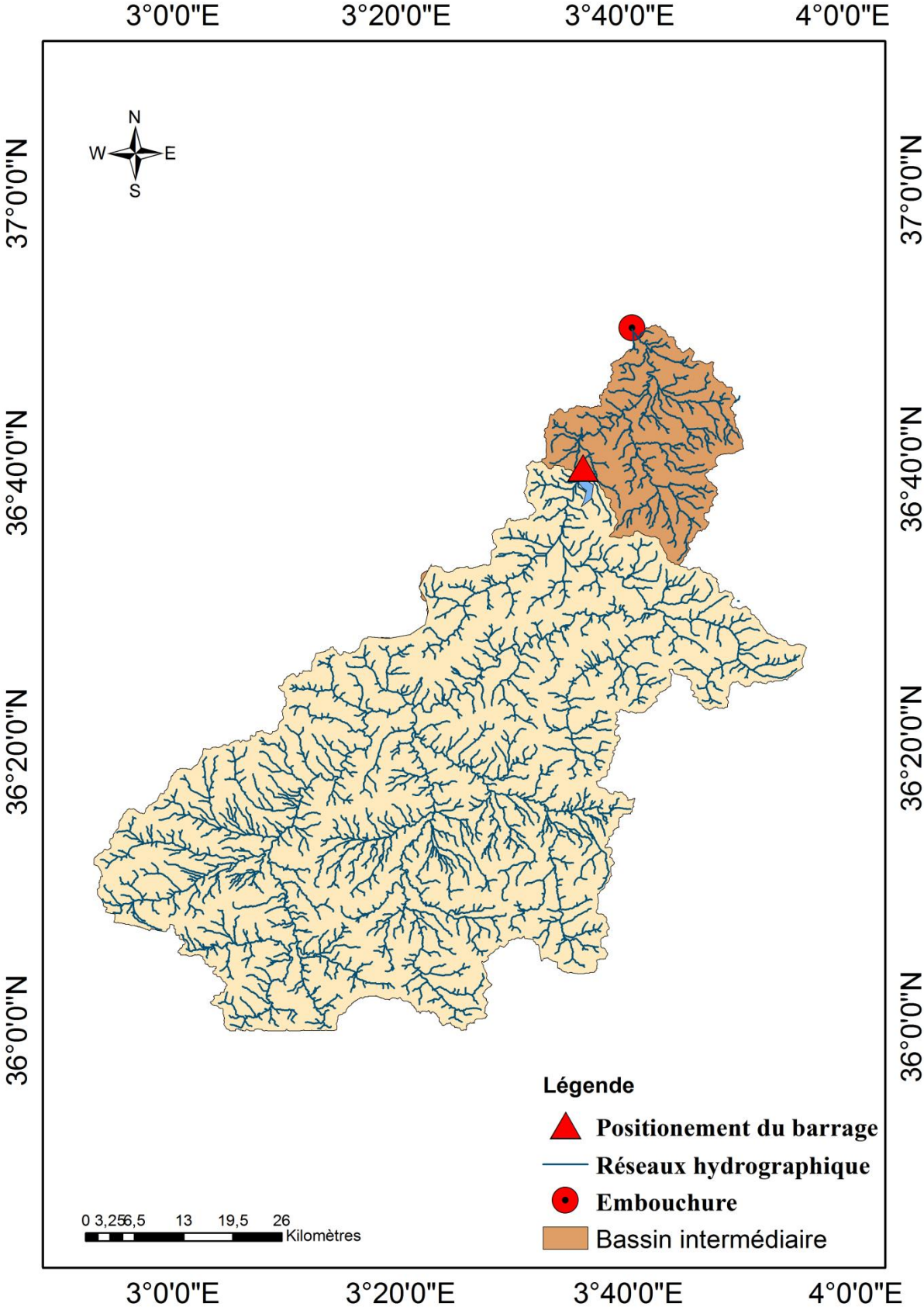


Figure 19. Carte du bassin versant d'Oued Isser

#### **2.7.4.2 Hydrologie**

L'Oued Isser et ses affluents ont un bassin versant d'une superficie de 4 145 km<sup>2</sup> au total (à l'embouchure). A l'emplacement du barrage de Béni-Amrane la superficie du bassin versant est de 3 710 km<sup>2</sup>.

A proximité de Béni-Amrane, le bassin versant comporte une végétation raisonnable essentiellement constituée de broussailles épaisses protégeant une terre végétale légèrement silteuse. Toutefois, plus en amont, la végétation se raréfie et par endroits, le ravinement est prononcé comme, par exemple, près de Tablat sur le cours supérieur de l'Oued Isser.

La pente de l'oued est relativement forte : le lit de l'oued vers l'amont du barrage présente une pente d'environ 2,5 m/km passant à 5 m/km dans la gorge profondément incisée qui se trouve à 8 km vers l'amont ; en aval du site du barrage, la pente moyenne est à peu près 1 m/km.

Le lit du cours d'eau contient des dépôts récents de sables et de graviers ; il est protégé de manière générale par des galets grossiers dont le diamètre atteint 150mm

En résultat de l'accroissement de la superficie du bassin versant, entre Lakhdaria et le site du barrage, les débits augmentent d'environ 5% et ainsi le débit annuel moyen a Béni -Amrane est de  $396 \times 10^6 \text{ m}^3 \times 1,05 = 414 \times 10^6 \text{ m}^3$  (13,128 m<sup>3</sup>/s et module relatif de 3,53 l/s.km<sup>2</sup>).

Pour les débits annuels a Béni-Amrane sont enregistrées des valeurs entre le minimum de  $132 \times 10^6 \text{ m}^3$  et  $957 \times 10^6 \text{ m}^3$  (le rapport entre les valeurs extrêmes enregistrées est donc de 1 à 7,25)

Ces éléments montrent que l'irrégularité des débits de l'oued est assez considérable, soit dans la suite de l'année soit d'une année à l'autre et il a été vérifié encore que nous avons souvent une série d'années humides puis une série d'années sèches.

#### **2.7.4.3 Bassin versant de l'Oued Isser**

La capacité de retenue de Béni-Amrane de  $15,6 \times 10^6 \text{ m}^3$  et pour le débit de 7 m<sup>3</sup>/s adopté pour la capacité de l'ouvrage de transfert (station de pompage et conduite jusqu'à la retenue de Keddara), les prélèvements moyens de l'Oued Isser, partant de  $137 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$  transférables, ont été calculés de  $114 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$ . Il a été prévu qu'un débit de 1 m<sup>3</sup>/s sera prioritairement lâché pour satisfaire les besoins en aval de Lakhdaria eau et de Béni-Amrane.(ANBT)

#### **2.7.4.4 Effets résultants d'un barrage construit ultérieurement en amont de Béni-Amrane**

L'impact de l'implantation d'un tel barrage à Koudiat Acerdoune amont de Béni-Amrane, ayant la retenue une capacité très élevée, a été analysé dans des études déjà réalisées et aurait d'importantes répercussions sur les caractéristiques de la retenue de Béni -Amrane et aussi sur

le volume régularisé du système Isser -Keddara-Hamiz. Ainsi ces études ont permis d'extraire les conclusions principales suivantes :

- L'écoulement annuel moyen de l'Oued Issera Béni-Amrane se réduirait à 438 de la valeur actuelle.
- Les débits de pointe de crue Béni-Amrane auraient un affaiblissement (pour la crue centennale, de 4 000 m<sup>3</sup>/s à 3 500 m<sup>3</sup>/s).
- La vitesse de l'alluvionnement dans la retenue de Béni -Amrane serait réduite jusqu'à environ la moitié de ce qu'elle aurait été sans l'existence d'un tel barrage en amont.

#### **2.7.4.5 Capacité de stockage de la retenue**

Attendu que la concentration moyenne des sédiments transportés par les eaux de l'Oued Isser sont très élevées, la retenue pour jouer sur une période raisonnablement longue le rôle de retenue de sédimentation, devrait avoir une capacité de stockage assez importante ou bien, dans le cas d'une retenue de petite capacité, elle devrait assurer la chasse de sédiments d'une façon efficace. Après la comparaison avec d'autres solutions en divers endroits de l'Oued Isser, Béni-Amrane a été choisi, pour une retenue de capacité de stockage assez limitée, en raison de la nécessité de ne pas inonder la RN 5 et la voie de chemin de fer de Constantine qui passent à proximité de la retenue aux abords de Lakhdaria.

#### **2.7.4.6 Le barrage de Beni Amran déverse à l'embouchure de la plage du Cap Djinet**

La plage Cap Djinet est une station balnéaire qui est située à proximité de Maison de jeune, et proche de Port de Cap Djinet. Sa Latitude est de 36,86975° ou 36° 52' 11" nord et sa longitude de 3,71824° ou 3° 43' 6" Est. Elle est autorisée à la baignade.(CNL)

---

# **CHAPITRE III. MATERIELS ET METHODES**

---

## Introduction

Dans ce chapitre nous allons mentionner les logiciels et sites qu'on a utilisés et les étapes de manipulation mais aussi la source des données, puis détailler notre choix de méthode et sa validation.

### 3.1 Données utilisées

#### 3.1.1 Téléchargement du MNT (modèle numérique de terrain) à partir du site USGS

Tout d'abord il faut délimiter la zone souhaitée en positionnant 4 points comme sur la figure (1) :



Figure 20. Image explicative de la délimitation de la zone sur usgs (<https://ers.cr.usgs.gov>)

Ensuite il faut cliquer sur ensemble de données puis sur altitude numérique et cocher SRTM 1 arc second global. L'étape suivante sera de cliquer sur résultats et on pourra télécharger nos images facilement.

#### 3.1.2 Manipulation du logiciel ArcGIS

L'ensemble des données téléchargées sur les sites d'USGS ont été intégrer dans un système SIG pour créer une base de données personnel, deuxième étape nous avons utilisé le logiciel ArcGIS 10.4.1.

- Après avoir téléchargé les 4 images nous avons procédé par un mosaïquage pour obtenir un seul MNT que l'on peut voir sur la figure (2), suivie par un traitement d'image.
- Le système de coordonnées choisie pour les couches : système de coordonnées projeter / AFRIQUE /Nord sahara 1959 UTM ZONE 31

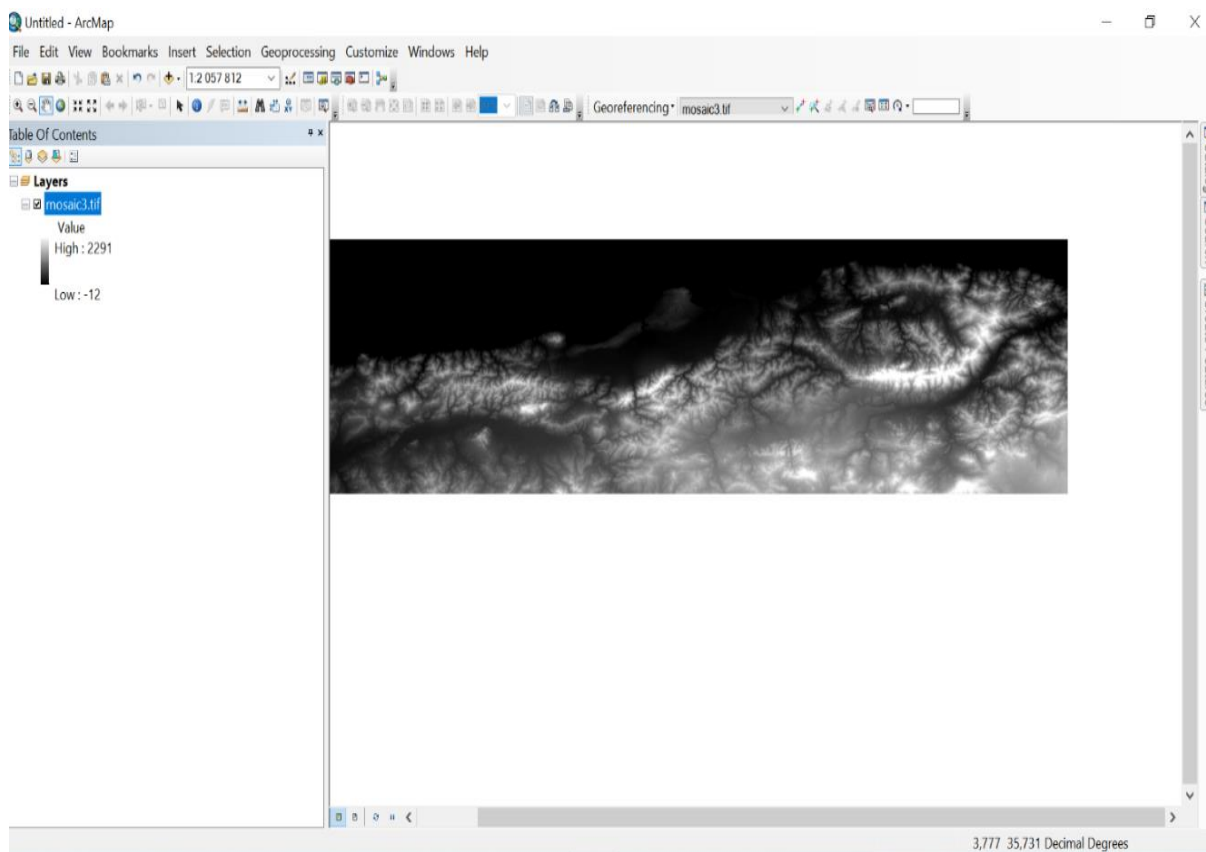


Figure 21. Image représentant le MNT de la zone d'étude sur le logiciel Arcmap

### 1) Délimitation des bassins versants et du réseau hydrographique

- On a commencé par extraire une carte topographique du fichier MNT
- Après à l'aide de l'outil Arctoolbox : spatial analyse tools / hydrologie/ fill nous avons fait le remplissage
- ensuite nous avons fait ressortir la direction des flux (flow direction) voir figure (22).

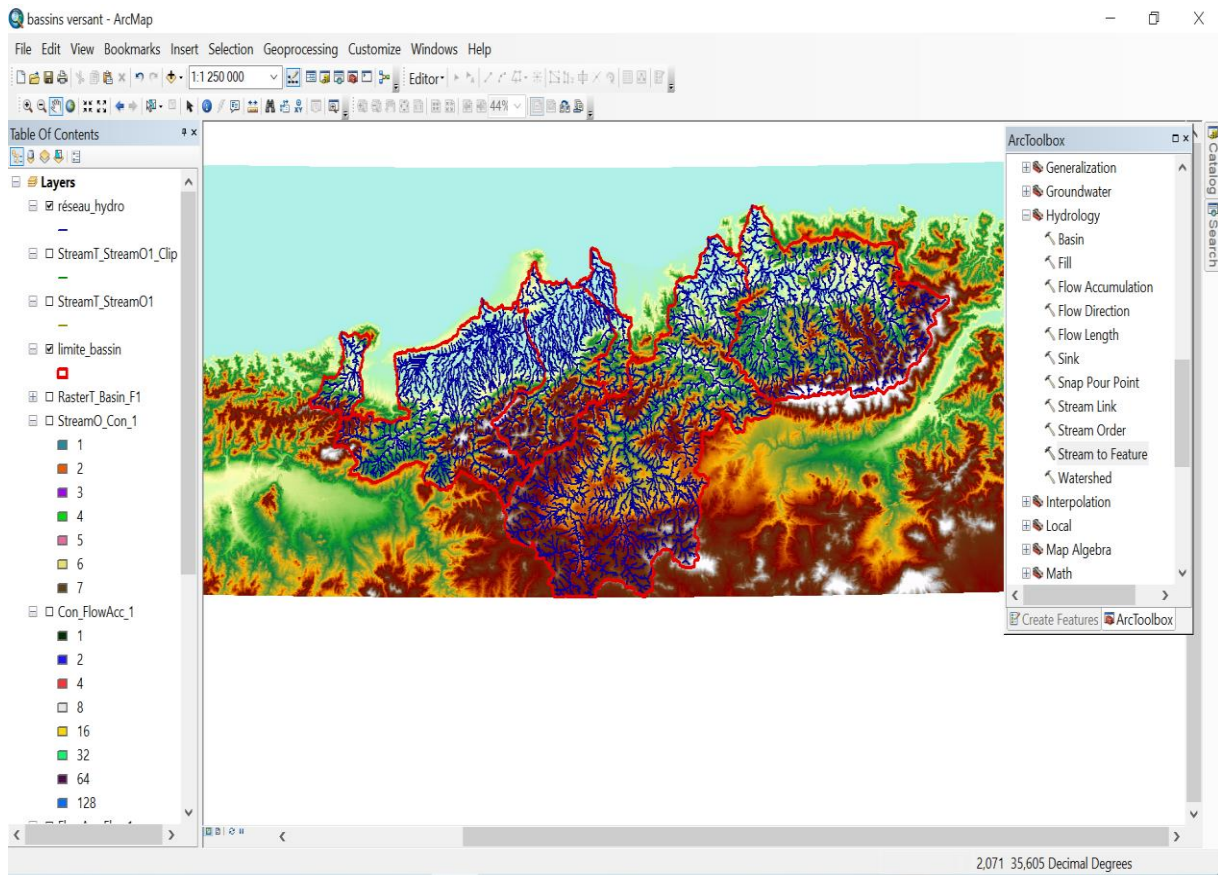


Figure 22. Image représentant les limites des bassins versants et le réseau hydrographique

## 2) Positionnement des barrages :

- On a pris comme référence la carte du réseau hydro climatologique et de la surveillance de la qualité des eaux et aussi les coordonnées géographiques pour pouvoir les positionner comme le montre la figure (23).

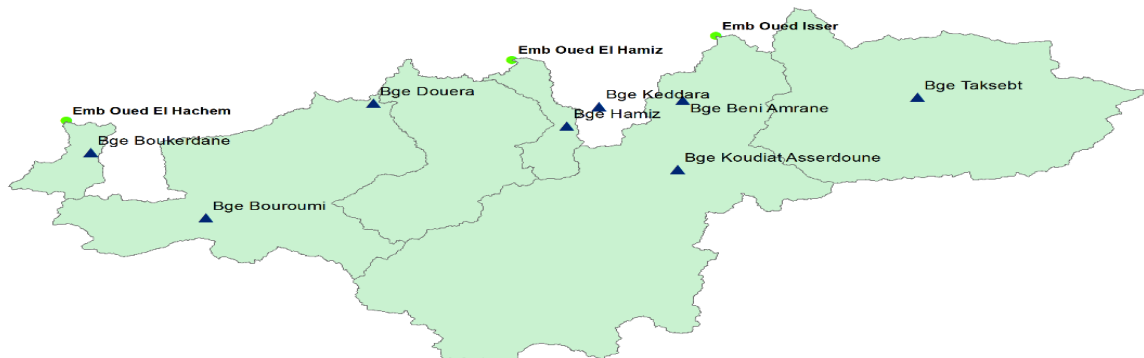


Figure 23. Image illustrative du positionnement des barrages sur les bassins versants

Après cela nous avons délimité les sous bassins versants des barrages.

Puis calculer le périmètre et la surface de chaque bassin versant afin de calculer l'indice KG et déduire la forme des bassins versants.

### 3.1.3 Méthode d'interprétation de l'indice KG

Il existe différents indices morphologiques permettant de caractériser le milieu, mais aussi de comparer les bassins versants entre eux. À titre d'exemple l'indice de compacité de Gravelius (1914) KG, défini comme le rapport du périmètre du bassin sur surface :

$$\text{La formule utilisée : } KG = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

KG est l'indice de compacité de Gravelius,

A : surface du bassin versant [km<sup>2</sup>],

P : périmètre du bassin [km].

Cet indice se détermine à partir d'une carte topographique en mesurant le périmètre du bassin versant et sa surface. Il est proche de 1 pour un bassin versant de forme quasiment circulaire et supérieur à 1 lorsque le bassin est de forme allongée (Le site : [echo2.epfl.ch](http://echo2.epfl.ch)).

On a fait l'extraction de la ligne de rivage à partir des isolignes déterminé du MNT, puis nous l'avons rajouté comme couche.

A partir du fichier MNT nous avons déterminé et calculer le pourcentage des pentes.

Après avoir géoréférencé une carte géologique du nord algérien, on a superposé la couche des délimitations des bassins versants.

### 3.1.4 Les rapports techniques de l'ANBT

Nous allons procéder par analyser les rapports techniques de bathymétrie de l'ANBT des 3 barrages qui illustrent le taux d'envasement puis les comparer avec le volume des plages que nous allons calculer à l'aide de Google Earth Pro.

### 3.1.5 Etape d'estimation des surfaces des plages sur Google Earth Pro :

#### Google Earth Pro :

L'utilisation gratuite des images présentées par le logiciel n'est autorisée que par des captures d'écran ou une utilisation en ligne. Google Earth Pro permet d'imprimer des images en haute résolution, alors qu'il faut se contenter de la résolution de l'écran avec la version basique. Mais aussi bien d'autres fonctions. Il ajoute aux étonnantes fonctionnalités de Google Earth des outils encore plus puissants. Il est également possible de procéder à un géocodage d'adresses par lot, d'importer automatiquement des images SIG et d'avoir « accès à des données démographiques, à des données cadastrales et à des données de circulation ». Les outils de mesure sont plus évolués, tout comme celui permettant de créer des cartes. Il est également question de Movie Maker qui permet de « créer une vidéo qui suit le mouvement de la caméra ».

- A l'aide de l'outil ajouter un trajet on a tracé une ligne d'1 Km parallèle à la ligne de rivage pour la prendre comme repère puis nous avons tracer des transects de 25m perpendiculaire à la ligne de rivage à l'aide du même outil.

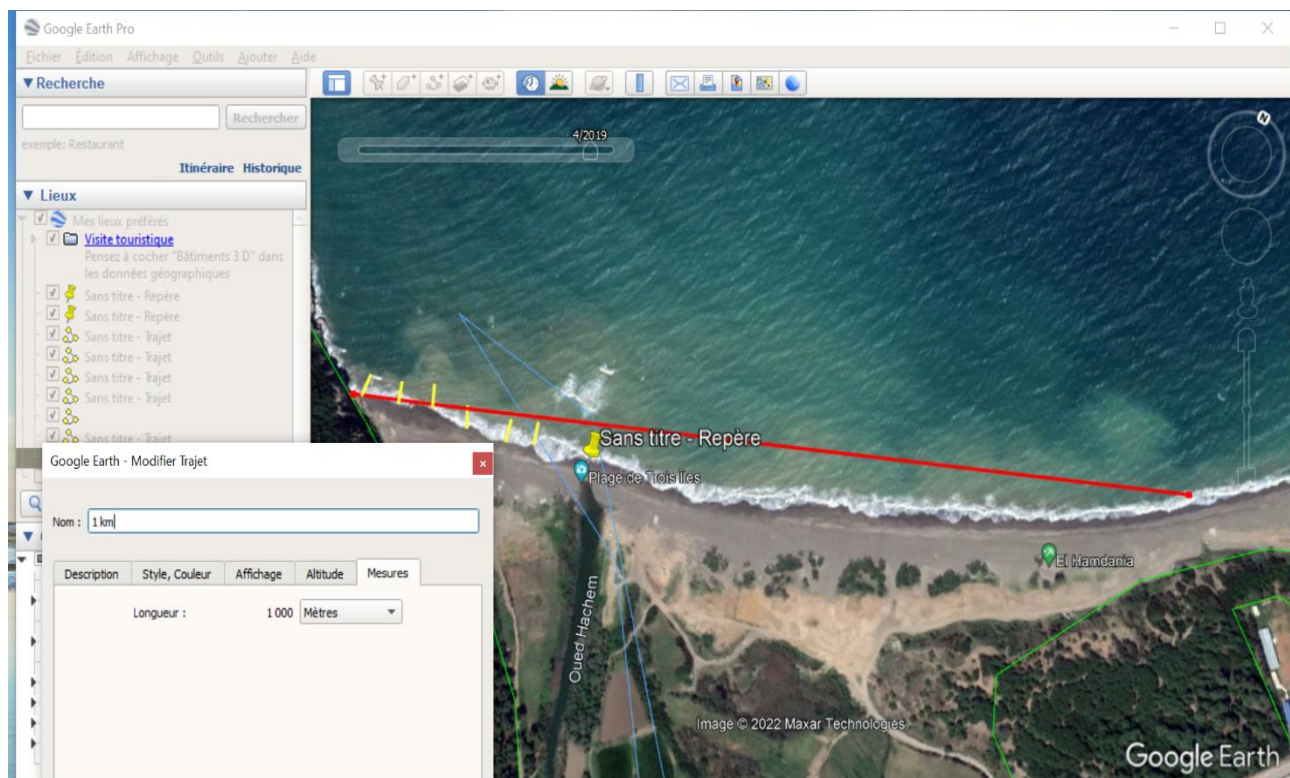


Figure 24. Ligne d'un Km avec les transects de 25 mètres

Ensuite, à l'aide de l'outil ajouter un polygone nous avons relié les arêtes de chaque transect puis on a poursuivi le traçage de notre plage pour trouver son périmètre (figure 26).

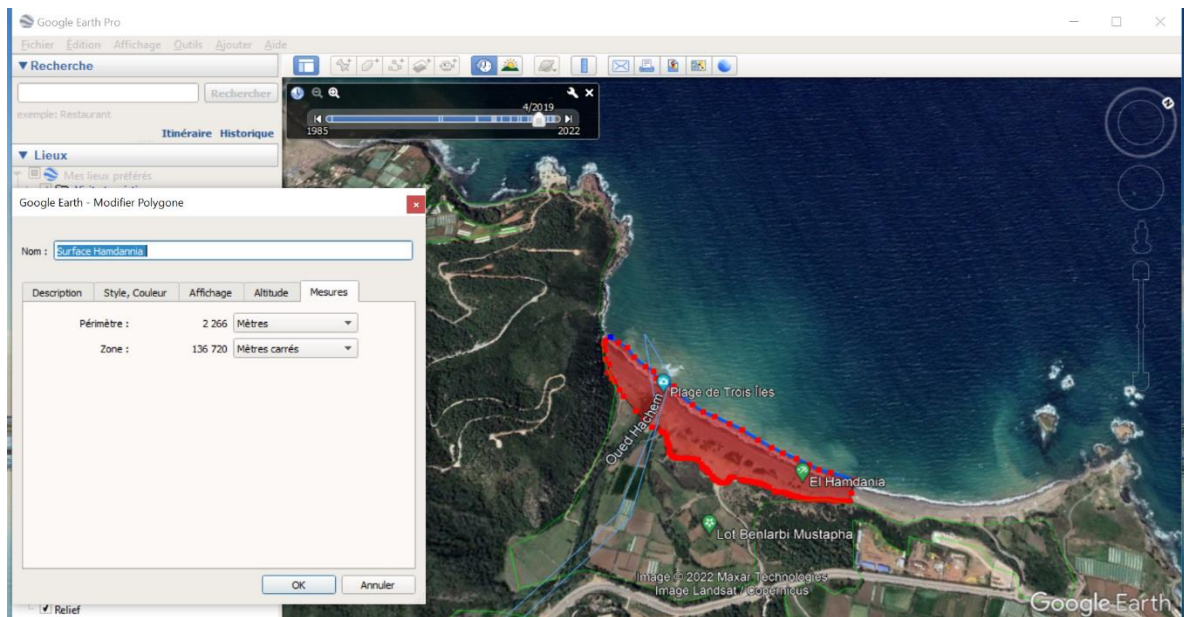


Figure 25. Périmètre calculé par googleearth

### 3.2 Méthodes et données utilisés

#### 3.2.1 Méthodes d'estimation des sédiments piégés au niveau du barrage

Il existe deux méthodes logiques de le faire :

1. Soit étudier les débits solides de chaque oued sur lequel est construit le barrage et qui déverse en aval dans la plage, et interpréter les débits solides annuels moyens avant barrage de l'oued et le même débit en amont du barrage pour estimer les quantités des sédiments piégés au niveau du barrage est qui devrait en grande partie arriver à l'embouchure de l'oued vers la plage.
2. Soit analyser et interpréter les taux d'envasement annuelles d'un même barrage (de 2004 jusqu'à 2019 dans notre cas) en comparant deux levés bathymétriques faites par l'ANBT du barrage ou bien suivre le volume de stockage du barrage tel que :

L'ancien volume du barrage – Le nouveau volume du barrage (envasé) =

Volume  
occupé par les  
sédiments

▪ **Exemple :**

Table 1. Tableau extrait du rapport technique de l'ANBT exemple le barrage el Hamiz

L'évolution de la capacité de la retenue du barrage à la **PHE (175.00 m) depuis 2004** est donc résumée comme suit:

Altitude	Volume année 2004	Volume année 2019	perte de capacité	pourcentage de perte
m	Hm3	Hm3	Hm3	%
<b>PHE 175.00</b>	16.62	15.64	0.98	5.9%
<b>RN 174.10</b>	15.53	14.57	0.96	6.2%

Altitude	Surface année 2004	Surface année 2019	perte de capacité	pourcentage de perte
m	Ha	Ha	Ha	%
<b>PHE 175.00</b>	121.90	120.02	1.88	1.5%
<b>RN 174.10</b>	119.80	116.48	3.32	2.8%

Ce nouveau volume dont on parle est le volume du réservoir du barrage après avoir cumulé les sédiments bloqués à cause de la digue qui bloque le lit de l'oued qui est chargé en sédiment (débit solide), donc année après année le barrage subit un cumul de sédiment c'est à dire un envasement, et ceci est la méthode d'estimation. Et ce sédiment bloqué devrait aussi en grande partie.

Donc avec les deux méthodes les résultats permettent d'estimer la quantité des sédiments piégés aux niveaux du barrage qui devrait majoritairement arriver jusqu'à l'embouchure de l'oued pour charger la plage.

### 3.2.2 Choix de la méthode

Nous avons travaillé avec la deuxième méthode car :

Vue le manque de données des débits solides avant et après la construction du barrage au niveau de l'ANRH ce qui nous a poussé à adopter la deuxième méthode vue que la donnée des taux d'envasement des barrages était disponible au niveau de l'ANBT (là où nous avons effectué notre stage) et les ingénieurs de l'agence étaient présent pour nous guidé durant l'application de cette méthode, qui a été approuvé par Pr Belkesa qui nous a conseille de travailler avec cette méthode.

### 3.2.3 Méthode pour valoriser l'impact des barrages sur la plage

Comparer le volume du sédiment piégé au niveau du barrage de la période de 2004 jusqu'à 2019 avec le volume de la plage à l'embouchure en 2019 pour être dans le même cadre temporel.

### 3.2.4 Méthode pour estimer les volumes des plages

La délimitation de surface de la plage sur Google Earth Pro sur des images satellitaires de l'année 2019 multiplier fois la hauteur moyenne de chaque plage tel que :

$$\begin{array}{l} \text{Surface de la plage} \\ (\text{m}^2) \end{array} \times \begin{array}{l} \text{hauteurs moyenne de la plage} \\ (\text{m}) \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline \text{Volume de la} \\ \text{plage (m}^3\text{)} \\ \hline \end{array}$$

### 3.2.5 Méthode pour délimiter la surface des plages



Figure 26. Exemple de la délimitation de l'unité physiologique

Dans l'impossibilité de reconnaître les caps pour délimiter toute la plage et le manque de données des délimitations des plages au niveau du CNL, nous avons opté pour prendre une unité physiologique représentatif (les dimensions de l'unité dicté oralement par Pr Belkessa) de chaque plage avec des dimensions comme suit (figure1) :

- Un linéaire côtier de 1Km pour chaque plage.

- La limite supérieure : Parallèle à 25m après le trait de côte vers le large car 2/3 du volume du sédiment de la plage est dans cette partie (information dictée oralement par Pr Belkessa).
- La limite inférieure : Nous avons suivis le trait inférieur de la plage (la limite des dune/sable).

Après délimitation des unités physiologiques et l'obtention des surfaces sur Google Earth Pro, on a multiplié les surfaces fois les hauteurs moyennes des plages (information dictée par Pr Belkessa) :

- **Coco plage** : 0.7-1m, on a pris la moyenne :  $0.85 ((0.7+1) / 2 = 0.85\text{m})$
- **Plage Hammdania** : 1m.
- **Plage Cap Djenet** : 1.5m.

### 3.2.6 Analyse systémique

Vu la complexité de trouver un lien entre chaque variables et notre problématique nous avons opté de travailler avec la méthode de l'analyse systémique.

#### Méthode d'analyse systémique

Cette méthode explique et de comprend la logique de fonctionnement d'un système, plus ou moins complexes. Nécessaire et utile pour déterminer les éléments moteurs, Donner des orientations et suggérer des actions.

#### Matrice D'analyse Structurelle (MAS)

Outil d'analyse de la structure du système, méthode qui permet de classifier les éléments (ou variables), selon leur degré d'influence sur le système, ou selon leur degré de dépendance par rapport à ce même système.

#### Relations entre éléments

Au cœur de l'approche systémique :

- Diverses causales, pouvoir, similitude, morales, ...
- Directes, indirectes, immédiates et lointaines
- Influentes
- Dépendantes

#### Construction

- Porter les variables en lignes et en colonnes

- Remplissage en lignes : influence de chaque variable de ligne sur chaque variable de colonne
- La  $\Sigma$  de chaque ligne motricité de la variable sur le système
- La  $\Sigma$  de Chaque colonne dépendance de la variable par rapport au système
- La variable (B) est la plus influente, mais dans le système elle subit la même influence que (A) et (D) (fig. 28).
- (C) est une variable qui n'a pas d'influence sur les autres, alors que (B) l'influence.

### Traitement de la Matrice d'Analyse Structurale

Le traitement de la matrice consiste à faire :

- La somme des relations existantes pour chaque ligne et on déduit un indicateur de motricité pour chaque variable.
- La somme des relations subies, indiquées en colonne, et on déduit un indicateur de dépendance pour chaque variable

Le classement des variables est établi par ordre de motricité et de dépendance (Godet, 2007).

	A	B	C	D	$\Sigma$	
Motricité ↑	A	0	1	0	1	2
B	1	0	1	1	3	
C	0	0	0	0	0	
D	1	1	0	0	2	
↓	$\Sigma$	2	2	1	2	
		Dépendance →				

Figure 27. Illustration du tableau de la matrice de l'analyse structurale

(B) – (A et D) – (C) en motricité

(A,B,D) – (C) en dépendance

### Interprétation par un diagramme (motricité dépendance)

Les résultats du classement des variables sont portés sur un bloc diagramme. C'est un dispositif graphique à deux axes orientés qui permet de positionner chaque variable selon son degré d'influence et de dépendance dans le système étudié.

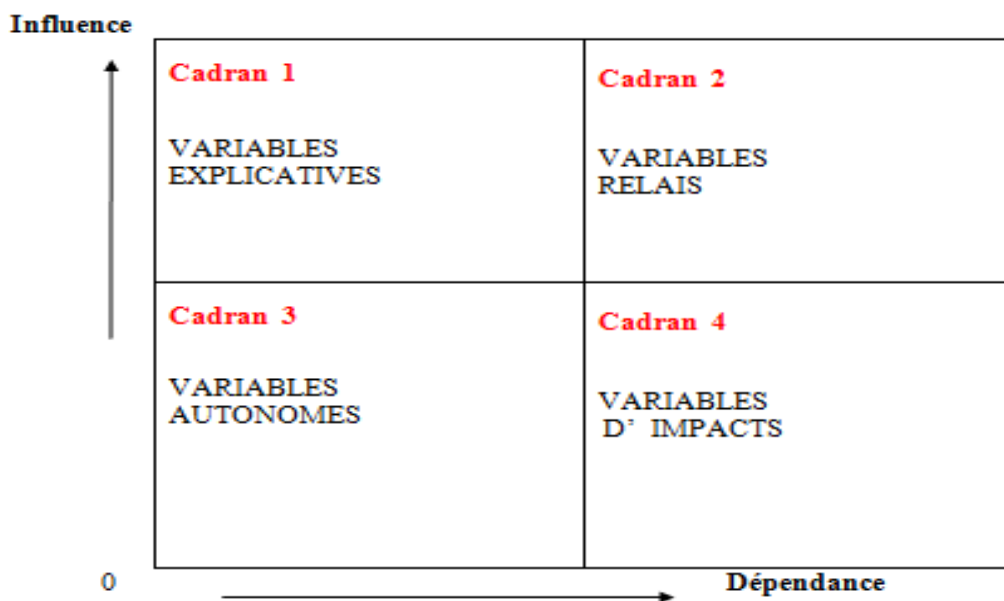


Figure 28. Diagramme de dépendance- motricité

---

# **CHAPITRE IV. RÉSULTATS ET DISCUSSION**

---

Dans ce chapitre nous discutons les résultats obtenus afin de mettre en évidence les facteurs les plus influents sur le système de la dynamique sédimentaire et comparer les volumes des sédiments piéger au niveau des barrage avec le volume des unités physiologique prise des plages puis les interpréter.

#### **4.1 Caractéristiques géométrique des bassins versants**

Le tableau (1) résume les résultats des analyses morpho métriques obtenu dans le cadre de ce travail :

- Le bassin versant de Oued El Hamiz compte 273,89 Km<sup>2</sup> de surface et de 137,21 Km<sup>2</sup> pour son sous bassin versant avec un rapport de 50 % en eux et un indice KG égale à 2,19 ce qui reflète une forme très allongée.
- Le bassin versant de Oued El Hachem s'étend sur une surface de 220,25 Km<sup>2</sup> et de 158,06 Km<sup>2</sup> pour son sous bassin versant avec un rapport de 71,76 % en eux et un indice KG qui vaut 1,69 qui en résulte une forme allongée.
- Le bassin versant d'Oued Isser compte 3861,92 Km<sup>2</sup> de surface et de 3409,03 Km<sup>2</sup> pour son sous bassin versant avec un rapport de 88,27 % en eux et un indice KG qui vaut 1,98 qui en résulte une forme allongée.

<b>Caractéristiques</b>	<b>Bassin d'Oued Hamiz</b>	<b>Bassin d'Oued El Hachem</b>	<b>Bassin de oued Isser</b>
<b>Surface du bassin versant (km<sup>2</sup>)</b>	273,89	220,25	3861,92
<b>Indice (KG)</b>	2,19	1,69	1,98
<b>Surface des sous bassins versants (km<sup>2</sup>)</b>	137,21	158,06	3409,03
<b>Rapport bassin versant/sous bassin versant (%)</b>	50.01	71.76	88.27

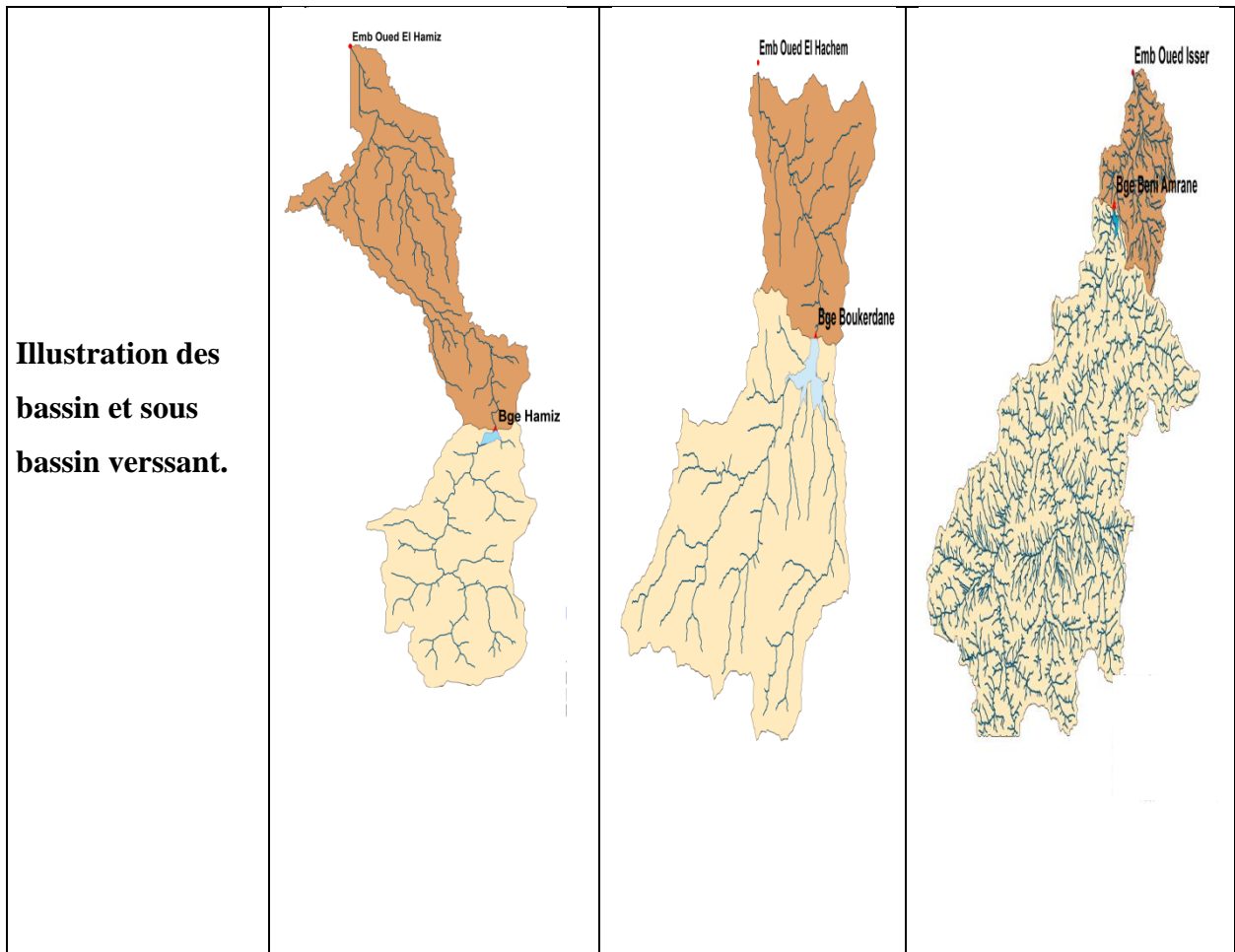


Tableau2. les caractéristiques géométriques des trois bassins versants

On remarque que le bassin versant d’Oued Isser est beaucoup plus grand que les deux autres bassins avec le bassin d’oued el Hamiz en deuxième place et d’oued el Hachem en dernier, et ceci est valable pour leurs sous bassins vue que le sous bassin versant d’Oued Isser couvre plus que 3/4 de la surface totale du bassin par contre pour le bassin d’Oued el Hamiz il est équivalent à 1/2 et presque 3/4 pour ce rapport dans le bassin oued el hachem.

Pour les indices KG on remarque que le bassin versant d’oued el Hamiz est les plus allongé puis le succède celui d’oued Isser et le moins allongé des trois c’est celui d’oued el Hachem.

Sachant que plus la forme du bassin est allongé plus les pente seront faibles donc la vitesse d’écoulement diminue donc le débit solide sera moins faible alors la granulométrie au niveau des embouchures diminue, qui est confirmé avec les données de l’ANRH tableau granulométrique des plages (Tableau 9)

#### Chapitre 4 : Résultats et discussion

Selon ces résultats on peut dire que la granulométrie au niveau de l'embouchure d'Oued el Hamiz (Coco plage) est la plus fine comparé à celle d'Oued Isser qui est elle aussi plus fine que celle de oued el Hachem supposé être la plus grossière entre eux.

#### 4.2 L'état d'envasement des barrages

Ces résultats ont été déduit par l'ANBT entre les années de 2004 jusqu'au 2019 :

Tableau3. Volumes de perte de capacité des barrages en  $\text{hm}^3$

Barrage	Volume de perte de capacité ( $\text{hm}^3$ )	Pourcentage de perte %	de	Comblement Annuel ( $\text{hm}^3/\text{an}$ )
Hamiz	0.98	5.9		0.06
Boukerdane	0.26	0.2		0.017
Beniamrane	5.02	14.3		0.3

Le barrage d'el hamiz a connu une perte de capacité d'une valeur de  $0.98 \text{ hm}^3$  ce qui représente 5.9% de sa capacité global et un comblement annuel de  $0.06 \text{ hm}^3/\text{an}$ .

Celui de Boukerdane a perdu  $0.26 \text{ hm}^3$  en capacité donc 0.2% avec un comblement annuel de  $0.017 \text{ hm}^3/\text{an}$ .

Le barrage de Beniamrane a perdu en capacité  $5.02 \text{ hm}^3$  ce qui équivaut à 14.3% de sa capacité de stockage et un comblement annuel de  $0.32 \text{ hm}^3/\text{an}$ .

Donc on peut dire que le taux d'envasement du barrage Beni Amrane est plus important car  $14,3\% \gg 5.9\% > 0.2\%$  ; et que la valeur au barrage Boukerdane est trop faible

#### ❖ Remarque importante :

Pour le cas du barrage Boukerdane et d'après l'ANBT il n'y a pas de perte substantielle de la capacité du réservoir. Il serait possible que des dépressions invisibles en 2004 aient été détectées en 2019. Ce qui a permis de supposer une sous-estimation du de la capacité initiale.

Et une augmentation de surface qui pourrait être due à la perte de martiaux dans les zones les plus élevés du barrage causé par les fortes pluies.

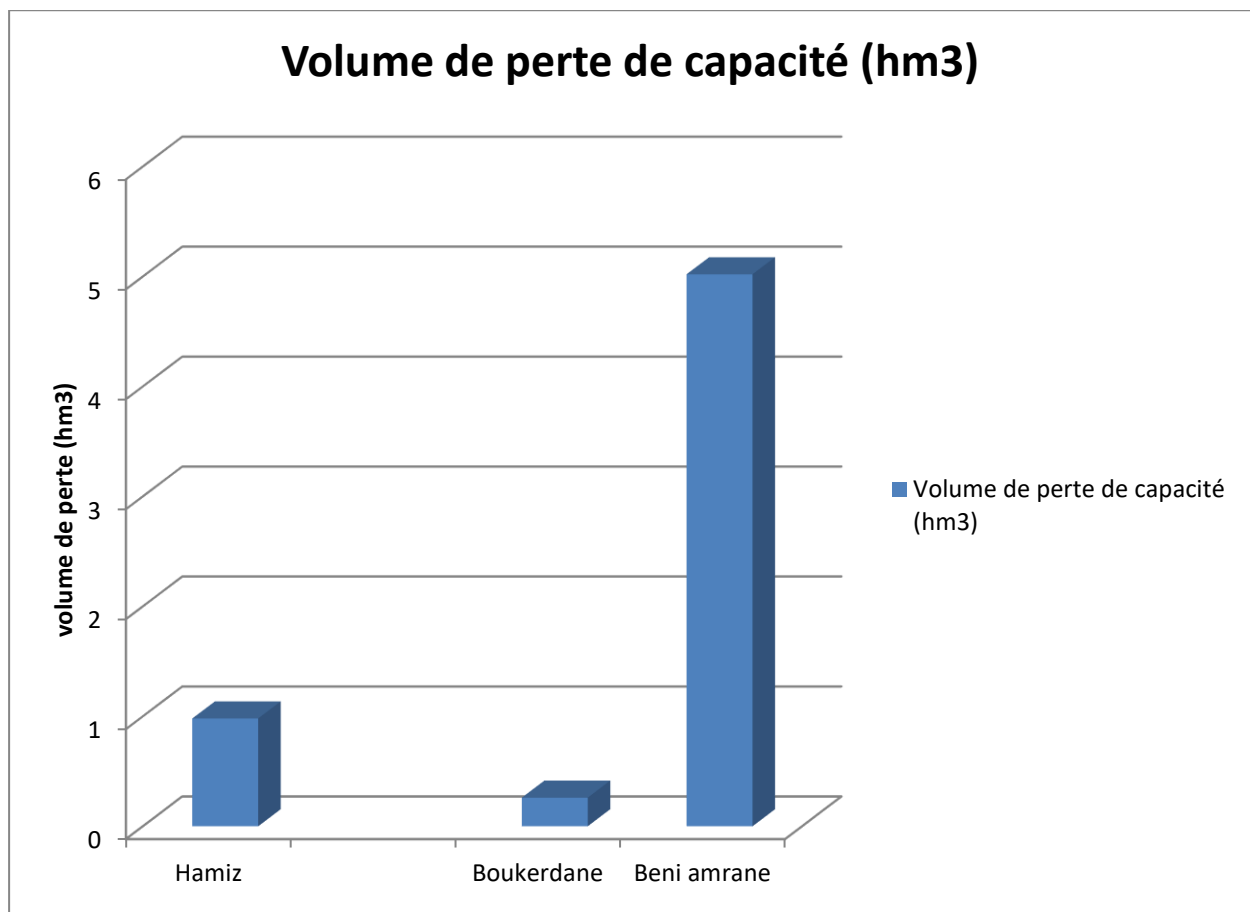


Figure 29. Histogramme représentant le volume de perte de capacité pour chaque barrage

### 4.3 Géologie des trois bassins versants

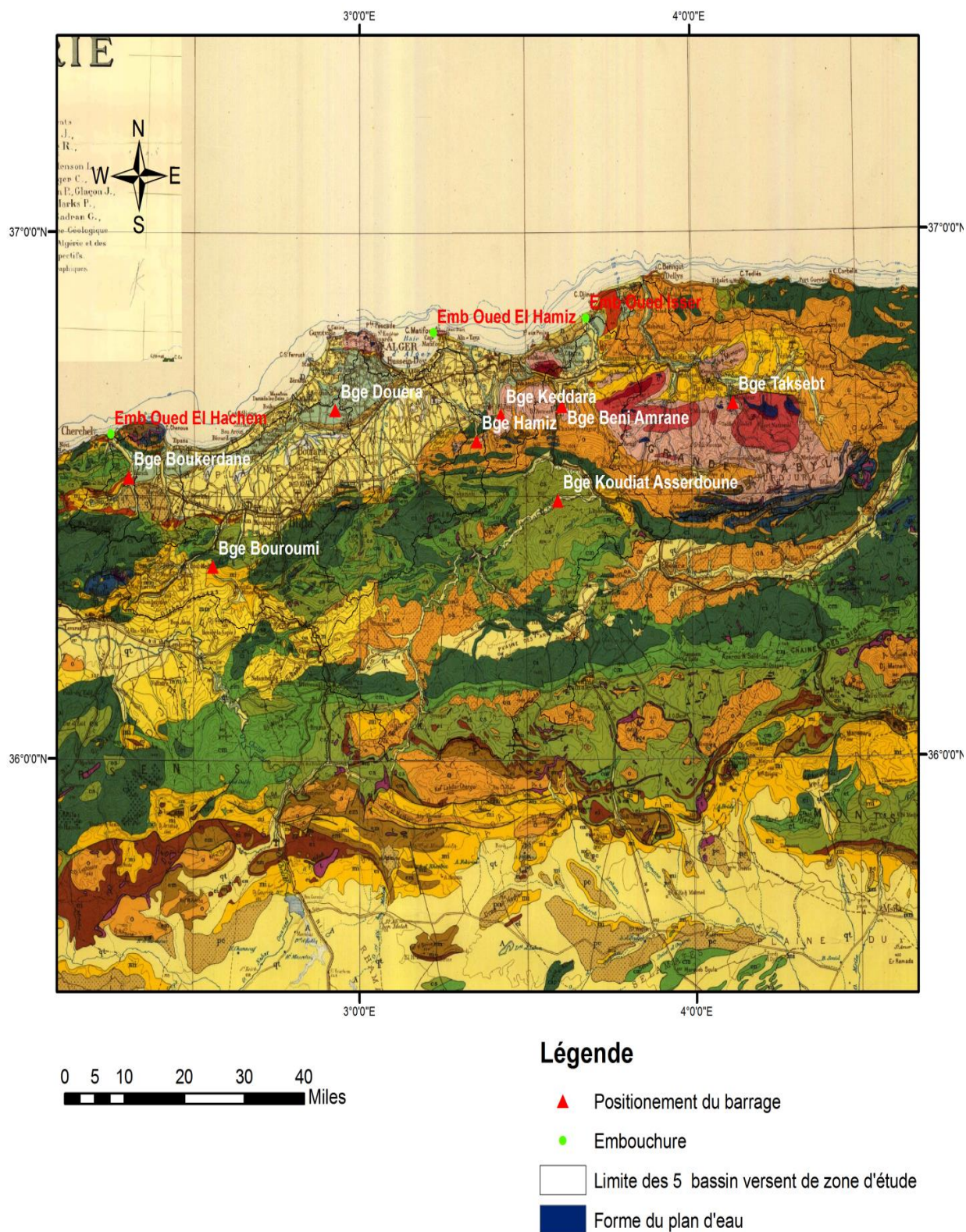


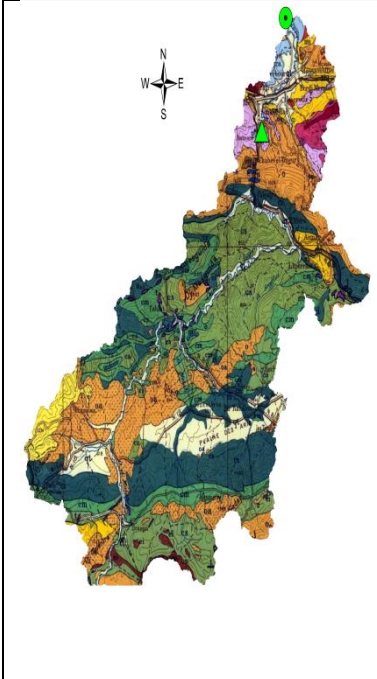


Figure 30. Positionnement des barrages sur la carte géologique adapté du centre Algérien

#### Chapitre 4 : Résultats et discussion

La connaissance de la géologie d'un bassin versant s'avère importante pour cerner l'influence des caractéristiques physiographiques. La géologie du substratum influe non seulement sur l'écoulement de l'eau souterraine mais également sur le ruissellement de surface. Dans ce dernier cas, les caractères géologiques principaux à considérer sont la lithologie (nature de la roche mère) et la structure tectonique du substratum.

Tableau5. Caracteristiques géologiques de chaque bassin versant

	<b>Bassin versant oued el Hamiz</b>	<b>Bassin versant oued elHachem</b>	<b>Bassin versant oued BeniAmrane</b>
<b>Aperçu géologique</b>			
<b>Age géologique de roches (Par ordre chronostratigraphique)</b>	Crétacé inférieure et supérieur / oligocène et quaternaire continental/	Trias/ jurassique/crétacé supérieur et moyen/oligocene/miocène /plieocene/villafranchien /quaternaire et roches de nature marneuse	Crétacé inférieure/ supérieur et moyen /éocène/ oligocène/miocène/pliocène et quaternaire continental

#### 4.3.1 Interprétation géologique

Couleur violet : on remarque la présence de roches d'âge Trias dans la bordure Nord-Est du bassin d'oued el hachem et d'âge Trias marin ou lagunaire au nord de celui d'oued Isser en petite partie.  
Couleur bleu foncé : représente les roches d'âge Jurassique qui se localisent dans la région nord est du bassin d'Oued el hachem

#### *Chapitre 4 : Résultats et discussion*

Couleur verte : On remarque la présence du crétacé sur les trois bassins versant ; vers le centre du bassin d'oued Isser avec une abondance importante et Oued el hachem et on en aval dans le bassin d'oued Hamiz.

Couleur orange : ce qui signifie l'oligocène qui est présent dans les trois bassins, avec une abondance importante en amont du bassin d'oued Isser et en amont du bassin d'oued el hamiz et pour celui d'oued el Hachem en aval.

Couleur jaune : on la retrouve le miocène sur les bassins d'oued el Hachem et Isser en partie plus importante dans le premier cas.

Couleur beige : le quaternaire est présent dans les trois bassins en grande partie dans le bassin d'oued el hamiz et en petite partie dans les autres bassins.

Couleur bleu clair : le pliocène que l'on retrouve dans le bassin d'oued el hachem sur la bordure gauche et droite mais aussi dans la partie sud par contre dans le bassin d'oued Isser on le retrouve uniquement près de l'embouchure.

Couleur marron foncé : présence de roches d'âge villafranchien au sud Est du bassin d'oued el hachem et d'âge Eocène dans la bordure sud du bassin d'oued Isser.

#### **4.3.3 Interprétation lithologique**

Sur la carte géologique d'Algérie on voit clairement une diversité géologique sur toute notre zone d'étude, chose qui influe largement sur les caractéristiques de chaque région dont l'érosion, qui est tributaire à un certain degré de la résistance que développe telle ou telle formation vis-à-vis de l'érosion hydrique, en plus de la répartition des écoulements. En effet, un bassin formé de matériaux très perméables avec une couverture végétale continue aura en générale une densité de drainage faible, assurant une meilleure infiltration des eaux superficielles, par ailleurs un bassin formé de roche imperméables mais meuble est érodables, avec une végétation moyenne, présente souvent une densité de drainage élevée, ce qui favorise le ruissellement et augmente le taux d'érosion (Chow,1964).

#### *Chapitre 4 : Résultats et discussion*

Du côté du Sébaou on distingue l'unité tellienne de Dellys situé dans le secteur de Baghliia elle est constituée essentiellement :

- De marnes intercalées de calcaires marneux (Turonien- Sémonien).
- De calcaires marneux à rares silex et calcaires silicifiés (Ypresien- lutitien inférieur).
- De marnes noires.

Les formations poste nappe regroupent les terrains d'âge miocène et pliocène, le miocène occupe une grande zone synclinale entre Azazga et Dellys, où il présente des marnes puis des conglomérats qui se terminent par des marnes.

Quant aux formations quaternaires, elles sont représentées par des dépôts alluvionnaires anciens et récents de limons de surface, d'Alluvions grossiers (sable, gravier et galet) et de substratum marneux.

A l'Ouest du Sébaou, du côté de la Mitidja, on constate une sédimentation active dans les éléments proviennent des reliefs de l'Atlas Blidéen, dans cette zone à la fin du pliocène et au quaternaire ; deux réservoirs aquifères se sont individualisés, l'Astien formé de calcaire et de grés et le quaternaire formé de galets et de graviers.

Sur la carte géologique si après, on peut voir que la Mitidja est composée essentiellement d'Alluvions perméables, ce qui signifie que cette zone est une zone de dépôts de sédiments charriés par les cours d'eau qui la traversent.

On remarque aussi l'absence de formations résistantes, ce qui peut être associé à d'autres facteurs, engendrer un taux d'abrasion assez considérable, et la présence d'une telle plaine en est un témoignage. (Service de la carte géologique d'Algérie,1939).



2) La présence de roches d'âge ancien tant vers la formation des montagnes (hauteur) par le phénomène de la tectonique compressive donc on peut dire généralement que :

Plus l'ancienneté d'âge géologique augmente / plus l'altitude augmente ↑

Car le ruissèlement débute en haut des montagnes ce qui engendre une érosion plus importante des couches superficielles.

Donc : on perd les couches géologiques les plus récentes et en même temps on gagne en hauteur.

3) **La lithologie** (nature de la roche) joue un rôle dans la détermination du taux d'érosion du bassin versant car l'érosion spécifique d'un bassin composé essentiellement du quaternaire continentale (c'est dire de nature : sable, alluvion, calcaire et pierre) est plus élevé qu'un bassin versant de nature crétacé plus ancienne (dolomie dure, calcaire friable et schiste).

#### 4.4 Précipitation

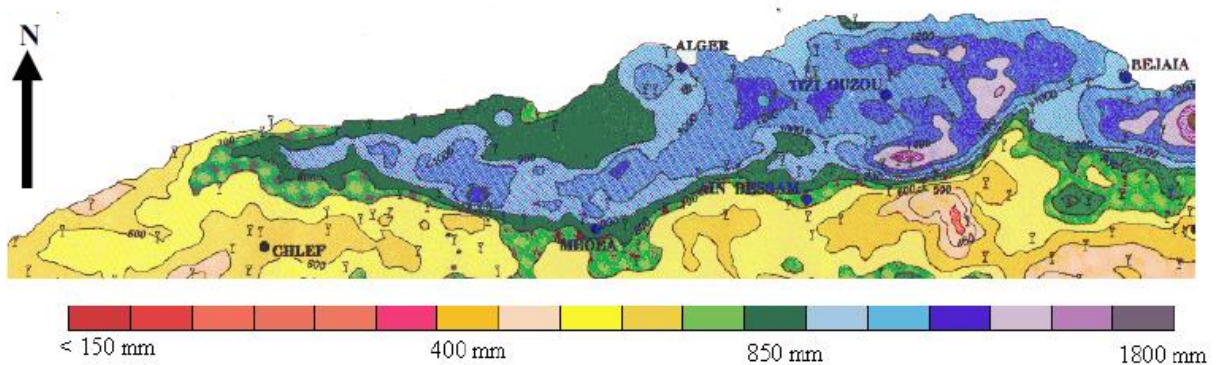


Figure 32. Carte de la pluviométrie moyenne annuelle de la région d'étude (ANRH 2008)

Le climat de la région est un climat type méditerranéen, pluvieux en hiver, sec en été avec une pluviométrie moyenne avoisinant les 900 mm par an, sauf que l'Est est beaucoup plus pluvieux que l'Ouest qui s'approche d'un climat semi-aride, comme le montre la carte pluviométrique de l'ANRH 2008 (fig.33).

On voit clairement la prédominance de la couleur bleue donc le bassin des Côtiers Algérois a un potentiel pluviométrique assez important surtout à l'Est et au Sud-Ouest d'Alger.

#### 4.5 Le couvert végétal

La carte du couvert végétal (figure 34) montre un couvert végétal assez dense dans le Sébaou composé essentiellement des maquis assez hauts, la densité diminue en se dirigeant vers l'Ouest.

Si on superpose cette carte sur la carte pluviométrique (fig. 33) on verra que la densité du couvert végétal suit exactement la pluviométrie, il est très dense dans les zones humides de plus de 850 mm/an et diminue progressivement vers l'Ouest

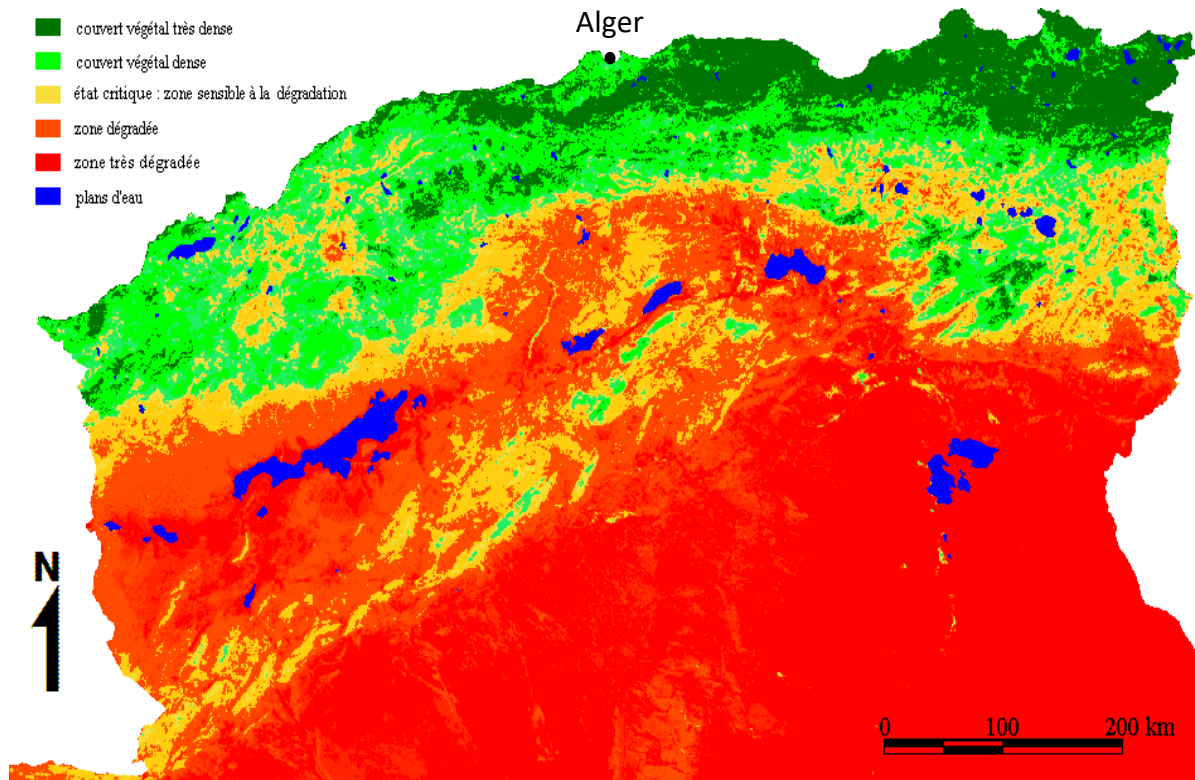


Figure 33. Carte du couvert végétal d'Algérie (Benslimane et al., 2008)

### 4.6 Topographie et pentes

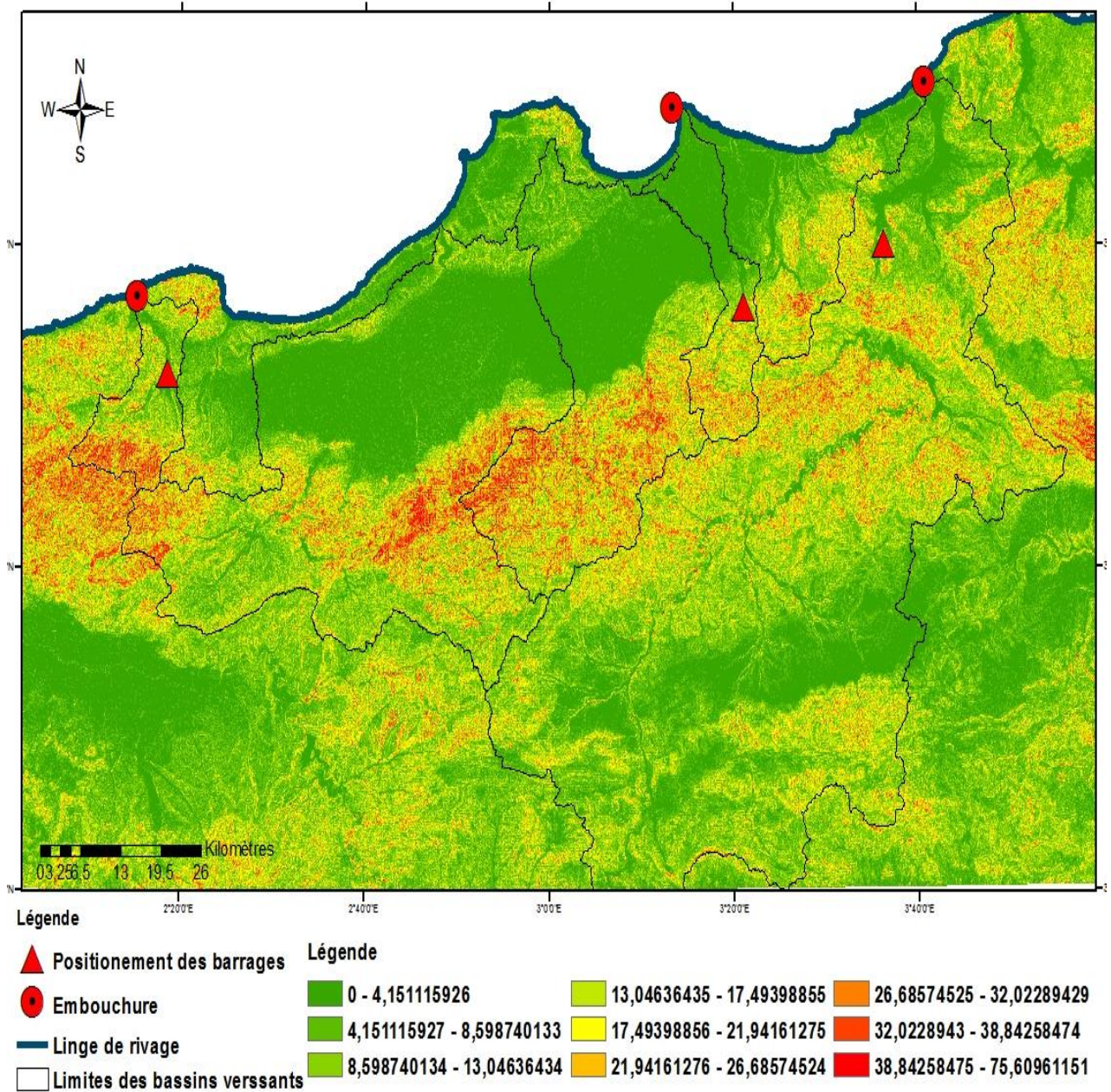


Figure34. Carte des pentes en degré

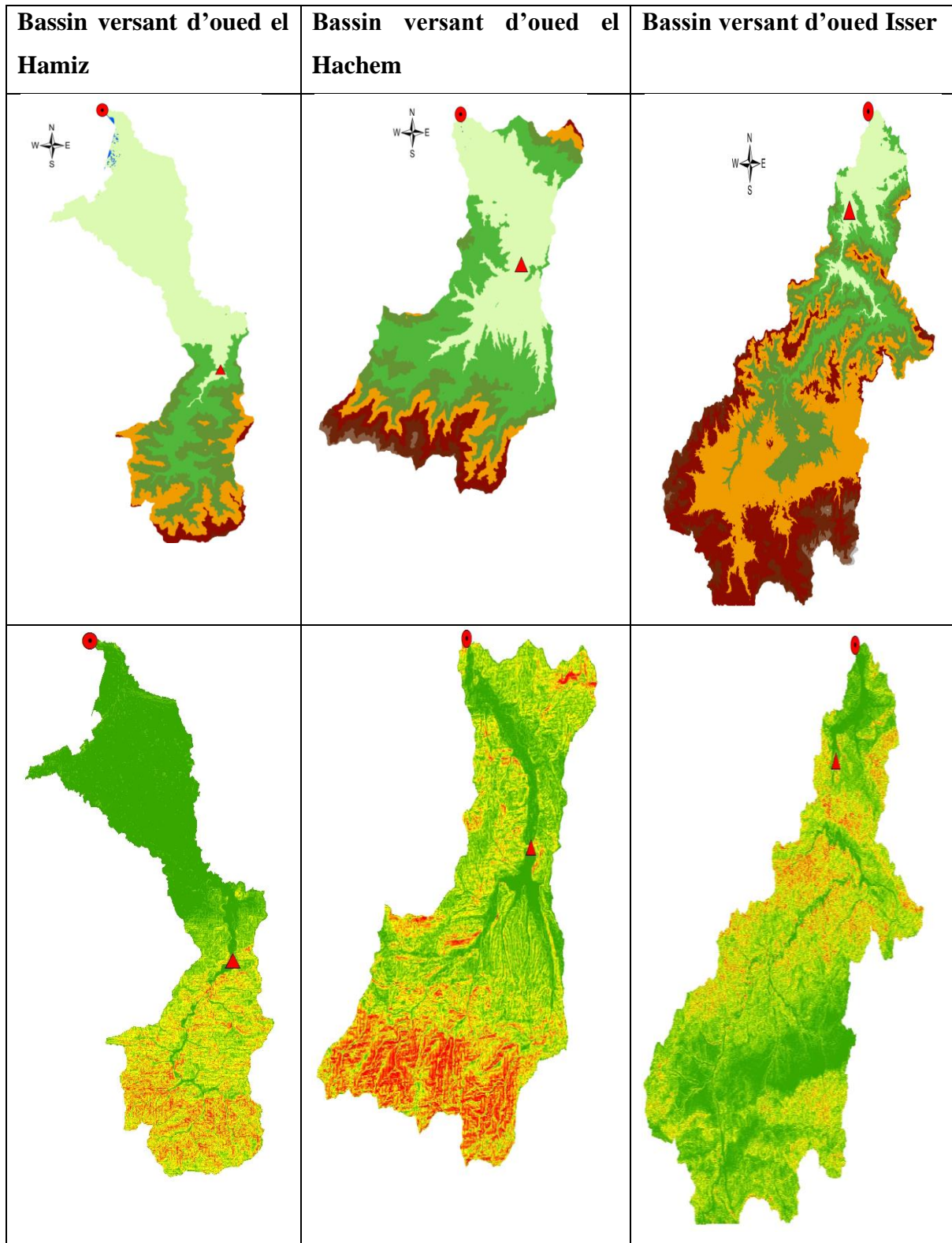


Figure 35. Illustration de la topographie et des pentes de chaque bassin versant

On a une délimitation assez spécifique pour le bassin d'oued El Hamiz, une couleur verte caractérisé par des faibles pentes qui varie entre 0 - 8,6 ° le plat à cause de la plaine de Mitidja du côté nord se dégrade en jaune jusqu' au rouge en partie minime en allant vers le sud ou les pentes deviennent plus forte entre 17,5 -75°.

Une dominance de pentes fortes qui varie de 32° à 75° dans la partie sud et une répartition ponctuelle en bordure Nord-Est on remarque une répartition homogène entre le jaune et le vert dans la partie centre et nord de 0 à 21° c'est-à-dire pentes faibles à moyennes.

Dominance de pentes faibles dans les extrémités nord et sud du bassin de 0 à 8,6° et une concentration assez importante des pentes fortes à moyenne de 17,5° à 75,6° au centre du bassin (en amont du barrage de Beni Amrane).

On déduit que le bassin d'oued el Hachem à le pourcentage le plus élevé en pente forte comparé au deux autre, Isser en deuxième lieu par contre le bassin de Hamiz à un pourcentage minime relativement en pentes forte due à la topographie (plaine de Metidja).

#### 4.7 Comparaison entre le volume du sédiment piégé au niveau des barrages et le volume des plages (délimiter en unité physiologique)

Tableau 6. Le volume des plages comparé au volume des sediments stocké dans les barrages

Bassin versant Oued El Hamiz		Bassin versant Oued El Hachem		Bassin versant Oued Isser	
Volume piéger au niveau du barrage Hamiz (m3)	Volume de Coco plage (m3)	Volume piégé au niveau du barrage Boukerdane (m3)	Volume de la plage Hammdania (m3)	Volume piégé au niveau du barrage Beni amrane (m3)	Volume de la plage Cap Djenet (m3)
980000	74856,1	260000	136720	5020000	147555

Tableau 7. Les rapports entre les volumes

<b>Bassin versant</b>	<b>Bassin versant Oued El Hamiz</b>	<b>Bassin versant Oued El Hachem</b>	<b>Bassin versant Oued Isser</b>
<b>Ration volume piégé au niveau du barrage / volume de la plage</b>	13,09	1,9	34,02
<b>Rapport volume plage /volume piéger au niveau de barrage. (%)</b>	7,64	52,58	2,94

On remarque que le volume de sédiments stocké au niveau du barrage d'el hamiz correspond à 13 fois le volume de Coco plage (délimitation par unité physiologique sur 1km de longueur qui est valable pour les 3 plages).

En outre, le barrage de boukourdane bloque presque 2 fois le volume de la plage Hammdania Est. Le volume de sédiment piégé au niveau du barrage de beni amrane représente 34 fois le volume de la plage cap djinet.

**On a :**  $34,02 \gg 13,19 > 1,9$

Donc le barrage de Beni Amrane bloque un volume de sédiments très important relativement. Le barrage Boukerdane stock un volume beaucoup moins important. Cela est dû à plusieurs facteurs qui influent sur système de la dynamique sédimentaire et vu le nombre et la complexité des variables on a opter pour interpréter la relation des variables sur le système et entre eux par une Analyse systémique comme suit :

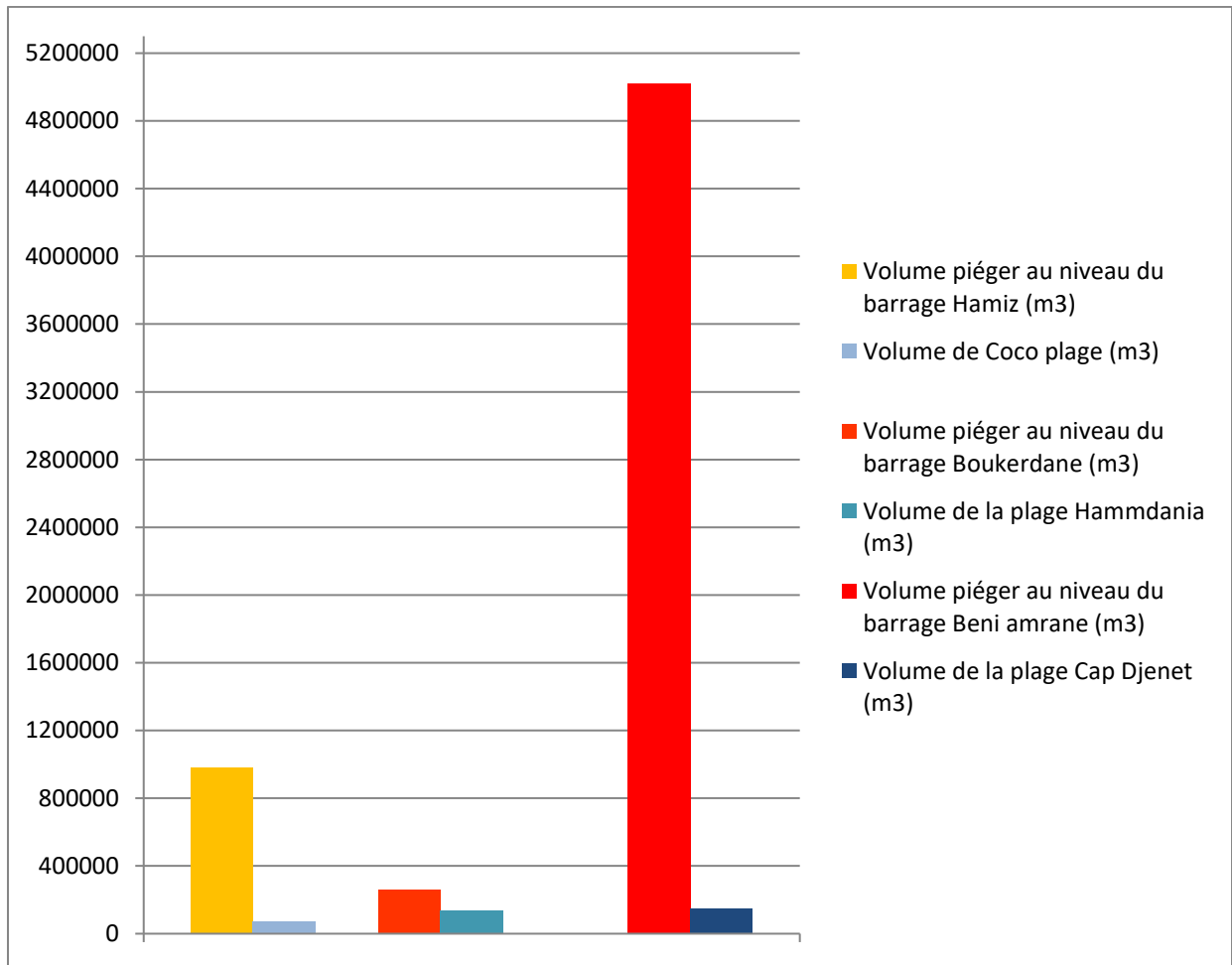


Figure 36. Histogramme groupé comparant le volume des plages avec le volume des barrages

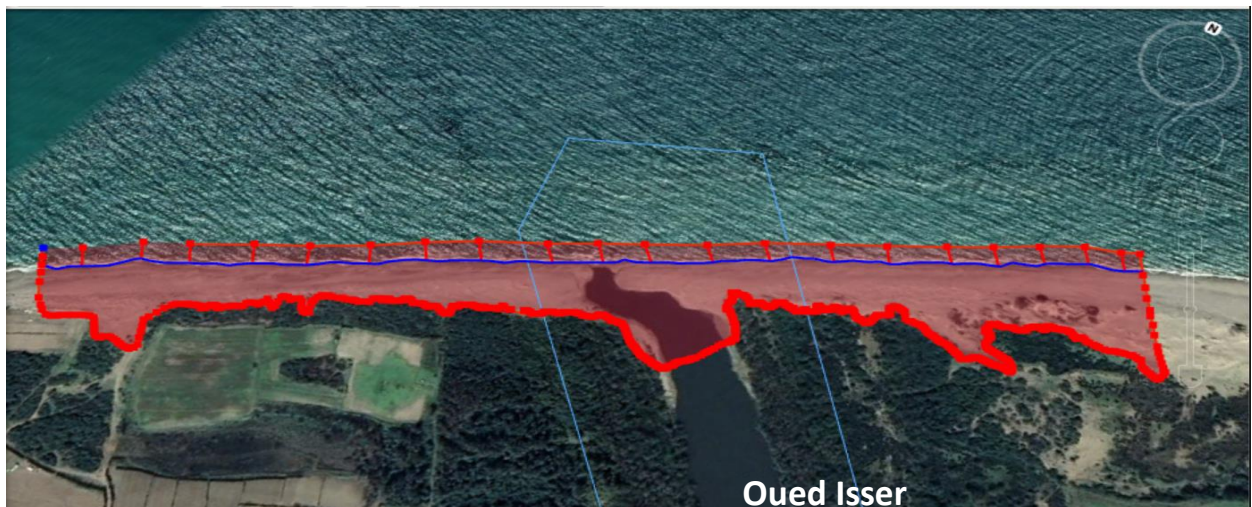


Figure 37. Délimitation de l'unité physiologique de la plage Cap Djenet



Figure 38. Délimitation de l'unité physiologique de Coco plage



Figure 39. Délimitation de l'unité physiologique de la plage Hamdania

#### 4.8 Comparaison entre les plages à l'embouchure

Ce tableau représente quelques données sur la forme, volume et la nature des sédiments au niveau des trois plages.

Tableau 8. Comparaison entre les trois plages

	<b>Coco plage</b>	<b>Plage de Hamdania</b>	<b>Plage de Cap Djenet</b>
<b>Volume de l'unité physiologique des plages (m<sup>3</sup>)</b>	74856,1	136720	147555
<b>Forme de la plage</b>	Baie	Baie	Rectiligne
<b>Granulométrie</b>	Sable moyen	Sable grossier et galets	Sable grossier

On remarque que le volume de la plage de cap djinet avec un volume de 147555 m<sup>3</sup> en premier lieu est beaucoup plus important que celui d'el hammdania avec 136720m<sup>3</sup>de volume et en dernier lieu coco plage sont volume est de 74856,1m<sup>3</sup>.

En ce qui concerne la granulométrie et la forme des plages, Coco plage se caractérise par une forme d'anse et un sable moyen, la plage d'el Hammdania qui a la même forme mais avec un sable grossier et des galets, par contre la plage de Cap Djinet a une forme rectiligne avec un sable grossier. Ce classement granulométrique est conforme avec nos interprétations des résultats d'indice KG pour chaque bassin Ce qui est conforme avec les résultats des indices de KG des bassins versant.

- La forme et la granulométrie de la plage ont un rapport avec le phénomène érosif de tel façon que :
  - Le cas de la forme d'anse : protège des forces hydrodynamiques ce qui favorise le phénomène accumulatif généralement.
  - Le cas de la forme rectiligne : plus exposé aux forces hydrodynamiques ce qui favorise le phénomène érosif ce que va mener à la disparition de plage à long terme.
- La granulométrie grossière : relativement plus lourd c'est-à-dire le transport sédimentaire sera moins efficace ce qui favorise la stabilité de la plage.
  - La granulométrie fine : plus légère donc le transport sédimentaire sera plus efficace ce qui favorise le départ des sédiments de la plage.

#### 4.9 Phénomène dominant dans ces trois plages

Les trois plages subissent une érosion qui s'accélère selon les études déjà faite sur ces zones tel que :

- **Coco plage** : Durant la période allant de 1980 à 2003, la zone connaît une érosion alarmante. Seules quelques plages sont épargnées par ce phénomène d'érosion. Les plages de la commune de Fort-de-l'eau (Bordj El Kiffan) présentent les maximums de recul. La zone d'embouchure d'oued l'Hamiz subit une forte érosion (Otmani H 2019.)
- **Plage Hamdania**: L'étude rétrospective de l'évolution morphologique du trait de côte du littoral de Cherchell, révèle que la partie Est (plage Hamdania) est fortement sollicitée par le risque d'érosion depuis plusieurs décennies. Ceci en contradiction avec la dynamique hydro-sédimentaire du système côtier ou la simulation numérique

témoigne l'absence d'un courant de retour suffisant pour transférer les sédiments vers le large. Cette érosion est due à la construction de barrage Boukerdene qui joue le rôle d'un piège à sédiments. (Amarni, 2021).

**Remarque :** Le volume du sédiment piéger au niveau de barrage boukerdane peut être vraiment sous-estimer car une sous-estimation de la capacité initiale du bassin de ce barrage avant qu'il soit opérationnel selon ANBT.

- **Beni Amrane :** L'étude diachronique de l'évolution de la morphologie du fond marine durant la période de (1922-2020) a montré que notre zone d'étude connue une érosion très importante résultant principalement des facteurs naturels (Houle, les courants de retour) et des facteurs anthropiques (épis, brise-lames, les ports, mur de soutènement, centrale électrique, etc.) (Selay, 2021).

Une partie de ce phénomène d'érosion est peut être due au blocage des sédiments au niveau des barrages en amont.

#### 4.10 Analyse systémique

Pour déterminer le taux d'impact de chaque variable sur la dynamique sédimentaire on a opter pour ce modèle d'analyse systématique :

##### Les variables :

1. Caractéristiques géométriques du bassin versant.
2. Topographie et pentes.
3. Géologie.
4. Précipitations.
5. Couvert végétal.

##### L'échelle

On a défini une échelle de 0 à 4 de dépendance tel que :

0 : Pas de dépendance.

4 : Forte dépendance.

Tableau 9. Matrice à relations directes simples

Dynamique sédimentaire	Caractéristiques géométriques	Topographie et pentes	Géologie	Précipitations	Couvert végétale	$\Sigma$
Caractéristiques géométriques	0	2	1	1	0	4
Topographie et Pentas	2	0	2	1	1	6
Géologie	3	2	0	2	2	9
Précipitations	2	2	0	0	0	4
Couvert végétale	2	3	4	4	0	13
$\Sigma$	9	10	7	8	3	

Tableau 10. Coordonnées des variables

Variabes	X	Y	Numérotation
Caractéristiques géométrique	4	9	1
Topographie et pentes	6	10	2
Géologie	9	7	3
Précipitations	4	8	4
Couvert végétal	13	3	5

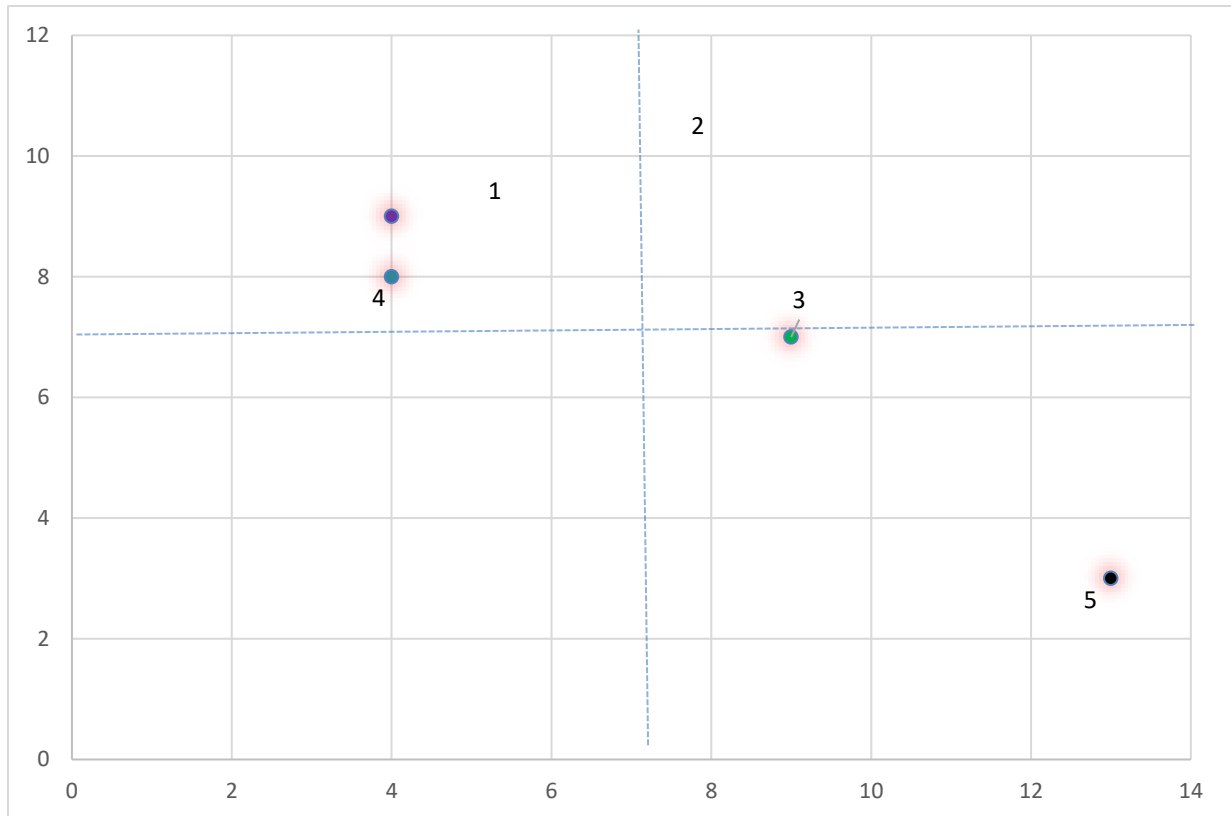


Figure 40. Diagramme motricité - dépendance

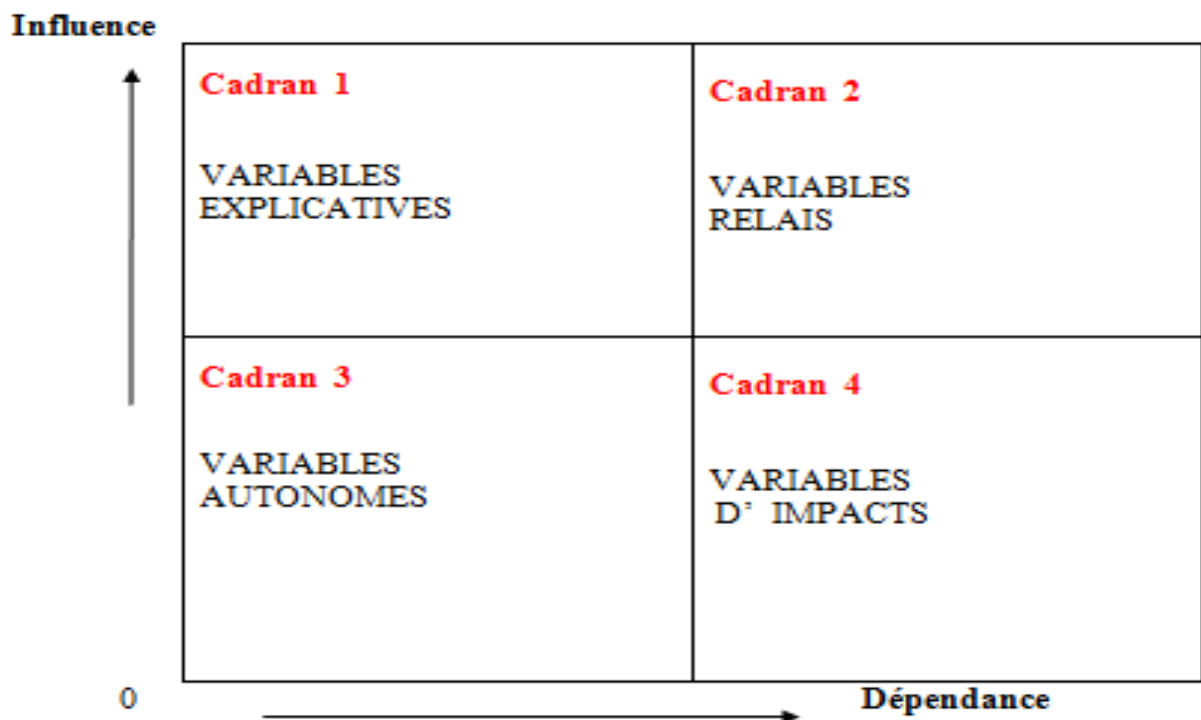


Figure 41. Model d'interprétation du diagramme de motricité-dépendance

Suivant notre résultat on peut distinguer 3 grandes catégories de variables :

- **Les Variables 1,2,4** sont des variables explicatives : déterminantes du système
- **La variable 3** est un variable relais: instables, susceptibles d'accélérer ou de freiner le système
- **La variable 5** est définie comme variables **d'impacts** : variables de résultats, fortement influencées par les deux variables 1 et 2.

### Conclusion

D'après les résultats on a mis en évidence trois facteurs clé qui contrôlent le système :

Les précipitations et les caractères géométriques du bassin versant ont presque le même degré d'importance, avec une dominance des précipitations, on remarque que la topographie et les pentes sont en troisième lieu et juste après vient l'influence de la topographie et les pentes sur notre système. Donc la Géologie et le couvert végétal sont des facteurs avec une influence moins importante

On trouve que ces résultats logiques car ils reflètent la réalité du terrain.

### Perspective

Dans le but de faciliter les calculs des apports sédimentaires, et afin d'obtenir des résultats plus pertinents nous aurions aimé avoir à notre disposition :

- Les débits solides avant et après barrage mais aussi à l'embouchure des oueds choisis.
- La bathymétrie des plages pour une estimation précise de leurs volumes.
- Les limites administratives des plages.
- Plus de données sur les barrages dans notre zone d'étude.
- Les images satellitaires de haute résolution des plages de notre zone d'étude des années 2004 et 2019 pour une délimitation plus précise.
- Une carte lithologique plus précise et qui recouvre tout le centre algérien.

### Solutions

- Etablir une étude poussée sur les débits solides au niveau du réseaux hydrographique du bassin versant pour faire une meilleure étude de l'avant-projet du choix de la zone de construction du barrage au niveau des Oueds.
- Respecter les délais des lâchers biologiques qui relâcherons une eau chargée en sédiment qui tend vers améliorer l'équilibre naturel qui existait avant la construction du barrage.
- Programmer un agenda national pour le rechargement des plages dans lequel déverse l'Oued de chaque barrage.

---

# **CONCLUSION**

---

## **Conclusion générale :**

Le présent travail avait pour objectif de mettre en évidence l'impact des barrages sur la dynamique sédimentaire au niveau du littoral centre algérien, pour cela il a fallu passer par plusieurs étapes et utiliser plusieurs méthodes pour définir cet impact.

La méthode utilisée dans le cadre de ce travail est la comparaison entre les volumes des sédiments piéger au niveau des barrages et volumes des unités physiologique des plages et étudier les facteurs influant sur ce système par une analyse systémique afin de déterminer l'impact de chaque facteur sur ce système. Les résultats étaient différents entre une région et une autre car il existe plusieurs facteurs naturels et anthropiques qui contrôle cette variation.

L'application de cette méthode a permis de déduire les trois facteurs clés qui dominent le système représenté par les caractéristiques géométriques des bassins versants, les précipitations, la topographie et pentes et comme facteurs secondaires la géologie et le couvert végétal qui sont influencées par ces facteurs clés.

En analysant nos résultats et les résultats des thèses et articles abordant l'étude sédimentaires des plages de notre zone d'étude conclus que ces plages subissent une érosion.

Selon nos résultats on peut dire qu'il y a effectivement un impact direct des barrages sur la dynamique sédimentaire et un impact indirect sur les plages qui est soumis à différent facteurs.

---

# **REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE**

---

## Références bibliographiques

- Abdelli , M. Zeggane, M (2007).** Problématique et enjeu de l'envasement.
- Amarni, N (2021).**Utilisation de la géomatique pour l'étude des risques côtiers dans la zone centre Algérienne (littoral de cherchell). Thèse de doctorat. en environnement marin et littoral. Dely Ibrahim : ENSSMAL.P.194
- ANBT (2019).** Les barrages du centre Algérien. Rapport d'activité. Document non publié. Alger : ANBT
- Anton. J., als. (2011).** Les barrages Du projet à la mise en service.vol.17, n°2, P.29
- Armand , C (2020).** Précis de littérature française. France :5 édition P.480
- Benslimane, M. Hamimedi, A. El Zerey, W. Khaldi, A. Medebal, K (2008).** Analyse et suivi du phénomène de désertification en Algérie du Nord. Vertigo, la revue en sciences de l'environnement. Vol.8,n°3,P.P.1-9.
- Chow V, T (1964).** Handbook of Applied Hydrology. Mc-Graw Hill Book Company.
- CNL (Sans date).** Fiches techniques des plages du centre algérien.
- Demmak, A (1982).** Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie septentrionale. Thèse de doctorat, Université de Paris, France.
- Godet, M (2007).** Manuel de prospective stratégique-tom 2, l'art et la méthode. Paris :Dunod, P.199
- Fareh, A (2006).** Approche méthodologique de la cartographie de la sensibilité des sols à l'érosion. Cas du bassin versant de l'Oued ElHachem Wilaya de Tipaza. Mémoire d'ingénieur. Alger: INA
- Kert, C (2008).** Rapport sur l'amélioration de la sécurité des barrages et ouvrages hydrolique . N°454 de l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques,France.P.200

**Otmani, H(2019).** Dégradation des dunes côtières algéroises entre pression de l'urbanisation et conséquences sur l'évolution de la ligne de rivage-25. P.P.131-145

**Paskoff, R (1998).** La crise des plages : pénurie des sédiments.vol. 52, P.15

**Quinquis, M (2017).** Relation entre bassins versants et cellules sédimentaires littorales : les exemples du Maroc de l'Algérie et de la Tunisie. Thèse de doctorat. Université d'Aix Marseille. France.

**Remini,W. Remini, B(2003).** La sédimentation dans les barrages de l'Afrique du Nord. Larhyss Journal, 2 : P.P.45-54

**Remini, B (2002).** L'envasement des barrages et la technique du soutirage: quelques exemples algériens. Colloque international sur l'eau. Gestion quantitative et qualitative des ressources en eau, Chlef, Algérie.

**Selay, M (2021).** Processus en jeu dans l'évolution morpho-dynamique de la baie de Zemmouri: modélisation hydro-sédimentaire et cinématique du trait de côte. Thèse de doctorat en environnement marin et littoral. Dely Ibrahim.ENSSMAL.

**Trenhaile, A.S (1997).** Coastal Dynamics and Landforms . Clarendon Press, Oxford University Press, Oxford et New York.

## **Sites**

Lien du sites usgs : <https://earthexplorer.usgs.gov/>

Site d'interprétation de l'indice :KG:

<https://echo2.epfl.ch/edrologie/chapitres/chapitre2/chapitre2.html>

Site de la charte chronostratigraphique : [www.stratigraphy.org](http://www.stratigraphy.org)

---

# **ANNEXES**

---

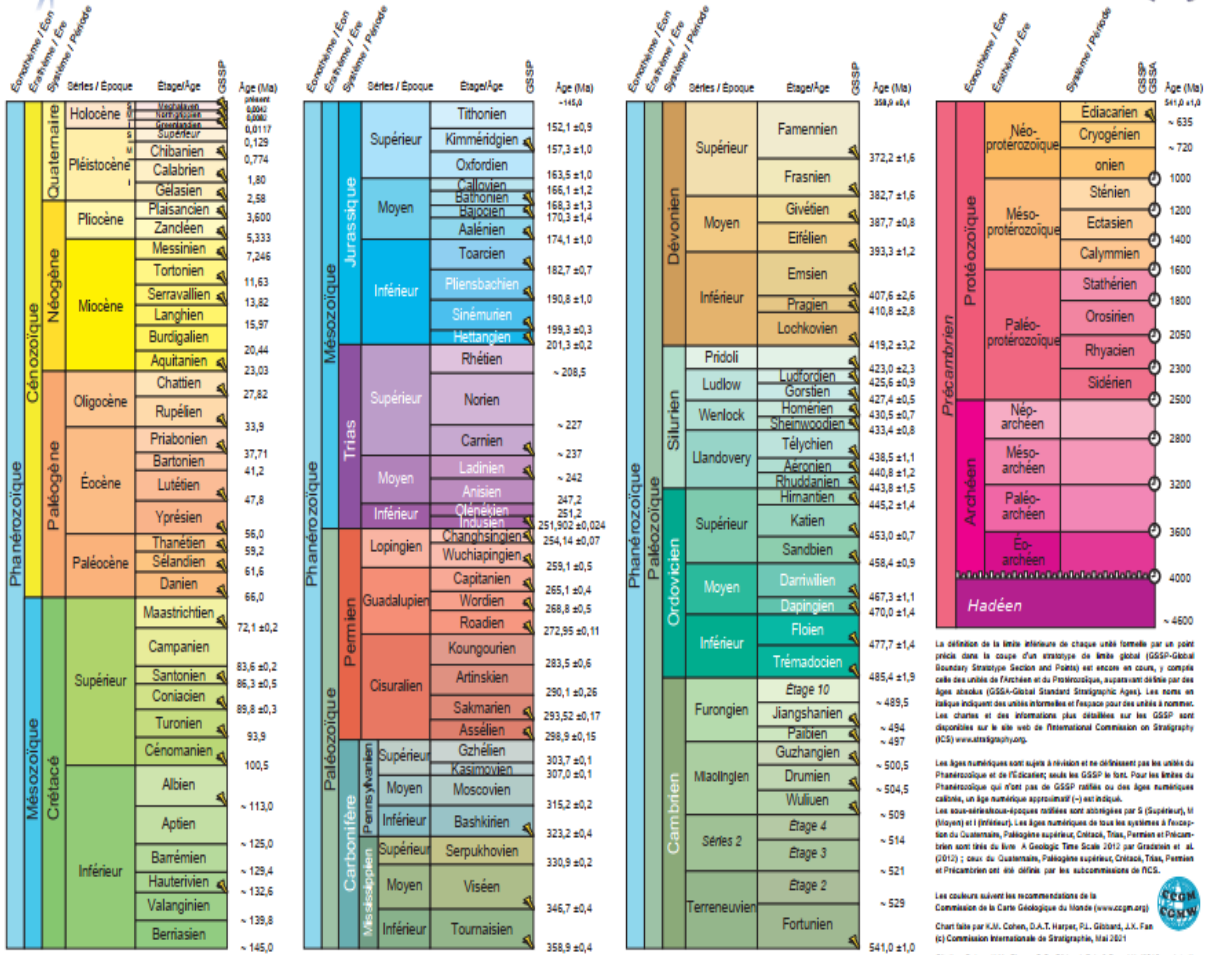


# CHARTRE CHRONOSTRATIGRAPHIQUE INTERNATIONALE

www.stratigraphy.org

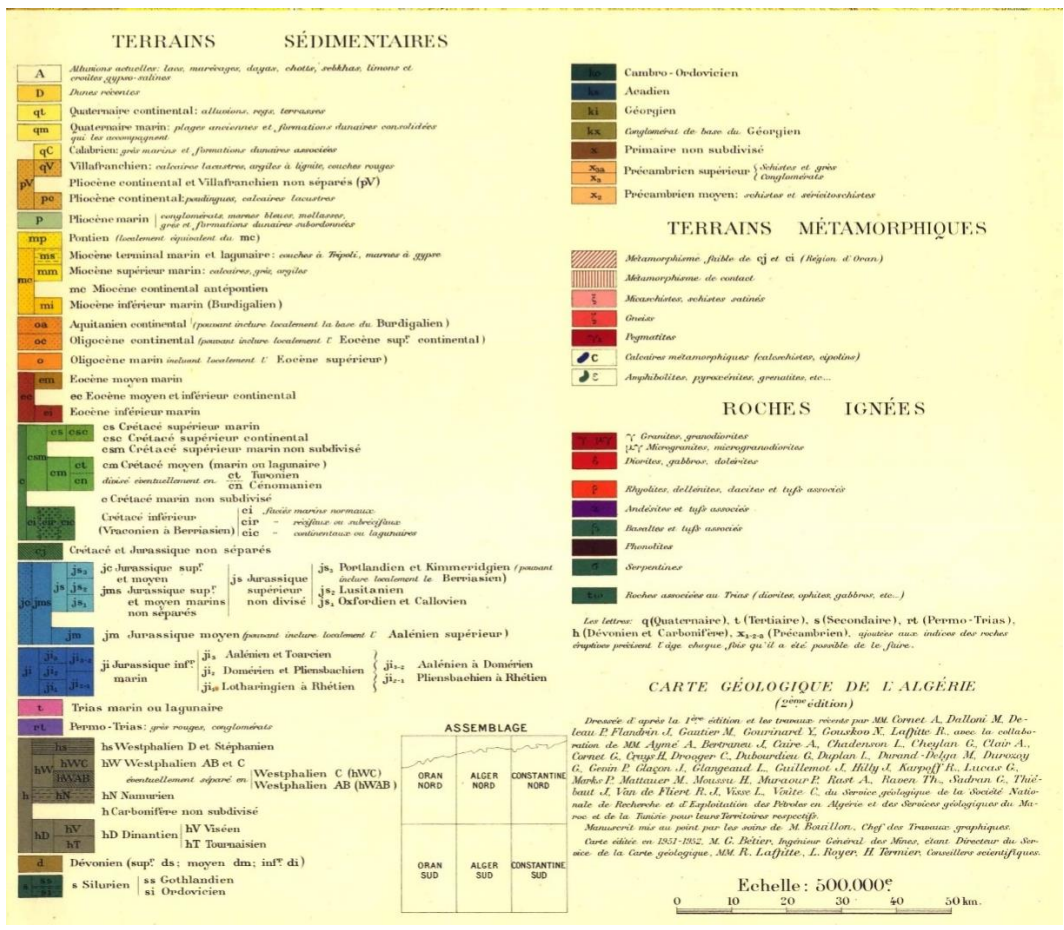
Commission Internationale de Stratigraphie

v 2021/05



Charte chronostratigraphique 2021





Légende de la carte géologique