

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة 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 D'ÉTAT ET GRADE DU MASTER EN SCIENCES DE LA MER

OPTION : AMÉNAGEMENT DU LITTORAL



Présenté par :

- DJEOUADI Rima
- HANTAL Abla

M <sup>me</sup> . BACHARI HOUMA F.	Professeur	(ENSSMAL)	Présidente
M. BELKESSA R.	Professeur	(ENSSMAL)	Promoteur
M. AOUDJ C.	Cadre	(MICLAT)	Co-promoteur
M. OTMANI H.	Maître assistant A	(ENSSMAL)	Examineur
M <sup>me</sup> . DJEHA S.	Cadre supérieur	(MICLAT)	Examinatrice

Promotion : 2018

# **DÉDICACES**

*Je* dédie ce modeste travail à mes chers parents **Amar** et **Baya**, à mes chers frères et sœurs, mes belles sœurs, mes beaux frères, mes nièces et mes nouveaux. *À* toutes les familles : **HANTAL** et **KHIDER**.

*À* personnes les plus chers : Sara, Cylia, Ilas\_Maxim, Dalia, Alycia et Killa.

*Je* le dédie à mon cher mari et à ma belle famille.

*Dédicaces* à toute personne chère à mon cœur à laquelle j'éprouve de profonds sentiments, de respect et d'amour, à tous mes amis particulièrement : DJEOUADI Rima, HADIDI Anissa et TESBIA Jugurta.

*À* la mémoire de monsieur LARID, et à la mémoire de ma cousine Nacira.

*Abla*

**HANTAL**

*J' dédie ce modeste travail à mon père Kamel, ma mère Saada, mes deux sœurs Lylia et Dehia. Et à mon frère Mustapha.*

*J' la personne qui a partagé tous le travail, à mon binôme et ma meilleure amie HANTAL Abla.*

*J' ma copine HADIDI Anissa et mes amis et à toute personnes qui m'ont aidé.*

*J' la mémoire de ma grande mère et mon oncle Yahia.*

*Rima  
DJEOUADI*

# **REMERCIEMENTS**

En premier lieu nous remercions le bon Dieu de nous avoir donné la patience et la capacité d'achever ce mémoire ainsi que nous familles, dans leurs présences de tous les instants le soutien moral et le courage.

Nous adressons nos remerciements à notre promoteur Professeur **BELKESSA R.**

Nous tenons à remercier vivement notre co-promoteur Monsieur **AOUDJ C.** de nous avoir proposé ce projet de fin d'études; pour la qualité de son encadrement, pour son orientation et sa disponibilité tout au long de notre travail ainsi que son suivi durant toute la durée du projet, pour son aide, ses conseils et ses encouragements.

Nous adressons nos remerciements aux membres de jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant de juger ce travail : à notre présidente du jury madame **BACHARI HOUMA F.** et à nos examinateurs : Monsieur **OTMANI H.** et Madame **DJEHA S.**

Nous tenons à remercier également le Colonel **AMRANE**, de nous avoir accordé un stage au sein de l'INCT et la promotrice de stage Madame **LABAANE F.** et le capitaine **ABEDARRAHMANE S.**

Ainsi que Monsieur **HASSANI S.** (ASAL) et **Hakim** (ASAL) et Madame **OUSALEM S.** (MICLAT).

Nous remercions Monsieur **BENIDIR N.** le chef et d'antenne de CNL de Béjaïa notre formateur de stage au niveau de cet établissement. Ainsi que notre formateur de stage au niveau de la direction de l'environnement Monsieur **SEMAOUN A.**

Un remerciement pour le personnel de l'EPB (Entreprise Portuaire de Béjaïa) qui nous ont assuré des sorties en mer. Et Messieurs **MEZHOUD A.** et **HALAILI Y.** qui nous ont accompagné durant ces sorties. Ainsi que Madame **GUERAINI C.** et Monsieur **MATOUK Y.** de nous avoir facilité le travail au laboratoire LGA (ENSSMAL)

Nous adressons ensuite nos sincères remerciements à Monsieur **ADJAL M.**, pour son aide et l'atelier de formation sur le logiciel Mike21.

Nous tenons également à exprimer nos remerciements aux personnes qui nous aidé à effectuer des sorties au niveau des plages et transporté les échantillons de Béjaïa à Alger **Lahcène** et **Mokrane.**

Nous remercions **HANTAL S.** pour son aide tout au long de l'année.

En fin, nous remercions toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin au bon accomplissement de notre travail.

# **TABLE DES MATIÈRES**

**Table des matières :**

Remerciements

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux et des photos

Liste des acronymes

Introduction générale

**Chapitre I : synthèse bibliographique**

1. Le système littoral : .....	23
1.1 Le littoral, une notion à définir : .....	23
1.1. Le littoral, un milieu : .....	23
1.2. La zone côtière : .....	24
1.2 Le trait de côte : .....	24
1.3 Typologie des littoraux : .....	24
2. Les côtes : .....	25
3. L'évolution morphodynamique : .....	25
4. Zonation hydrodynamique du littoral : .....	26
5. Les données sédimentologiques : .....	28
6. Les processus hydro-sédimentaires : .....	29
6.1 Les houles : .....	29
6.2 Les courants : .....	31

**Chapitre II: Présentation de la zone d'étude**

1.La situation géographique de la zone d'étude : .....	34
2.Contexte météorologique, hydrologique et géologique : .....	35
2.1. Environnement bioclimatique : .....	35
2.1.1. Les facteurs climatiques : .....	35
2.1.2. Les précipitations : .....	35
2.1.3. Les températures : .....	36
2.1.4. Le vent : .....	38
2.2. Les facteurs hydrodynamiques : .....	38

2.2.1. La houle :	38
2.2.2. Les courants :	40
2.2.3. La marée :	41
2.3. L'hydrologie :	42
2.4. Géologie :	43
3.Caractéristiques morphologiques et sédimentologiques du littoral de Béjaïa :	44
3.1. Morphologie :	44
3.2. Sédimentologie :	44
Conclusion	45

### **Chapitre III : Évolution de la dynamique des sédiments dans la partie aérienne**

1.Outils et procédure :	47
1.1. Au laboratoire :	48
1.2. Matériels utilisés :	48
2.Méthode d'analyse :	49
3.Les paramètres granulométriques :	49
3.1. Les paramètres de position :	50
3.1.1. Les quartiles :	50
3.1.2. Les quantiles :	50
3.1.3. Le mode granulométrique :	50
3.1.4. Les indices granulométriques :	50
4.Résultats et discussion :	51
4.1. Analyse de la fraction fine :	51
4.2. Analyse de la fraction grossière :	52
4.2.1. Les courbes granulométriques : (voir annexe II)	52
4.2.2. Les indices granulométriques :	52
4.2.3. Les quantiles :	53
4.3. Analyse Calcimétrique :	55
4.3.1. Mode opératoire :	56
4.3.2. Matériels utilisés :	57
4.3.2. Réalisation de la carte Calcimétrique :	57
5.Évolution de la dynamique des sédiments dans la partie aérienne :	58

## **Chapitre IV : Morphodynamique côtière de la baie de Béjaïa**

1.L'évolution du trait de côte : .....	60
2.Outils et procédure d'étude de l'évolution du trait de côte : .....	61
2.1. Récolte des données : .....	61
• L'orthophotoplan : .....	61
• Photo aérienne : .....	61
2.2. Les logiciels utilisés : (voir annexe VI).....	62
2.3. Procédure :.....	62
2.3.1. Digitalisation des linéaires côtiers :.....	62
2.3.2. Génération des transects :.....	62
3.Résultats et discussion :.....	65

## **Chapitre V : Dynamiques aux abords des petits fonds de la baie de Béjaïa et morpho-sédimentaire de la plage de Djeoua (Boukhelifa)**

1.Étude bathymétrique dans la baie de Béjaïa:.....	77
1.1. Outils et procédure :.....	77
1.1.1. Récolte des données : .....	77
1.1.2. Procédure :.....	78
1.2. Logiciels utilisés : .....	79
1.2.1. Mike21 :.....	79
1.3. Évolution de la bathymétrie :.....	83
1.4. Réalisation de la carte différentielle bathymétrique : .....	84
1.4.1. Interprétation de la carte :.....	84
1.5. Impact potentiel des changements bathymétriques sur la réfraction des vagues sur la zone côtière de Béjaïa :.....	85
2.Dynamique morpho-sédimentaire de la plage de Djeoua (Boukhelifa) :.....	85
2.1. Évolution du trait de côte :.....	85
2.1.1. Calcul de la polygonale : .....	86
2.1.2. Le calcul des points : .....	86
3.Modélisation du transport sédimentaire : .....	89
3.1. Interprétation des résultats :.....	90

## Chapitre VI : Solution préconisée pour préserver la plage de Djeoua et proposition des solutions d'aménagement

1. Les stratégies d'adaptation : .....	93
1.1. Les types de stratégies d'adaptation : .....	93
1.1.1. Le retrait : .....	93
1.1.2. L'accommodation : .....	94
1.1.3. La protection : .....	94
2. Cas d'étude (Réhabilitation du cordon dunaire et réaménagement de la périphérie du Lac Tamehlaht-Béjaïa ). .....	95
2.1. Présentation du projet : .....	95
2.1.1. Organisateur du projet : .....	95
2.2. Localisation géographique du site de projet : .....	96
2.3. Objectif du projet : .....	96
2.4. Matériels : .....	96
2.5. Méthodologie : .....	96
2.5.1. Implantation des brise vents : .....	97
2.5.2. Les couvertures : .....	98
2.5.3. La végétation : .....	98
2.6. Objectifs attendus : .....	99

Conclusion générale

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

## **LISTE DES FIGURES**

## Liste des figures :

Fig. I.1:	Le système littoral.	23
Fig. I. 2 :	Le trait de côte	24
Fig. I. 3 :	Schématisation d'une falaise	25
Fig. I. 4:	Schématisation d'un système morphodynamique	26
Fig. I. 5 :	Zonation hydrodynamique du littoral	27
Fig. I. 6 :	Echelle d'Udden-Wentworth	28
Fig. I. 7:	Les trois modes de transport sédimentaire	29
Fig. I. 8:	Caractéristique de la houle	29
Fig. I. 9 :	Le phénomène de shoaling	30
Fig. I. 10 :	Le phénomène de réfraction	30
Fig. I.11 :	Le phénomène de diffraction de réflexion	30
Fig. I. 12:	Le phénomène de déferlement	31
Fig. I. 13 :	Le courant d'arrachement	31
Fig. I. 14 :	Le courant de retour	31
Fig. I. 15 :	Le courant de dérive	32
Fig. II. 1 :	Localisation de la zone d'étude	34
Fig. II. 2 :	Données relatives aux communes littorales de la wilaya de Béjaïa	35
Fig. II. 3 :	Distribution des moyennes des précipitations mensuelles dans la région de Béjaïa (1970-2015)	36
Fig. II. 4 :	Carte des précipitations de la wilaya de Bejaïa	36
Fig. II. 5 :	Distribution des températures moyennes mensuelles dans la région de Béjaïa (1970-2015)	37
Fig. II. 6 :	Diagramme pluvio-thermique de Bagnouls et Gaussens pour la période (1970-2015)	37
Fig. II. 7 :	Roses trimestrielles et annuelle des vents au large des côtes de Béjaïa	38
Fig. II. 8 :	Roses trimestrielle et annuelle de la houle	40
Fig. II. 9 :	Carte du réseau hydrographique de la wilaya de Béjaïa	42
Fig. II. 10 :	Carte géologique de la wilaya de Béjaïa	43
Fig. III. 1 :	Positionnement des points de prélèvement dans la partie aérienne dans la baie de Béjaïa	47
Fig. III. 2 :	Schématisation des phases technique et expérimentale de l'étude granulométrique.	49
Fig. III. 3 :	Répartition des Pélites (%) dans la partie aérienne de la Baie de Béjaïa.	51
Fig. III. 4:	Relation entre Le coefficient d'asymétrie et la médiane.	52
Fig. III. 5 :	Relation entre l'indice de classement et la médiane.	53
Fig. III. 6 :	Répartition du décile inférieur ( $\mu\text{m}$ ) dans la partie aérienne de la Baie de Béjaïa.	53
Fig. III. 7 :	Répartition du décile supérieur ( $\mu\text{m}$ ) dans la partie aérienne de la Baie de Béjaïa.	54
Fig. III. 8 :	Répartition de la médiane dans la partie aérienne de la Baie de Béjaïa.	55
Fig. III. 9:	Schématisation les étapes de l'analyse Calcimétrique.	56
Fig. III. 10 :	Répartition des taux de $\text{CaCO}_3$ (%) dans les sédiments de la partie aérienne.	57
Fig. IV. 1:	Orthophotoplan aéroport de Bejaïa	61
Fig. IV. 2:	Digitalisation du trait de côte par ArcGIS.	62
Fig. IV. 3:	Digitalisation de la ligne de base par Arc Gis	63

Fig. IV. 4:	Définition de la longueur des transects	63
Fig. IV. 5:	Définition des pas de mesure des transects	63
Fig. IV. 6:	Génération des transects par l'extension DSAS	64
Fig. IV. 7:	Calcul statistique des vitesses d'érosion (EPR)	64
Fig. IV. 8:	Évolution de la ligne de côte de la Baie de Béjaïa entre 1989 et 2017 et position des transects	66
Fig. IV. 9:	Évolution de trait de côte entre 1989 et 2007	67
Fig. IV. 10:	Taux d'évolution de trait de côte et les transects entre 1989 et 2007	67
Fig. IV. 11:	Évolution de trait de côte entre 2007 et 2014	68
Fig. IV. 12:	Taux d'évolution de trait de côte et les transects entre 2007 et 2014	68
Fig. IV. 13:	Évolution de trait de côte entre 2014 et 2017	69
Fig. IV. 14:	Taux d'évolution de trait de côte et les transects entre 2014 et 2017	70
Fig. IV. 15:	Évolution de trait de côte entre 1989 et 2017	71
Fig. IV. 16:	Taux d'évolution de trait de côte et les transects entre 1989 et 2017	74
Fig. IV. 17:	Bilan d'évolution du trait de côte	74
Fig.V.1:	Echosondeur de type Furuno et Radar	78
Fig.V.2:	Pilotine El Marsa BJ44	78
Fig. V. 3:	Les étapes suivies pour l'étude de l'évolution des petits fonds	78
Fig. V. 4:	Les étapes de réalisation de la carte bathymétrique	79
Fig. V. 5:	Carte bathymétrique de la baie de Béjaïa (Asal 2015)	80
Fig. V. 6:	Carte bathymétrique de la baie de Béjaïa (2018)	80
Fig. V. 7:	Localisation des profils bathymétriques 2015	81
Fig. V. 8 :	Localisation des profils bathymétriques 2018	81
Fig. V. 9:	Profil bathymétrique n°1	82
Fig. V. 10:	Profil bathymétrique n°2	82
Fig. V. 11:	Profil bathymétrique n°3	82
Fig. V. 12:	Profil bathymétrique n°4	82
Fig. V. 13:	Les étapes de réalisation de la carte d'évolution bathymétrique	83
Fig. V. 14:	Différentiel bathymétrique de la zone de Béjaïa de 2015 à 2018	84
Fig. V. 15 :	Carte des directions des courants et des houles dans la Baie de Béjaïa (Lem 2018)	85
Fig. V. 16:	Localisation de la borne de CNL	86
Fig. V. 17:	Carte des traits de côte (actuel (jaune) et historique (bleu))	88
Fig. V. 18 :	Surface entre le trait de côte actuel et le trait de côte ancien (historique)	88
Fig. V. 19:	Modélisation du transport sédimentaire dans la zone de Boukhelifa (plage de Djeoua)	90
Fig. VI. 1:	Localisation géographique du site de projet	96

## **LISTE DES TABLEAUX ET PHOTOS**

---

<b>Tab. I. 1 :</b>	Classification de Wentworth	28
<b>Tab. II. 1:</b>	Fréquences mensuelles des houles au large selon les directions	39
<b>Tab. II. 2:</b>	Les résultats de l'étude de la réfraction de la houle	39
<b>Tab.III. 1 :</b>	Les valeurs adoptées de $S_0$ pour le classement	50
<b>Tab. III. 2 :</b>	Les valeurs adoptées de $S_k$ pour l'asymétrie	51
<b>Tab. III. 3 :</b>	La comparaison entre les résultats de 2014 et 2018	58
<b>Tab. V. 1 :</b>	Les coordonnées géographiques de les deux bornes (B_ NGA, B_ CNL)	86
<b>Tab. V. 2 :</b>	Les moyennes des précisions en planimétrie et en altimétrie	87
<b>Photo III. 1 :</b>	Prélèvement des échantillons	48
<b>Photo IV. 1:</b>	Dune de la plage de Tichy envahi par le bâti.	72
<b>Photo IV. 2:</b>	Des pilleurs de sable au niveau de la côte de Béjaïa	73
<b>Photo IV. 3:</b>	Construction illicite au bord de la mer dans la côte Est	73
<b>Photos VI. 1:</b>	Implantation des brise vents	97
<b>Photo VI. 2:</b>	Plantation des végétaux sur le cordon dunaire de lac Tamelaht	98



## **LISTE DES ACRONYMES**

---

<b>A.S.A.L :</b>	Agence Spatiale Algérienne.
<b>C.N.L :</b>	Commissariat National du Littoral.
<b>D.S.A.S:</b>	Digital Shoreline Analysis System.
<b>ENSSMAL :</b>	École Nationale Supérieure des Sciences du la Mer et du l'Aménagement du Littoral.
<b>E.P.B :</b>	Entreprise Portuaire de Béjaïa.
<b>E.P.R:</b>	End Point Rate
<b>E.S.R.I :</b>	Environmental Systems Research Institute.
<b>Fig :</b>	Figure.
<b>G.E.I.C.C :</b>	Groupe d'Expert Intergouvernemental sur le Changement Climatique.
<b>G.I.Z.C :</b>	Gestion Intégrée des Zones côtières
<b>G.P.S:</b>	Global Positioning System.
<b>I.N.C.T:</b>	Institut National de Cartographie et de Télédétection.
<b>Km:</b>	Kilomètres.
<b>L.E.M :</b>	Laboratoire des Études Maritimes.
<b>M:</b>	Mètres.
<b>M.I.C.L.A.T :</b>	Ministère de l'Intérieur, des Collectivités Locales de l'Aménagement du Territoire
<b>M .N.A :</b>	Modèle Numérique d'Altitude.
<b>M.N.T :</b>	Modèle Numérique de Terrain.
<b>O.N.M :</b>	Office National de Météorologie.
<b>P.A.C :</b>	Plan d'Aménagement Côtier.
<b>S.D.A.T :</b>	Schéma Directeur d'Aménagement Touristique
<b>S.H.O.M :</b>	Service Hydrographique et Océanographique de la Marine.
<b>S.I.G :</b>	Système d'Information Géographique.
<b>S.S.M.O:</b>	Summary of Synoptic Meteorological Observation.
<b>T.D.C :</b>	Trait De Côte.
<b>U.S.N.W.S.C:</b>	United States of Naval Weather Service Command
<b>U.T.M:</b>	Universal Transverse Mercator.
<b>W.G.S:</b>	World Géoïde System.

# **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

## Introduction générale :

Plus de 60 % de la population mondiale vit aujourd'hui en zone côtière, ce qui représente environ 3,8 milliards d'individus dans une bande terrestre qui n'excède pas 100 kilomètres par rapport à la ligne de rivage (**Lefevre, 2011**).

**Bird (1985)** a montré que 70 % des rivages dans le monde sont soumis à l'érosion. Plus récemment, **Beer (1997)** soulignait aussi que l'évolution des littoraux sableux est dominée généralement par une tendance régressive. Les études menées ces dernières années dans les différentes régions du monde montrent que la régression des côtes sableuses est un phénomène planétaire.

Dans ces environnements littoraux, la tendance érosive naturelle est parfois accélérée par des actions anthropiques qui ont introduit un déséquilibre dans les processus côtiers en limitant le volume de sable nécessaire au maintien des plages et à la stabilité du trait de côte (**Paskoff, 1998**).

À l'instar de plusieurs littoraux du globe, le littoral Algérien connaît, depuis plusieurs années, une croissance occupation économique et urbaine dont les effets, notamment sur les milieux côtiers sensibles, peuvent être aggravés par l'impact des changements climatiques sur la côte, lesquels peuvent engendrer des déséquilibres côtiers. De plus, la faiblesse de la marée caractérisant nos côtes (régime microtidal), rend encore nos littoraux plus vulnérables à l'érosion marine. (**McLaughlin et Cooper, 2010**).

Le littoral de Béjaïa , objet de notre étude, est cité souvent comme un littoral qui connaît un recul très important depuis plusieurs années

En effet, face à son évolution naturelle et socio-économique, la wilaya de Béjaïa et la façade maritime en particulier est confrontée fréquemment à une multitude d'agressions qui se manifestent sous plusieurs formes soit naturelles, soit d'origine humaine, causant des impacts importants, qui la rendre l'une des zones à risque du milieu littoral qui peuvent être définies par la combinaison entre un aléa (submersion et/ou érosion).

« ... le suivi de l'évolution du littoral Est Béjaoui a fait ressortir que la récession des plages est un phénomène ancien ... ». (**Aoudj et al., 2018**). L'érosion côtière est l'un des grands problèmes menaçant le linéaire côtier de Béjaïa. En particulier les milieux très fragiles

à savoir les plages à sables fins qui sont en dégradation et parfois par une disparition de certaines plages plus que les plages à sables moyens et grossiers.

La dégradation et la disparition de ces espaces meubles très sensibles est une menace et un problème dangereux qu'il faut régler et résoudre.

La baie de Béjaïa , connaît une dégradation importante des plages sableuses qui se traduit par un recul du trait de côte ainsi que la disparition de certaines plages comme Sidi Ali Labhar, « ... cette côte a connu une surexploitation de son sable, ce qui a provoqué un recul de 120 m entre 1996 et 1998, soit 60 m/an en moyenne, et de 200 m dans le secteur Est de cette plage, soit 100 m/an... » (**Belkessa et Benkortbi, 1999 in Aoudj et Bouaziz, 2014**). C'est l'une des raisons qui a motivé ce projet de fin d'études portant sur la géomorphodynamique de cette zone côtière afin de mieux cerner et comprendre les causes de ces problèmes et proposer des solutions que l'on suppose convaincants.

Dans le but d'atteindre les objectifs voulus, étant donné des réponses à la problématique préalablement posée, nous avons effectué des enquêtes et sorties sur terrain et au large de Béjaïa , des stages de perfectionnement et d'apprentissage au niveau des différents organismes à citer la Direction de l'Environnement de Béjaïa (DE), le Commissariat National du Littoral- antenne de Béjaïa (CNL), l'Entreprise Portuaire de Béjaïa (EPB), le Ministère de l'Intérieur, des Collectivités Locales et de l'Aménagement du Territoire (MICLAT) et enfin l'Institut National de Télédétection et de Cartographie (INCT). Notre travail est résumé et se structure en six (06) chapitres :

Le premier porte sur une synthèse bibliographique du milieu littoral ;

Le second présente les caractéristiques de notre zone d'étude, sa situation géographique, sa lithologie et enfin son environnement bioclimatique ;

Le troisième décrit l'évolution de la dynamique des sédiments dans la partie aérienne de la baie de Béjaïa . Et ce, on les rapportant en comparaison avec les résultats obtenus par (Aoudj et Bouaziz, 2014) ;

Le chapitre qui suit et le noyau de cette étude, analyse la morphodynamique côtière de la Baie de Béjaïa par photo-interprétation des linéaires côtiers à partir des photographies aériennes de haute résolution collectées au sein de l'INCT;

Le cinquième est consacré d'abord à la découverte du relief sous-marin de la baie de Béjaïa tout en illustrant les résultats de nos différentes sorties en mer, la dynamique de ce dernier serait comparée avec celle de 2015. Ensuite, nous abordons la dynamique morpho-sédimentaire d'une plage très marquée par l'érosion, dite : Djeoua ;

Le dernier chapitre est consacré à la proposition des solutions d'aménagement et définie l'action menée par le CNL-Béjaïa (en cours) pour préserver une portion de notre zone d'étude (plage de Djeoua).

**CHAPITRE I :**  
**SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE**

# 1. Le système littoral :

## 1.1 Le littoral, une notion à définir :

« Le littoral est un espace géographique qui ne se laisse pas enfermer dans une définition simple, zone vulnérable en constante évolution. » (Mackelbagh.A, 2009)

Le littoral marque le contact entre mer terre, et air et englobe l'ensemble de la zone dans laquelle « les processus morphogénétiques sont substantiellement altéré par la proximité de la convergence des interfaces. ». (Bernard.C, 2004)

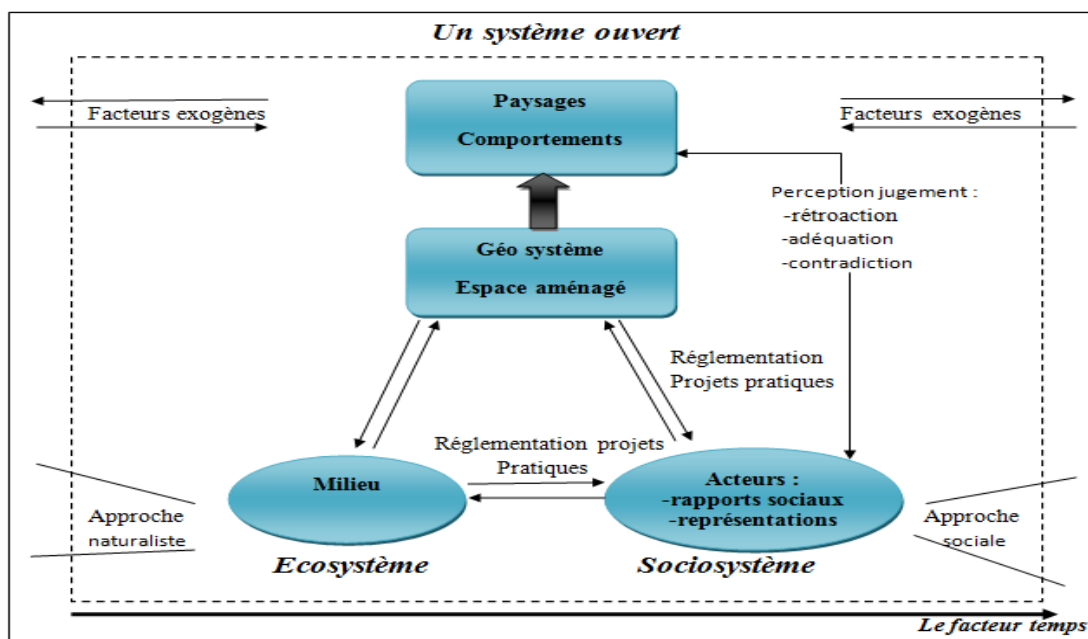


Fig. I.1 : Schéma représentant le système littoral. (<http://www.persee.fr/>(modifiée)).

### 1.1.1. Le littoral, un milieu :

À risque	Aux activités variées	À préserver
<p>Espace à des risques majeurs :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Naturels : érosion et submersion marine.</li> <li>2. Anthropiques : industriel, économique et urbain.</li> </ol>	<p>Milieu de vie, ou l'homme développe de nombreuses activités : l'agriculture, la pêche, le tourisme, le transport...</p>	<p>La sensibilité et la complexité de littoral nécessite :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. une préservation (la loi littorale, le conservatoire de littoral, le réseau naturel 2000 et les parcs naturels marins.</li> <li>2. La gestion : La gestion intégrée des zones côtières (GIZC).</li> </ol>

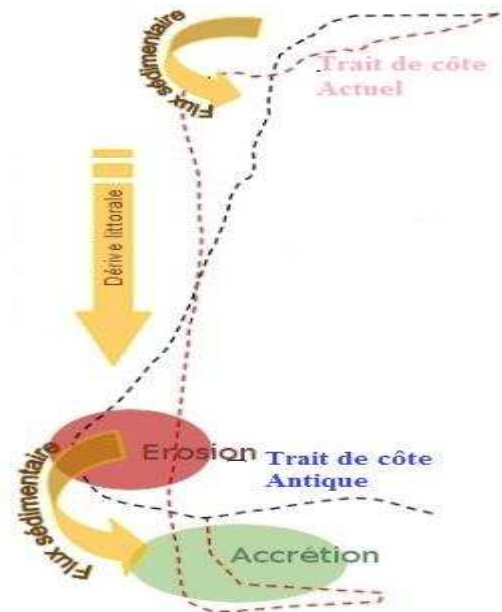
## 1.2. La zone côtière :

La zone côtière est l'Interface où la terre rencontre la mer, renfermant les environnements côtiers comme les eaux côtières adjacentes. Ses composantes peuvent inclure les deltas, les plaines côtières, les marais, les plages et dunes, les récifs, les forêts de mangrove, les lagons, les fjords et autres caractéristiques côtières.

### 1.2 Le trait de côte :

Le trait de côte est la limite géographique entre le domaine marin et le domaine continental.

Le trait de côte est par définition la ligne d'intersection de la surface topographique avec le niveau des plus hautes mers astronomiques (SHOM) (Fig. I. 2).



**Fig. I. 2** : schéma représentant le trait de côte (Wikhydro.developpement-durable.gouv.fr)

### 1.3 Typologie des littoraux :

La classification du littoral se fait selon plusieurs typologies. En effet, elles sont au nombre de trois :

- L'évolution morphologique des rivages induite par les variations du niveau moyen de la mer (les côtes émergées et les côtes submergées).
- La dynamique du trait de côte (les côtes d'érosion, d'accumulation et des côtes stables).
- La structure géologique (les côtes d'ablation et les côtes d'accumulation).

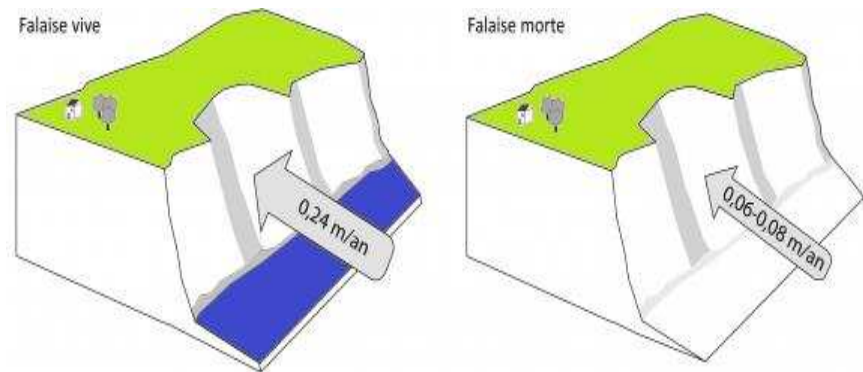
## 2 Les côtes :

### 2.1. Les côtes rocheuses :

Les côtes rocheuses sont des zones qui évoluent lentement mais leurs mouvements peuvent être rapides en contexte d'élévation du niveau marin. Les falaises sont les formes les plus communes sur les côtes rocheuses.

Une falaise est définie comme étant, escarpement littoral, dominant les eaux d'au moins quelques mètres.

C'est une forme d'érosion Littorale qui se transforme très rapidement (Fig. I. 3).



**Fig. I. 3** : schéma représentant une falaise (<http://journals.openedition.org>).

### 2.2. Les côtes meubles :

La forme la plus représentante des côtes meubles est la plage. Cette dernière est une forme d'accumulation de sédiments composés par les vagues et l'activité éolienne.

Les plages sont des accumulations littorales de sables, de graviers ou de galets, développées au niveau du rivage (plage littorale) et jusqu'aux profondeurs où les houles provoquant le remaniement (plage sous-marine).

Les plages sont par nature extrêmement changeantes. Leur topographie se modifie sans cesse car les sédiments meubles qui les constituent sont constamment déplacés par des forces diverses dont l'action combinée explique une permanente mobilité. (Paskoff 2007).

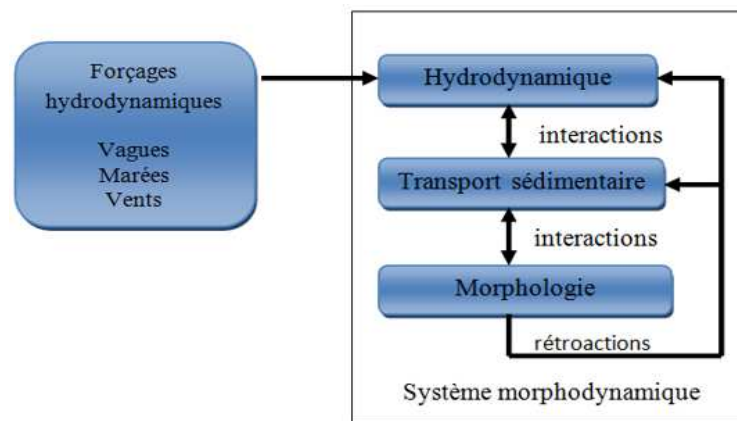
## 3 L'évolution morphodynamique :

L'évolution morphodynamique d'un système côtier est classiquement décrite comme une évolution Markovienne, définie comme une succession d'états morphologiques (Wright et Thom, 1977). Ce concept est la base théorique de développement des modèles d'évolution (Short et Aagaard, 1993).

Un système morphodynamique est constitué d'un objet géomorphologique qui réagit aux variations d'une composante dynamique par un ajustement morphologique. Cette réponse est une tentative de mise à l'équilibre de la morphologie par apport aux nouvelles conditions de forçages.

Dans le cas des systèmes littoraux, la topographie des fonds côtiers est en constant ajustement avec la dynamique du milieu fluide. Cet ajustement morphologique est le résultat d'un gradient de transport sédimentaire.

Dans le cas des systèmes littoraux, une modification des forçages induit une modification de l'hydrodynamisme, qui elle-même induit un transport sédimentaire responsable de l'évolution morphologique des plages. Cet hydrodynamisme ne dépend pas seulement des conditions de forçages au large, mais aussi par la topographie locale (**Fig. I. 4**).



**Fig. I. 4:** Schématisation d'un système morphodynamique (**Stépanian (2002)**) (modifiée).

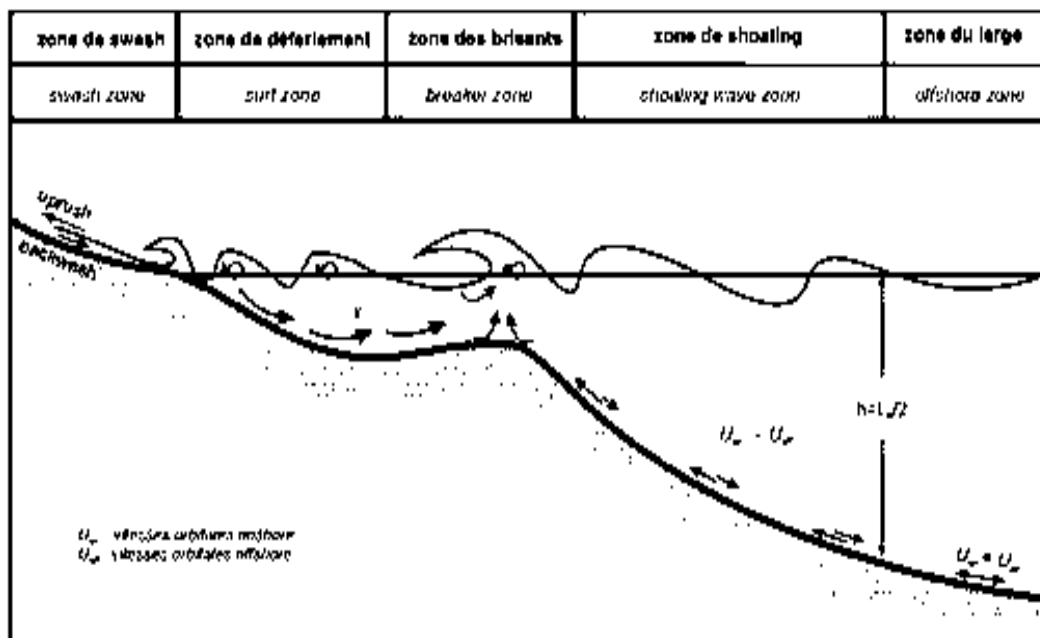
#### 4 Zonation hydrodynamique du littoral :

Il en résulte une zonation du domaine côtier et de la plage en fonction du processus hydrodynamique liés aux transformations des vagues lors de leur propagation :

- **La zone du large (Offshore zone) :** elle est située au niveau de la plate forme continentale, dans cette zone les vagues ne subissent aucune transformation liée à la topographie des fonds, la profondeur étant trop importante.
- **La zone de shoaling (Shoaling wave zone) :** Dans cette zone, se produit une perte d'énergie des vagues par friction, cette dernière entraîne une augmentation de la hauteur des vagues et une réduction de la longueur d'onde. Il se produit donc une

augmentation de la cambrure des vagues ( $H/L$ ) accompagnant une augmentation de la symétrie des courants orbitaux au niveau des fonds ( $U_{on} > U_{off}$ ).

- **La zone des brisants (Breaker zone):** Cette zone très dynamique est le lieu de dissipation maximale de l'énergie des vagues incidentes. Le déferlement des vagues se produit lorsque la profondeur d'eau devient faible comparée à leur hauteur. Dans le cas d'une onde monochromatique, le déferlement se produit lorsque  $hb = Hb/\gamma$  avec  $\gamma$  comme critère de déferlement ( $\gamma = 0.78$ , **Mc Cowan, 1894**).
- **La zone de déferlement (Surf zone) :** Cette zone marque la transition entre le déferlement des vagues et leur amortissement total sur la plage. C'est une région particulièrement complexe où les vagues, après avoir été brisées, se propagent sous forme de fronts d'ondes (bores) et peuvent se reformer pour à nouveau déferler près de la plage. Des effets de turbulence et de vortex contribuent à la complexité des écoulements dans ce milieu. Un courant orienté vers le large compense l'afflux d'eau dans cette zone. Ce courant de retour est proportionnel à la hauteur des vagues dans la zone de déferlement (**Greenwood et Osborne, 1990**).
- **La zone de swash (Swash zone) :** cette zone est caractérisée par l'oscillation périodique d'une mince couche d'eau sur la plage sous la plage sous la forme du jet de rive (uprush ou swash) et de la nappe de retrait (backwash).



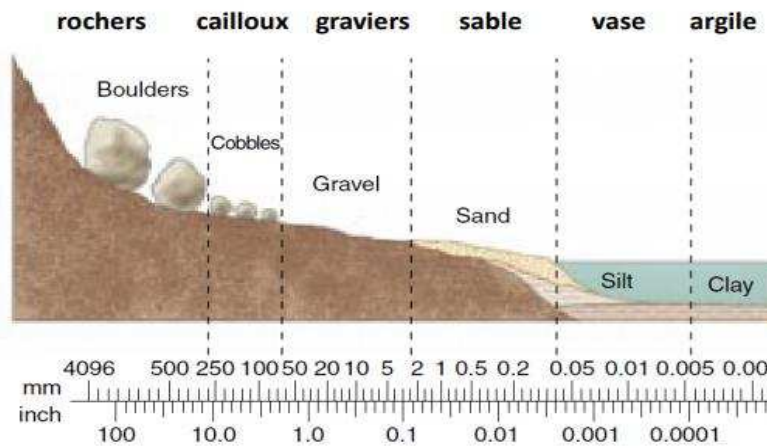
**Fig. I. 5 :** Zonation hydrodynamique du littoral (M. Alexis Sepanian, 2002)

## 5 Les données sédimentologiques :

L'étude des sédiments superficiels a pour objectif, la caractérisation des matériaux meubles pour permettre d'apporter des indications sur la répartition spatiale de ses sédiments et les conditions de leur dépôt qui est définie comme l'ensemble des relations qui établissent entre les agents susceptibles d'enterrer la mise en place des particules (agents de transport et du dépôt: (houles, courants))(LEM 2012).

Les sédiments sont de nature très variée selon les roches dont ils dérivent ; plusieurs échelles granulométriques existent, elles permettent de classer les sédiments en fonction de la taille de leurs grains. La plus utilisée est celle de Wentworth.

Diamètre du grain		Sédiments Non consolidés Catégorie de Wentworth
<b>GROSSIER</b>	256 mm	Blocs
	64 mm	Gros cailloux
	4 mm	Graviers
	2 mm	Granules
<b>MOYEN</b>		Sables
<b>FIN</b>	0.063 mm	Silts (limons)
	0.004 mm	Argiles



**Tab. I. 1** : Classification de Wentworth (Mélanie Noury ISTERre bureau 364 melanie.noury@ujf-grenoble.fr)

**Fig. I. 6** : Echelle d'Udden-Wentworth (échelle logarithmique) <http://highereducation.com>

Le transport sédimentaire est initié lorsque les contraintes de cisaillement ou les vitesses du courant dépassent le seuil de mise en mouvement des particules. Ce seuil est étroitement lié à la taille du grain, la nature du sédiment et la densité du fluide dans lequel il est transporté (HULJSTROM, 1935 ; SHIELDS, 1936).

### Il existe trois modes de transport sédimentaire :

- **Le transport par roulement ou charriage** : concerne les grains de la couche superficielle des sédiments non-cohésifs qui roulent sur le fond dans le sens de l'écoulement.

- **Le transport par saltation** : l'impulsion fournie par le fluide fait sauter les particules au-dessus du fond suivant une trajectoire balistique.
- **Le transport en suspension** : se produit lorsque l'écoulement est suffisamment fort pour maintenir en suspension les particules sans que celles-ci ne se redéposent.

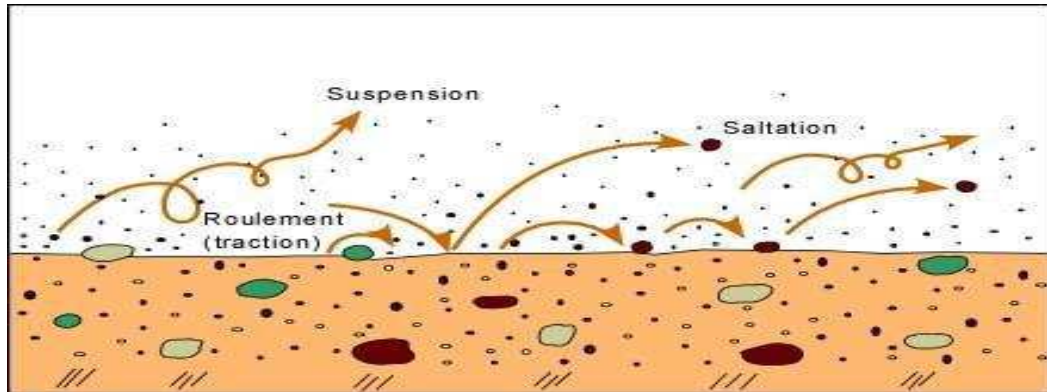


Fig. I. 7: Les trois modes de transport sédimentaire (<http://roche-sedimentaire.e-monsite.com>)

## 6 Les processus hydro-sédimentaires :

### 6.1 Les houles :

La houle est un mouvement ondulatoire que subit la surface de la mer sous l'influence du vent éloigné de la zone d'observation (vent lointain).

Elle est définie par son amplitude, sa période, sa longueur d'onde, sa célérité et sa direction de propagation.

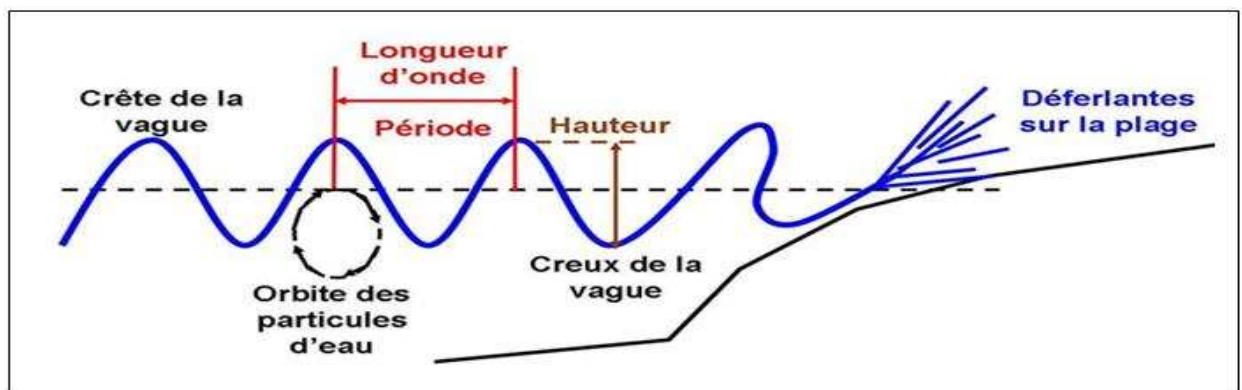
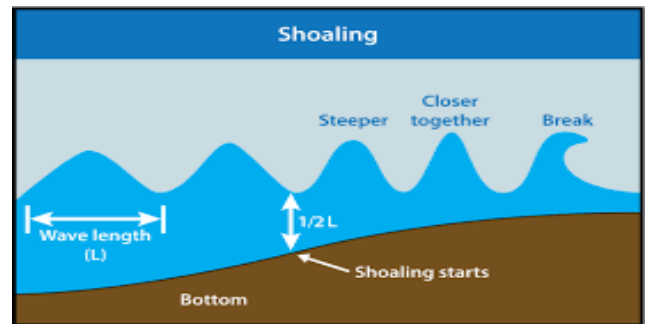


Fig. I. 8: Caractéristique de la houle. ([www.culture-maritime.com](http://www.culture-maritime.com))

- **Le shoaling :**

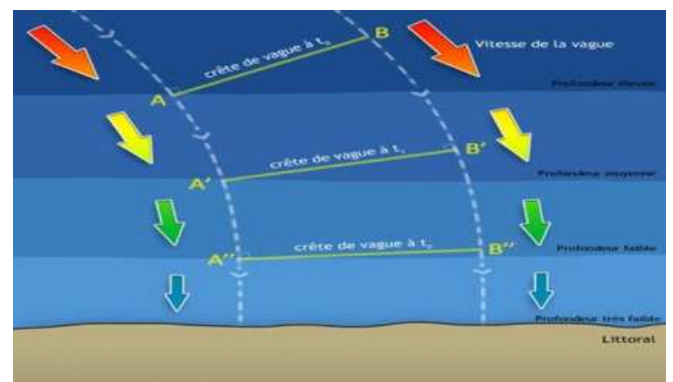
Phénomène de gonflement (levée) de la houle. Il survient lorsque la houle du large aborde des profondeurs inférieures à la moitié de sa longueur d'onde, sa hauteur diminue progressivement dans un premier temps ; puis augmente rapidement et dépasse la hauteur au large pour des profondeurs faibles (**Fig. I. 9**).



**Fig. I. 9** : schéma représentant le phénomène de shoaling (<http://bst-tsb.gc.ca>).

- **La réfraction :**

Quand les fonds remontent ( $d < L/2$ ), la direction de propagation de la houle tend à s'orienter suivant la ligne de plus grande pente. Les crêtes des vagues ont tendance à se disposer parallèlement aux isobathes (**Fig. I. 10**).



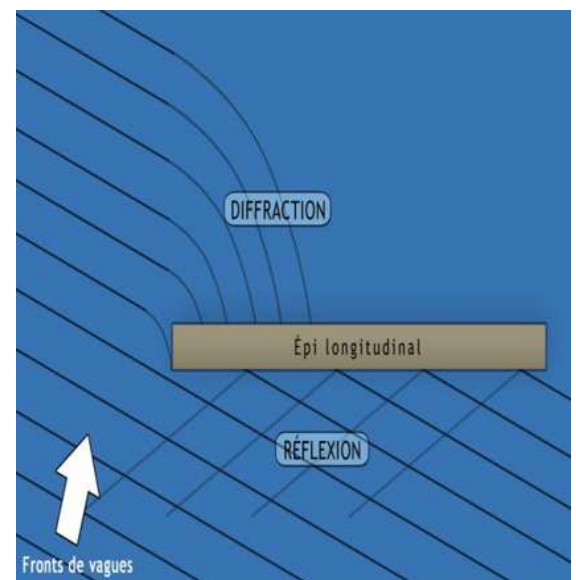
**Fig. I. 10** : schéma représentant le phénomène de réfraction (<http://sciencedecomptoir.cafe-sciences.org>).

- **La réflexion :**

Lorsque la houle rencontre perpendiculairement un obstacle vertical plein, une onde de hauteur identique va se propager vers le large (houle réfléchissante). La superposition des deux ondes forme un clapotis. Si la houle rencontre un obstacle avec une certaine incidence, des houles gaufrées vont se former en avant de l'obstacle.

- **La diffraction :**

La houle se diffracte lorsqu'elle ne se propage plus en ligne droite par profondeur constante. On observe de la diffraction autour des musoirs de digue ou de brise-lames : à l'abri de ces ouvrages, il existe une certaine agitation qui peut s'interpréter comme un transfert d'énergie des



**Fig. I.11** : schéma représentant le phénomène de diffraction de réflexion (<http://sciencedecomptoir.cafe-sciences.org>).

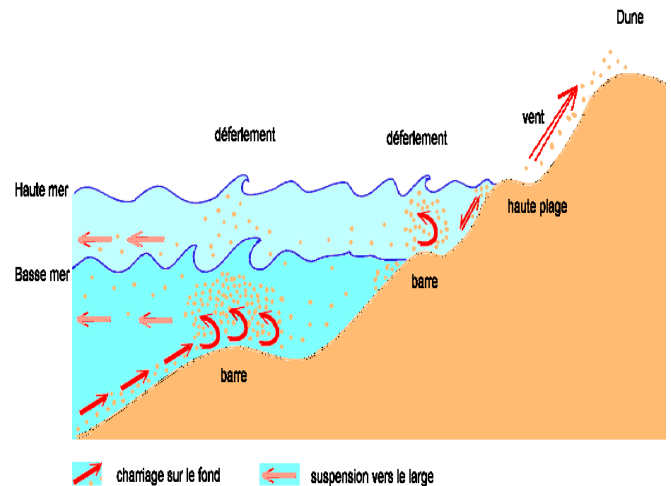
zones les plus agitées vers les zones abritées.

(Fig.I.11).

- **Le déferlement :**

Lorsque les vagues se rapprochent de la côte, la profondeur diminue ; le mouvement des particules d'eau devient plus elliptique ; la célérité et la longueur d'onde diminuent avec la profondeur d'eau, alors que la hauteur des vagues augmente (déferlement bathymétrique).

Le déferlement au large (eau profonde), est lié à l'influence du vent qui pousse sur les crêtes des vagues (moutonnement) (Fig. I. 12).



**Fig. I. 12:** schéma représentant le phénomène de déferlement (<https://www.upicardie.fr>).

## 6.2 Les courants :

Le courant marin est un mouvement d'une masse d'eau qui est régulier se déplace sur de très longues distances, à la surface ou en profondeur des mers et des océans. Qui est dû aux effets du vent, de la force de Coriolis, et des différences de température, densité et salinité.

- **Le courant d'arrachement ou "rip-current" :**

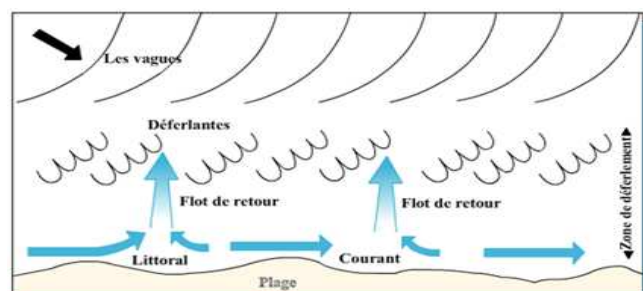
Le rip-current est un fort courant de retour (violent) qui entraîne en direction du large les eaux apportées par les grosses vagues qui se brisent sur les plages (Fig. I. 13).



**Fig. I. 13 :** schéma représentant le courant d'arrachement (<https://www.meteomedia.com>).

- **Le courant de retour :**

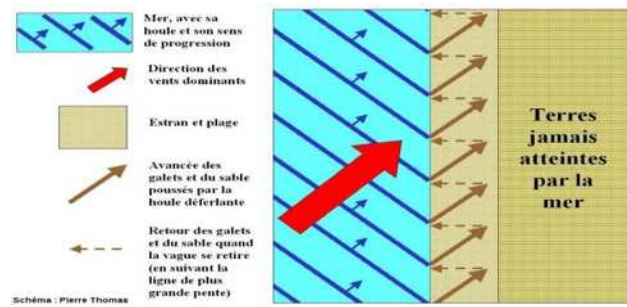
Le courant de retour correspond à une zone de flot de retour du courant existant à partir du lieu de déferlement de la houle contre la ligne de rivage (Fig. I. 14).



**Fig. I. 14 :** schéma représentant le courant de retour (<https://www.canada.ca/fr>).

▪ **Le courant de dérive :**

La dérive littorale prend naissance au niveau de la zone de déferlement où l'énergie est maximale, cette énergie permet la remise en suspension et le transit des particules sédimentaires le long de la côte (**Fig. I. 15**).



**Fig. I. 15 :** schéma représentant le courant de dérive (<http://laposidonie.e-monsite.com>).

**CHAPITRE II :**  
**PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE**

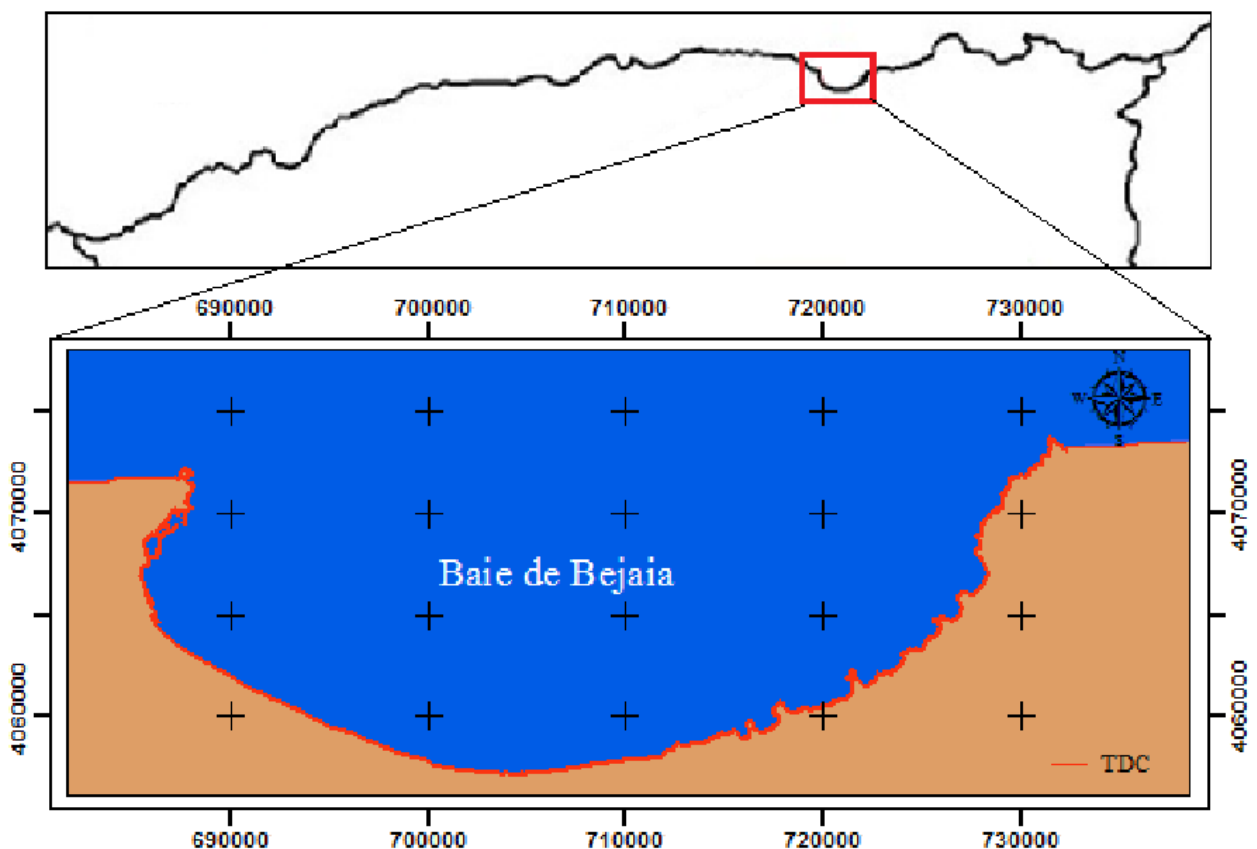
## Introduction :

Dans ce chapitre, nous essaierons de présenter notre zone d'étude qu'est la baie de Béjaïa sous toutes ces facettes. En premier temps nous allons présenter la situation géographique de cette zone par la suite nous allons entamer le contexte météorologique, hydrologique et géologique ; ainsi que les caractéristiques morphologiques et sédimentologiques.

### 1. La situation géographique de la zone d'étude :

Le littoral algérien qui s'étale sur 1622 km, comprend une zone côtière dite Béjaïa de 100 km située au côté Est (Aoudj *et al*, 2017).

La baie de Béjaïa se situe à environ 250 km à l'Est d'Alger, elle est comprise entre deux massifs d'âge et de nature différents : Le cap Carbon à l'Ouest (5°06' Est et 36°46' Nord) et le massif d'El Aouana à l'Est (5°36' Est et 36°46' Nord).



**Fig. II. 1** : Localisation de la zone d'étude.

Toute l'unité physiographique est concernée en vue de délimiter cette zone, il s'agit bien de la baie de Béjaïa. Cette dernière est comprise entre deux départements administratifs, qui sont : Béjaïa et Jijel, qui comprennent les communes littorales :

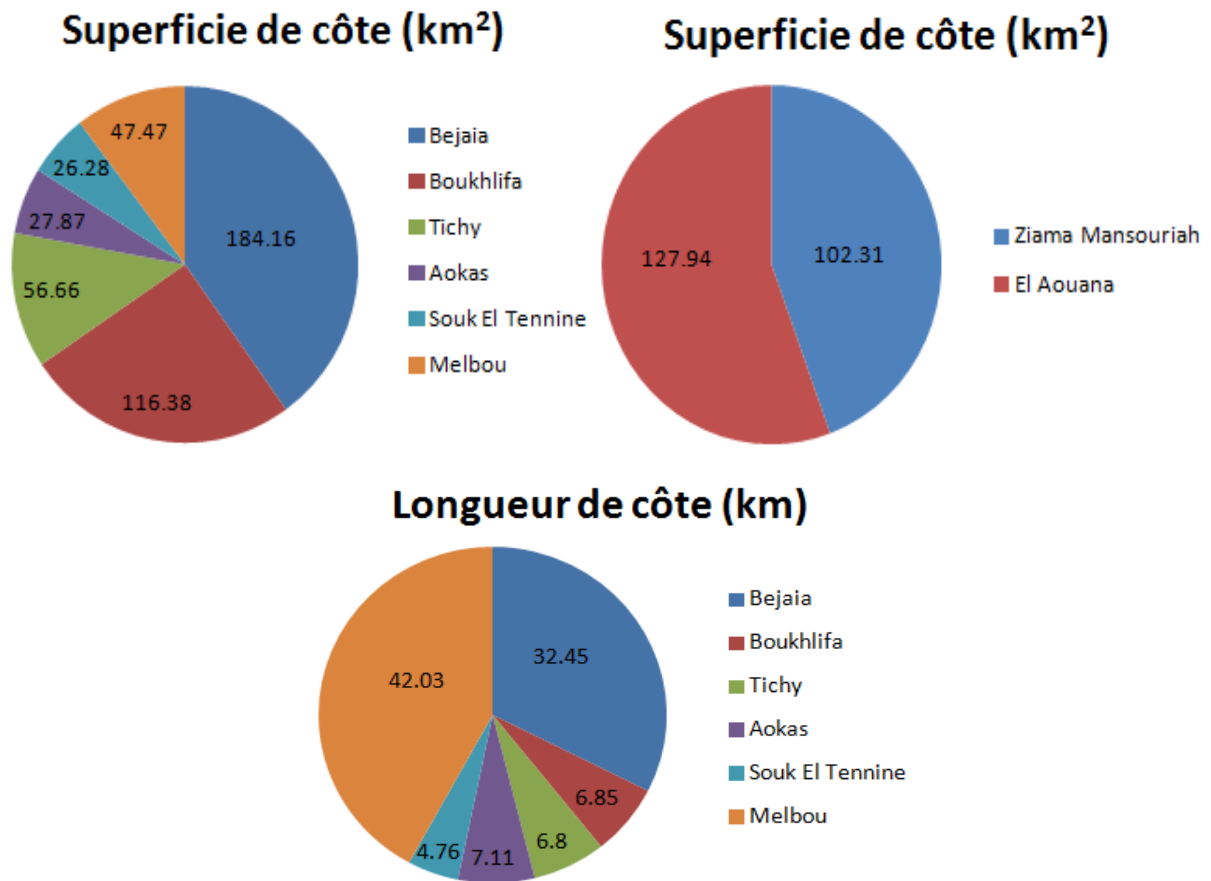


Fig. II. 2 : Données relatives aux communes littorales de la wilaya de Béjaïa (SDAT).

## 2. Contexte météorologique, hydrologique et géologique :

### 2.1. Environnement bioclimatique :

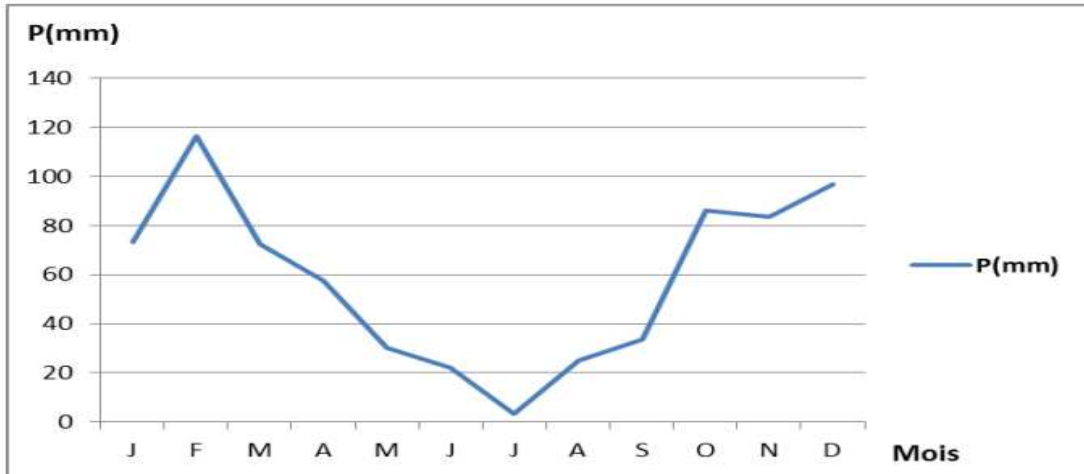
La région de Béjaïa est caractérisée par un climat méditerranéen, doux, humide par une abondance de précipitation en automne et en hiver, et sèche en été.

#### 2.1.1. Les facteurs climatiques :

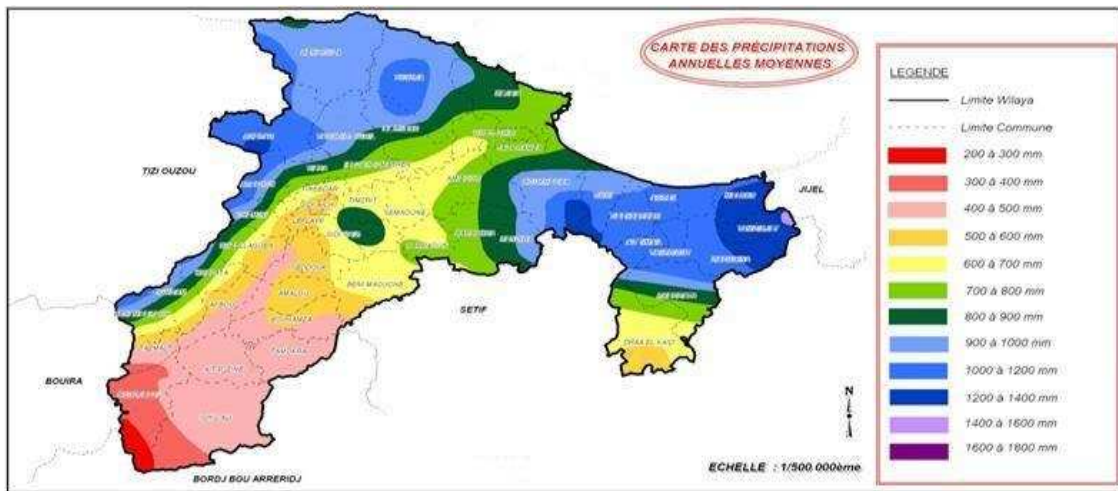
Le littoral de Béjaïa est caractérisé par des précipitations abondantes, irrégulières et inégalement réparties à la fois dans le temps et dans l'espace ; Ainsi que par un régime de vent qui varie en fonction des saisons. L'étude de ses caractéristiques climatologiques est très importante pour mieux comprendre le régime hydrodynamique qui influence la morphologie sédimentaire de notre zone d'étude.

#### 2.1.2. Les précipitations :

La répartition mensuelle des précipitations est irrégulière, dans lequel nous remarquons l'existence de deux périodes. Le pic étant enregistré en février (116,4 mm) et le creux en juillet (3,2mm) (voir Fig. II. 3).



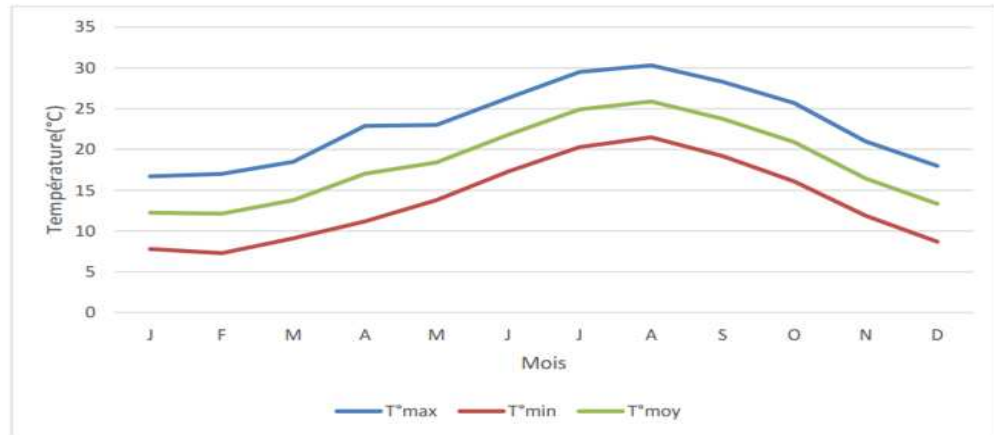
**Fig. II. 3 :** Distribution des moyennes des précipitations mensuelles dans la région de Béjaïa (1970-2015) (ONM).



**Fig. II. 4 :** Carte des précipitations de la wilaya de Béjaïa (MICLAT, 2018).

**2.1.3. Les températures :**

Sur la base des données recueillies sur une période de 45ans (1970 à 2015), on déduit globalement une température moyenne annuelle de 18,39°C, (voir la figure II.5).

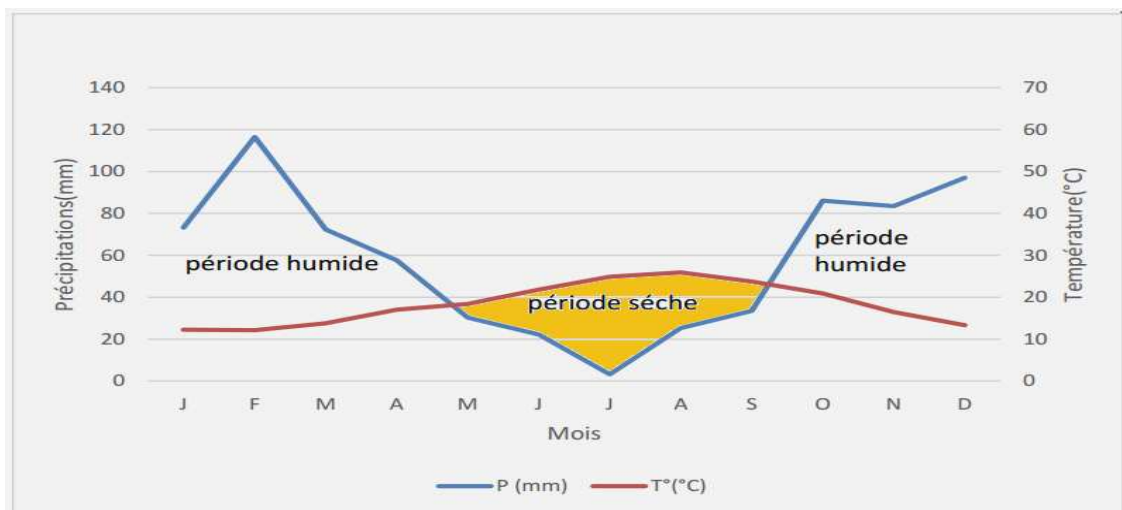


**Fig. II. 5 :** Distribution des températures moyennes mensuelles dans la région de Béjaïa (1970-2015) (ONM).

- **Diagramme pluvio-thermique de Bagnouls et Gaussen :**

Bagnouls et Gaussen en 1954, ont établi un diagramme qui permet de dégager la période sèche en s'appuyant sur la comparaison de températures moyennes et de précipitations annuelles moyennes, ou sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (P) et les températures (T), avec une échelle des précipitations équivalente aux doubles de celle des températures.

Le digramme suivant montre l'existence d'une période humide ; s'étalent de fin septembre à fin mai, et une période sèche durant les quatre mois restants, c'est à dire de mai à septembre (figure II.6)



**Fig. II. 6 :** Diagramme pluvio-thermique de Bagnouls et Gaussen pour la période (1970-2015) (ONM).

### 2.1.4. Le vent :

En plus de son rôle comme initiateur de la houle, le vent est un facteur important sur les plages qui sont dépourvues de végétation.

Dans notre zone d'étude, les vents du matin sont de l'ouest, alors que ceux de midi et du soir varient selon les saisons, en hivers les vents de l'ouest à nord-ouest sont des dominants (vitesse : 08m/s), par ailleurs en été, les vents dominants sont de nord-est est (ONM 2006).

Selon l'United States of Naval Weather Service Command (U.S.N.W.S.C) : les régimes des vents sont influencés par le relief environnant en l'occurrence le Djebel Gouraya, les Babors et la vallée de la Soummam ; les vents du secteur Ouest sont canalisés par la vallée de la Soummam qui leur donne son orientation Sud-ouest – Nord Est : c'est « le vent de la Soummam».

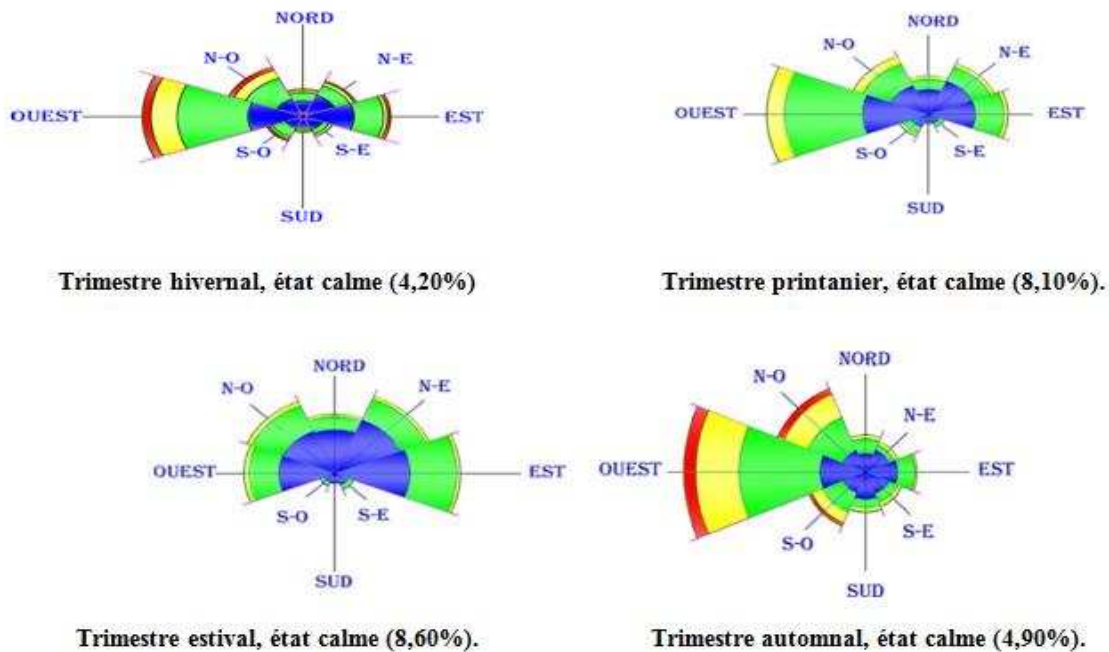


Fig. II. 7 : Roses trimestrielles et annuelle des vents au large des côtes de Béjaïa (LEM, 1998)

## 2.2. Les facteurs hydrodynamiques :

### 2.2.1. La houle :

Le régime des houles dans la baie de Béjaïa selon Bakalem, A. (2008) est le suivant :

- Des houles hivernales de direction nord-ouest et ouest. Les promontoires de Cap Carbon mettent à l'abri des houles hivernales toute la zone s'étendant du port jusqu'au-delà l'embouchure de la Soummam, zone où la sédimentation fine sera maximale en hiver, saison où les apports solides fins de la Soummam sont très élevés;
- Des houles estivales de direction nord et nord-est qui balayent l'ensemble de baie.

### La houle au large :

Mois	Nord	Nord-est	Est	Ouest	Nord-Ouest
Janvier	11.5	7.2	16.4	30.8	14
Février	8.4	6	12.4	39.6	14.5
Mars	8.5	5.5	12.9	35.5	20.4
Avril	6.4	8.8	15.2	39.4	18.6
Mai	8.6	15.9	17.3	31.7	13.1
Juin	10.1	15.3	19.5	30.1	14.6
Juillet	12.3	19.8	22.5	20.1	17.1
Août	12.4	19.9	24.9	18.5	16.9
Septembre	12	14.2	29.2	17.7	15.8
Octobre	8.2	11	19	30.4	11.1
Novembre	4.2	3.6	7.9	40.1	19.6
Décembre	6.7	4.5	6	38.6	19.2

**Tab. II. 1:** Fréquences mensuelles des houles au large selon les directions (S.S.M.O, Période : 1963– 1970).

### La houle à la côte :

Fréquence	Période de retour (ans)	360°Nord	45°Nord	330°Nord
Biennale	2	4.56 m	3.49 m	3.84 m
Quinquennale	5	5.43 m	4.09 m	4.41 m
Décennale	10	6.09 m	4.53 m	4.84 m
Vingtennale	20	6.75 m	4.98 m	5.27 m
Cinquantennale	50	7.63 m	4.57 m	5.84 m
Centennale	100	8.28 m	6.01 m	6.26 m

**Tab. II. 2:** Les résultats de l'étude de la réfraction de la houle (LEM, 1998).

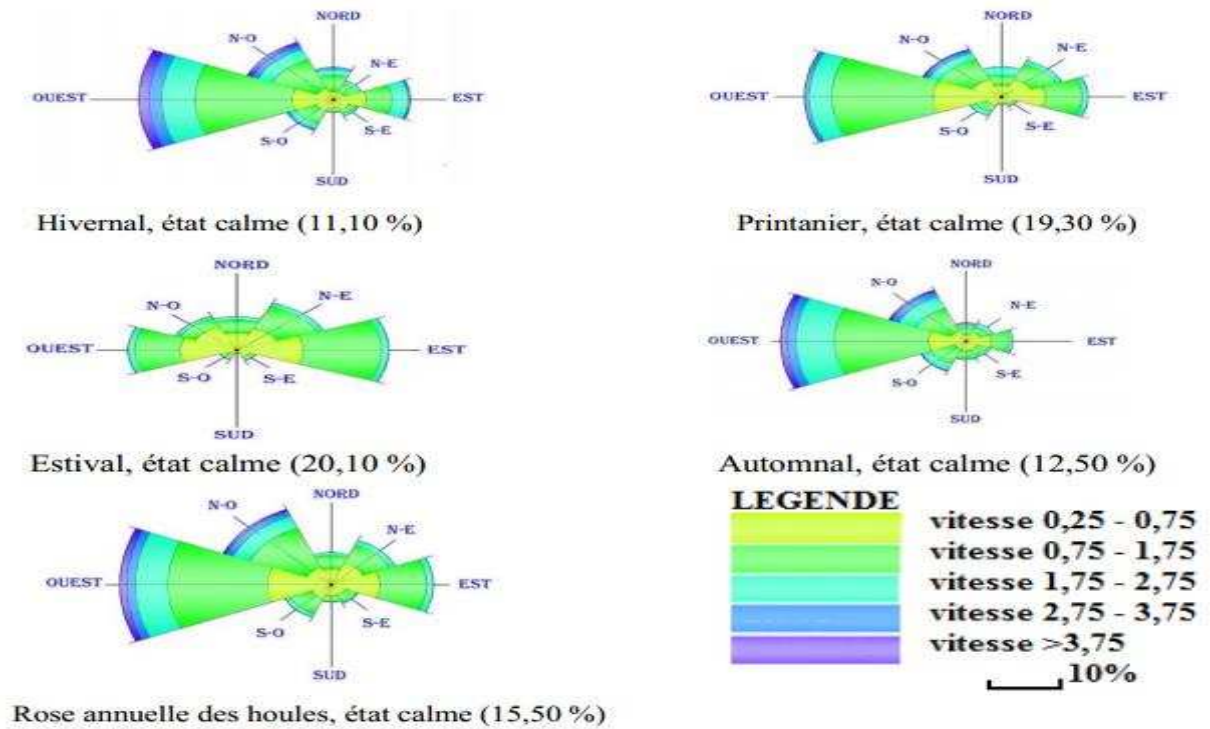


Fig. II. 8 : Roses trimestrielle et annuelle de la houle (LEM, 1998).

### 2.2.2. Les courants :

Dans la baie de Béjaïa le courant principal est celui qui pénètre par le détroit de Gibraltar formant des tourbillons anticyclique de 100 km de diamètre en se déplaçant vers l'est à une vitesse inférieure de 7 nœuds (12,6 km/h). Il crée alors des courants résiduels se dirigeant vers la côte dont la vitesse est inférieure à 0,5 nœud. Ces derniers, au contact de la côte, engendrent des courants de dérive littorale qui agissent dans les zones déferlement par une remise en suspension des sédiments (Millot, 1987).

- Les principaux courants existants dans la baie de Bejaïa sont :

#### a. Le courant de retour (ou "undertow") :

Aussi appelé courant de compensation, est présent sur toutes les côtes exposées aux houles. En milieu côtier la houle transporte de l'eau dans sa direction de propagation. Cela est particulièrement vrai dans la zone de déferlement. Le courant de retour permet donc de compenser cet apport de masse en transportant les masses d'eau vers le large.

La distribution du courant de retour sur la verticale n'est pas homogène, la vitesse maximale étant située vers le fond.

Ce courant est responsable d'un fort transport sédimentaire vers le large et de la migration de barres pendant les épisodes de tempête.

**b. Le courant de dérive ou courant "longshore" :**

Le courant de dérive ou courant longitudinal est dû aux vagues générées au large et qui arrivent proche des côtes avec un sens de propagation présentant un angle par rapport au rivage. Un courant de houle prend naissance dans la zone de déferlement et se dirige parallèlement au rivage, avec une vitesse de l'ordre du mètre par seconde. Ce courant assure un important transport sédimentaire le long de la plage, appelé « dérive littorale ». En raison de la vigueur des courants et des volumes de sédiments susceptibles d'être transportés, de nombreux auteurs parlent de fleuves littoraux pour décrire les courants longitudinaux.

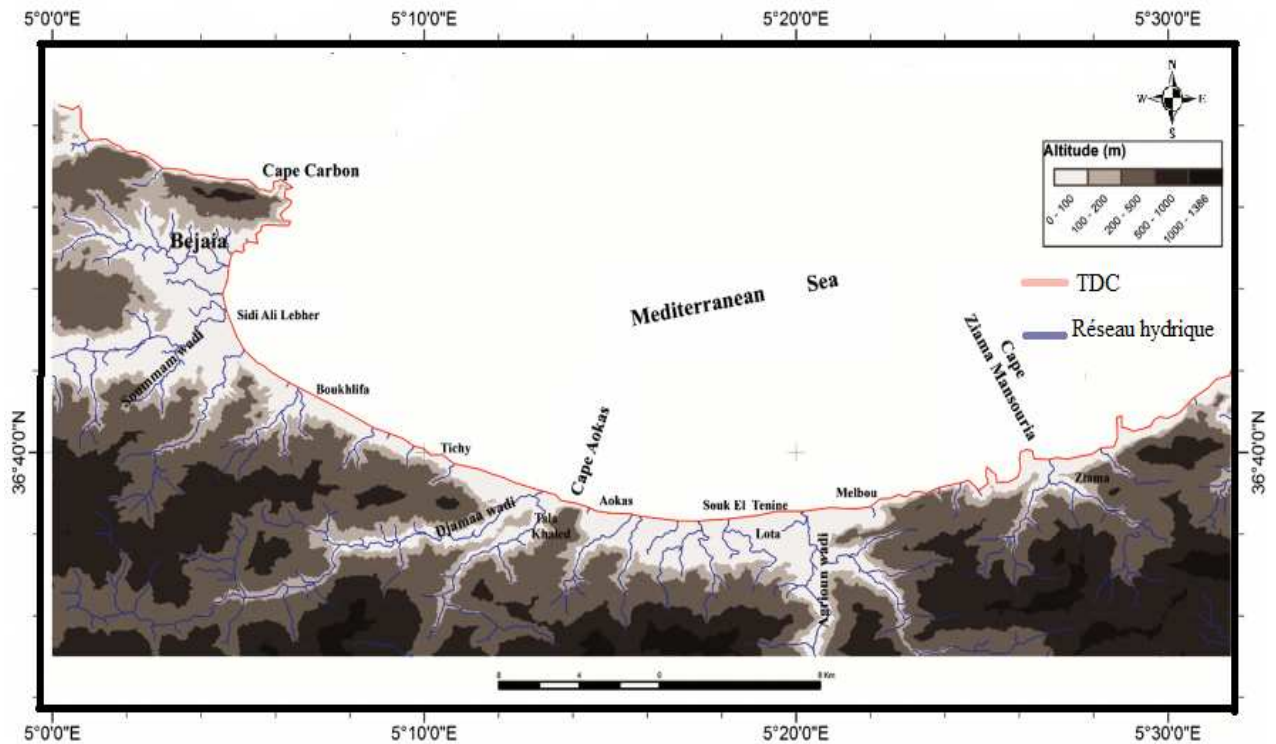
Dans le cas de l'existence d'ouvrages maritimes (digues, ports, épis) le long de la côte, le transit sédimentaire sera perturbé, accumulation de sédiments à l'amont et érosion de la plage à l'aval.

**2.2.3. La marée :**

La marée a une amplitude généralement faible en Méditerranée mais présente d'importants écarts suivant l'époque lunaire. En pleine lune elle peut atteindre 25 à 30 cm en moyenne, et celle de la nouvelle lune varie de 5 à 15 cm. D'autres phénomènes peuvent se superposer à cet effet astronomique tels que la pression atmosphérique, les seiches, etc.

La marée à la baie de Béjaïa et celle de la méditerranée sont semblables, elles ne dépassent pas les 30 cm.

### 2.3. L'hydrologie :



**Fig. II. 9** : Carte du réseau hydrographique de la wilaya de Béjaïa (Djouder et Boutiba, 2017 in Aoudj et al, 2017) modifiée.

La baie de Béjaïa se caractérise par une richesse hydraulique importante, des oueds et des eaux souterraines.

Elle compte un nombre importants d'oueds les plus importants sont oued Soummam (90 km) et oued Agrioun (80 km).

Le relief de djebel de Gouraya et la vallée de Soummam influent considérablement sur les mouvements des masses d'eau de surface notamment en entraînant vers le large les eaux côtières chargées d'éléments fins amenés par les oueds en particulier la Soummam.

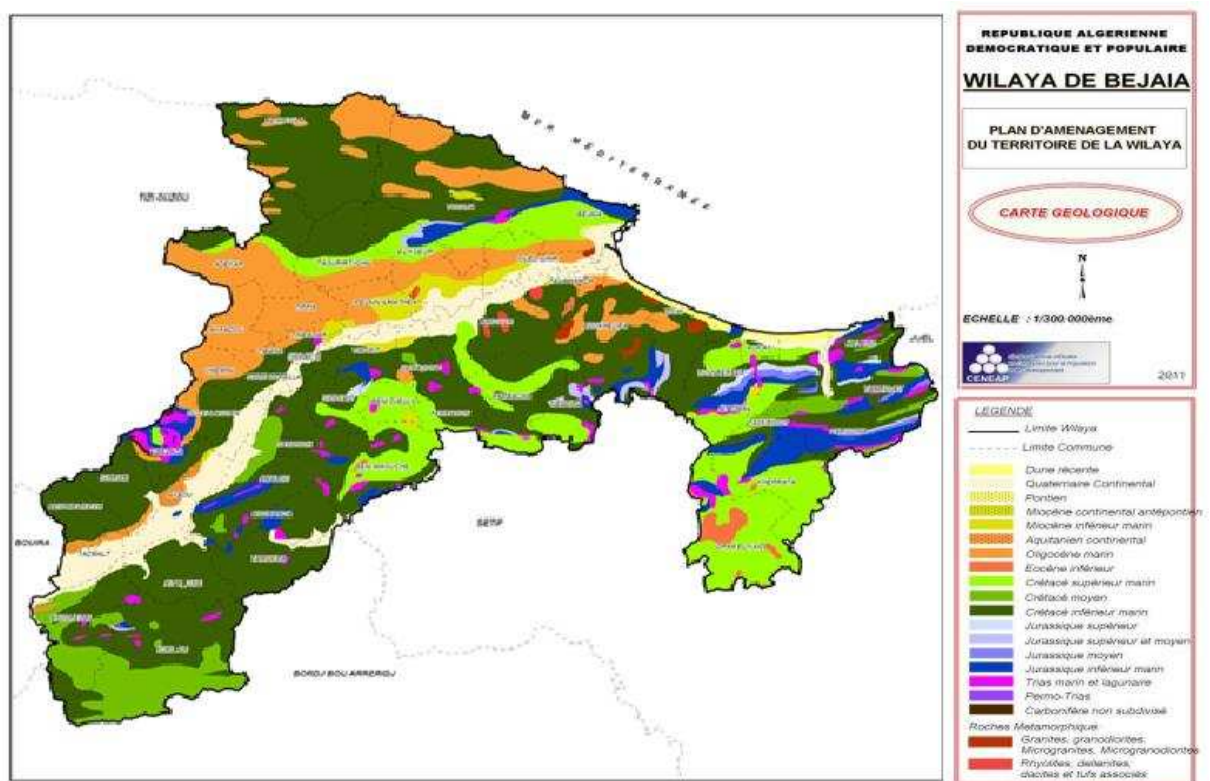
La superficie du bassin versant de l'oued Soummam est d'environ 8800 Km<sup>2</sup> (à l'embouchure). Ce dernier couvre une région essentiellement montagneuse caractérisée par un réseau hydrographique très marqué et bien alimenté ayant provoqué des érosions profondes. Il est caractérisé par son irrégularité et présente des pentes moyennes variables de 1.85%, avec des resserrements jusqu'à 100 m de largeur, en amont de Sidi Aich, et des élargissements jusqu'à 4-5 km, comme dans la région d'El Kseur, ou à la plaine de Béjaïa.

Pour les fiches techniques (voir annexe X).

## 2.4. Géologie :

Selon **Duplan (1960)** et **Hassissene (1989)**, la baie de Bejaïa est caractérisée par les formations géologiques suivantes :

- Quaternaire : alluvions récents et alluvions anciens ;
- Miocène et pliocène : brèche, argile, calcaire et grès ;
- Crétacé supérieur : marno-schisteux ;
- Alb-aptien (flysch typiques) : alternances de grès et quartzites avec schistes verts et noirstrès argileux ;
- Néocomien : Schistes, marnes schisteuses et calcaires ;
- Jurassique supérieur : Calcaire et marno- calcaire ;
- Jurassique inférieur : Marnes, marno-calcaire, et dolomies formant l'anticlinal Gouraya- Aghabalou, calcaire ;
- Trias : argiles versicolores et gypses.



**Fig. II. 10 :** Carte géologique de la wilaya de Béjaïa (MICALAT, 2018).

### 3. Caractéristiques morphologiques et sédimentologiques du littoral de Béjaïa :

#### 3.1. Morphologie :

La baie de Béjaïa s'étend sur 1.669 km<sup>2</sup>, le plateau continental du rivage à 100 mètres de profondeur représente une superficie de 516 km<sup>2</sup>, le bord supérieur du talus continental de 100 à 500 mètres de profondeur s'étend sur 303 km<sup>2</sup> et la partie inférieure du talus continental de 500 à 1.000 mètres de profondeur représente 850 km<sup>2</sup>.

La ligne littorale de notre zone d'étude est d'une longueur périphérique égal à 112.4 km, par contre la ligne droite en parallèle à la côte est longue de 95 km.

Elle est formée de plages de sables fins ou de galets polis, parfois de dunes, mais le plus souvent il est rocheux et élevé, abritant des falaises abruptes, où les routes côtières sont des corniches

Le plateau continental, inexistant au cap Carbon, s'élargit brusquement à partir de la ville de Béjaïa, où la largeur maximale notée est de 12 km (**Leclaire, 1972**).

#### 3.2. Sédimentologie :

D'après **Leclaire (1972)** la baie de Béjaïa a trois faciès principaux :

Les sables et les sablons siliceux (occupent tout le fond de la baie, de la côte jusqu'à 30-40m de profondeur), les vases et les boues, la roche.

Dans le secteur de l'oued Soummam, les fonds de sables et sablons sont beaucoup plus étendus. On distingue donc :

- Les sédiments calcaires : Les sables, graviers et les vases calcaires siliceuses ; on retrouve ces faciès dans les deux extrémités de la baie.
- Les sédiments siliceux : Ce sont les dépôts qui caractérisent la sédimentation dans cette région, car ils représentent le plus important pourcentage du recouvrement sédimentaire et de son rebord.
- Les sédiments argileux : L'unique faciès des sédiments argileux dans cette région sous-marine kabyle est représenté par les boues argilo-siliceuses.

## Conclusion

L'appartenance géographique du site d'étude à la zone littorale de la commune de Bordj El Kiffan et donc de la baie d'Alger lui permet d'avoir les mêmes caractéristiques que celles-ci, en terme de présence de corps sédimentaires d'âge quaternaire avec une lithologie à faciès différents, son régime pluviométrique diffère d'une année à une autre.

A la côte les houles arrivent d'une certaine énergie plus au moins atténuée, d'une direction du Nord-Est qui est la plus fréquente. Les courants ayant une influence sur la zone sont le courant de retour, qui joue un rôle important dans l'érosion côtière, et celui de dérive littorale.

La zone est connue par son anthropisation et les activités qui s'y exercent, jouant ainsi un rôle important dans la dégradation des plages

Le site d'étude est vulnérable face à l'aléa érosion, cela a nécessité sa protection par l'installation de différents types d'ouvrage de protection.

**CHAPITRE III :**  
**ÉVOLUTION DE LA DYNAMIQUE DES**  
**SÉDIMENTS DANS LA PARTIE AÉRIENNE**

## Introduction :

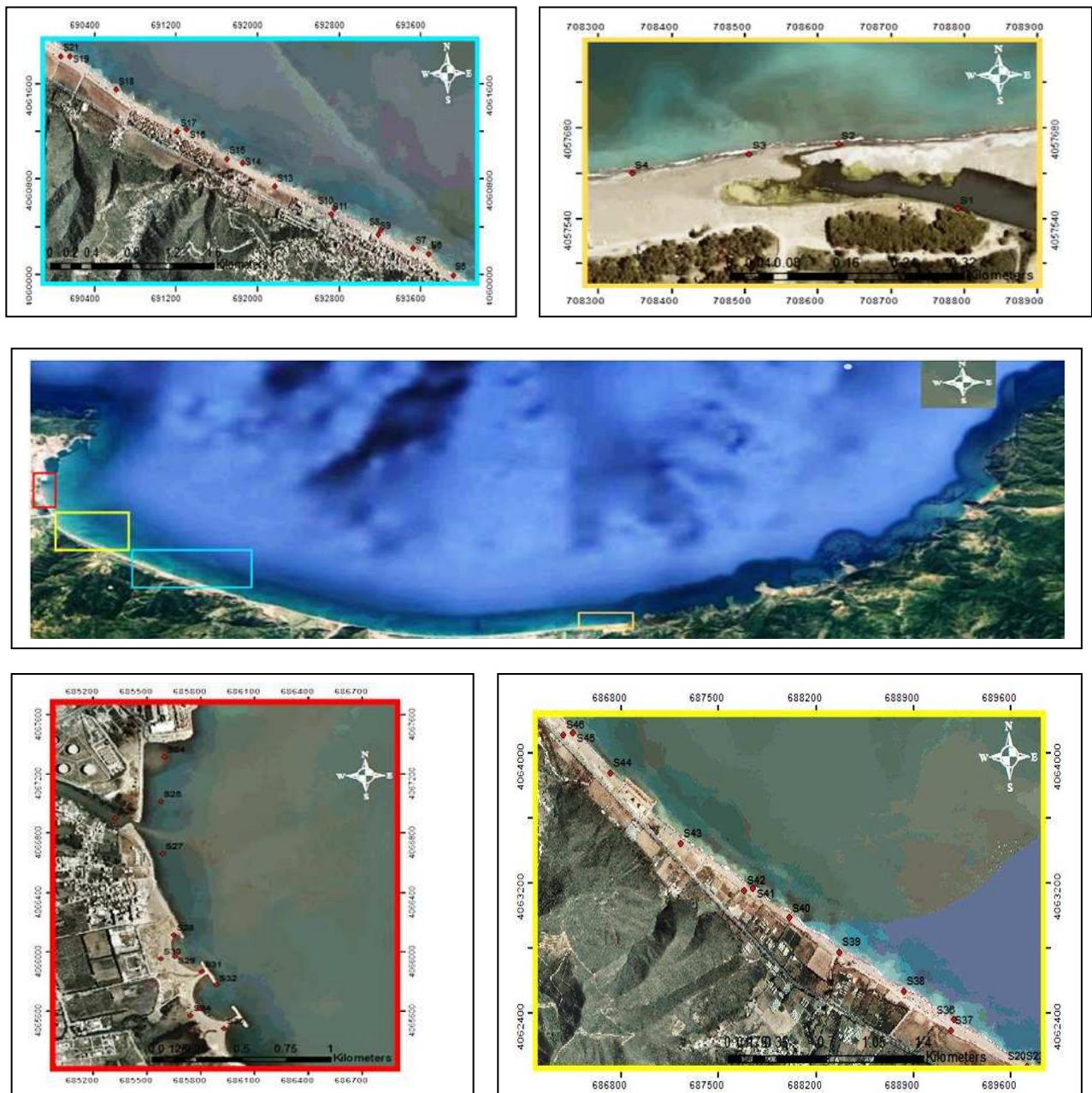
Pour étudier la dynamique sédimentaire au sein de la baie de Béjaïa et pour expliquer son évolution morphologique dans le temps, un traitement des sédiments a été effectué.

Dans ce chapitre nous étudions la granulométrie des grains des sédiments prélevés dans la partie aérienne de notre zone. Par la suite nous comparons les résultats avec une étude qui a été effectuée en 2014 (Aoudj C. Bouaziz T, 2014).

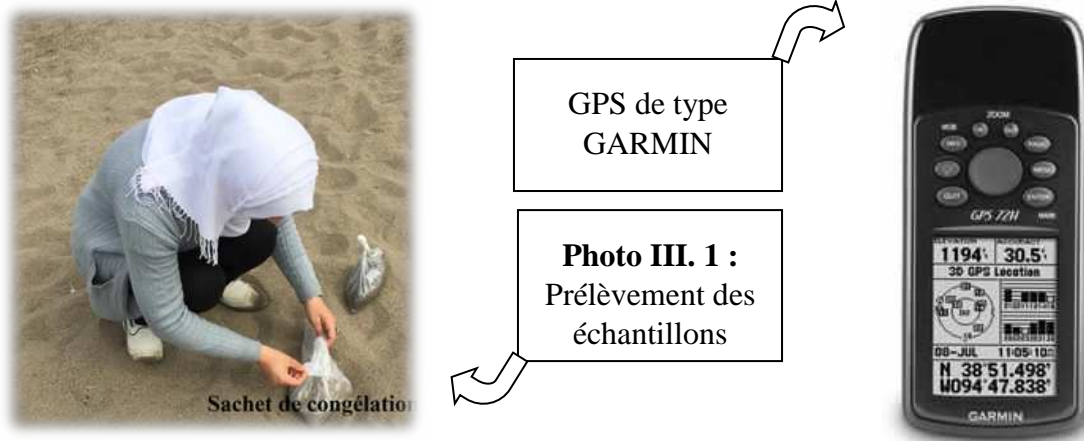
Notre but est de déterminer les dimensions des grains ( $D_{50}$ ), indice de dispersion ( $S_0$ ) et indice d'asymétrie ( $S_K$ ) pour modéliser le transport sédimentaire.

## 1. Outils et procédure :

La première étape était l'échantillonnage ; nous allons utiliser la méthode directe, on prélève 58 échantillons, avec la main pour remplir les sachets de congélation et les étiquettes sont de papier calque.



**Fig. III. 1 :** Positionnement des points de prélèvement dans la partie aérienne dans la baie de Béjaïa



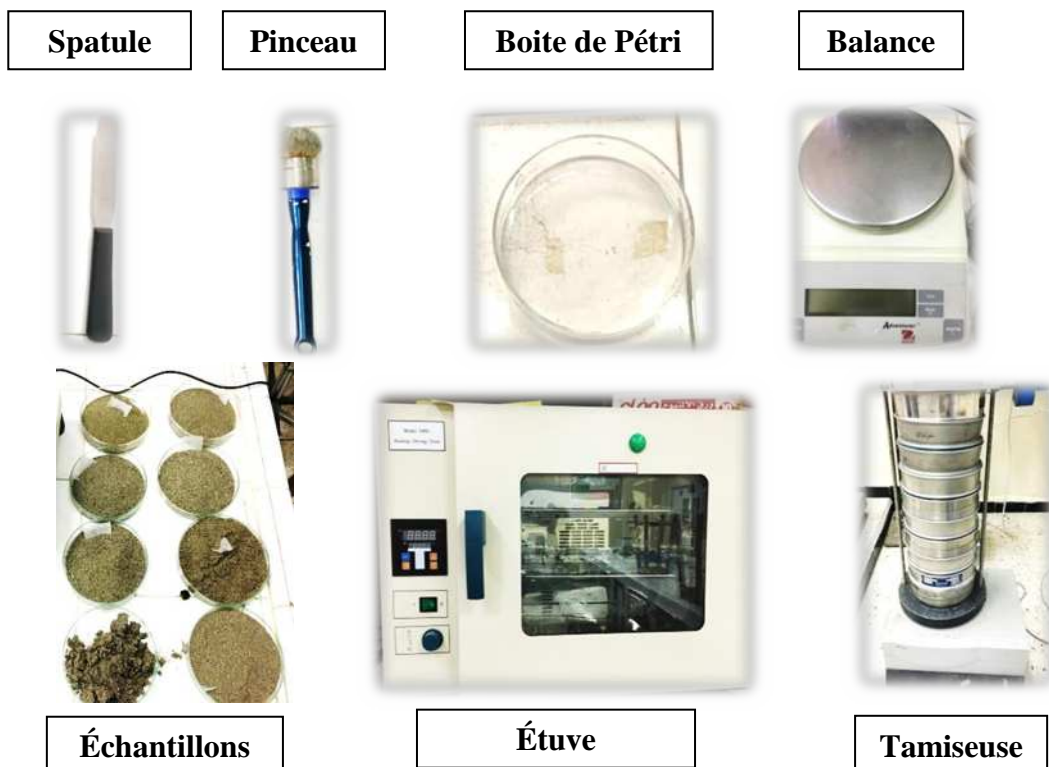
**1.1. Au laboratoire :**

L'analyse granulométrique est l'opération qui consiste à étudier la répartition des différents grains d'un échantillon, en fonction de leurs caractéristiques (poids, taille, ...).

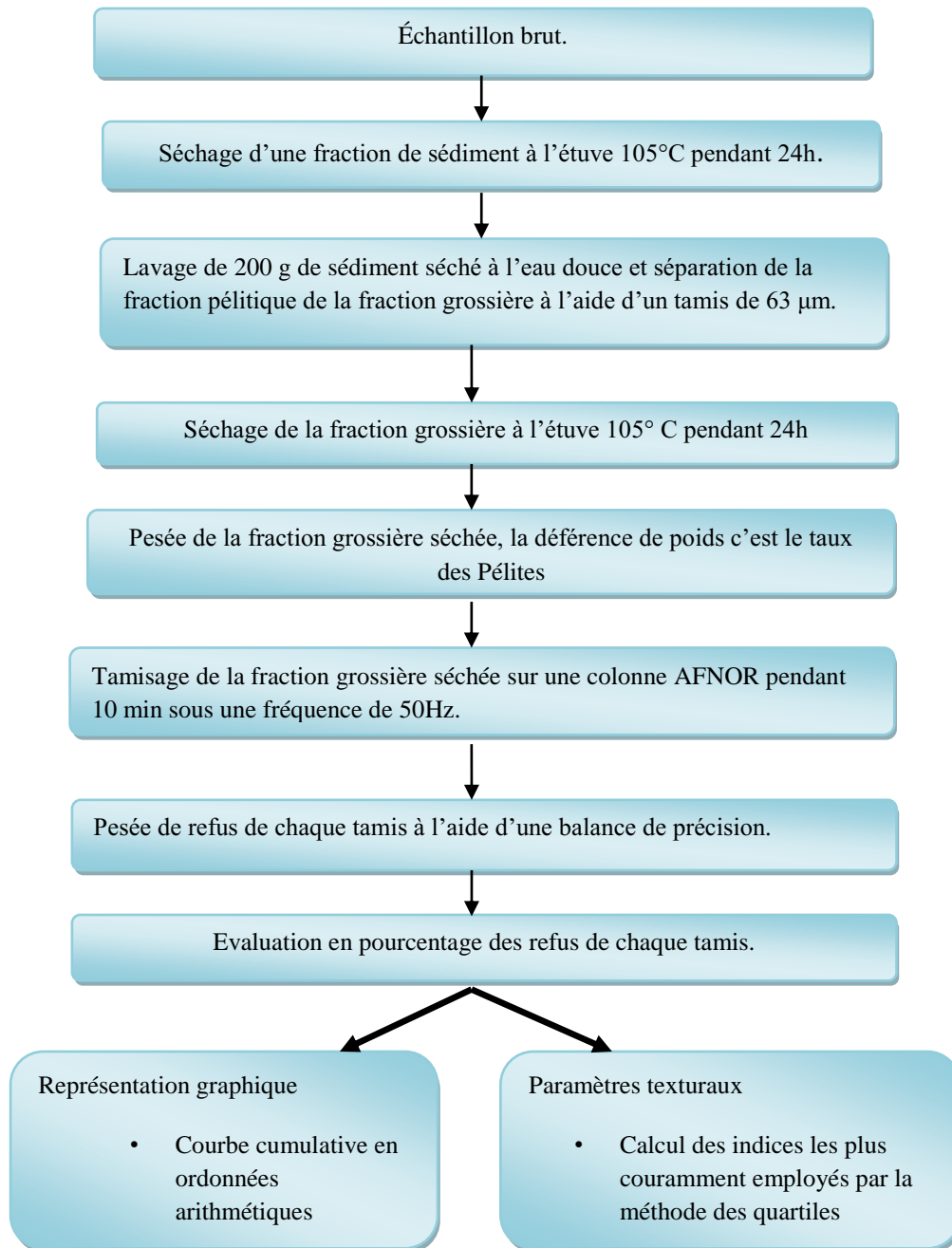
- Tamisat : partie de l'échantillon passé à travers les mailles du tamis ;
- Refus : partie de l'échantillon qui n'est pas passée à travers les mailles du tamis ;
- Refus cumulé : c'est la somme de tous les refus, celui du tamis lui-même plus tous les refus des tamis de maille plus grande. Il peut être exprimé en gramme ou en % de refus cumulés.

L'ensemble des prélèvements sédimentaires a été analysé au laboratoire selon les techniques classiques de tamisage. La granulométrie consiste à évaluer le pourcentage de la masse totale correspondant à chaque dimension de particule.

**1.2. Matériels utilisés :**



## 2. Méthode d'analyse :



**Fig.III. 2 :** Schématisation des phases technique et expérimentale de l'étude granulométrique.

## 3. Les paramètres granulométriques :

C'est la phase d'interprétation des résultats obtenus, cette phase se traduit par une représentation sous forme de courbes cumulatives représentant le pourcentage des refus cumulés en fonction du logarithme des mailles des tamis utilisés. C'est à partir de ces courbes que les paramètres granulométriques sont déduits.

### 3.1. Les paramètres de position :

Les paramètres de position sont déduits à partir de la courbe cumulative en faisant une projection sur l'axe des pourcentages et déterminer le diamètre de tamis qui lui correspond.

Ces paramètres vont servir à calculer les différents indices granulométriques.

#### 3.1.1. Les quartiles :

- Q25 : diamètre du grain à l'ordonnée 25%, c'est le premier quartile.
- Q50 (D50) : diamètre du grain à l'ordonnée 50%, c'est le médian (deuxième quartile).
- Q75 : diamètre du grain à l'ordonnée 75%, c'est le second quartile.

#### 3.1.2. Les quantiles :

- D10 : diamètre du grain à l'ordonnée 10%, premier décile.
- D90 : diamètre du grain à l'ordonnée 90%, second décile.

#### 3.1.3. Le mode granulométrique :

Le mode granulométrique ( $M_o$ ) correspond à la dimension la plus significative de la distribution granulométrique, c'est-à-dire la dimension la plus représentative des grains d'un sédiment.

#### 3.1.4. Les indices granulométriques :

##### a. Les indices de dispersion ou de classement :

Ils donnent une idée sur l'étalement de la courbe au tour de son grain moyen, et nous renseignent sur le degré de classement du sédiment.

- Le Sorting de Trask :  $S_0 = (Q75 / Q25)^{(1/2)}$
- Folk et Ward :  $S_i = [(\phi_{84} - \phi_{16}) / 4] + [(\phi_{95} - \phi_5) / 6,6]$

**Tab.III. 1 :** Les valeurs adoptées de  $S_0$  pour le classement

Les valeurs de $S_0$	Le classement
$S_0 < 1$	Très bien classé
$1 < S_0 < 2.5$	Bien classé
$2.5 < S_0 < 3$	Normalement classé
$3 < S_0 < 4$	Mal classé

##### b. Les coefficients d'asymétrie :

Ils indiquent la prédominance des sédiments fins ou des sédiments grossiers. Ils caractérisent le degré de symétrie de la courbe granulométrique par rapport à la médiane.

- Le Skewness de Trask :  $S_k = (Q25 * Q75) / (D50)^2$

- Folk et Ward :  $S_k = ((\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}) / 2 (\phi_{84} + \phi_{16})) + ((\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}) / 2 (\phi_{95} + \phi_5))$ .

Tab. III. 2 : Les valeurs adoptées de  $S_k$  pour l'asymétrie.

La valeur de $S_k$	L'asymétrie
$S_k < 1$	Classement maximum vers les fins
$S_k = 1$	La symétrie est parfaite
$S_k > 1$	Classement maximum vers les grossiers

On note bien la présence de certains résultats (erronés) issus lors de l'itération des données dans la partie urbanisée occidentale de baie, qu'est dû à la longueur de notre linéaire côtier d'une part et à l'hétérogénéité de largeur des plages.

#### 4. Résultats et discussion :

##### 4.1. Analyse de la fraction fine :

D'après le calcul des teneurs en fraction fine pour l'ensemble des échantillons prélevés ; On a réalisé la carte de répartition des pélites dans la partie aérienne du littoral de Béjaïa à l'aide du logiciel Arc Gis.

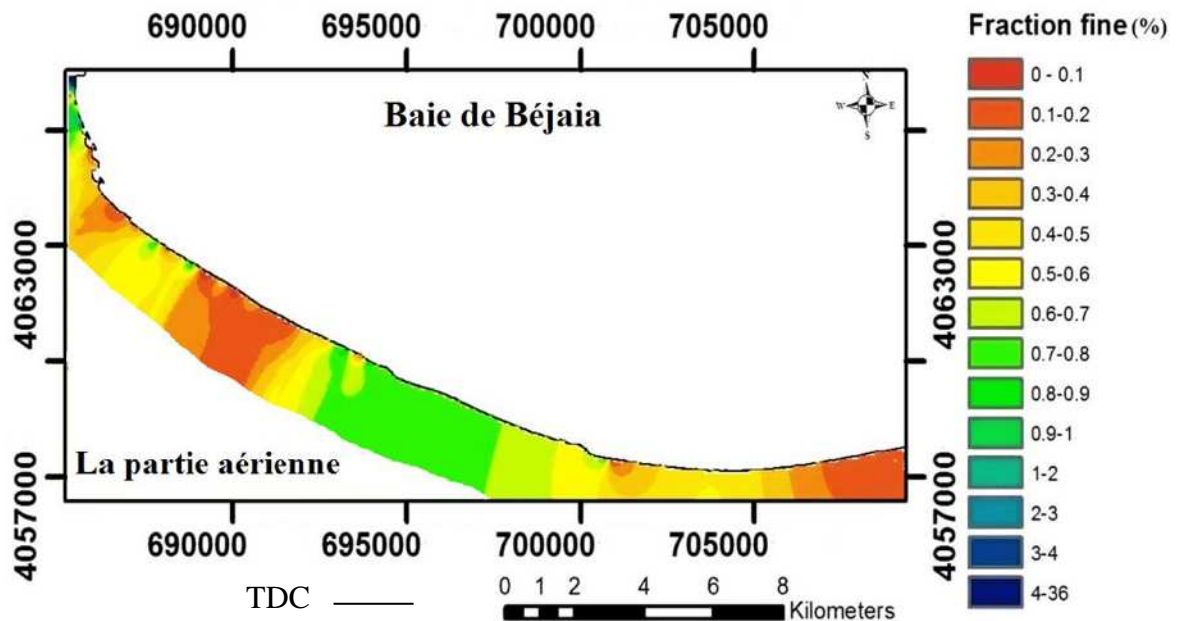


Fig. III. 3 : Répartition des pélites (%) dans la partie aérienne de la Baie de Béjaïa.

La carte de répartition des Pélites montre une augmentation de la fraction fine dans les plages d'Aokas ; ces teneurs diminuent en avançant vers les plages de l'Ouest (Boukhelifa et Tichy) ou vers l'est (Souk El Tenine et Melbou).

Les teneurs les plus élevées sont enregistrées dans les plages d'Aokas sont comprises entre (0.7 et 0.8 %) ; par contre les plages de Melbou et Tichy marquent des faibles teneurs comprises entre (0 et 0.1%).

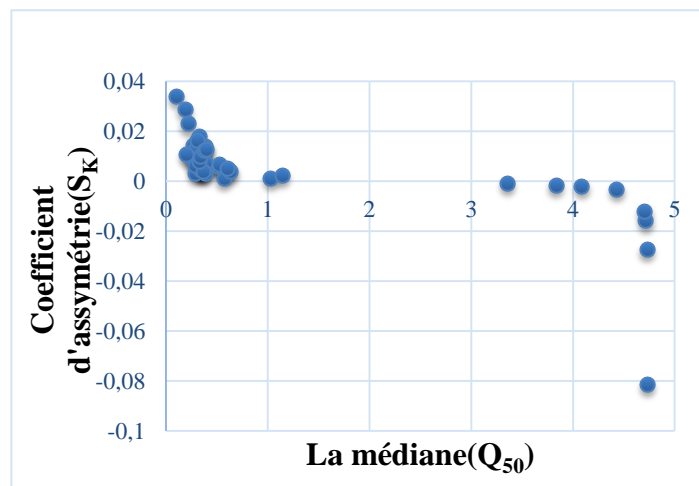
**4.2. Analyse de la fraction grossière :**

**4.2.1. Les courbes granulométriques : (voir annexe II)**

<b>a. Courbe uni modale :</b>	<b>b. Courbe bimodale :</b>	<b>c. Courbe plurimodale :</b>
C'est une courbe représentée par un seul mode granulométrique. Indique la présence d'un seul stock sédimentaire.	C'est une courbe représentée par deux modes granulométrique. Indique la présence de deux stocks sédimentaires.	C'est une courbe représentée par plusieurs modes granulométriques. Indique la présence de plusieurs stocks sédimentaires.

**4.2.2. Les indices granulométriques :**

D'après les valeurs de l' indice de classement ( $S_0$ ) et le coefficient d'assymetrie ( $S_K$ ) obtenues par un traitemnt sur Excel (Gradistat), pour tout les échantillons prélevés dans la partie aérienne de la Baie de Béjaïa ; la répartition est la suivante (fig et ) :



**Fig. III. 4:** Relation entre Le coefficient d'asymétrie et la médiane.

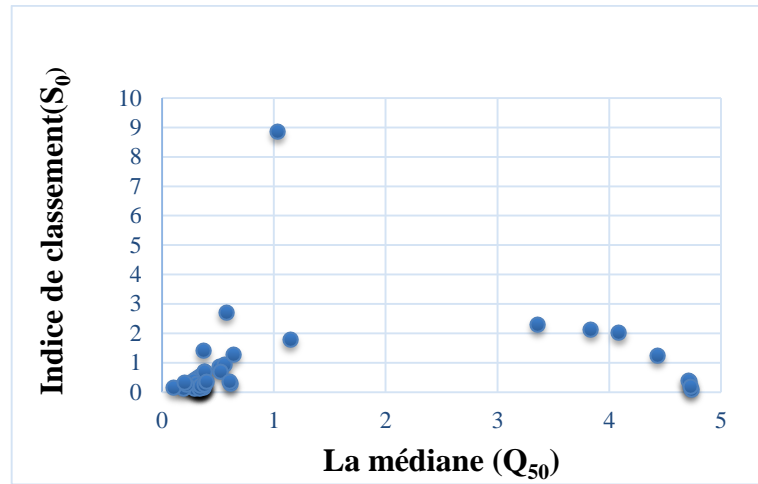


Fig. III. 5 : Relation entre l'indice de classement et la médiane.

Les valeurs de l'indice de classement ( $S_0$ ) sont inférieures à trois ( $< 3$ ) et les valeurs du coefficient d'asymétrie sont inférieures à un ( $< 1$ ), donc les sédiments de notre zone d'étude sont normalement classés ( $S_0 < 3$ ) et ont un classement maximum vers les fins ( $S_K < 1$ ).

4.2.3. Les quantiles :

4.2.3.1. Le décile inférieur ( $D_{10}$ ) :

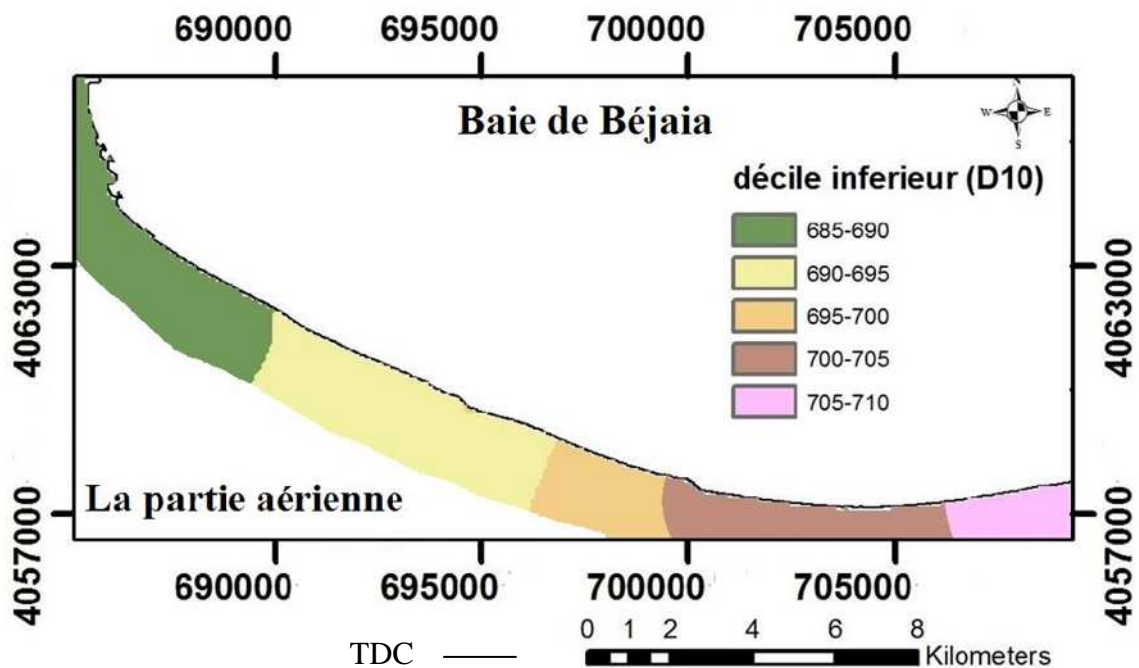


Fig. III. 6 : Répartition du décile inférieur ( $\mu\text{m}$ ) dans la partie aérienne de la Baie de Béjaïa .

La répartition du décile inférieur dans la zone d'étude montre une augmentation on avançant vers l'Est.

Les valeurs maximales du  $D_{10}$  sont enregistrées dans la commune de Melbou, comprises entre 705 et 710  $\mu\text{m}$ , et les valeurs minimales sont comprises entre 685 et 690  $\mu\text{m}$  et sont localisées dans la commune de Boukhelifa et Tichy.

#### 4.2.3.2. Le décile supérieur ( $D_{90}$ ) :

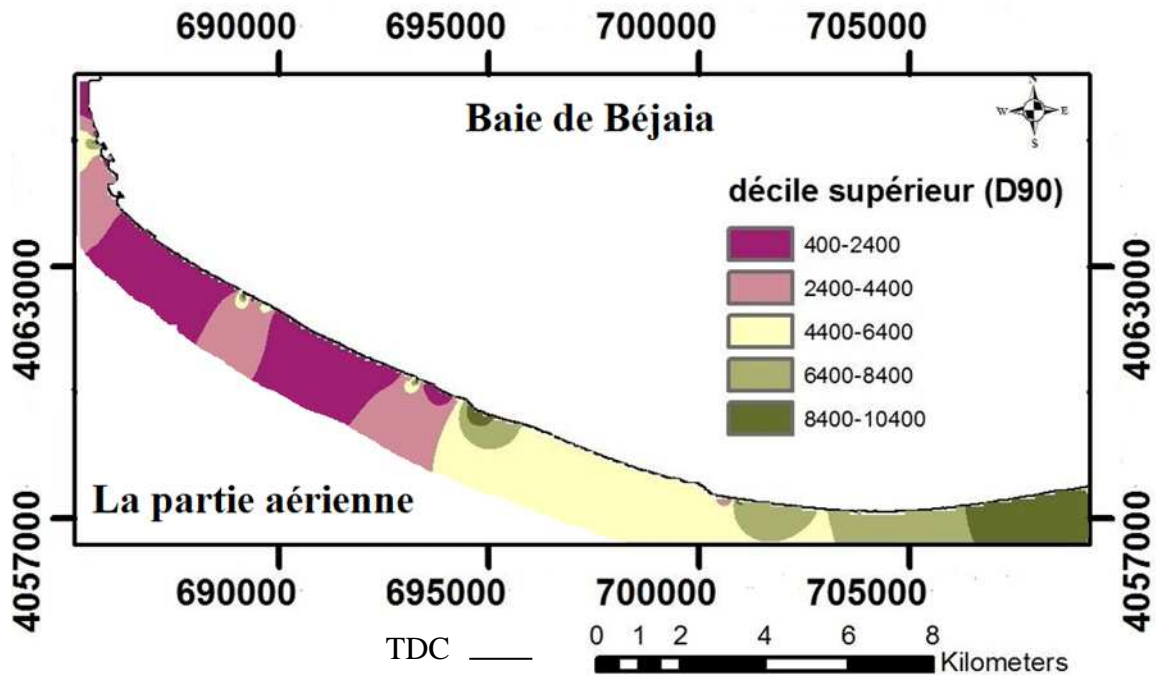


Fig. III. 7 : Répartition du décile supérieur ( $\mu\text{m}$ ) dans la partie aérienne de la Baie de Béjaïa

La carte de la répartition du décile supérieur montre une augmentation des diamètres de  $D_{90}$  en avançant vers l'Est, les valeurs maximales des diamètres de  $D_{90}$  sont marquées dans la commune de Melbou (comprises entre 8400 et 10400  $\mu\text{m}$ ), et les valeurs minimales (comprises entre 400 et 2400  $\mu\text{m}$ ) sont marquées dans les plages de Tichy et Boukhelifa.

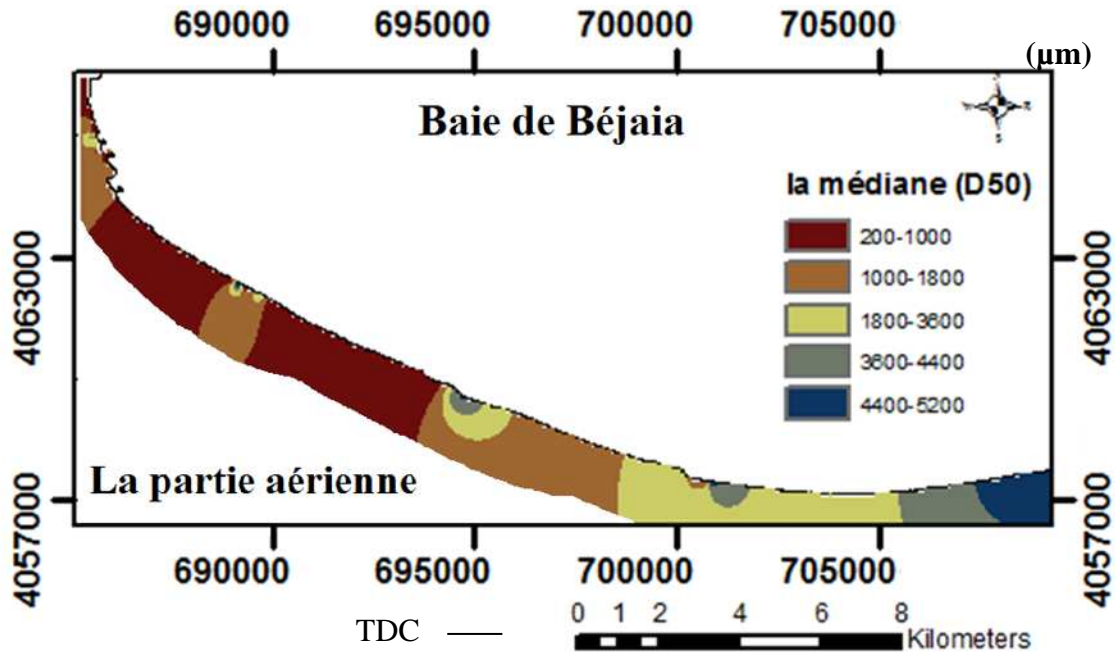
4.2.3.3. La médiane ( $Q_{50}$ ) :

Fig. III. 8 : Répartition de la médiane dans la partie aérienne de la Baie de Béjaïa.

D'après la carte de répartition de la médiane le long de la zone d'étude, les valeurs maximales de diamètre médian des grains sont comprises entre 4400 et 5200  $\mu\text{m}$ , et observées dans les plages de la commune de Melbou, les valeurs minimales sont observées dans les plages de Tichy et Boukhelifa sont comprises entre 200 et 100  $\mu\text{m}$ .

## 4.3. Analyse calcimétrique :

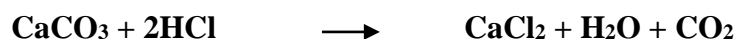
La calcimétrie est la mesure du pourcentage de  $\text{CaCO}_3$  dans une roche, un sédiment, un sol...

Le principe consiste en une attaque des sédiments par de l'acide chlorhydrique (HCl) ; La mesure du  $\text{CO}_2$  produit par action de ce dernier sur une masse de sédiment connue, permettra la détermination de la masse du calcaire ayant réagi, donc la teneur en calcaire de l'échantillon analysé.

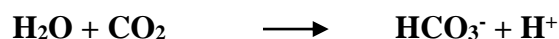
Cette mesure a pour objectif de déterminer le pourcentage de  $\text{CaCO}_3$  dans les échantillons étudiés, se fait en comparaison avec un échantillon témoin de carbonate pur (100 %  $\text{CaCO}_3$ ).

Le taux de ( $\text{CaCO}_3$ ) a été déterminé en utilisant le calcimètre de Bernard.

L'attaque de l'échantillon par l'acide chlorhydrique (HCl) suit cette réaction:



On utilise l'eau saturée en NaCl pour éviter la perte de  $\text{CO}_2$  à partir de leur réaction avec  $\text{H}_2\text{O}$  selon la réaction suivante :



Le calcul du pourcentage de  $\text{CaCO}_3$  se fait en se référant à un essai témoin avec une masse ( $m_t = 0,25\text{g}$ ) de  $\text{CaCO}_3$  pur, qui dégage un volume de  $\text{CO}_2$  après réaction avec  $\text{HCl}$  en excès.

- Pour l'échantillon témoin (carbonate pur) :  $V_{\text{témoin}} = V - V_0$ .
- Pour les échantillons :  $V_{\text{ech.}} = V_2 - V_1$ .

La teneur en  $\text{CaCO}_3$  est calculée en pourcentage (%) par la formule :  $P = V_{\text{ech}} \cdot 100 / V_{\text{témoin}}$

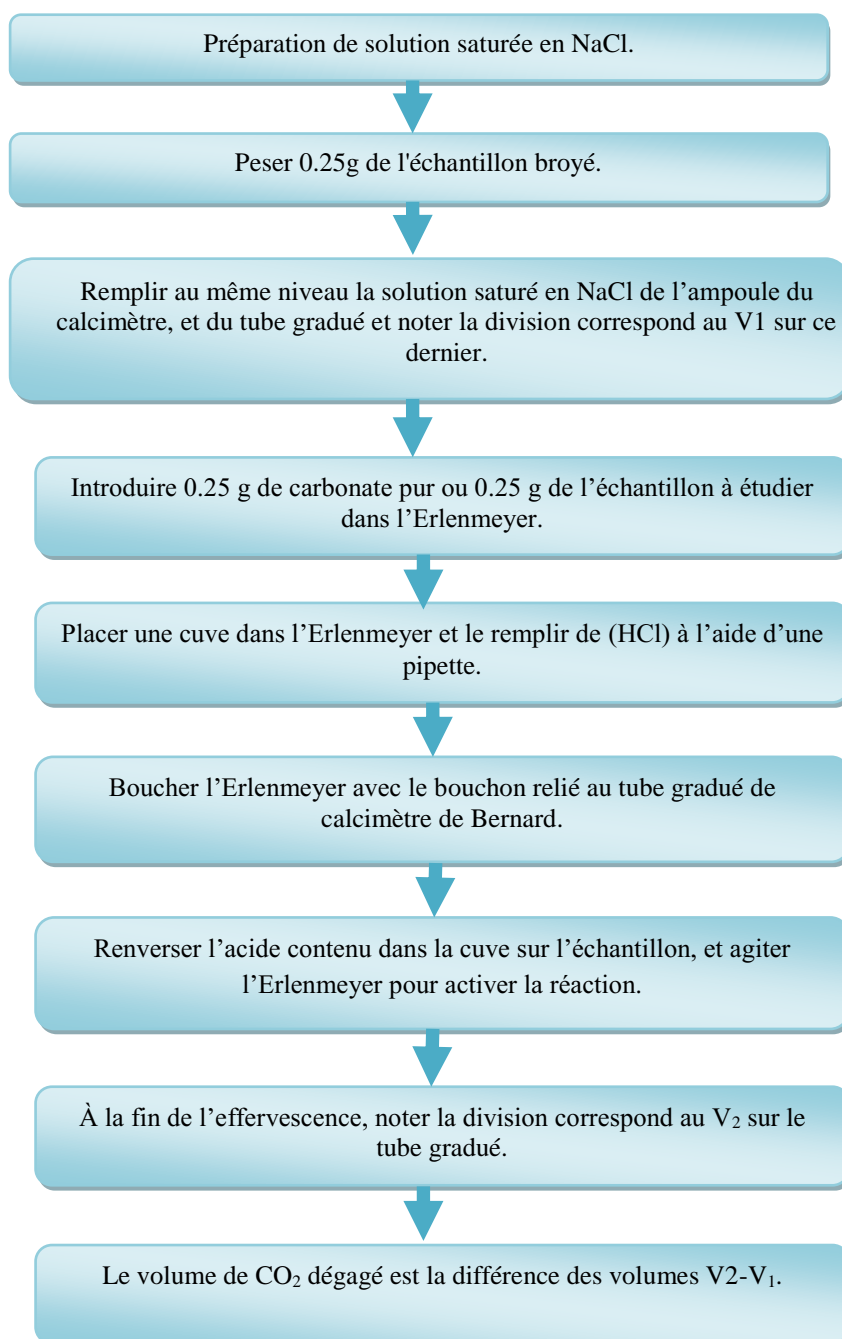
Avec : -  $V$  est le volume de la solution saturée en  $\text{NaCl}$  (l'essai témoin) ;

-  $V_0$  est le volume affiché sur le tube gradué après l'attaque par  $\text{HCl}$  (l'essai témoin);

-  $V_1$  est le volume de la solution saturée en  $\text{NaCl}$  pour les échantillons ;

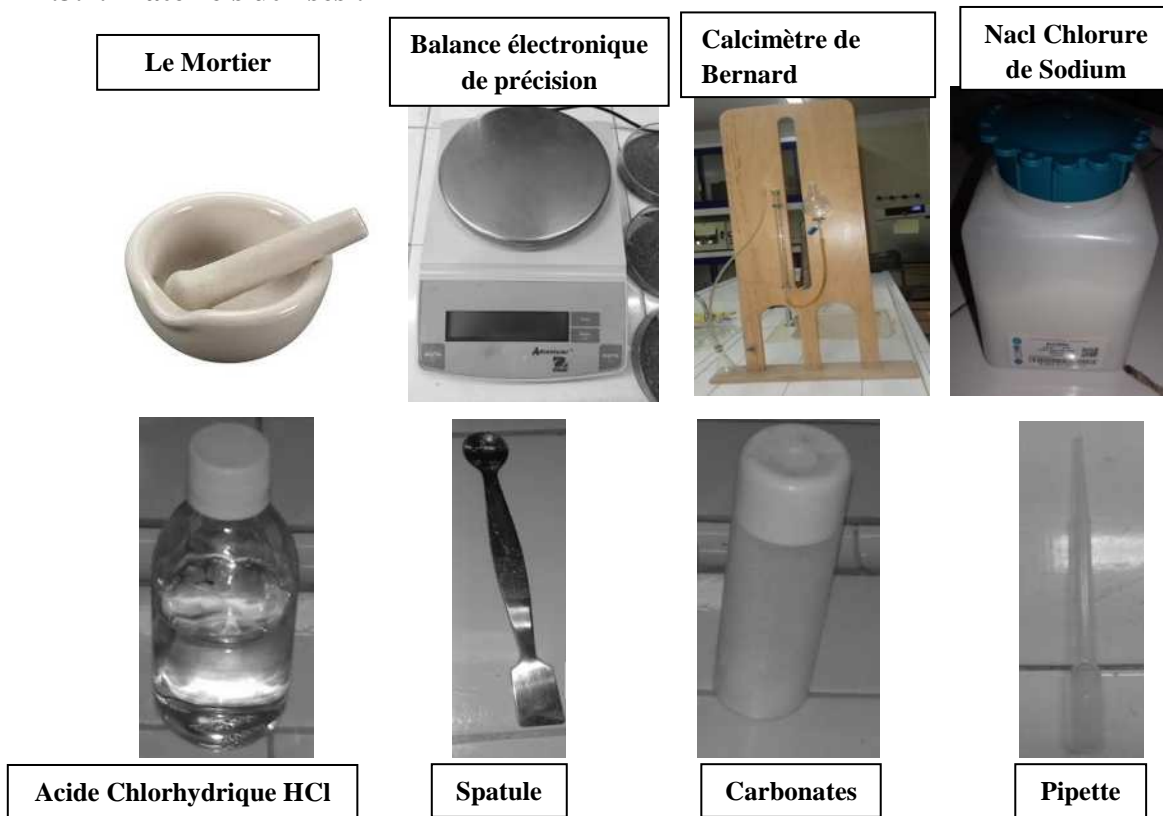
-  $V_2$  est le volume affiché sur le tube gradué après l'attaque par  $\text{HCl}$  pour les échantillons.

#### 4.3.1. Mode opératoire :



**Fig. III. 9:** Schématisation des étapes de l'analyse calcimétrique.

4.3.2. Matériels utilisés :



4.3.2. Réalisation de la carte calcimétrique :

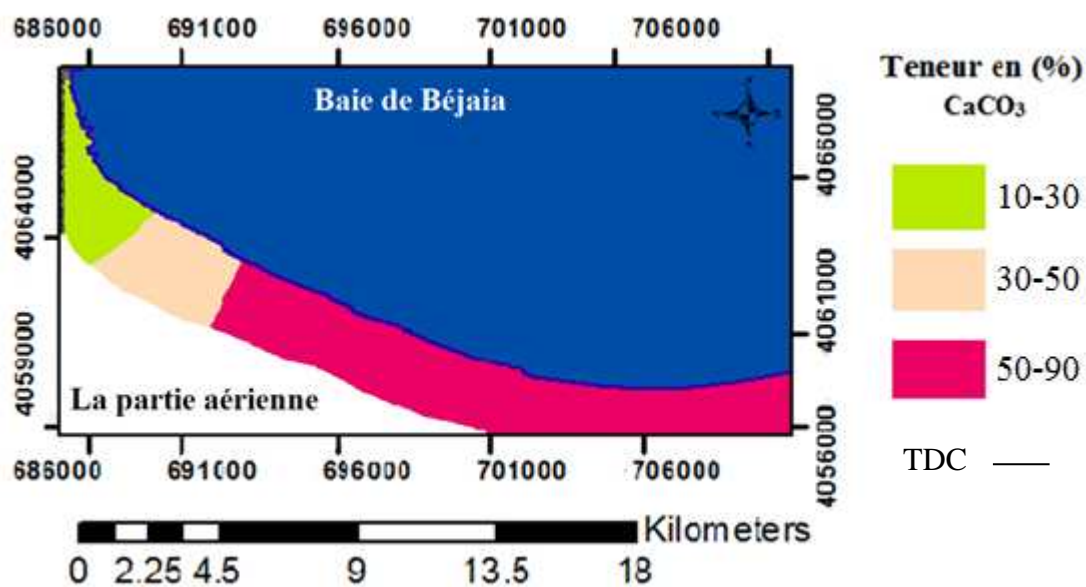


Fig. III. 10 : Répartition des taux de  $\text{CaCO}_3$ (%) dans les sédiments de la partie aérienne.

D'après la carte de répartition des taux de  $\text{CaCO}_3$ (%) dans les sédiments de la partie aérienne, Les teneurs en  $\text{CaCO}_3$  sont en augmentations on avançant vers l'Est, au niveau de Béjaïa et Boukhelifa sont compris entre 30 et 70 % et ça indique que la nature des sédiments

est marneuse, au niveau de Tichy sont comprises entre 70 et 90%, les sédiments ont une nature calcaire. Pour Aokas Souk El Tenine et Melbou les teneurs en  $\text{CaCO}_3$  sont comprises entre 90 et 100% et ça montre la nature calcaire des sédiments dans cette zone.

## 5. Évolution de la dynamique des sédiments dans la partie aérienne :

D'après les analyses granulométriques effectuées sur des sédiments de la partie aérienne de notre zone d'étude et dans le but d'évaluer la dynamique de ces sédiments, on compare notre étude courante (de **2018**) avec une autre étude effectuée par **Aoudj C. et Bouaziz T.** en 2014 pour pouvoir estimer les changements et les variations de la dynamique sédimentaire dans une période de (04) quatre ans.

**Tab. III. 3 :** La comparaison entre les résultats de 2014 et 2018

	$S_0$	$S_K$
<b>2014</b>	$1 < S_0 < 2,5$	$S_K > 1$ $S_K = 1$
<b>2018</b>	$S_0 < 3$	$S_K < 1$

En 2014, l'indice de classement ( $S_0$ ) est compris entre 1 et 2,5 ( $1 < S_0 < 2.5$ ) et cela indique que les sédiments sont bien classés, par contre en 2018, nous avons ( $S_0 < 3$ ) et les sédiments sont normalement classés.

Pour le coefficient d'asymétrie, il est supérieur à 1 en 2014 (les sédiments ont un classement maximum vers les grossiers), par contre en 2018, sont inférieurs à 1 (les sédiments ont un classement maximum vers les fins).

Ces variations sont probablement liées au transport éolien ou au forçage des vagues, ce qui a provoqué un remaniement de sédiments d'où la disparition de certains sédiments des plages.

### Conclusion :

D'après l'analyse granulométrique de la partie aérienne du littoral de Béjaïa, les teneurs en fraction fine sont fortes au niveau d'Aokas et faible au niveau les plages de Tichy et Melbou.

Pour la fraction grossière, l'analyse des indices granulométriques et les quantiles montrent une variation des sédiments vers les fines.

**CHAPITRE IV :**  
**MORPHODYNAMIQUE CÔTIÈRE**  
**DE LA BAIE DE BÉJAÏA**

## Introduction :

Dans ce chapitre notre objectif principal est le suivi de l'évolution du trait de côte au niveau de la baie de Bejaïa sur une période de vingt-huit ans (29ans), à partir des photos aériennes ; en utilisant une méthode cartographique (SIG) à l'aide de logiciels permettant la photo-interprétation.

L'utilisation des SIG, déjà largement développée au sein des unités de recherche, devient de plus en plus courante dans une très grande variété d'applications (agriculture, écologie, environnement, aménagement...) notamment grâce à l'accessibilité de plus en plus importante des données géographiques et des logiciels (facilité d'accès aux données et coût d'utilisation des logiciels).

Des nombreuses définitions d'un SIG existent, parmi elles, on peut se référer aux suivantes :

- Un système d'information géographique (SIG) est un système informatisé de gestion de bases de données qui assure la collecte, le stockage, l'extraction, la manipulation, l'analyse et l'affichage de données à référence spatiale ; (**Seddiki M., 2008**).
- Un SIG permet de communiquer et de traiter de l'information géographique, c'est-à-dire, une information qui décrit le monde terrestre ; (**Denègre, Salgé, 2004**).

## 1. L'évolution du trait de côte :

L'évolution du trait de côte est un phénomène naturel complexe engendré par la conjonction d'un certain nombre de processus dynamiques (marins, continentaux et biologiques) et dépendant des caractéristiques géomorphologiques des systèmes littoraux (les plages sont plus sensibles à l'érosion, la vitesse de recul des falaises dépend de la nature du substrat et les rivages limono-vaseux sont plutôt en accrétion). Mais ces phénomènes naturels sont exacerbés par des actions anthropiques qui perturbent l'équilibre dynamique des milieux littoraux (**Daniel & Hubaud, 1996**).

L'étude de la dynamique côtière est indispensable à la gestion de la frange littorale (**Grenier et Dubois, 1990**). En effet, les mesures et les analyses des changements observés sur la côte permettent une évaluation précise et globale de la morphodynamique littorale ; ainsi que de déterminer les raisons pour lesquelles la position du trait de côte se modifie.

Dans notre étude, la procédure utilisée est l'analyse diachronique, basée sur la comparaison de photographies aériennes, permet d'apprécier la dynamique du trait de côte au cours d'une période donnée.

D'après **Suanez, Simon 1997** et **Durand 2000**, l'utilisation de la photographie aérienne est bien adaptée à l'analyse de la cinématique côtière des littoraux meubles à l'échelle de plusieurs décennies car elle offre la plus grande précision.

- **L'indicateur du trait de côte :**

L'analyse de la cinématique littorale requiert avant tout le choix d'un indicateur du trait de côte (la ligne de référence), la mise au point d'une méthode d'extraction et de suivi adaptée au marqueur utilisé selon le type de côte, le matériel et les données disponibles.

La ligne de référence d'après (Dolan et al. 1992), c'est la ligne de contact entre le haut de la plage et l'arrière plage qui représente la limite des surfaces mouillées.

## 2. Outils et procédure d'étude de l'évolution du trait de côte :

### 2.1. Récolte des données :

L'analyse diachronique de l'évolution littorale de la baie de Béjaïa a été déterminée grâce à la comparaison des photographies aériennes orthorectifiées et géoréférencées collectées de l'INCT à partir de 1989 jusqu'à 2017.

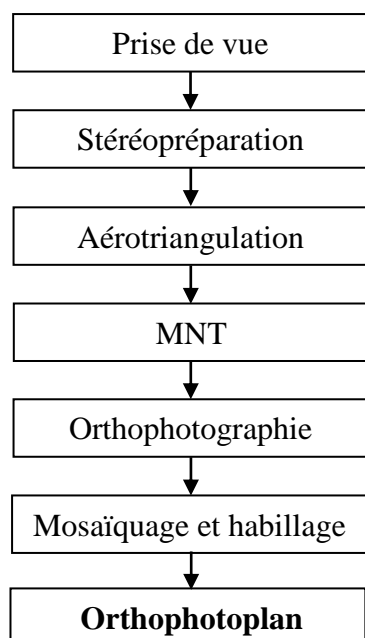
- **L'orthophotoplan :**

Les orthophotoplans sont des photographies aériennes traitées pour éliminer les déformations dues aux reliefs et à la perspective. On obtient alors des photos avec des qualités métriques (c'est à dire des photos sur lesquelles on peut faire des mesures) autrement dit : qui sont parfaitement superposables à une carte. Pour effectuer ce redressement, on utilise un MNA (Modèle Numérique d'Altitude) ou un MNT (Modèle Numérique de Terrain) obtenu à l'aide de courbes de niveau ou de points d'altitude.

- **Photo aérienne :**

Une photo est une projection conique sur un plan 2D d'objets 3D. Tous les rayons passent par le point focal de l'objectif de l'appareil photo (point x sur l'image ci-dessous). Cette projection déforme les objets observés, déformation liée au relief, à l'angle de prise de vue, l'altitude et l'attitude du dispositif de prise de vue.

Les différentes étapes pour la réalisation d'orthophotoplan peuvent se résumer dans l'organigramme suivant :



**Fig. IV. 1:** Orthophotoplan aéroport de Béjaïa (INCT, 2017)

## 2.2. Les logiciels utilisés : (voir annexe VI)

### 2.3. Procédure :

Dans cette étude, nous avons utilisé des photographies aériennes orthorectifiées et géoréférencées collectées à partir de 1989 jusqu'à 2017. Ces photographies aériennes sont au nombre de quatre (04) datant respectivement de 1989, 2007, 2014 et 2017 avec une résolution de 50 Cm.

#### 2.3.1. Digitalisation des linéaires côtiers :

À l'aide du logiciel ArcGIS, le trait de côte a été digitalisé manuellement avec précision, pour chaque année sur les photographies aériennes, en utilisant la catégorie Editeur sur l'ArcGIS.

Toutes les données créées sont stockées dans une géodatabase qui permet de regrouper toutes les classes d'entités (traits de côte) étant établies et qui ont le même type de géométrie (une ligne) et le même système de coordonnées projetées (WGS84\_UTM Zone 31N).

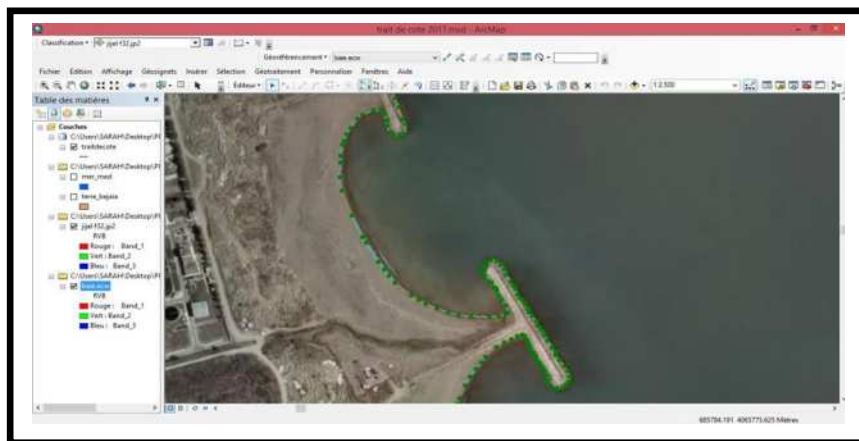


Fig. IV. 2: Digitalisation du trait de côte par ArcGIS.

#### 2.3.2. Génération des transects :

La génération des transects perpendiculaires sur la ligne de base a été réalisée à l'aide de l'extension Digital Shoreline Analysis System (DSAS).

L'utilisation du DSAS nécessite au préalable la préparation des traits de côte au format vecteur au sein d'une géodatabase dans ArcCatalog sur le logiciel ArcGIS et la numérisation d'une ligne de base imaginaire à partir de laquelle DSAS crée des transects qui viendront couper les différents traits de côtes.

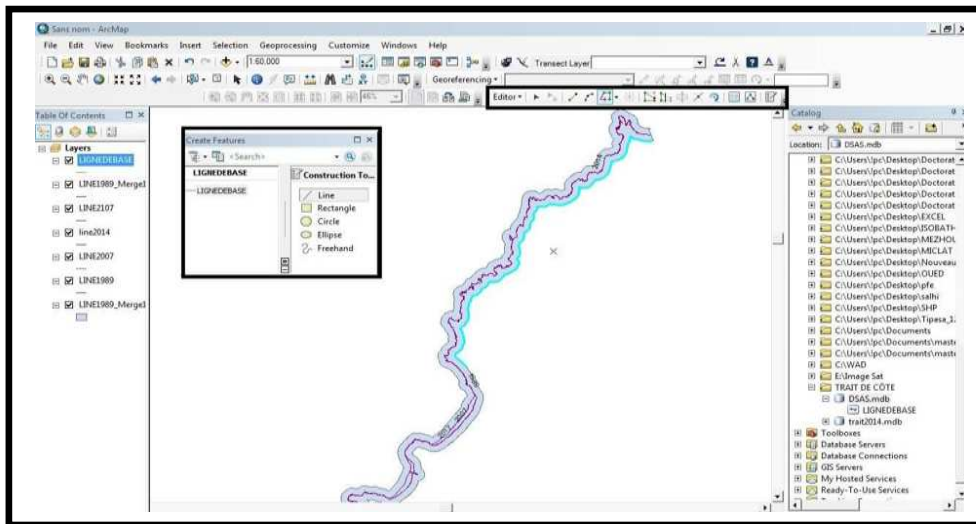


Fig. IV. 3: Digitalisation de la ligne de base par Arc Gis

L'emploi de cette extension nécessite aussi de définir une longueur 500 m pour les transects ainsi qu'un pas de mesure 30 m et de disposer de traits de côte projetés dans le même système de coordonnées. Ces transects ont été numérisés et numérotés de l'Est à l'Ouest.

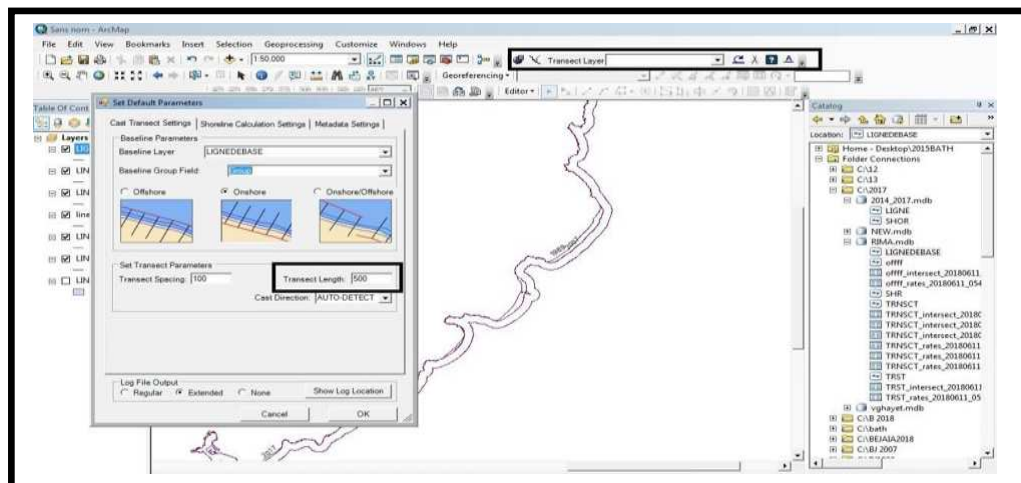


Fig. IV. 4: Définition de la longueur des transects

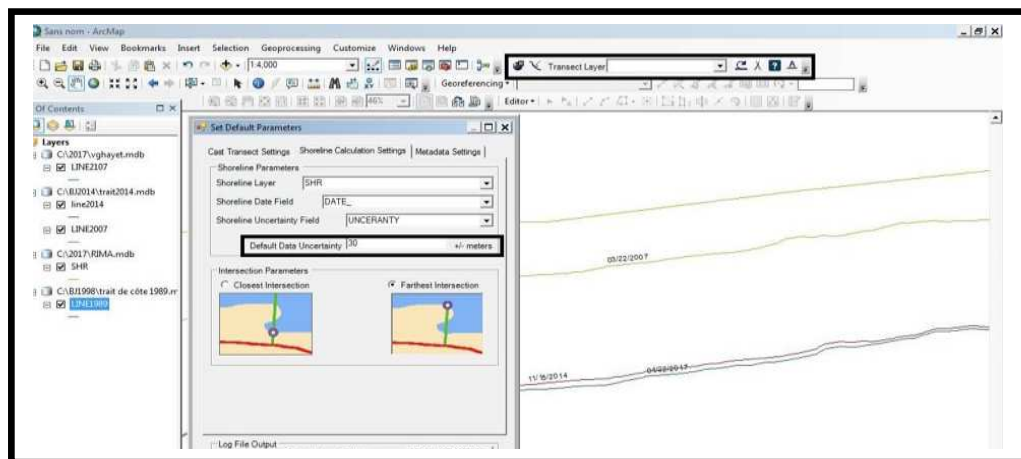


Fig. IV. 5: Définition des pas de mesure des transects.

Après avoir défini tous les paramètres nécessaires et les saisir correctement sur DSAS, ce dernier génère automatiquement, selon le pas de mesure défini, des transects perpendiculaires aux linéaires côtiers et mesure les écarts entre les traits de côte et calcule les taux moyens de déplacement le long de chaque transects.

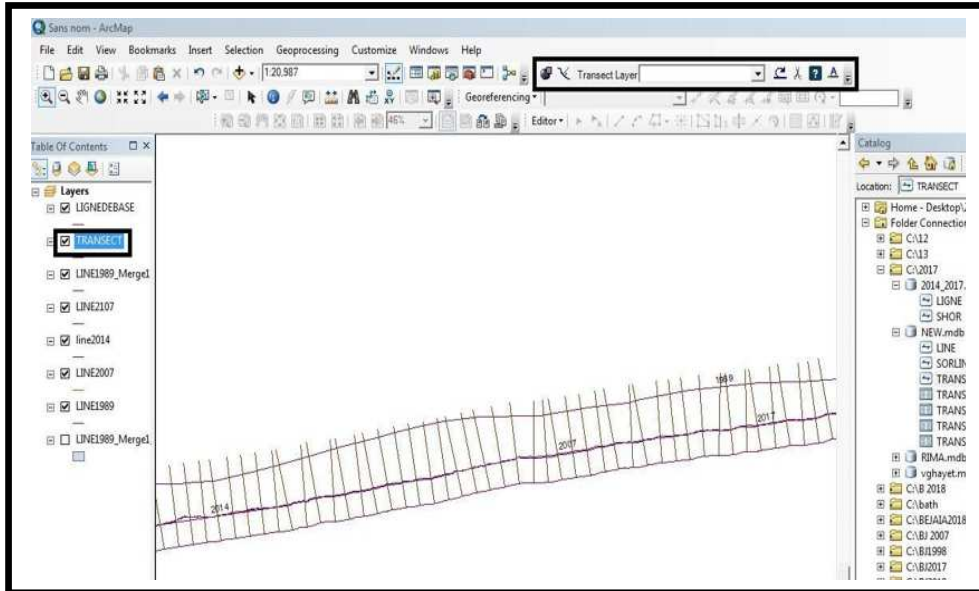


Fig. IV. 6: Génération des transects par l’extension DSAS

Cette extension, a permis le calcul statistique des vitesses d’érosion (EPR) à partir des différents traits de côte extraits des images utilisées.

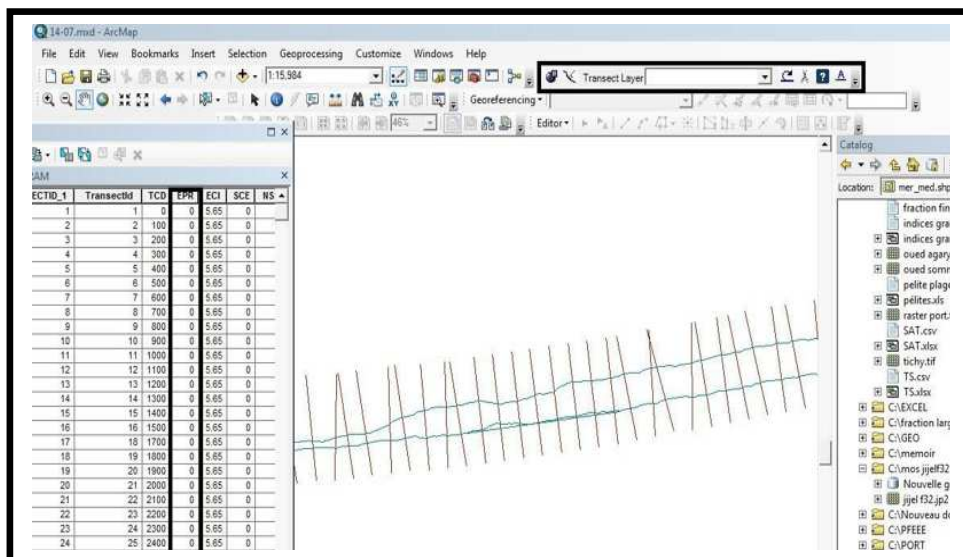


Fig. IV. 7: Calcul statistique des vitesses d’érosion (EPR)

L’End Point Rate (EPR) est le rapport de la distance entre le trait de côte le plus ancien et le plus récent sur le temps (nombre d’années) écoulé entre les deux dates. Exprimé en mètres/an, C’est cet attribut que l’on retrouve dans le modèle cartographique, sous le libellé « vitesse de l’évolution » l’EPR convient bien lorsque l’on ne dispose que de deux traits de côte pour évaluer la cinématique littorale (Thieler et al. 2005).

L'extension DSAS a pour avantage de donner une évolution graphique et statistique du trait de côte. Il fournit une méthode normalisée qu'on peut répéter pour le calcul de l'évolution statistique tout en analysant le changement passé, présent et futur du littoral.

### **3. Résultats et discussion :**

La précision des lignes extraites par ces méthodes dépend en grande partie de la qualité des documents de base, du matériel utilisé, des conditions de travail, de l'appréciation et de l'expérience du photo-interprète (**MOORE, 2000**).

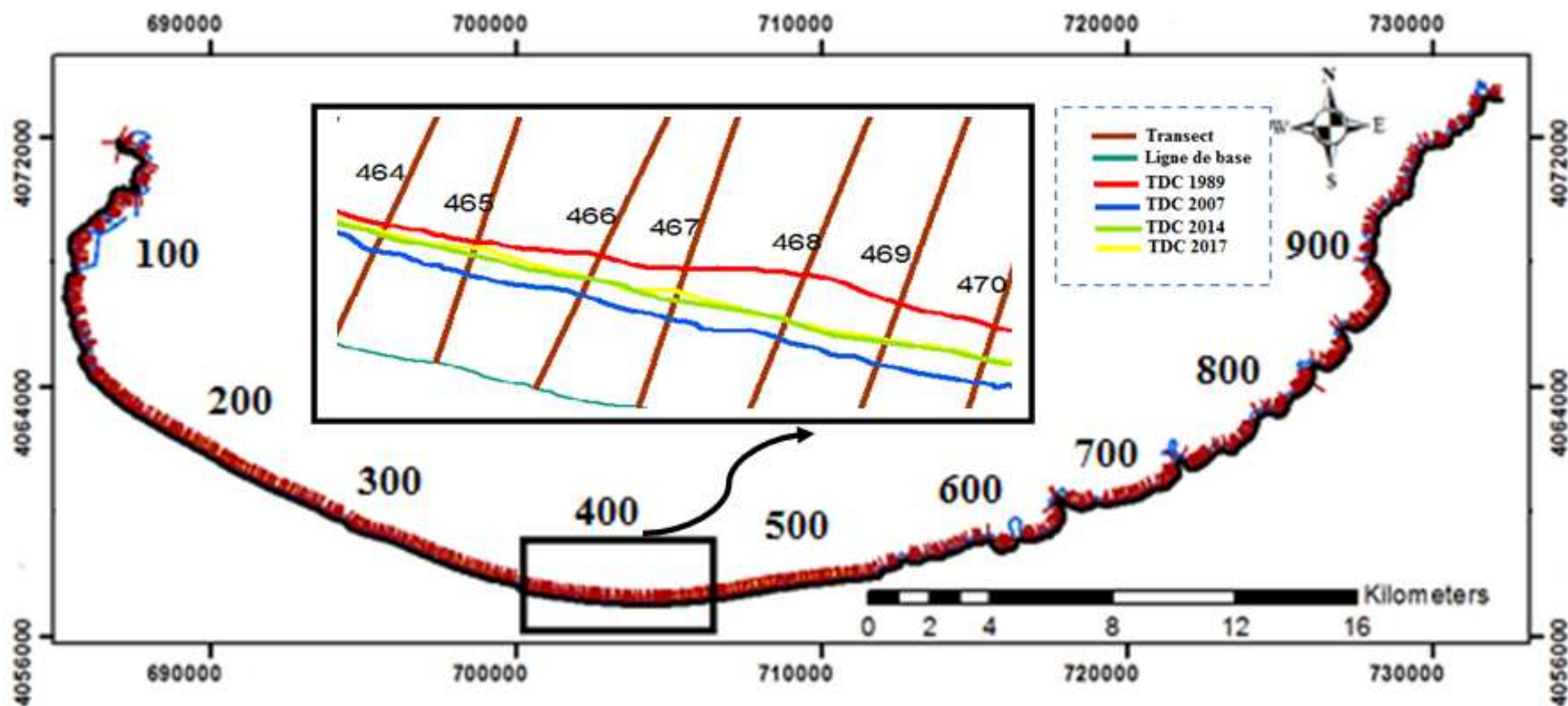


Fig. IV. 8: Évolution de la ligne de côte de la Baie de Béjaïa entre 1989 et 2017 et position des transects.

Période 1989-2007 :

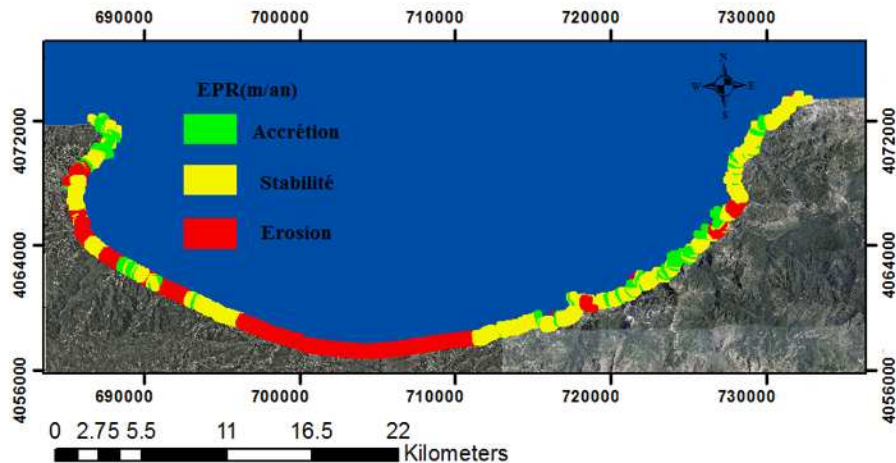


Fig. IV. 9: Évolution de trait de côte entre 1989 et 2007.

L'évolution de trait de côte dans une période de 18 ans, montre que la majeure partie de la Baie de Béjaïa est marquée par une érosion très intense : au niveau du Cap Aokas, l'embouchure de l'oued Soummam, jusqu'à Souk El Tenine ainsi que certaine plages sableuses dans la partie Est de la Baie. Les zones d'accrétion sont observées au niveau de port et les plages de Tichy ainsi que certaines plages d'ouest, les autres plages sont stables. Cette érosion pourrait être liée aux faibles apports en sédiments et la construction de la zone industrielle du groupement Cevital).

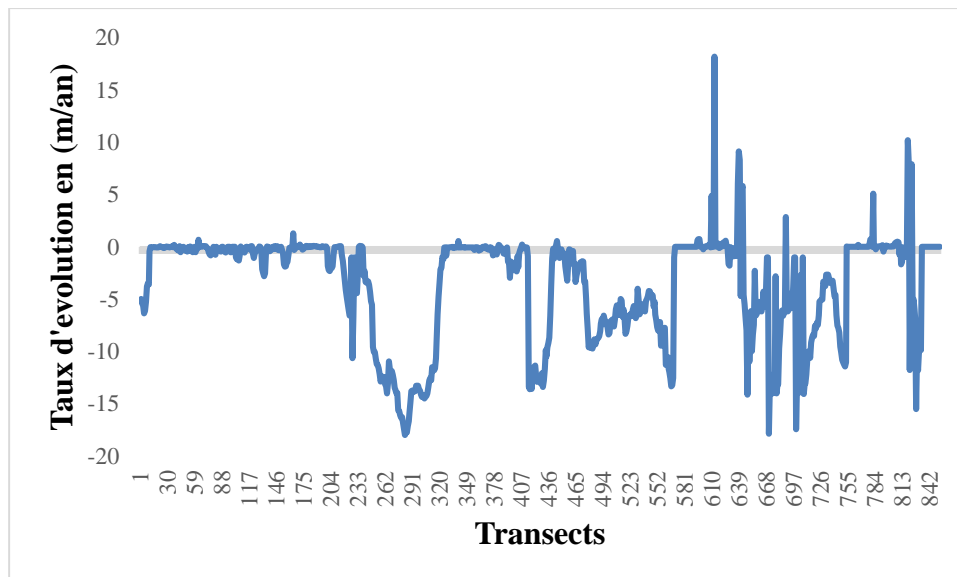


Fig. IV. 10: Taux d'évolution de trait de côte et les transects entre 1989 et 2007.

Le trait de côte dans cette période est en recul avec un taux d'évolution de -18 m/an dans le transects (289, 673, 4705 et 833) ; L'engraissement est observé au niveau des transects 609,641, et 833) par un taux d'évolution de 10 à 18 m / année.

Période 2007-2014 :

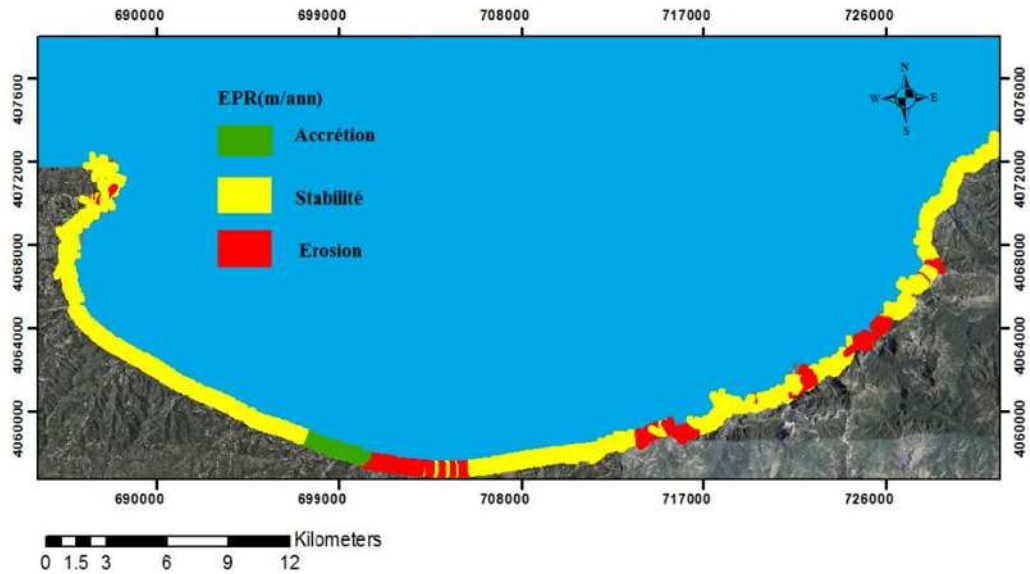


Fig. IV. 11: Évolution de trait de côte entre 2007 et 2014.

L'étude d'évolution du trait de côte dans la période de 2007 à 2014 (7 ans) montre une stabilité de la ligne de rivage pour la majeure partie à l'exception de certaines plages sableuses dans la partie Est ainsi que cap Aokas sont en érosion, et Tichy qui est en engraissement.

L'érosion au niveau d'Aokas d'après PAC, 2017 : est expliquée par l'orientation NW-SE du trait de côte du littoral de Souk Letnine qui rend les plages de la région singulièrement exposées aux vagues des secteurs N et NE. La stabilité dans la partie Ouest pourrait être liée à l'implantation de trois ouvrages mixtes de type « épis en T ». La partie Est de la plage localisée entre la jetée du port et l'embouchure d'oued Soummam a été aussi protégée par l'enrochement naturel.

L'engraissement pourrait être lié aux faibles transits latéraux durant cette période contre un transport cross-shore important.

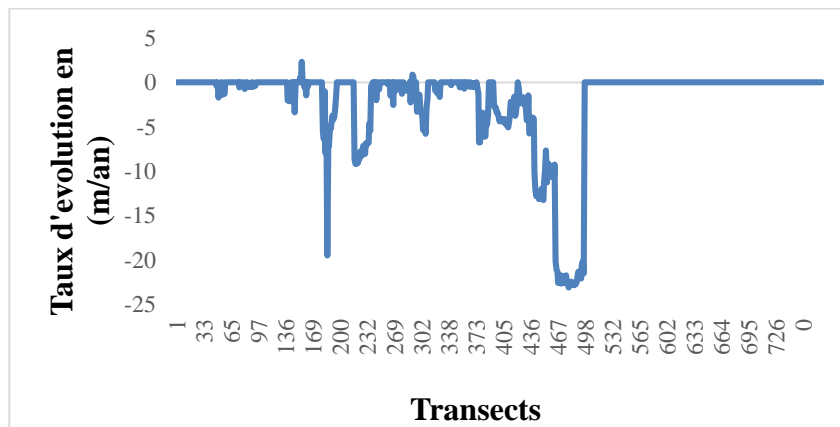
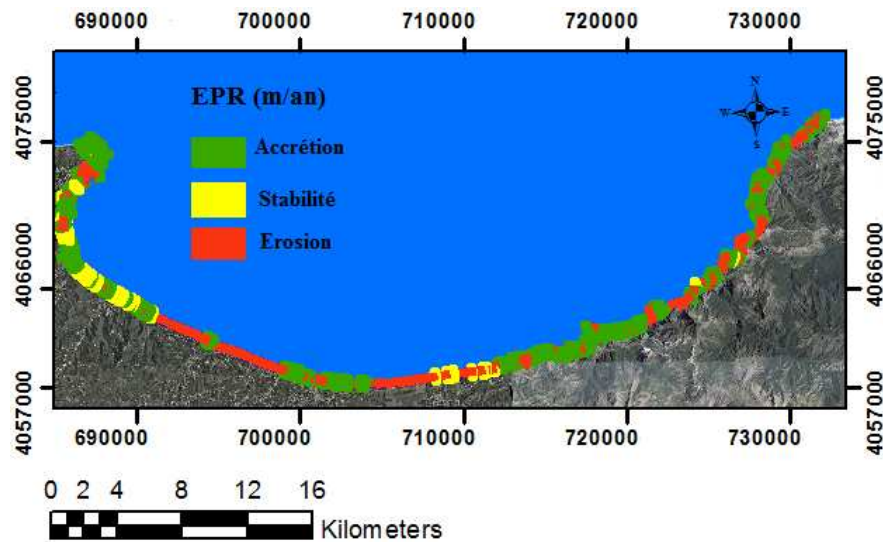


Fig. IV. 12: Taux d'évolution de trait de côte et les transects entre 2007 et 2014.

L'évolution de la ligne de rivage sur une période de 18 ans (1989-2007), montre un recul de trait de côte au niveau de la majeure partie de la Baie. Une forte érosion marquée dans le transect 182 dont le taux d'évolution est de  $-19\text{m/an}$  et dans les transects 453 à 481) avec un taux d'évolution de  $-23\text{ m/ an}$  L'engraissement est faible et enregistré par un taux d'évolution de  $3\text{ m/an}$  ; le reste de la Baie est en stabilité.

- **Période 2014-2017 :**



**Fig. IV. 13:** Évolution de trait de côte entre 2014 et 2017.

Durant cette période, une érosion est marquée fortement au niveau d'Aokas, Tichy, Souk El Tenine et Melbou et dans quelque plage d 'El Aouana et Ziama EL Mansouria.

Le reste est marqué par un engraissement à l'exception de quelques plages qui sont plus ou moins stable.

L'érosion est probablement liée aux faibles apports sédimentaires terrigènes qui à cause de construction du barrage de Tichy- Haff ainsi que les ouvrages de protection qui jouent un rôle d'obstacle pour le transit littoral qui va provoquer une érosion en aval.

Les ouvrages de protection sont aussi la cause d'accrétion par le blocage de transit sédimentaire en provoquant une accumulation des sédiments en amont ; Le port aussi joue le même rôle que les ouvrages et causer une accrétion.



**Fig. IV. 14:** Taux d'évolution de trait de côte et les transects entre 2014 et 2017.

Durant une période de 7 ans (2007-2014), le recul du trait de côte est observé au niveau des transects 2 à 32 par un taux d'évolution de -10 à -20 m/an, et le transect 710 par un taux d'évolution de -35 m/an.

L'engrèvement est marqué dans le transect 61 par un taux d'évolution de +12 m/an ; pour le reste des plages, elles sont plus ou moins stables.

- **Période 1989-2017:**

Dans une période très longue de 1989 à 2017 (28 ans), la partie ouest de la baie (wilaya de Béjaïa) est en érosion, et au niveau des ouvrages, le port et les plages de Tichy qui sont comprises entre Tassift et Hammadites (Tichy stade et Tichy centre) on observe une accréation. Une stabilité est marquée au niveau de Béjaïa avant le port ainsi qu'au niveau de Tichy et Souk El Tenine.

La stabilité au niveau de la commune de Tichy pourrait être expliquée par l'orientation structurale NE du Cap Carbon qui rend les plages de cette commune, assez protégées des vagues des secteurs NW notamment.

L'érosion côtière qui s'est enregistrée au niveau de la majeure partie de la Baie de Béjaïa ; la partie Est de la baie est marquée par une érosion très intense notamment au niveau du Cap Aokas, l'embouchure de l'oued Soummam et Melbou. Ceci pourrait être lié aux faibles apports en sédiments et aux développements socio-économiques de la région (la construction du barrage de Tichy- Haff en amont et à l'implantation de la zone industrielle du groupement Cevital en aval).

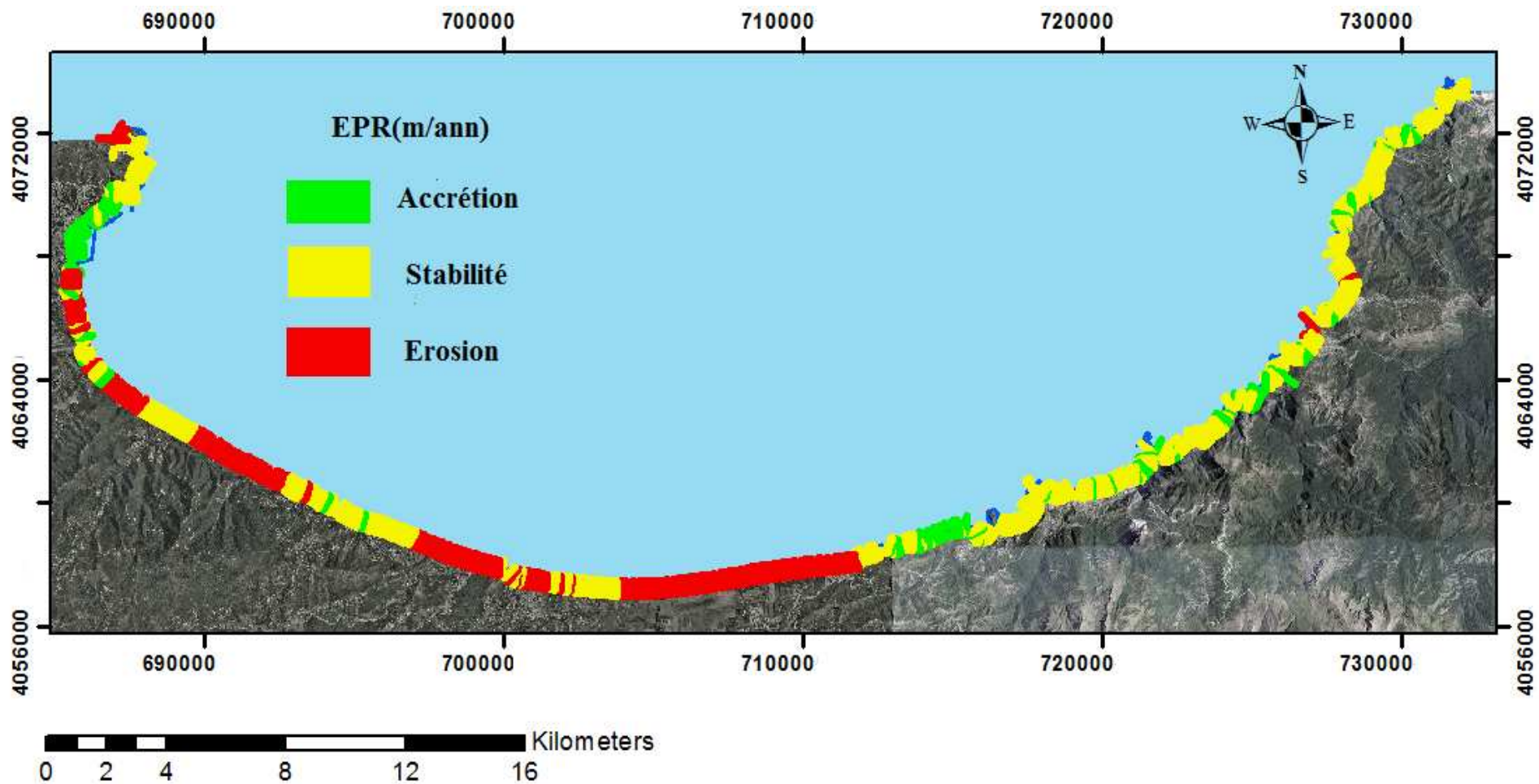


Fig. IV. 15: Évolution de trait de côte entre 1989 et 2017.

Les régimes des houles qui jouent un rôle important dans l'érosion côtière :

- Le littoral NE de Béjaïa est sensiblement exposé aux vagues des secteurs NE, NW et N.
- Le littoral de Souk Letnine est assez exposé aux vagues des secteurs N, NE et NW.
- Le littoral de Melbou est fortement exposé aux vagues des secteurs NE, N et NW et ce, en raison de l'orientation du trait de côte E-W.
- Le littoral d'Aokas est fortement exposé aux vagues du secteur N.

Les facteurs anthropiques qui provoquent l'érosion côtière :

**a. L'activité touristique mal orientée :**

Les potentialités touristiques de cette zone sont multiples, la montagne et les forêts, le littoral et la mer, mais malheureusement, l'exploitation de ces ressources n'est pas toujours adéquate aux conditions du milieu, et il arrive de voir parfois et par endroits des situations de dégradation et des atteintes dangereuses à l'environnement.



**Photo VI. 1:** Dune de la plage de Tichy envahie par le bâti.

**b. Extraction du sable de construction :**

La dégradation des plages et des cordons dunaires par des actions anthropiques, souvent liées à l'exploitation abusive du sable.

Il est à noter le phénomène d'extraction du sable qui est fréquent au niveau de toute la côte, et plus particulièrement au niveau de la côte de la commune de Boukhelifa, dont les autorités mènent un combat quotidien contre les pilleurs de sable.



**Photo VI. 2:** Des pilleurs de sable au niveau de la côte de Béjaïa

### c. La littoralisation :

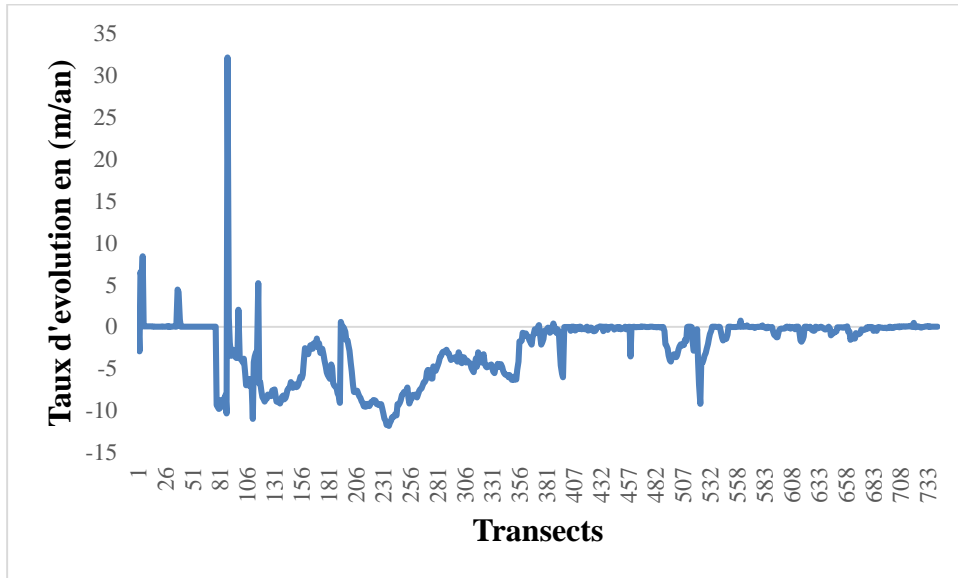
L'anthropisation au niveau de la façade du littoral ne cesse de croître. Au-delà des pressions sur le foncier et sur la demande sans cesse croissante de la part de la population en premier et des secteurs d'activités ensuite et qui se traduisent par les étalements continuels des tissus bâtis, cet accroissement peut constituer, s'il est bien régulé, un atout pour la zone côtière .



**Photo VI. 3:** construction illicite au bord de la mer dans la côte Est

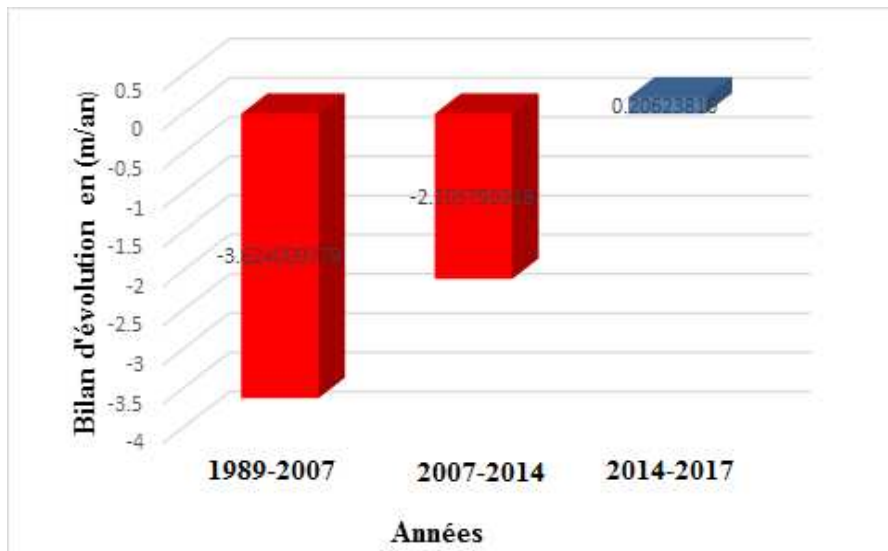
La partie Est de la Baie (Wilayat de Jijel) est stable à l'exception de certaines plages qui sont en accrétion. L'érosion est très faible et pourrait être expliquée par la côte rocheuse qui caractérise cette partie.

La cartographie de l'évolution des surfaces des plages sableuses (Sidi Ali Lebher, Boukhelifa, Tichy, Aokas) de la partie Ouest de la Baie de Béjaïa pour une période de 28 ans (1989 – 2017), a permis de calculer les surfaces d'érosion et d'accrétion.



**Fig. IV. 16:** Taux d'évolution de trait de côte et les transects entre 1989 et 2017.

Le recul de trait de côte durant cette période longue de 29 ans (1989 -2017) est enregistré au niveau des transects de (90 à 118) par un taux d'évolution de -11 m/an et (511 à 539) par un taux d'évolution de -10. L'engrassissement est enregistré par un taux d'évolution de 32 m /an dans le transects 90. La stabilité est enregistrée dans le reste de la côte.



**Fig. IV. 17:** Bilan d'évolution du trait de côte

D'après ce graphique, le bilan d'évolution montre que la baie est succédée à une érosion durant les deux périodes (1989-2007 et 2007-2014) avec une moyenne d'évolution de -3,6 m/an et -2,1 m/an respectivement.

Par contre durant la période de (2014-2017) le bilan d'évolution montre une accrétion par un taux d'évolution de 0,2 m/an.

### **Conclusion du chapitre :**

Ce chapitre a pour but de faire progresser la connaissance des milieux côtiers en étudiant l'évolution de trait de côte d'un système côtier anthropisé qui est la Baie de Béjaïa .

L'évolution spatiale et temporelle du littoral de Béjaïa n'est pas homogène, l'étude de trait de côte réalisée en utilisant le logiciel Arc gis et l'extension DSAS « Digital Shoreline Analysis System », a contribué à la cartographie de la dynamique de trait de côte à la baie de Béjaïa et à la connaissance du phénomène d'érosion dans cette zone côtière.

L'évolution du trait de côte : érosion ou accrétion sont liées à des facteurs naturels et anthropiques, l'érosion côtière est globalement liée aux facteurs anthropiques (construction des ouvrages, piégeage de sable, et construction au niveau des bassins versants ...) et essentiellement liée au développement socio-économique de la région (tourisme, industrie, agriculture) Les résultats obtenus sur la baie de Béjaïa , pour la période 1989- 2017 le confirme.

Nous ressortons par dire que le littoral de Béjaïa est fragile et présente majoritairement des zones instables et des zones plus ou moins stables.

**CHAPITRE V:**  
**DYNAMIQUES AUX ABORDS DES PETITS**  
**FONDS DE LA BAIE DE BÉJAÏA ET**  
**MORPHOSÉDIMENTAIRE DE LA PLAGE DE**  
**DJEOUA (BOUKHELIFA)**

## **Introduction :**

Ce chapitre consiste à étudier l'évolution des petits fonds au niveau de la baie et évaluer la dynamique morpho-sédimentaire d'une de ses plages (Djeoua).

Cette étude nécessite une parfaite connaissance de la bathymétrie qui est une étude primordiale dans notre domaine afin de reconnaître et interpréter la morphologie sous-marine ; pour cela nous avons procédé à la réalisation de la carte bathymétrique de cette baie.

Elle nous renseigne sur l'hydrodynamisme et les impacts des changements bathymétriques sur la réfraction des vagues sur la zone côtière de Béjaïa.

En effet, les sédiments reposant sur les fonds marins sont transportés par charriage, saltation ou en suspension ; ce transport provoqué par les mouvements des masses d'eau qui sont produits par les courants de marée ou par les vitesses orbitales des vagues ou une combinaison des deux. Pour ce fait, nous avons abordé aussi une étude concernant la dynamique morpho-sédimentaire de la plage Djeoua faisant partie à la commune de Boukhelifa.

Comme nous avons vu dans le chapitre précédent « morphodynamique côtière », la baie de Béjaïa à l'échelle globale est caractérisée par le phénomène d'érosion.

Nous avons choisi la commune de Boukhelifa précisant la plage Djeoua, pour faire une étude locale dans la quelle nous avons abordé l'évolution de trait de côte à l'aide d'un canevas géodésique et le transport sédimentaire.

## **1. Étude bathymétrique dans la baie de Béjaïa:**

### **1.1. Outils et procédure :**

#### **1.1.1. Récolte des données :**

Afin d'obtenir le levé bathymétrique de notre zone d'étude, nous avons effectué une campagne de mesure pendant une période de treize (13) jours s'étalant du 11/04/2018 jusqu'à 23/04/2018, à bord de la **Pilotine El Marsa BJ44**, qui nous a été affrétée gracieusement par l'entreprise portuaire de Béjaïa (EPB) en collaboration entre le CNL-antenne de Béjaïa . L'embarcation était munie d'un échosondeur de la marque Furuno et d'un GPS.



**Fig.V.1:** Echosondeur de type Furuno et Radar

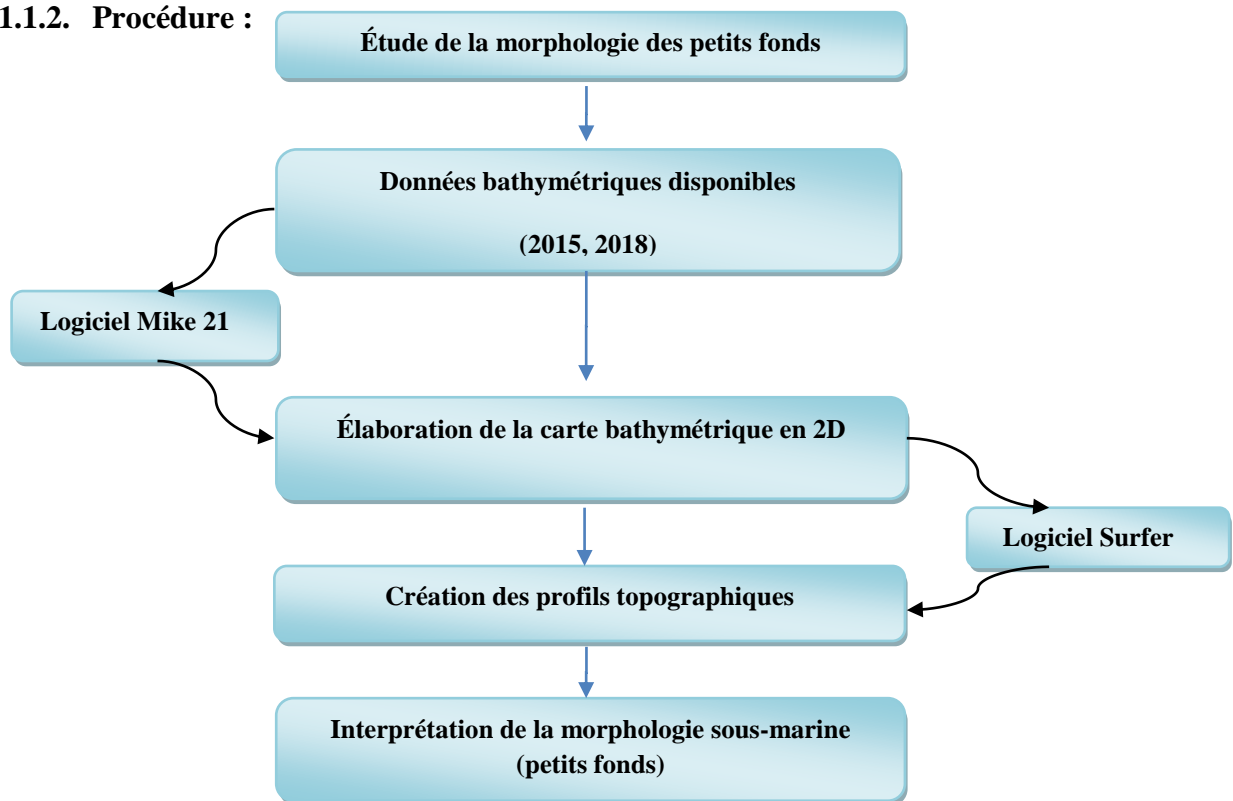


**Fig.V.2 :** Pilotine El Marsa BJ44

La prise des vidéos du tableau de bord de la pilotine (coordonnées géographiques et la profondeur) en marche, nous a permis d'élaborer un tableau des points (x, y, z) dans un fichier Excel. Ces points sont les données nécessaires pour l'élaboration de la carte bathymétrique.

Les sorties se sont déroulées les matinées, entre 9h et 14h. Les conditions climatiques n'étaient pas clémentes, le ciel était dégagé, et la mer était peu agitée à agitée.

**1.1.2. Procédure :**



**Fig. V. 3:** Les étapes suivies pour l'étude de l'évolution des petits fonds.

## 1.2. Logiciels utilisés :

### 1.2.1. Mike21 :

Mike 21 est un logiciel de modélisation numérique 2D des écoulements à surface libre, développée par Dhi (Danish Hydraulic Institute).

Le modèle évalue le transport des sédiments non cohésifs sous l'action d'un courant seul ou combinée à la houle, et on déduit les évolutions bathymétriques initiales. Il permet la simulation de l'hydraulique et des phénomènes associés dans les rivières, les lacs, les baies, les zones côtières et les océans.

#### 1.2.1.1. Application sur le Mike 21 :

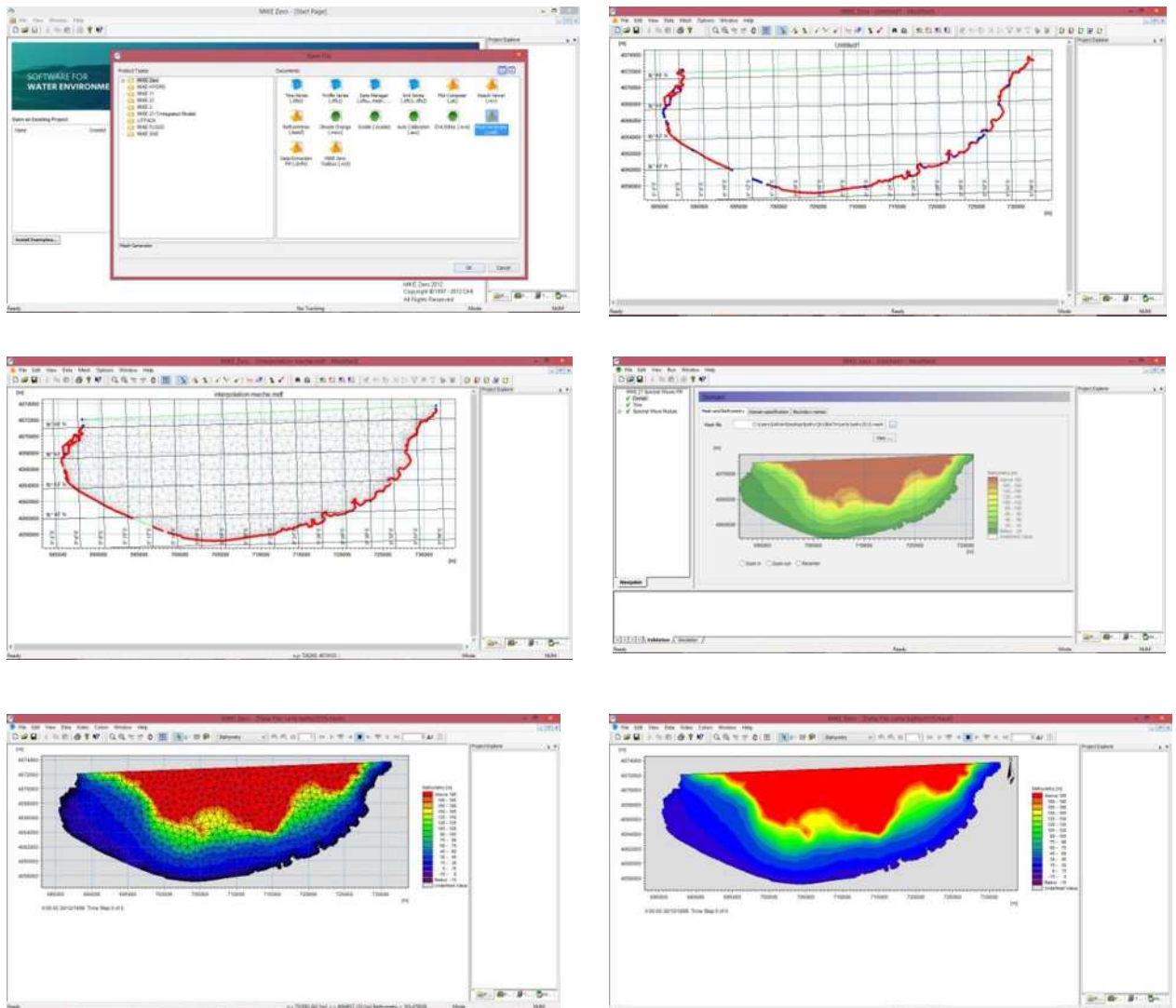


Fig. V. 4: Les étapes de réalisation de la carte bathymétrique (Mike 21).

### 1.2.1.2. Réalisation de la carte bathymétrique :

Afin d'étudier l'évolution des fonds marins, il est fondamental de connaître le plus précisément possible la bathymétrie.

La carte bathymétrique constitue un document de base nécessaire pour la reconnaissance de la morphologie sous-marine.

#### 1.2.1.2.1. Carte bathymétrique de la baie de Béjaïa 2015 :

Nous avons pu récolter une carte bathymétrique (format raster) au niveau de l'ASAL, cette dernière a été vectorisée afin d'extrapoler les points X, Y et Z, les traiter sous Mike et avoir la figure V. 5

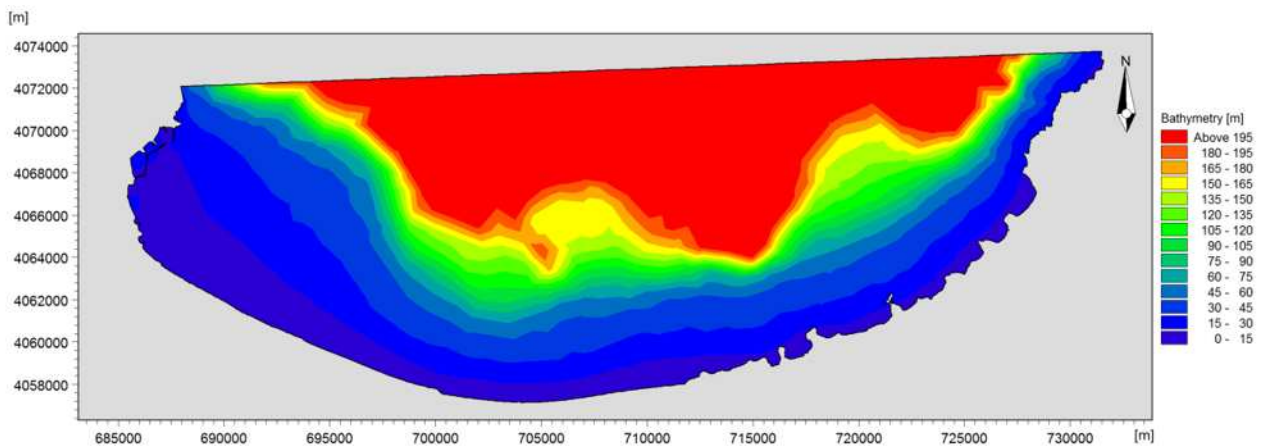


Fig. V. 5: Carte bathymétrique de la baie de Béjaïa (ASAL 2015).

#### 1.2.1.2.2. Carte bathymétrique de la baie de Béjaïa 2018 :

Une fois saisies les données des sorties sur Excel, on s'est rendu compte qu'on n'a pas pu balayer toute la baie, ce qui nous a poussées à rajouter quelques points X, Y et Z (au niveau du site Navionics), les traiter sous Mike et avoir la figure Fig. V. 6.

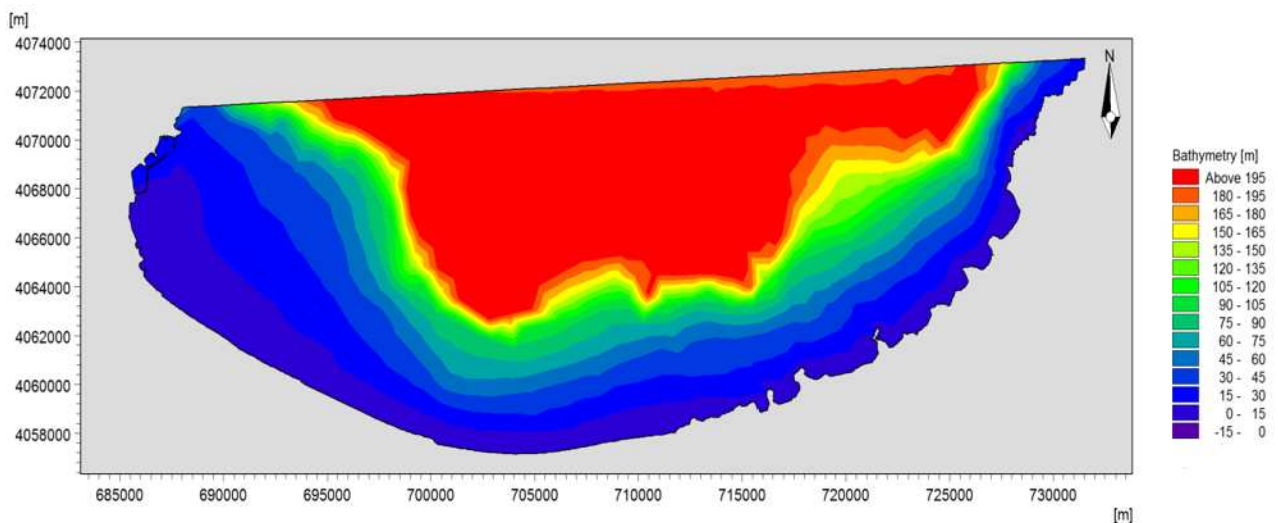


Fig. V. 6: Carte bathymétrique de la baie de Béjaïa (2018).

Les cartes bathymétriques obtenues, montrent des isobathes plus ou moins réguliers et parallèles à la côte. Les isobathes, dans la partie sous-marine Est sont très rapprochés, ce qui se traduit par une pente abrupte. Par contre, du côté ouest les isobathes sont un peu plus espacés, ce qui nous indique une pente plus ou moins faible (douce) d'où présence des plages.

### 1.2.1.3. Réalisation des profils topographiques :

Afin de cerner la morphologie sous-marine, et d'analyser l'évolution des petits fonds aux bords de la frange côtière de la baie de Béjaïa entre 2015 et 2018, des profils perpendiculaires à la côte ont été tracés sur nos deux cartes bathymétriques, à l'aide du logiciel Surfer.

#### 1.2.1.3.1. Profils topographiques 2015 :

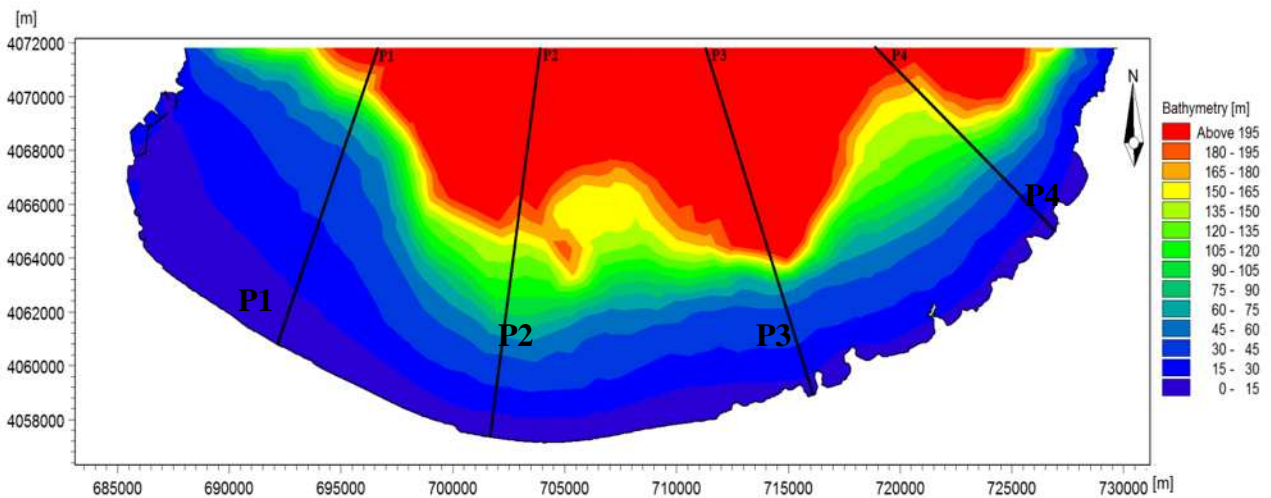


Fig. V. 7: Localisation des profils bathymétriques 2015.

#### 1.2.1.3.2. Profils topographiques 2018 :

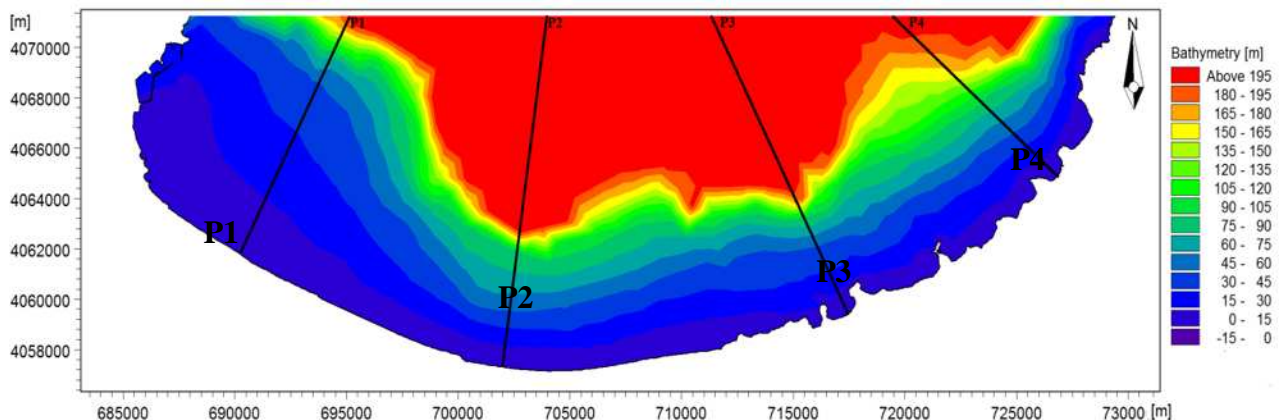
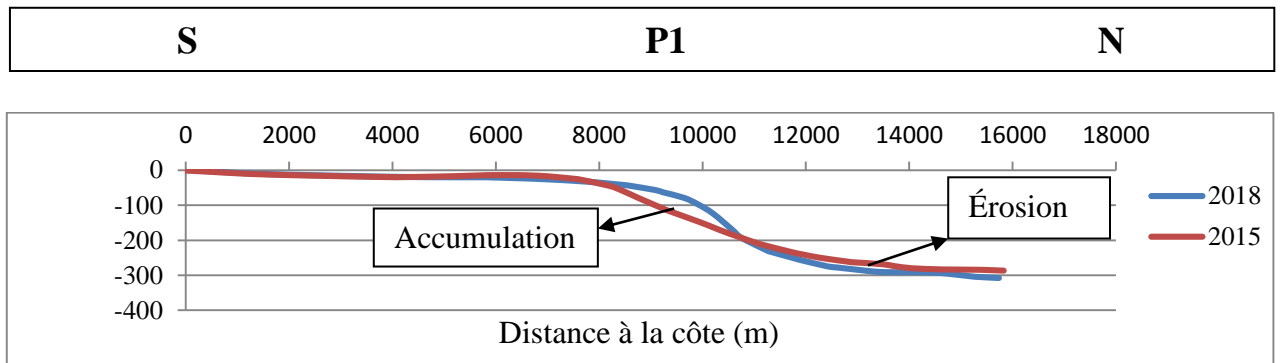
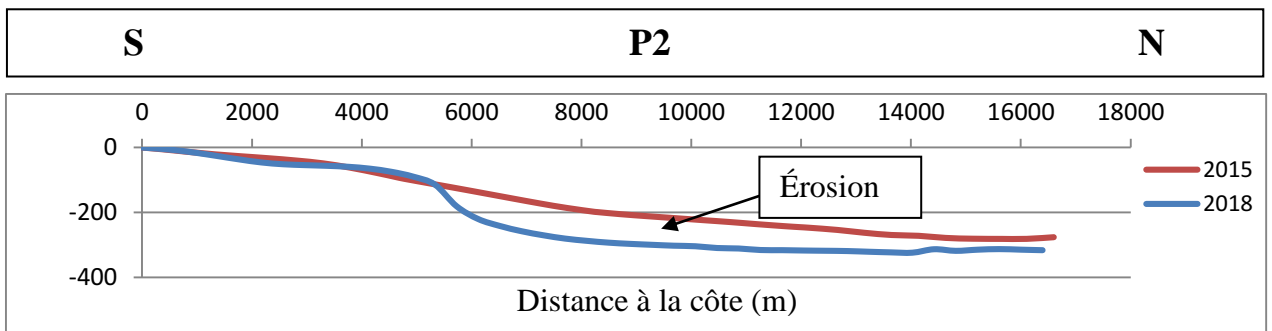


Fig. V. 8: Localisation des profils bathymétriques 2018.

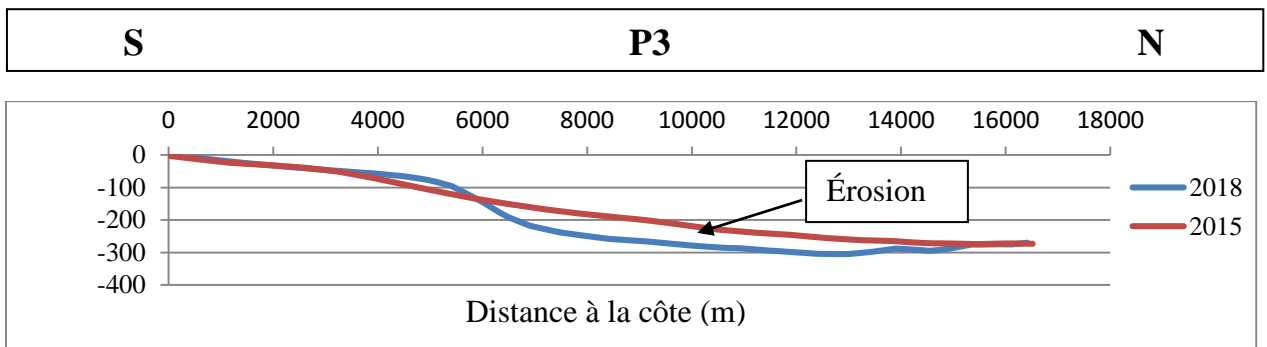
Les comparaisons des profils sont présentées sur les figures suivantes :



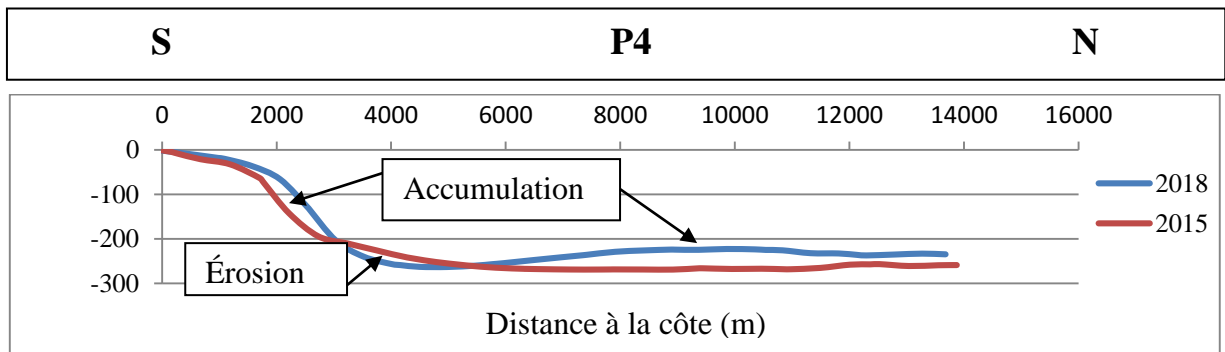
**Fig. V. 9:** Profil bathymétrique n°1



**Fig. V. 10:** Profil bathymétrique n°2



**Fig. V. 11:** Profil bathymétrique n°3



**Fig. V. 12 :** Profil bathymétrique n°4

#### 1.2.1.4. Interprétation des profils :

**Profil n°1 :** Les deux profils descendent en pente très douce jusqu'à 40 m de profondeur ; là où la pente devient raide dans laquelle nous remarquons une accumulation jusqu'à 170 m de profondeur, puis une pente douce avec un peu d'érosion à environ 300 m de profondeur, nous supposons que le sable du large est monté (remanié) sous l'effet de la houle.

**Profil n°2 et n°3 :** Les deux profils descendent en pente douce jusqu'à 100 m de profondeur où le profil de 2015 continue en pente douce et celui de 2018 en pente raide ; nous remarquons une érosion jusqu'à 300 m de profondeur.

**Profil n°4 :** Les deux profils descendent en pente très douce jusqu'à 30 m de profondeur, puis une pente raide et une alternance d'accumulation et l'érosion.

#### 1.3. Évolution de la bathymétrie :

La bathymétrie est définie par la mesure de la profondeur d'un plan d'eau par sondage et traitement des données correspondantes en vue de déterminer la configuration du fond. (Alleaume *et al*, 2010).

La profondeur maximale de la baie de Béjaïa est d'environ 1000 m. Elle se singularise par un plateau peu étendu d'une largeur moyenne de 1.5 km et un glacis continental festonné par d'imposantes criques (Aokas, Béni Segual) d'où partent des vallées sous-marines. (Aoudj et Bouaziz, 2014).

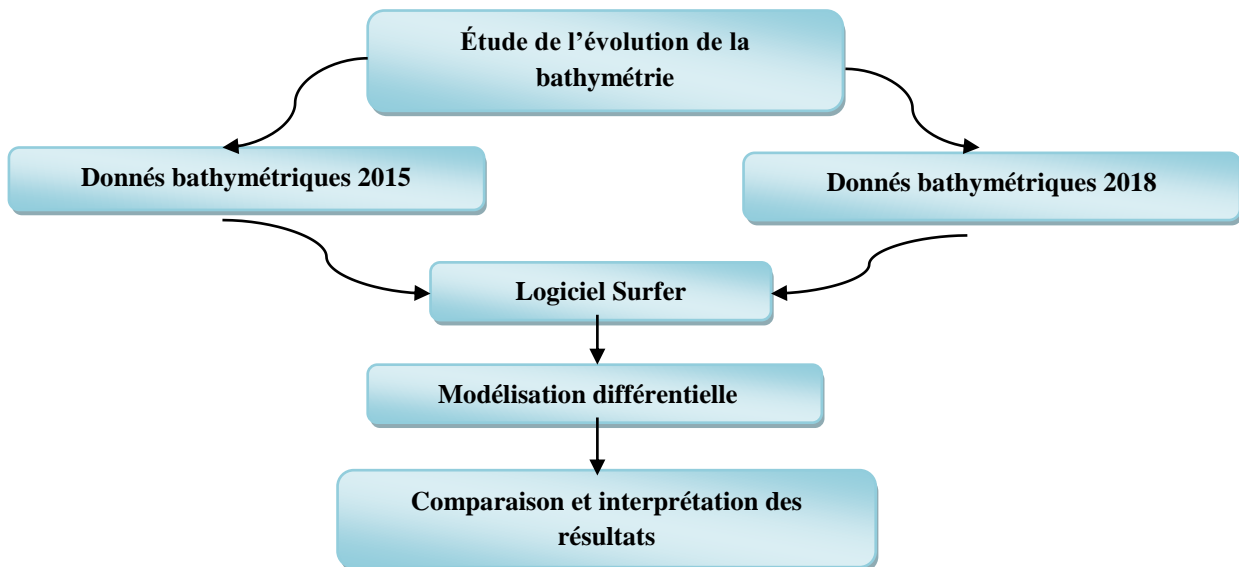
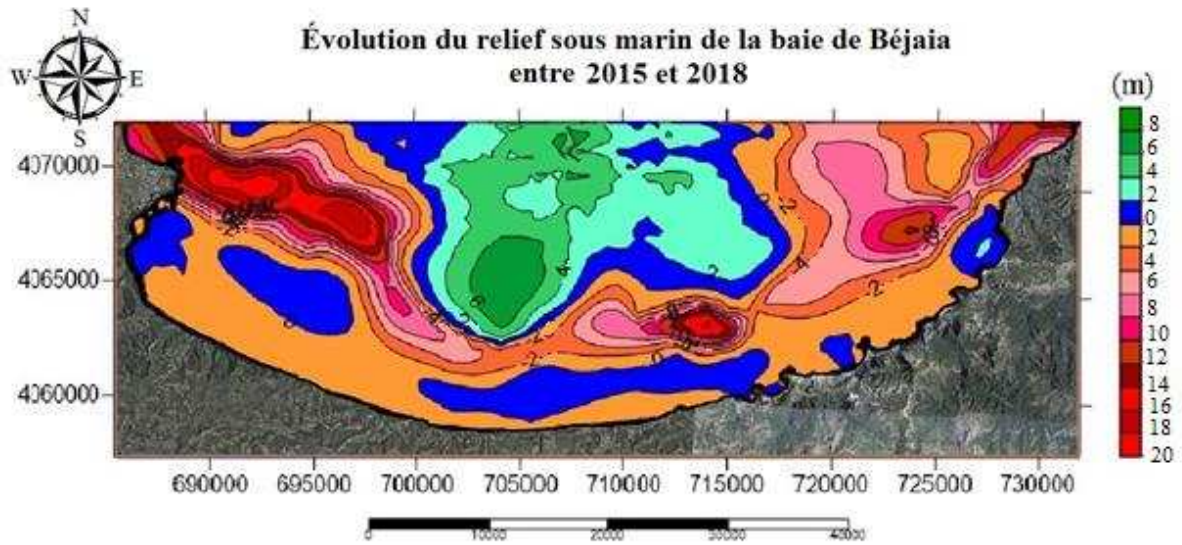


Fig. V. 13: Les étapes de réalisation de la carte d'évolution bathymétrique.

#### 1.4. Réalisation de la carte différentielle bathymétrique :



**Fig. V. 14:** Différentiel bathymétrique de la zone de Béjaïa de 2015 à 2018 (Djeouadi et Hantal, 2018).

##### 1.4.1. Interprétation de la carte :

La carte du différentiel bathymétrique de Béjaïa entre 2015 et 2018, nous a permis de déterminer la tendance de l'évolution des fonds, érosion ou engraissement.

Nous voyons clairement sur notre carte, que dans les parties Est et Ouest le phénomène d'érosion domine, cela peut probablement être lié à la morphologie de notre baie et les courants de dérives de cette dernière.

Contrairement, la partie centrale connaît une accumulation avec un soulèvement des petits fonds, cela pourrait s'expliquer par la présence des courants de retour où se rencontrent les courants de dérives des deux directions, donc sédimentation.

### 1.5. Impact potentiel des changements bathymétriques sur la réfraction des vagues sur la zone côtière de Béjaïa :

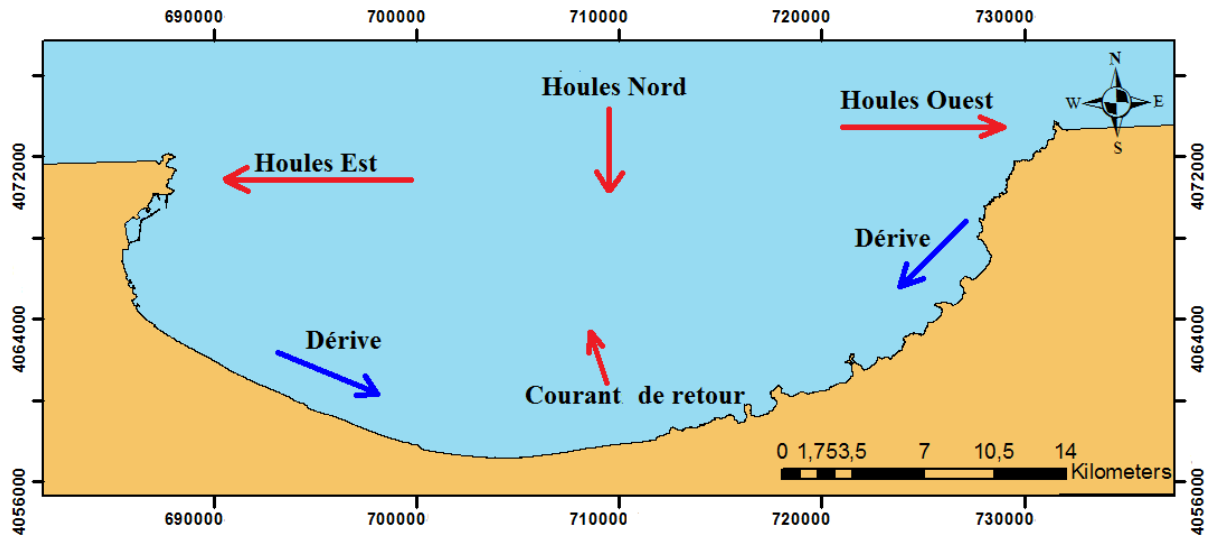


Fig. V. 15 : Carte des directions des courants et des houles dans la Baie de Béjaïa

La répartition des sédiments dans la baie de Béjaïa est conditionnée par l'action des houles des secteurs Nord-Ouest, Nord-est ainsi que par celles du secteur Nord (L.E.M).

Les houles de l'Ouest sont dominantes en période hivernale, abordent la côte avec une incidence oblique, créant un courant de dérive littorale, assurant le transit des sédiments dans la même direction.

Quant aux houles dominantes de l'Est en période estivale abordent également la côte avec une incidence oblique créant un courant de dérive littorale assurant la dissémination des sédiments dans le même sens.

Les houles du Nord par contre, sont régulières durant toute l'année, arrivent à la côte avec une incidence frontale, créant un courant de retour assurant la répartition des sédiments dans le profil.

## 2. Dynamique morpho-sédimentaire de la plage de Djeoua (Boukhelifa) :

### 2.1. Évolution du trait de côte :

Durant notre stage au niveau de CNL, nous nous sommes intégrées dans un projet intitulé « **Mise en place d'un canevas géodésique pour le suivi du trait de côte : commune Boukhelifa-Wilaya de Béjaïa** », la société Geosystem Consult s'est faite confiée la réalisation d'une borne géodésique rattachée par GPS (méthode statique) au système géodésique mondiale et à borne NGA située au niveau de la gare de Béjaïa . À partir de la borne

géodésique CNL, ont été rattachés à 165 points relatifs à y traits de côte par procédé RTK (Pour des problèmes de sécurité, la borne CNL a été placée à proximité de l'annexe de la mairie de Boukhelifa, sur la RN9, reliant Béjaïa à la localité de Tichy).



Fig. V. 16: Localisation de la borne de CNL

### 2.1.1. Calcul de la polygonale :

La polygonale calculé sur les deux points, celui de la gare de Béjaïa et le point B\_CNL donne les rattachements au réseau géodésique mondiale (WGS84) suivants :

Tab. V. 1 : les coordonnées géographiques de les deux bornes (B\_NGA, B\_CNL).

N° Point	X(m)	Y(m)	Z(m)
Gare Béjaïa	5° 04' 53.86432	36° 45' 03.68737	2.548
B_CNL	5° 06' 28.01886	36° 06' 28.01886	6.4043

Ils sont considérés une triangulation basée sur le stationnement des deux points. Le principe étant d'avoir des lignes de base inférieures à 20 km. Dans notre cas, nous sommes largement en deçà des performances du matériel utilisé (Leica 1200).

### 2.1.2. Le calcul des points :

Les moyennes des précisions sont de **13 mm en planimétrie et de 11 mm en altimétrie**.

Tab. V. 2 : Les moyennes des précisions en planimétrie et en altimétrie.

	Précision _ planimétrique	Précision _ altimétrique
Moyenne	0,013	0,011

### 2.1.2.1. Méthodologie :

- Bornage d'un point fondamental PF ;
- Rattachement en coordonnées planimétrique sur le réseau mondial (6 Heures de stationnement) ;
- Rattachement en altitude sur le canevas altimétrique algérien « NGA » ;
- Levé cinématique « Stop & Go » de 200 points du trait de côte ;
- Interprétation des données.

### 2.1.2.2. Moyens utilisés :

- DGPS Géodésique ;
- GPS « Rover » ;
- Tri pie.

Ils ont utilisé trois récepteurs GPS Bi-Fréquence de marque Leica 1230.

### 2.1.2.3. Les étapes de l'étude :

- a. Matérialisation d'une borne P.F en face de l'antenne APC de Boukhelifa, rattachement en coordonnées planimétriques sur le réseau mondial (6 Heures de stationnement) et vérification de l'état des lieux du site au niveau de la Commune de Boukhelifa et la plage Djeoua.



- b. Matérialisation et rattachement d'un point « Base 01 », en altitude sur le Canevas altimétrique Algérien « NGA » au niveau du poste de secours plage Djeoua.



- c. Réalisation de deux Levés « Stop & Go » du trait de côte de la vague journalière (actuelle), et de lause haute vague de la Plage Djeoua sur un linéaire côtère de 1560 m.

198 points géo-référencés pour la cartographie du trait de côte ont été réalisés :

- 100 points pour la vague journalière (actuelle) ;
- 98 points pour la plus haute vague.



#### 2.1.2.4. Résultats obtenus :



**Fig. V. 17:** Carte des traits de côte (actuel (jaune) et historique (bleu)).



**Fig. V. 18:** Surface entre le trait de côte actuel et le trait de côte ancien (historique) : 2.04 ha

#### 2.1.2.5. Interprétation des résultats :

À travers la mise en place d'un canevas géodésique pour de levé et suivi de la dynamique du trait de côte dans la commune de Boukhelifa au niveau de la plage Djeoua ; et à partir du la superposition des données obtenues par GPS à une image –plan issue de Google on observe que la plage Djeoua est en érosion avec une surface de 2.04 ha.

La mobilité des côtes est un phénomène naturel lié aux vagues, au vent, à la pluie, au gel et aux courants. Ce projet est une contribution à la construction d'un système d'information national sur le levé, suivi et contrôle du trait de côte, indispensable pour gérer l'espace et les aménagements littoraux.

### 3. Modélisation du transport sédimentaire :

Cette étape concerne l'étude des transports sédimentaires qui peuvent se produire sur l'avant-côte du littoral de Béjaïa . Pour ce faire, les données hydrodynamiques sont utilisées pour l'estimation des mouvements sédimentaires potentiels qui peuvent être transportés au niveau des fonds marins du littoral de Béjaïa . La modélisation du transport sédimentaire a été faite en utilisant le modèle GSTA.

Nous avons utilisé 19 échantillons prélevés à bords de la Pilotine El Marsa BJ 44 (du 29 avril 2018).

Le résultat obtenu est représenté sur la figure suivante :

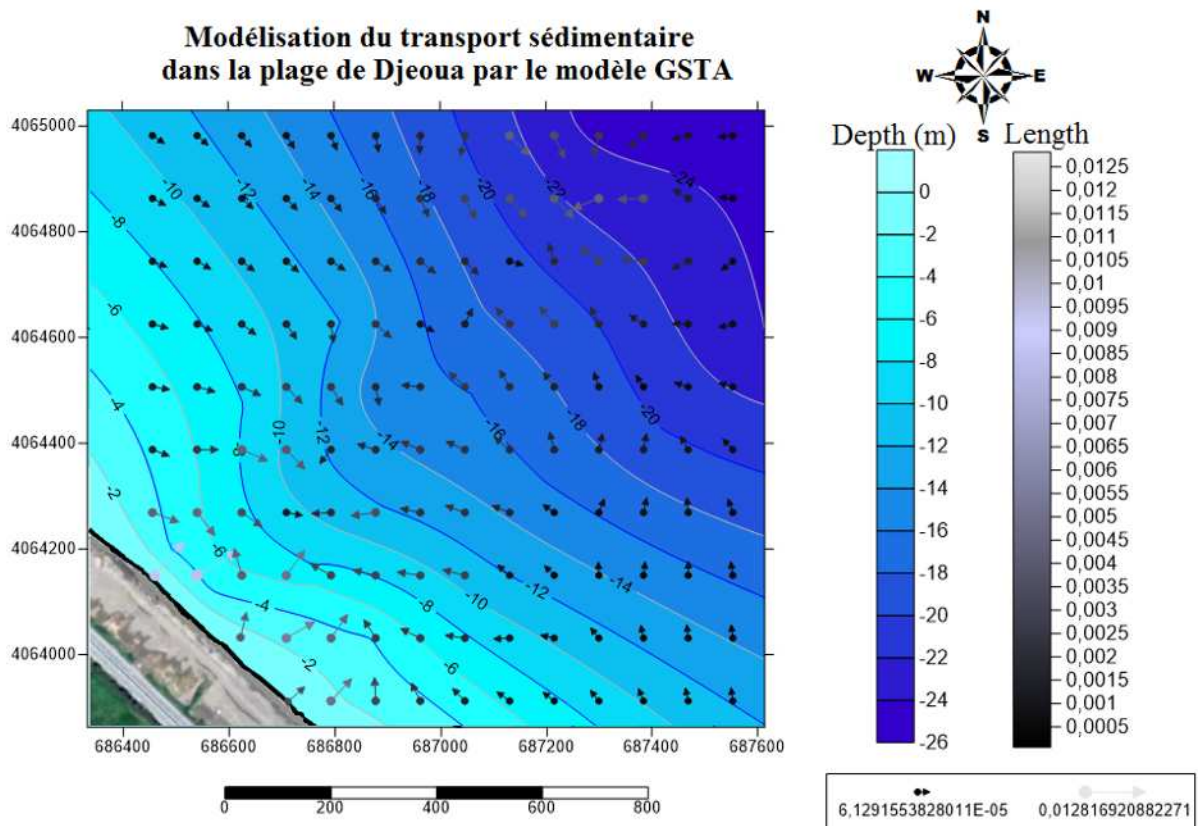


Fig. V. 19: Modélisation du transport sédimentaire dans la zone de Boukhelifa (plage de Djeoua).

### **3.1. Interprétation des résultats :**

Le résultat de la carte obtenu montre qu'il y a une tendance de perte de sédiments de la côte vers le large.

Les houles provenant de toutes les directions atteignent le site de façon plus ou moins frontale, qui assure la dissémination des sédiments.

On remarque bien sur la carte, que le transport sédimentaire dans l'ensemble s'effectue vers le large, ceci renseigne sur une perte des sédiments dans tous les sens de la plage de Djeoua ; ce qui confirme le résultat obtenu dans le chapitre « Cinématique de trait de côte », ou nous avons eu un recul de trait de côte. Cela pourrait être expliqué par la configuration géographique de la côte, ainsi les courants existants dans la zone.

### **Conclusion :**

D'après l'étude bathymétrique (la morphologie sous-marine) effectuée, la topographie du relief sous-marin de la baie de Béjaïa est régulière, elle descend en pente douce de la côte vers le large.

Un soulèvement été marqué au niveau de la partie centrale (Tichy), et des abaissements dans la partie Est et la partie Ouest. Ceci confirme la récession du linéaire côtier de Djeoua (par DGPS) se localisant dans la partie Ouest de la baie.

La carte du transport sédimentaire réalisée, montre la présence de courants dans toutes les directions, des courants tourbillonnaires, courants de dérive ainsi qu'un faible courant de retour.

**CHAPITRE VI :**  
**SOLUTION PRÉCONISÉE POUR PRÉSERVER**  
**LA PLAGE DE DJEOUA ET PROPOSITION DES**  
**SOLUTIONS D'AMÉNAGEMENT**

## **Introduction :**

La dégradation du littoral est un problème inéluctable (inévitabile) de portée internationale, elle affecte l'environnement et nuit au paysage côtier et aux stratégies économiques du pays.

Le littoral Algérien connaît, depuis quelques décennies, une croissante anthropisation qui se manifeste par une occupation économique et urbaine importante. Celle-ci se traduit notamment sur les milieux côtiers sensibles par des phénomènes comme l'érosion côtière.

Le littoral de Béjaïa est l'un des milieux côtiers Algériens sensibles et menacés par des phénomènes l'érosion côtière. Parfois, il y'a disparition des belles plages (Sidi Ali Lebhar et Tassift) ; dans notre dernier chapitre, nous avons proposés des solutions pour freiner et /ou adapter au phénomène d'érosion côtière au niveau de la Baie de Béjaïa .

Les écosystèmes dunaires sont aussi fragiles et menacés par la fréquentation humaine notamment, jouent un rôle important dans le maintien du trait de côte. Dans ce chapitre on a un exemple de projet qui porte sur la réhabilitation du cordon dunaire et le réaménagement de la périphérie du Lac Tamelaht dans le but de protéger et fixer ces cordons dunaires.

## **1. Les stratégies d'adaptation :**

La meilleure façon pour la collectivité de prévenir les dangers de l'érosion côtière est de s'éloigner le plus possible du littoral. Évidemment, pour ceux et celles qui y résident déjà, le retrait n'est pas toujours envisageable. Toutefois, en choisissant de demeurer sur la côte, les riverains doivent en accepter les inconvénients et trouver des solutions pour s'y adapter.

### **1.1. Les types de stratégies d'adaptation :**

Trois catégories sont classiquement envisagées (retrait, accommodation et protection) dans la plupart des études de vulnérabilité (**G.I.E.C, 1990**).

#### **1.1.1. Le retrait :**

La stratégie consiste à abandonner les terres menacées lorsque les conditions deviennent intolérables.

**1.1.2. L'accommodation :**

Cette stratégie consiste à poursuivre l'occupation des terres côtières tout en apportant des réajustements aux activités humaines et aux infrastructures afin d'atténuer les impacts de l'élévation du niveau de la mer.

**1.1.3. La protection :**

Il existe deux méthodes de protection pour faire face à ces risques (érosion côtière) qui consistent à rigidifier ou fixer le trait de côte.

**1.1.3.1. La méthode dure :**

Consiste en un aménagement statique basé sur la construction d'ouvrages lourds en mer ou sur le rivage.

Les ouvrages de protection sont principalement construits pour protéger les terrains le long de la côte de l'érosion et pour soutenir le sol.

On en trouve divers types :

**Murs et ouvrages de soutènement**



**Les Digos côtiers**



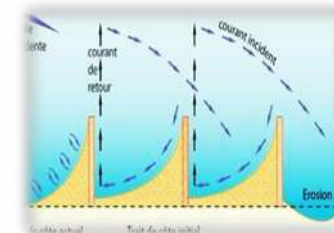
**Les Perrés (non associés à des digues)**



**Les brise-lames**



**Les Épis**



### 1.1.3.2. Méthodes douces :

Les méthodes « douces » sont conçues pour « travailler avec la nature » en intégrant la dynamique naturelle du littoral et la mobilité du trait de côte (rechargements de la plage en sédiment, travail sur la végétalisation, etc.). Elles ont une durée de vie limitée, sont réversibles et dépendent de leurs caractéristiques propres et des évolutions de l'environnement à l'échelle globale (changement climatique) ou locale (aménagement, fréquentation).

L'efficacité du choix de ces méthodes doit être par ailleurs évaluée face au niveau des processus de dynamique côtière (énergie des houles, etc.) et par conséquent à la résistance et « durée de vie » de l'équipement.

Il existe de nombreuses parades face à l'érosion des plages :

#### Les ouvrages en géotextiles



#### L'alimentation artificielle des plages en sédiments



## 2. Cas d'étude (Réhabilitation du cordon dunaire et réaménagement de la périphérie du Lac Tamehlt-Béjaïa ).

### 2.1. Présentation du projet :

#### 2.1.1. Organisateur du projet :

- Commissariat National du Littoral –Direction générale et antenne de Béjaïa , Boumerdes, Oran, Tizi Ouzou et Jijel(CNL) ;
- Conservation des forêts de la wilaya de Béjaïa (CF) ;
- Association Assirem Gouraya.

**Durée du projet :** 6 mois

**Lancement officiel des travaux :** Mars 2018

## 2.2. Localisation géographique du site de projet :

Le Lac Tamelaht est situé à proximité de la piste de l'aéroport de LA Wilaya de Béjaïa dans la Daïra et la Commune de Béjaïa , a une altitude de :  $36^{\circ}42'57.14''$  N et une longitude de :  $5^{\circ}4'52.12''$  E ; Elle est séparée de la mer Méditerranée du côté nord par un cordon dunaire d'environ 50 m de largeur. La lagune se présente comme un plan d'eau d'une profondeur moyenne de 02 m et d'une superficie avoisinant les 21ha ainsi qu'une distance entre 0 et 50 m par rapport à la mer.



Fig. VI. 1: Localisation géographique du site de projet

## 2.3. Objectif du projet :

Réhabilitation et reconstitution des écosystèmes dunaires par la régénération du système dunaire.

## 2.4. Matériels :

- Apport mécanique de sable ;
- Millage de ganivelles ;
- Végétation (Oyat) ;
- Paillage.

## 2.5. Méthodologie :

L'érosion du cordon dunaire du lac Tamelaht qui se situe dans l'arrière-pays de la plage de Sidi Ali Lebhar s'est accélérée. Et pour protéger ces dunes, l'équipe de projet utilise différentes techniques (les brise vents, les couvertures et la plantation).

### 2.5.1. Implantation des brise-vents :

Ce sont des barrières érigées perpendiculairement à la direction du vent dominant et ceci en guise de protection des surfaces que l'on souhaite mettre à l'abri (Ambouta., 2005)

#### Types de brise vents :

- **Brise vents structurant** (disposées en lignes parallèles continues) : utilisé pour la restauration de dunes complètement disparues.
- **Brise vents d'appoint** (disposées en lignes parallèles discontinues en quinconce) : utilisé pour le freinage de l'érosion de dunes.

Dans ce projet les brise vents sont constitués de :

- Planches en bois (ganivelles),
- Branches de végétaux. (Les plus utilisées sont les roseaux et l'osier).



**Photos VI. 1:** Implantation des brise vents.

Les brise vents constitués du matériel végétal sont biodégradables et peu coûteux comparés aux ganivelles. Cependant, ils s'avèrent moins résistants aux conditions climatiques (vent et pluies).

### 2.5.2. Les couvertures :

Cette technique de fixation consiste en un tapissage ou étalage de branches d'arbres à la surface des dunes.

#### Types de couvertures :

- Les branches sont disposées en lignes parallèles discontinues.
- L'étalement se fait manuellement ou mécaniquement.

Les branches utilisées sont de différents arbres : le pin maritime, le chêne ou l'arbousier (Les plus utilisées proviennent des surfaces forestières limitrophes à des plages).

### 2.5.3. La végétation :

Cette technique consiste en une plantation des végétaux sur les dunes dans le but de fixation ; Elle nécessite la matrice des conditions de plantation.

La plante la plus utilisées est L'oyat (*Amophila arenaria*) appelée aussi roseau du sable, et ça à cause de ces caractéristiques spécifiques :

- Possède un système racinaire développé.
- Se disséminent par le vent et par l'eau de mer.
- Résistent à l'enfouissement dans le sable.



**Photo VI. 2:** Plantation des végétaux sur le cordon dunaire de lac Tamelaht.

## 2.6. Objectifs attendus :

- Restauration et réhabilitation des dunes côtières remarquables ;
- Elaboration d'une cartographie et d'une base de données relative aux écosystèmes et les habitats côtiers ;
- Mettre en place les indicateurs biologiques et contribuer à maintenir la variété naturelle des espèces ;
- Assurer à court et moyen termes une action pluridisciplinaire répétée afin d'assurer un suivi annuel ;
- Sensibilisation des partenaires et des usagers sur l'aspect environnemental côtier.

### Conclusion :

Les stratégies de protection et d'adaptation contre la mer par des solutions dites « douces » dans la mesure du possible, avec leurs avantages et inconvénients. Bien souvent, ces solutions douces ne sont pas définitives et peuvent parfois être combinées avec des solutions « dures » pour protéger des enjeux menacés à court terme. Mais il est rappelé que sur le long terme il est illusoire de vouloir fixer définitivement le trait de côte sans impact environnemental fort et de lourds investissements économiques.

# CONCLUSION GÉNÉRALE

## Conclusion générale

Ce mémoire portant sur la géomorphodynamique côtière de la baie de Béjaïa , avait pour principal objectif l'étude du fonctionnement, la dynamique morphe -sédimentaire de la frange littorale allant de Carbon à Cap El Aouana ; et de mettre en évidence et mesurer les phénomènes d'érosion et d'accumulation intervenus depuis plusieurs décennies.

Nous avons réparti le travail en trois parties essentielles, afin de bien mener cette mission et d'essayer de répondre à la problématique : Partie aérienne, partie sous-marine et celle qui sépare les deux qui est le trait de côte.

En premier lieu, commençant par la partie consacrée à l'étude granulométrique de la partie aérienne du littoral de Béjaïa et le suivi des variations des résultats obtenus. La répartition de la médiane granulométrique indique que les sédiments sont répartis de telle sorte que, les fortes teneurs en fractions fines se localisent au niveau d'Aokas, et les faibles, se localisent au niveau de Boukhelifa, Tichy, souk El Tennine et Melbou.

La deuxième partie de notre travail, concernant l'évolution de la cinématique du trait de côte de la baie de Béjaïa, nous avons entamé une méthodologie portant sur l'apport potentiel SIG (utilisation de logiciels ArcGis et DSAS). Les résultats de ces traitements sont comme suit : l'étude diachronique de la baie de Béjaïa qui est basée sur la superposition des traits de côte des photographies aériennes des missions entre 1989 et 2017 (évolution sur une période de 28 ans), a mis en évidence les zones en érosion et celles en accrétion. Au niveau de notre frange côtière, des changements importants à savoir de forts taux d'érosion et de faibles taux d'accrétion.

La troisième partie porte sur l'évolution de la dynamique des petits fonds aux abords de la baie de Béjaïa :

Tout d'abord, nous avons utilisé le modèle numérique Mike 21, afin de cartographier les fonds marins, cela nous a permis une bonne reconnaissance de la morphologie sous-marine ; Cette modélisation nous a renseignés sur le fond de notre zone d'étude qui se caractérise généralement par une morphologie plus ou moins régulière parallèle à la côte.

Par la suite, une modélisation du transport sédimentaire par le GSTA a été effectuée au niveau de la plage de Djeoua (commune de Boukhelifa). En effet, les houles provenant du Nord-Est attaquent la côte frontalement et engendrent la formation d'une dérive littorale qui

transporte les sédiments au large. Ce résultat est confirmé par l'état d'érosion intense que connaît cette plage.

Aussi, la réalisation d'une carte de bathymétrie différentielle de la zone de Béjaïa de 2015 à 2018 a été faite à l'aide du logiciel Surfer. La topographie sous-marine de la baie est régulière, elle descend en pente douce de la côte vers le large avec une petite accumulation au niveau de Tichy et une érosion dans le reste de la baie.

Enfin, le dernier chapitre porte sur la proposition des solutions d'aménagement, pour mettre un frein à la régression que connaissent les côtes de Béjaïa. Les solutions proposées comme moyen de protection sont : les méthodes douces, lourdes et la réhabilitation du cordon dunaire de Tamelaht (en cours).

Ce projet de fin d'étude, a donné lieu à une plate-forme de base de données récente qui pourra être utile lors de la conception des ouvrages ou bien pour une étude future de la zone.

L'élaboration de ce travail nous a permis l'application des connaissances acquises pendant les cinq années de formation au niveau de l'ENSSMAL d'une part. D'autre part, d'approfondir nos connaissances avec les techniques de modélisation, d'analyse et de nous familiariser avec le terrain afin de mieux comprendre la dynamique côtière.

## **RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- AILLEAUME, S., et al. (2010)** Bathymétrie des plans d'eau : Protocole d'échantillonnage et descripteurs morphométriques .p .10
- AOUDJ, C., BOUAZIZ, T. (2014).** Fonctionnement et dynamique morpho-sédimentaire du littoral Est de Béjaïa. Mémoire d'ingénieur. Aménagement du littoral. Alger: ENSSMAL, p. 81-95
- AOUDJ, C. (2014)** Évolution morphodynamique du trait de côte du littoral Est de Béjaïa. Mémoire MASTER; Aménagement du littoral. Alger: ENSSMAL, p. 83.
- AOUDJ, C., et al. (2017).** Analyse des variations spatio-temporelles du littoral sableux : Est Béjaoui (Algérie). Conférences Méditerranéennes CM<sup>2</sup>, Revue Paralia, Split CROITIE, p. 7-10. [Consulté en février 2017] disponible sur le web : <https://dx.doi.org/10.5150/cmcm.2017.002>
- AOUDJ, C., et al. (2017).** Évaluation du risque de submersion marine sur le littoral de Béjaïa , Algérie. Conférences Méditerranéennes CM<sup>2</sup>, Revue Paralia, Split CROITIE, p. 161-166. [ Consulté en février 2017] disponible sur le web : <https://dx.doi.org/10.5150/cmcm.2017.030>
- AOUDJ, C., et al. (2018).** Comparaison de l'évolution morphologique entre les littoraux de : Béjaïa (Nord Est Algérien) et Saïdia (Nord Est Marocain). XV<sup>èmes</sup> Journées Nationales Génie Côtier - Génie Civil, Revue Paralia, La Rochelle FRANCE, p 157-164. [ Consulté en mai 2017] disponible sur le web : DOI:10.5150/jngcgc.2018.018
- AOUDJ, C., et al. (2018).** Conséquences de l'implantation des ouvrages de protection sur la frange côtière de Bordj El Kiffan (Algérie). XV<sup>èmes</sup> Journées Nationales Génie Côtier - Génie Civil, Revue Paralia, La Rochelle FRANCE, p 147-156. [ Consulté en mai 2017] disponible sur le web : DOI:10.5150/jngcgc.2018.017
- BAKLEM, A. (2008).** Contribution à l'étude des peuplements benthiques du plateau continental Algérien (Thèse Présentée pour l'obtention du diplôme de Doctorat es-Sciences En : Sciences de la Nature) Spécialité Océanographie. Alger : USTHB.
- BELKESSA, R., BENKORTBI, (1999).** Evolution du trait de côte à Bougie plage. Mémoire d'ingénieur. Alger : ISMAL.
- BERNARD , Ch. (2004),** « Le territoire littoral : tourisme, pêche et l'environnement dans l'océan indien », Paris : Le harmattan, p. 33.34
- BIRD, E.C.F. (1985).** Coastal changes, a global review. London: Wiley. Chichester, p. 219.
- BEER, T. (1997).** Environmental oceanography. London: CRC press, p367.
- DANIEL, F., HUBAUD M.O., (1996),** Érosion côtière des systèmes littoraux sableux, ODEM, p. 21.
- DENÉRGRE, SALGÉ, (2004)** Les systèmes d'informations géographiques, France : Presses universitaires, p. 11.

- DJOUDER, F., SMAOUN A. (2011).** Evaluation de la vulnérabilité à l'élévation du niveau de la mer dans la partie Ouest du golfe de Béjaïa , entre Cap Carbon et Cap Aokas. Mémoire de Master, Alger : USTHB.
- DJOUDER, BOUTIBA (2017).** Vulnerability assessment of coastal areas to sea level rise from the physical and socioeconomic parameters: case of the Gulf Coast of Béjaïa , Algeria. Arab J Geosci 10: 299. DOI 10.1007/s12517-017-3062-5.
- DOLAN, R. (1992).** Temporal analysis of shoreline recession and accretion. Journal of Coastal Research, p. 723-744.
- DUPLAN, (1960).** Morphologie régionale: Béjaïa , 19e congrès géologiques international. 1ère série, Algérie. p39.
- DURAND P., (2000).** Approche méthodologique pour l'analyse de l'évolution des littoraux sableux par photo-interprétation, Photo- Interprétation, 2000/1-2, ESKA, Paris, p. 3-18
- GREENWOOD , OSBORNE, PD, (1990).** Vertical and horizontal structure in cross-shore flows; an example of undertow and set-up on a barred beach .Coastal Engineering, p 543-580.
- GRENIER A. DUBOIS J.M.M. (1990).** Évolution littorale récente par télédétection : synthèse méthodologique. Photo-interprétation, n° 1990/6, pp 3-16.
- HASSISSENE, M. (1989).** Etude géologique des Djebels Aghabalou et Gouraya. Eléments occidentaux du domaine des Babors (Région de Béjaïa ), Thèse magister. Géologie .Alger : U.S.T.H.B. p. 98.
- HJULSTROM, F. (1935).** Studies of the morphological activity of rivers as illustrated by the river Fyris. Bulletin of the Geological Institute of Uppsala, p. 221-527.
- LECLAIRE, (1972).** Sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares (pré-continent Algérien). ). Mémoire Muséum histoire Naturelle. Paris. Série C, Tome 24, p. 391.
- LEFEVREL, C. (2011).** La gestion intégrée côtière et marine : nouvelles perspectives.
- MACKELBAGH, A. (2009),** « Et si le littoral aller jusqu'à la mer », Versailles Cedex France : QUAE, p.5.
- MCLAUGHLIN, C., et al. (2010)** .A multi-scale coastal vulnerability index: A tool for coastal managers, Environmental Hazards, p. 9 -248
- MAZOUZ, S., HAMANA , S. (1994).** Le dragage du port de Béjaïa : conséquences et étude de la suite de dépôt, Mémoire de fin d'étude en aménagement du littorale et protection de l'environnement et protection de l'environnement option aménagement du littoral, Alger : I.S.M.A.L, p .89.

- MILLOT, C. (1987).** La circulation générale en méditerrané occidental. Annales de géographie n°549.Marseille, p. 497-515.
- MOORE, L. J. (2000).** «Shoreline mapping techniques». Journal of Coastal Research, vol. 16, no. 1, p. 111-124
- O.N.M. de BÉJAÏA , (2006).**Office National de la Météorologie, direction de Béjaïa . Document non publié, Alger : O.N.M.
- PASKOFF, R. (2007).** L'érosion des plages : les causes, les remèdes, 1<sup>ère</sup> édition. Paris : Institut océanographique, p.37.
- PASKOFF, R. (1998).** Côtes en danger. 1<sup>ère</sup> édition. Paris, France : Le Harmattan.
- REFES, W. (2011).** Contribution à la connaissance de la biodiversité des fonds chalutables de la côte Algérienne: les peuplements ichtyologiques des fonds chalutables du secteur oriental de la côte algérienne. Thèse de doctorat. Science de la mer. Algérie: Université badji mokhtar, Annaba. P.280.
- STEPANIAN. (2002).** Evolution morphodynamique d'une plage macrotidale à Barres: Omaha beach (Normandie). PhD thesis, Université de Caen, France: river Fyris. Bulletin of the Geological Institute of Uppsala, p. 221-527
- SHIELDS, A. (1936).** Anwendung der Ähnlichkeitsmechanik und der turbulenz forschung auf die Geschiebebewegung. Mitt. Der Preuss. Versuchsamst. Germany: für Wasserbau und Schiffbau, p. 320.
- SHORT, A. D., AAGAARD , T., (1993).** Single and multi bar- Beach change models .Journal of coastal research, p.15-822.
- SDAT 2030 :** livre n°01 : le diagnostic, audit du tourisme Algérien. Document non publié. Alger : SDAT.
- SUANEZ S., SIMON B., (1997) .**Utilisation de l'analyse diachronique dans l'étude de l'évolution du littoral oriental du delta du Rhône (France, Sud-Est), Photo-Interprétation, 1997/3-4, Paris : ESKA p. 147-154
- THIELER, E.R. (2005).** Photogrammetry: Encyclopedia of Coastal Science. Netherlands: Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, p. 764-769
- VALADAS.B, (2004).** Géomorphologie dynamique, paris : Armand Colin p.5 -136.

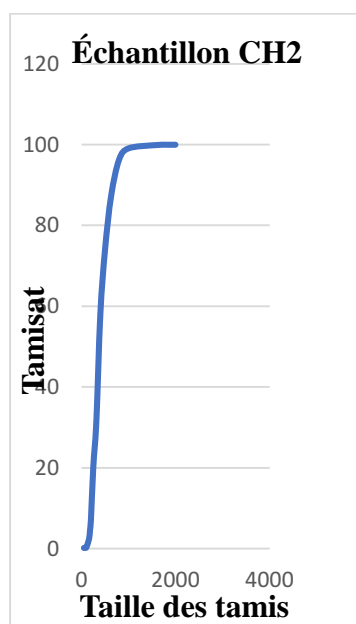
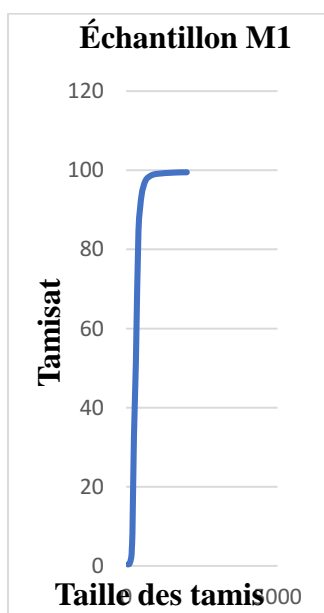
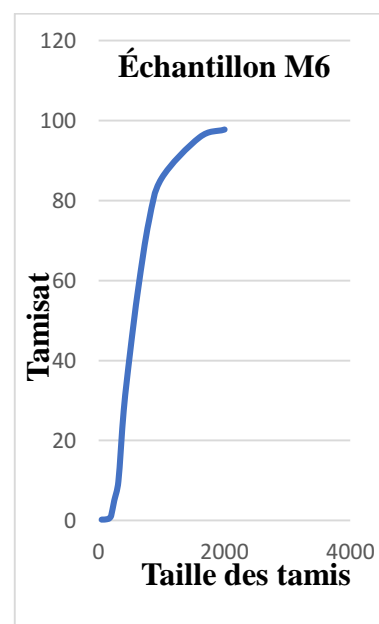
# **ANNEXES**

## Annexe I :

Commune	Superficie de côte (km <sup>2</sup> )	Longueur de côte (km)
<b>Communes de Béjaïa</b>		
Bejaia	184.16	32.45
Boukhelifa	116.38	6.85
Tichy	56.66	6.80
Aokas	27.87	7.11
Souk El Tenine	26.28	4.76
Melbou	47.47	10.39
<b>Communes de Jijel</b>		
Ziama Mansouriah	102.31	
El Aouana	127.94	

Tableau n° 1: Données relatives aux communes littorales de la wilaya de Bejaia (SDAT).

## Annexe II :

Fig<sup>o</sup>1 : Courbe uni modaleFig<sup>o</sup>2 : Courbe bimodaleFig<sup>o</sup>3 : Courbe plurimodale

## Les courbes granulométriques

## Annexe III :

## 4 .Les caractéristiques des récepteurs :

- 48 canaux GPS et WAAS/EGNOS indépendants.
- Traitement code C/A et Phase L1/L2
- Type d'Antennes: géodésique externe
- Performance en mode statique (RMS)
- Précision planimétrique: **0.005 m + 1 mm** par mile avec une portée maximale de 20 km
- Précision altimétrique: **0.010 m + 2 mm** par mile avec une portée maximale de 20 km

## Annexe IV :

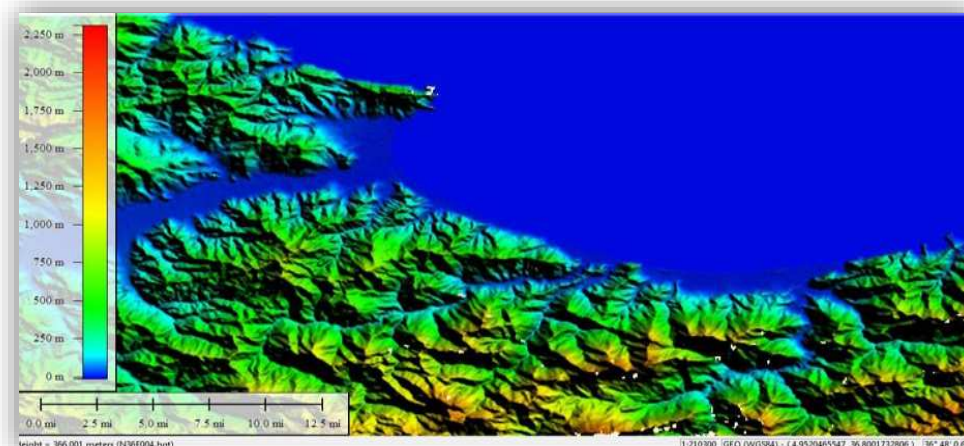


Fig n°4 : Modèle Numérique de Terrain de la wilaya de Béjaïa. (PAC 2017)

## Annexe IV :

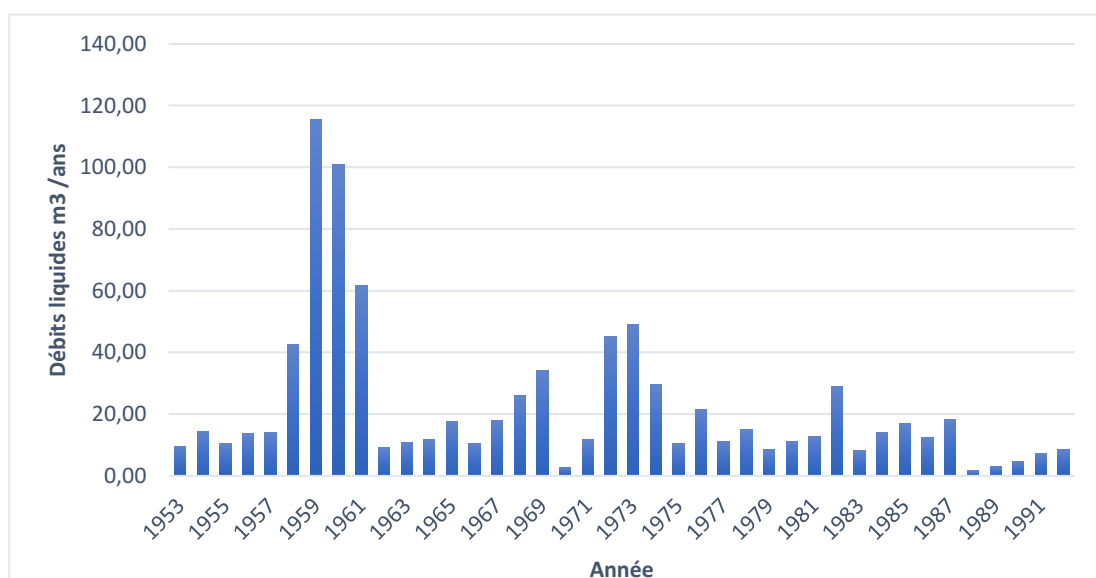
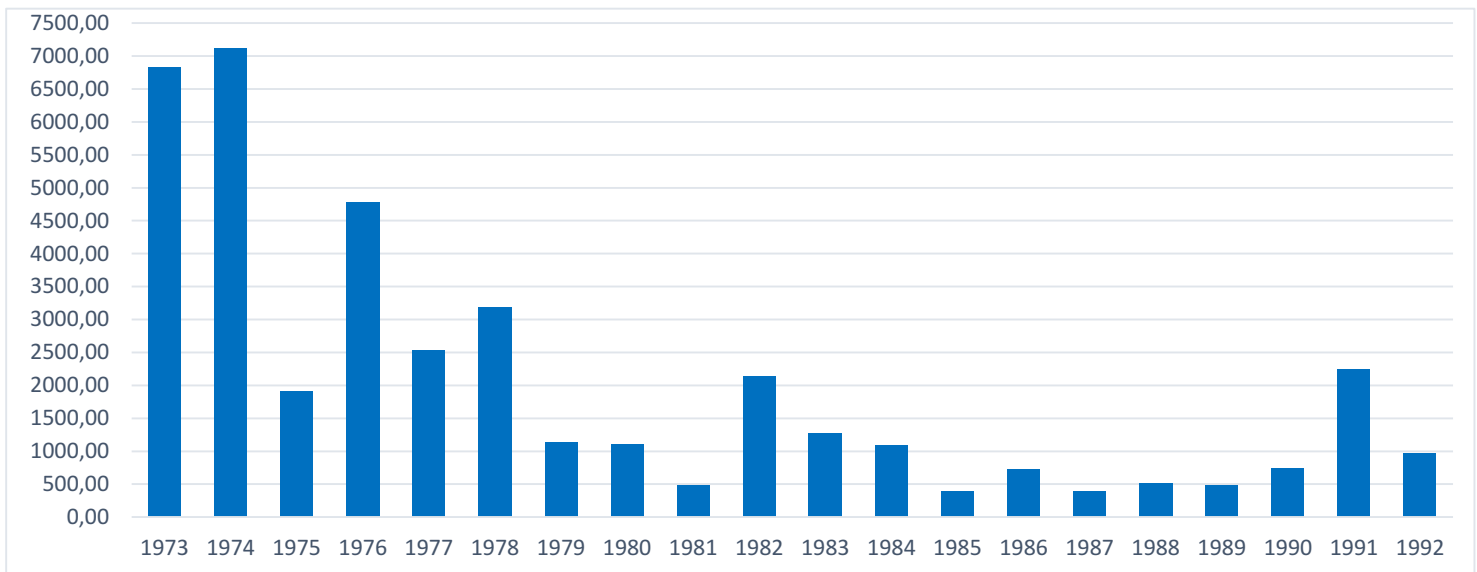


Fig n° 5: Moyennes annuelles des débits liquides de l'oued Soummam à la station de Sidi Aïch, pour la période 1973-1993.

## Annexe V :



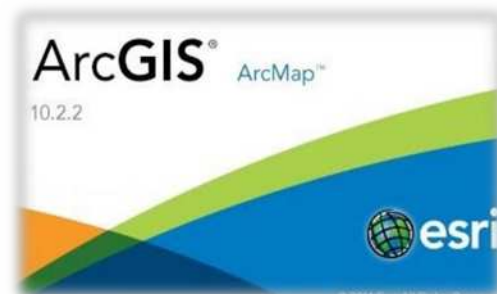
**Fig n°6 :** Moyennes annuelles des débits solides de l’oued Soummam à la station de Sidi Aïch, pour la période 1973-1993

## Annexe VI :

## Les logiciels utilisés :

**Arc GIS 10.2 :**

ArcGIS, une suite de logiciels d'information géographique (logiciels SIG) développés par la société américaine Esri (Environmental Systems Research Institute). Ce logiciel offre de nombreuses potentialités pour la manipulation, la gestion, l'analyse et l'édition des données spatiales. (Aoudj, 2014)



En 1999, ESRI a réalisé son produit d’ArcGIS 8.x), 9.x en 2004, ArcGIS 10.x en 2010 ensuite Une version 10 d’ArcGIS est disponible depuis la fin de l’année 2010, la version 10.3.12 est disponible en français depuis juillet 2015 ; La version actuelle est la 10.4.3. Elle est disponible depuis avril 2016.

**ArcGIS** comporte trois applications principales :

- **ArcCatalog** : est un explorateur de données tabulaires et cartographiques offrant des outils de gestion et d’organisation analogues à ceux offerts par les systèmes d’exploitation comme Windows ou DOS (copier, renommer, effacer, créer des icônes, etc.). ArcCatalog permet aussi de visualiser les données tabulaires et des couches géographiques ainsi qu’une exploration des différents thèmes qui les constituent.
- **ArcMap** : est l’application fondamentale du logiciel ArcGIS. Elle contient une boîte à outils, organisés sous forme de modules indépendants (extensions), permettant de gérer,

manipuler, analyser et éditer les différentes couches d'informations de la base de données.

- **ArcToolbox** : est une boîte à outils permettant d'effectuer des conversions et de transferts de format et aussi de projection.



### Annexe VI I :

**Tableau n° 3** : Tableau de taux d'évolution de trait de côte

Numéro de transect	TDC	EPR
1	0	1.18
2	100	-2.95
3	200	6.54
4	300	5.69
5	400	8.43
6	500	0.04
7	600	0.05
8	700	0.05
9	800	0.05
10	900	0.05
11	1000	0.05
12	1100	0.05
13	1200	0.05
14	1300	0.03
15	1400	0.05
16	1500	0.01
17	1600	0.01
18	1700	0.01
19	1800	0.01
20	1900	0.02
21	2000	0.01
22	2100	0.02
23	2200	0.05
24	2300	0.02
25	2400	0.02
26	2500	0.02
27	2600	0.04
28	2700	0.07
29	2800	-0.02
30	2900	0.05
31	3000	0.03
32	3100	0.03

33	3200	0.04
34	3300	0.04
35	3400	0
36	3500	0
37	3600	4.45
38	3700	4.14
39	3800	0.91
40	3900	0
41	4000	0
42	4100	0
43	4200	0
44	4300	0
45	4400	0
46	4500	0
47	4600	0
48	4700	0
49	4800	0
50	4900	0
51	5000	0
52	5100	0
53	5200	0
54	5300	0
55	5400	0
56	5500	0
57	5600	0
58	5700	0
59	5800	0
60	5900	0
61	6000	0
62	6100	0
63	6200	0
64	6300	0
65	6400	0
66	6500	0
67	6600	0
68	6700	0
69	6800	0
70	6900	0
72	7100	0
77	7600	0
78	7700	-9.37
79	7800	-9.64
80	7900	-9.82
81	8000	-9.71
82	8100	-8.73
83	8200	-8.75
84	8300	-8.69
85	8400	-8.6
86	8500	-8.12
87	8600	-10.34
88	8700	32.18
89	8800	1.09
90	8900	-1.87
91	9000	-3.46

---

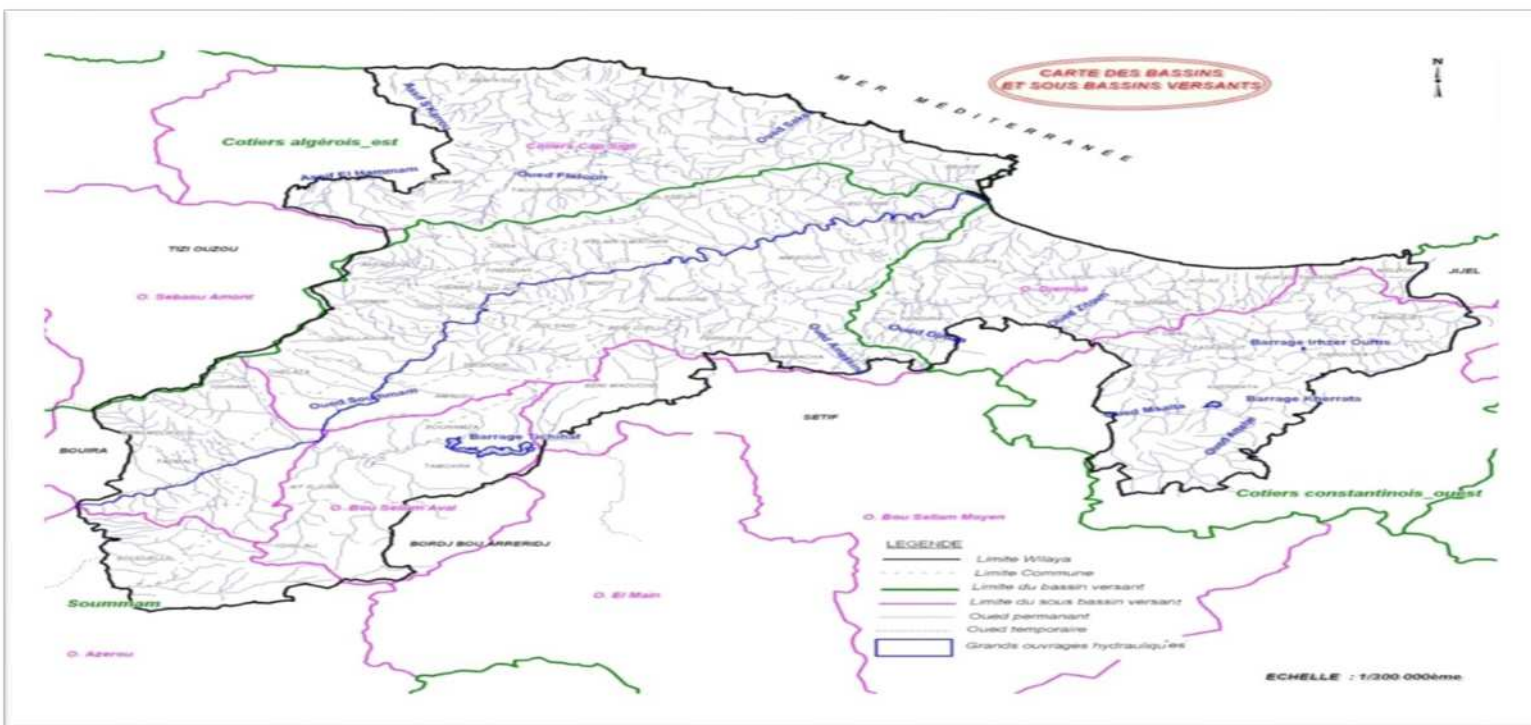
92	9100	-3.35
93	9200	-2.76
94	9300	-3.3
95	9400	-3.6
96	9500	-3.72
97	9600	-3.59
98	9700	2.02
99	9800	-3.6
100	9900	-3.88
101	10000	-4.01
102	10100	-4.28
103	10200	-3.81
104	10300	-5.49
105	10400	-7

## Annexe X :

Tableau n°5 : Moyennes annuelles des débits liquides des différents affluents d'oued Soummam période 1961-1971 (Visiterv, 1987).

	Affluent d'Oued Soummam	Superficie du Bassin versant (Km <sup>2</sup> )	Débits moyens (m <sup>3</sup> /an)
<b>Rive gauche</b>	Oued Sahel	3800	-
	Oued Illoula	40	4x10 <sup>6</sup>
	Oued Ighzer Amokrane	80	12x10 <sup>6</sup>
	Oued Remila	100	28x10 <sup>6</sup>
	Oued El Kseur	55	12x10 <sup>6</sup>
	Oued Ghir	50	12x10 <sup>6</sup>
<b>Rive droite</b>	Oued Boussellam	4300	-
	Oued Sedouk	125	10x10 <sup>6</sup>
	Oued Amassine	195	15x10 <sup>6</sup>
	Oued Amizour	55	-

Figure n° 6 : carte des bassins et sous bassins versants (PAC 2017)



**Résumé :**

Le littoral de Béjaïa qui s'étend sur une centaine de kilomètres, est un lieu touristique et comprend plusieurs belles plages. Ce dernier, est convoité à des pressions anthropiques (la construction du barrage de Tichy- Haff en amont et à l'implantation de la zone industrielle du groupement Cevital en aval) engendrant une dégradation de ce beau milieu (voire, la disparition de certaines plages à savoir : Sidi Ali Lebhar et Lebhar et Tassifh).

Notre objet consistait à mieux cerner le fonctionnement de cette frange côtière tout en incluant la partie terrestre qui comprend le bassin versant de l'Oued Soummam étant à la base la source d'alimentation par ses apports d'une part. D'autre part, par l'interprétation des différents tracés des linéaires côtiers de cette zone (sur une étendue de vingt-huit ans) à partir des photographies aériennes de haute résolution récoltées durant notre stage à l'INCT et par l'évolution de son relief sous-marin.

Ce travail nous renseigne que cette frange côtière se caractérise par une morphologie plus ou moins régulière parallèle à la côte, de forte érosion et une faible accrétion ainsi que leurs sédiments sont variés et son maximum vers les fines.

Cette érosion est un problème majeur qui se répercute négativement sur les activités socio-économiques et touristique de la région.

**Mots clés :** Photos aériennes- Trait de côte -Bassin versant –Modélisation -Cinématique du trait de côte- Baie de Béjaïa -Mike21- Surfer - Oued Soummam - Arc Gis – GSTA - GRADSTAT.

**Rubrique de classement :**

Aménagement du littoral, ingénierie et géosciences littorales.

**JURY :**

Présidente : M<sup>me</sup>. La Professeur **BACHARI HOUMA F.**  
Promoteur : M. Le Professeur **BELKESSA R.**  
Co-promoteur : M. Le Cadre **AOUDJ C.**  
Examineurs : M. Le Maître Assistant **A OTMANI H.**  
Examinatrice : M<sup>me</sup>. La Sous Directrice SD/ESP au MICLAT **DJEHA S.**

**ملخص :**

ساحل بجاية يمتد على مئات الكيلومترات ، هو مكان سياحي يتضمن العديد من الشواطئ الجميلة ، و هذا الأخير يتعرض للضغوطات البشرية (بناء السدود تيشي -حاف، وانشاء المنطقة الصناعية مجمع سيفيتال) مما تسبب في تدهور الوسط (اختفاء بعض الشواطئ منها سيدي علي لبحر - تسيفت)

هدفنا هو فهم بشكل أفضل عمل هذه الشرائط الساحلية وذلك مع ضم الجزء الأرضي الذي يحتوي مستجمعات المياه في واد الصومام و هذا الأخير هو في الأساس مصدر غذاء للشواطئ من جهة. من ناحية أخرى ، من خلال تفسير تخطيطات مختلفة من الخطوط الساحلية في هذه المنطقة (على مدى ثمانية و عشرين عاما) من الصور الجوية عالية الدقة التي تم جمعها خلال فترة تربصنا في INCT ومن تطور تضاريسها البحرية.

هذا العمل يخبرنا بأن هذا الشريط الساحلي يتميز بشكل أو بآخر بموازنة منتظمة مع الساحل، تآكل قوي و تراكم منخفض فضلا عن رواسبها المتنوعة.

هذا التآكل مشكلة رئيسية لها تأثير سلبي على الأنشطة الاجتماعية، الاقتصادية والسياحية في المنطقة.

**كلمات مفتاحية:** الصور الجوية، خط الساحل ، مجمع المياه، النمذجة، خط الساحل، خليج بجاية ، Mike 21، Surfer ، واد الصومام.

**Abstract:**

Coastline of Bejaia extended on a hundred kilometers, a touristic area that has got many beautiful beaches. The latter, was converted to an anthropogenic pressures (upstream construction of Tichy\_half's dam and to the implantation of the industrial zone of downstream cevital group engendering a degradation of this beautiful place (the disappearance of some beaches as Sidi Ali Lebhar and Tassifth).

Our goal consisted on better understanding the operation of this Coastal fringe including the terrestrial part which includes the watershed of Soumam wadi being at the base of alimentary source by its contributions firstly. Secondly, by the interpretation of different traces of the coastal lineages of this zone (Over a span of twenty-eight years) from the high resolution aerial photographs collected during our internship in the INCT and by the evolution of its underwater relief.

This work informs us that this coastal is characterized by a morphology more or less regular parallel to the coast of a strong erosion and a weak accretion. In addition, its sediments are various and its maximum to the fines.

This erosion is a major issue which echoes negatively on the socio-economic and tourist activities of the region.

**Keywords:** aerial photographs, coastlines, watershed, modelization, coastline kinematics, bay of Bejaia, Mike 21, Surfer, Soumam wadi.