

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
**Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de
l'Aménagement du Littoral**

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR
D'ETAT EN SCIENCES DE LA MER.
OPTION : AMENAGEMENT DU LITTORAL.



Thème :

**Evolution du trait de côte de Cap
Djinet.**

Présenté par :

- Belhadj Ahmed

Soutenu le Dimanche 26/10/2014 à 13h, devant la commission de jury composée de :

Mr. DRICHE M.	(Maître de conférences B, ENSSMAL)	Président
Mr. BELKESSA R.	(Professeur, ENSSMAL)	Promoteur
Mme. BENZOUAI S.	(Maître assistante A, ENSSMAL)	Examinatrice
Mr. BACHOUCHE S.	(Chercheur permanent, CNRPDA)	Examineur

Promotion 2014

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Allah le tout puissant pour nous avoir donné la santé, le courage et la volonté, pour réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer toutes nos reconnaissances à ceux qui, à divers titres, ont collaboré à la réalisation de ce travail. Nous les devons à de nombreuses personnes que nous avons le plaisir et l'honneur de citer ci-après.

Mr BELKESSA Rabah pour avoir accepté d'encadrer ce travail, pour sa confiance, sa disponibilité, ses encouragements et ses précieux conseils au cours de la réalisation de ce mémoire.

Nous tenons à remercier Melle SEGHIR Ahlam pour avoir dirigé ce travail, pour leurs aides, leurs soutiens ainsi que leurs conseils judicieux au long de la réalisation de ce mémoire.

Nos remerciements vont également aux membres du jury qui nous ont fait honneur de leur présence et sans oublier l'ensemble du personnel du ENSSMAL pour le meilleur accueil, et d'avoir facilité la consultation des documents nécessaires pour notre travail.

Enfin nos vifs remerciements, à toutes les personnes qui nous ont aidé du près ou de loin à la réalisation de ce mémoire de fin d'étude.

Belhadj

Dédicace

Je dédie ce travail :

A mes chers parents, qui se sont toujours soucies de mes intérêts.

A tous mes sœurs.

A toute ma famille.

A tous mes amis.

A tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin.

Ahmed

Sommaire

Introduction	10
Chapitre I : Généralités	12
1. Le trait de côte.....	13
1.1. Définition	13
1.2. Facteur d'évolution du trait de côte	13
1.3. Méthodes et outils de suivi du trait de côte	14
1.3.1. Outils fréquemment utilisés	14
1.3.2. Méthodes	15
2. Cadre géographique.....	16
3. Cadre géologique et stratigraphique.....	17
3.1. La géologie.....	17
3.2. La stratigraphie	18
4. Apports fluviatiles	18
4.1. Oued Sébaou	19
4.2. Oued Isser	19
5. Facteurs hydrodynamiques.....	20
5.1. Régime des vents	20
5.2. Régime des houles	21
5.3. Régime des courants	22
6. Approche globale sur le port.....	23
7. Etude bathymétrique.....	24
Chapitre II : Matériels et méthodes	26
1. Etude granulométrique.....	27
1.1. Définition.....	27
1.2. Principe.....	27
1.3. Travaux en mer.....	27
1.3.1. Prélèvement des échantillons et choix des stations.....	27
1.3.2. Matériel utilisé dans l'échantillonnage.....	28
1.4. Travaux au laboratoire.....	28
1.4.1. Matériel utilisé dans le traitement des échantillons.....	28
1.4.2. Méthodologie.....	29
1.4.3. Fractions pélitiques.....	30
1.4.4. Indices granulométriques.....	30
1.4.5. Indice de classement (Sorting de Trask)	31
1.4.6. Le coefficient d'asymétrie (SK)	31
1.4.7. Analyse calcimétrique.....	31
2. Etude de l'évolution du trait de côte.....	32
Chapitre III : Résultats et discussions	33
1. Etude granulométrique	34
1.1. Les courbes granulométriques	34
1.2. Fractions pélitiques.....	34

Sommaire

1.3. Indices granulométriques.....	35
1.4. Indice de classement (Sorting de Trask).....	37
1.5. Le coefficient d'asymétrie (SK).....	38
1.6. Analyse calcimétrique.....	38
2. Etude de l'évolution du trait de côte.....	39
Conclusion _____	43
Bibliographie _____	46
Annexes _____	48

Liste des abréviations

A.F.N.O.R :	A ssociation F rançaise de N ormalisation.
ANRH :	A gence Nationale des R essources H ydrologiques.
DGPS:	D ifferential G lobal P ositioning S ystem.
ENSSMAL :	E cole N ationale Supérieure des S ciences de la M er et de l'Aménagement du L ittoral.
IGN :	I nstitut G éographique N ational.
LEM :	L aboratoire des E tudes M aritimes.
LiDAR:	L ight D etection and R anging.
MEEDDM :	M inistre de l' E cologie, de l' E nergie, du D éveloppement D urable et de M étropolitain.
MEDDTL :	M inistre de l' E cologie, du D éveloppement D urable, des T ransports et du L ogement.
SONELGAZ :	S ociété N ational d' E lectricité et de G az.
S.H.O.M :	S ervice H ydrographique et O céanographique de la M arine.
USSMO:	U S N aval W eather S ervice C ommand.

Liste des symboles

Lo :	L ongueur d'onde de la houle au large.
Sk :	I ndice de symétrie de la distribution.
So :	I ndice de tri.
Q25 :	les quartiles.
Q50 :	la médiane.
Q75 :	les quartiles.

Liste des figures

Figure I.1 : Situation géographique de la zone d'étude (DMATC, 1972)	17
Figure I.2 : Géologie régionale de cap Djinet (Flandrin, 1952).....	18
Figure I.3 : Rose annuelle des vents au large des côtes algériennes (données relatives) (USSMO, 1974)	21
Figure I.4 : Plan de masse du port de cap Djinet (Google Earth digitalisée, 2009).....	24
Figure I.5 : bathymétrie de la zone d'étude basée sur les levés topo-bathymétrie effectués par le LEM en Mars 2009.....	25
Figure I.6 : Représentation des profils bathymétriques (Layoune et Tiguercha, 2011)	25
Figure II.1 : Carte de positionnement des points de prélèvement (Google Earth, 2014)	27
Figure II.2 : Méthodologie suivie pour l'analyse granulométrique.....	30
Figure III.1 : Histogramme plurimodale.....	34
Figure III.2 : Courbe plurimodale.....	34
Figure III.3 : Répartition des pélites dans la plage de Cap Djinet.....	35
Figure III.4 : Répartition des médianes (Q25) dans la plage de Cap Djinet.....	35
Figure III.5 : Répartition des médianes (Q50) dans la plage de Cap Djinet.....	36
Figure III.6 : Répartition des médianes (Q75) dans la plage de Cap Djinet.....	36
Figure III.7 : Répartition de l'indice des tailles maximales : (P90).....	37
Figure III.8 : Répartition de l'indice des tailles minimales : (P10).....	37
Figure III.9 : Variation de l'indice de classement.....	38
Figure III.10 : Variation du coefficient d'asymétrie.....	38
Figure III.11 : Répartition des carbonates dans la plage de Cap Djinet.....	39
Figure III.12 : Pourcentage des carbonates dans les sédiments de la plage Cap Djinet.....	39
Figure III.13 : Evolution de trait de côte entre 1973 et 2014, localisation des transects de mesure dans la région de Cap Djinet.....	40
Figure II.14 : Evolution moyenne du trait de côte du littoral de Cap Djinet sur une période pluriannuelle (1973 -2014).....	42

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Débits et apports moyens annuels d'oued Sébaou (ANRH, 1999 ; 2007)	19
Tableau I.2 : Débits et apports moyens annuels d'oued Isser (ANRH, 1997-2001)	20
Tableau I.3 : Fréquences mensuelles des houles au large par direction (USSMO, 1963-1970).....	21
Tableau I.4 : Superficies des sous bassins du port de cap Djinet	23
Tableau II.1 : Matériel utilisé dans le traitement des échantillons.....	28
Tableau III.1 : Evolution de trait de côte entre 1973 et 2014 au niveau de Cap Djinet.....	40

Introduction

Introduction :

La côte est une position momentanée de la ligne de rivage ; qui peut avoir laissé vers la mer ou vers la terre des traces plus anciennes. Aujourd'hui les côtes sableuses constituent l'attraction favorite des gens, surtout en période estivale, pour se reposer ou se divertir. Ces plages qui sont un patrimoine à préserver connaissent d'importants problèmes d'érosion. Selon **Paskoff (1984)** et **Pirazzoni (1997)**, environ 80% des côtes à l'échelle mondiale sont en voie d'amaigrissement.

Comme toute la côte algérienne est soumise à ce genre de phénomène ; dont les origines peuvent venir de l'action de l'homme qui'il peut être source de déséquilibre des littoraux à plages sableuses. La présente étude ne prétend pas présenter une solution claire à cette problématique d'érosion, mais nous venons de voir, à travers l'exemple du littoral Algérien-cap Djinet-, comment les activités humaines sur le front de mer, peuvent modifier profondément la morphologie côtière.

Cette méthode d'étude utilisée offre la possibilité d'évaluer les effets cumulés des différentes interventions menées en zone côtière. Cela dit, il faut souligner certaines initiatives particulièrement intéressantes de la côte concernée.

En Algérie, on assiste, à l'heure actuelle, à une dégradation importante de la zone littorale sur l'ensemble du territoire national telles que la baie de Bou-Ismaïl, la baie de Zemmouri, la baie de Bejaïa...cette dégradation se traduit par un démaigrissement de la plage, le recul du trait de côte, l'ensablement et l'envasement des port (**Bouakline et Cherbi, 2006**).

Le port de pêche et de plaisance de cap Djinet a été implanté en 2008 dans la partie orientale du cap, durant la construction du port un important phénomène d'ensablement est observé, gênant la poursuite des travaux, bloquant la circulation des bateaux et agissent dans une zone beaucoup plus étendue que le site cap Djinet (**Layoune et Tiguercha, 2011**).

L'évolution de la plage de cap Djinet dénote un recul constant depuis plusieurs années, mais il s'était accéléré après l'installation de ce port ; la plage de cap Djinet a enregistré une évolution bien visible en agissant sur les différentes parties de la zone avec des dégâts conséquents sur la station électrique de cap Djinet

Notre étude porte sur l'évolution des plages de la côte Est algéroise dans la plage de cap Djinet qui est un parfait exemple d'un environnement littoral en voie de destruction. Pour mieux l'étudier il faut faire une analyse de l'évolution géomorphologique de cette zone littorale qu'il permettra de savoir, d'une part, les différentes positions que la ligne de rivage a pris dans ces différentes périodes, atteint au moyen des mesures de l'évolution de la ligne du rivage et de la largeur des plages, et d'autre part, de connaître l'évolution sédimentologique autour des ouvrages et leurs fonctionnements en grandeur nature.

Cela nous permet sans doute de connaître les causes de cette évolution terrible, l'impact du port sur l'évolution du trait de côte et de mesurer les phénomènes d'érosion et d'accumulation intervenus depuis plusieurs décennies à cette frange du littoral. Dans un tel contexte, la connaissance des réponses des systèmes côtiers à l'artificialité du littoral est essentielle à la gestion à long terme des littoraux. Le travail a été abordé selon les étapes suivantes :

Dans le premier chapitre nous avons décrit les aspects généraux du milieu ; la géologie, la stratigraphie, les apports fluviaux, les facteurs hydrodynamiques et les conditions naturelles y compris les vents.

Le deuxième chapitre est consacré aux méthodes suivies et matériaux utilisés pour les différentes études (sédimentologie, l'évolution du trait de côte). Le troisième chapitre comporte l'interprétation des résultats obtenus dans le deuxième chapitre.

Chapitre I

Généralités

Généralités :**1. Le trait de côte****1.1. Définition :**

Le trait de côte n'a pas une unique définition. Par exemple sur certaines cartes IGN, il s'agit des « laisses de pleine mer » tandis que pour le SHOM, il s'agit de la limite supérieure atteinte par la mer aux plus fortes marées. Cette dernière définition est aussi celle retenue dans le guide de gestion du trait de côte du MEDDTL (**MEEDDM, 2010**). Ainsi, le trait de côte peut être caractérisé par la corniche d'une falaise rocheuse ou dunaire, dans le cas de dunes en érosion, ou être matérialisé par la limite de végétation pour les dunes en accrétion. La variabilité de la définition du trait de côte provient de la particularité morpho-dynamique du littoral : c'est une zone en mouvement, sans cesse changeante, qui n'admet pas de limite fixe, chaque façade maritime est différente en termes de conditions de types de côte (rocheuse, meuble, artificialisée) ce qui induit des divergences de définition du trait de côte. Pour effectuer un suivi dans le temps du trait de côte, il importe de travailler avec la même définition pour la zone étudiée. Il s'agit avant tout de faire des comparaisons entre différentes observations. Par conséquent, le choix de la définition du trait de côte n'est pas fondamental pourvu que l'on conserve la même définition pendant toute la durée du suivi. Par contre, l'analyse de l'évolution du trait de côte couvrant plusieurs sites où sa définition diffère posera des problèmes.

1.2. Facteurs d'évolution du trait de côte :

La gestion de la zone côtière nécessite une bonne connaissance des processus responsables de la mobilité (érosion/accumulation) du littoral. Quatre types de processus interviennent dans la mobilité du trait de côte :

- la baisse d'apport de sédiment d'origine continentale par les fleuves depuis la fin du dernier épisode glaciaire (**Paskoff, 2005**) ;
- les processus marins (houle, marée, courants associés...) ;
- les processus continentaux (vent, gel, hydrologie, altérations physico-chimiques des roches...) ;
- les processus anthropiques (ouvrages de défense...) qui agissent sur les matériaux et/ou déplacent les sédiments (sables, galets...).

Les matériaux peuvent être déplacés par charriage (les matériaux sont roulés et glissent), saltation (le transport s'effectue par sauts successifs) ou suspension (les sédiments sont dispersés dans l'eau ou l'air sous l'effet de la turbulence).

1.2.1. Les processus marins :

Le profil des plages de sable ou de galets est en équilibre dynamique avec les conditions de forçage : par houle de tempêtes, les sédiments migrent vers le bas estran (phénomène de démaigrissement) ; par houle de beau temps, les sédiments remontent vers l'estran et le profil se relève (phénomène d'engraissement). Cet ajustement morpho-sédimentaire des plages aux conditions d'agitation est appelé variation saisonnière du profil de plage.

Les courants liés à la houle sont prédominants près de la côte. Ils peuvent être longitudinaux (phénomène de dérive littorale) ou transversaux (en partie responsables du profil de plage). Les courants de marée sont eux prépondérants au large et dominés par les courants de houle à l'approche de la côte.

L'action incessante et directe des vagues est également en partie responsable de l'érosion des côtes rocheuses (impact de la pression de l'eau, abrasion due à la présence de sédiments en suspension). La position du trait de côte est aussi fonction du niveau marin. Il y a aujourd'hui un consensus scientifique sur l'augmentation du niveau de la mer due au changement

climatique actuel.

1.2.2. Les aménagements et actions anthropiques :

Les aménagements (digues, épis, brise-lames).et actions anthropiques (rechargement de plage, prélèvements des granulats...) modifient les conditions côtières et conduisent à des modifications des processus naturels par adaptation du système à ces nouvelles conditions.

Initialement les ouvrages répondent à une problématique bien précise et locale et sont généralement efficaces (localement). En contrepartie, ces ouvrages « durs » bloquent souvent les processus naturels tels que la dérive littorale conduisant à un déficit sédimentaire des zones voisines. Celles-ci se retrouvent alors soumises à une érosion accrue du fait d'un bilan sédimentaire négatif.

D'autres actions anthropiques sont à l'origine d'une érosion accentuée du littoral, telles que la charge gravitaire des habitations en bord de falaises, la réduction des apports solides fluviaux due à la présence de barrages sur le cours des fleuves ou les extractions de sable.

1.3. Méthodes et outils de suivi du trait de côte :

1.3.1. Outils fréquemment utilisés :

Il existe de nombreuses techniques pour appréhender l'évolution morphologique du littoral. La liste ci-dessous n'est pas exhaustive mais donne un bon aperçu des outils les plus couramment employés par les observatoires pour suivre l'évolution du trait de côte.

1.3.1.1. Tachéomètre :

Un tachéomètre est un théodolite (appareil servant à mesurer l'angle entre deux points) qui mesure également des distances grâce à un télémètre à visée infrarouge intégré à l'appareil. Les plus récents tachéomètres stockent les mesures dans une carte mémoire, pour les transférer et les traite ensuite par ordinateur. L'utilisation d'un tachéomètre pour des levés topographiques impliquent de rattacher les mesures à un repère fixe local, en particulier pour les données altimétriques. La précision d'un tachéomètre est généralement meilleure que celle des DGPS centimétriques.

1.3.1.2. DGPS (Differential Global Positioning System):

Un GPS différentiel est une amélioration du GPS. Il utilise un réseau de stations fixes de référence transmettant l'écart entre leur position réelle connue et la position indiquée par les satellites. Il permet de réaliser des levés topographiques de grande précision (centimétrique voire subcentimétrique pour les plus performants), mais en général inférieure à celle des tachéomètres. L'avantage d'un DGPS réside dans la rapidité de la mesure et l'automatisation, aucun repère général n'étant nécessaire.

1.3.1.3. Laser aéroporté (LiDAR) :

Le LiDAR (Light Détection and Ranging), ou télédétection par laser aéroporté, permet d'effectuer des levés topo-bathymétriques avec une précision décimétrique et une résolution inférieure au mètre, et donne ainsi accès à une représentation 3D de la surface terrestre. Le fonctionnement d'un LiDAR est similaire à celui d'un radar en utilisant non plus une onde radio mais une onde lumineuse (laser). La distance à un objet ou à une surface est calculée via la mesure du temps écoulé entre l'impulsion lumineuse et la réception du signal réfléchi. Un des avantages du LiDAR (par rapport au DGPS notamment) est de pouvoir couvrir une vaste étendue en peu de temps (35 à 40 km² par heure de vol). Il est particulièrement adapté pour obtenir des mesures topographiques et/ou bathymétriques (en fonction du type de LiDAR) pour des faibles profondeurs (inférieures à 40 m) et dans des zones peu turbides. Il présente un grand intérêt dans l'étude des processus hydro sédimentaires et de l'évolution du trait de côte, notamment pour les sites sensibles à forte variabilité.

Pour être utile, il faut néanmoins réitérer les missions de collecte de données afin d'aboutir à une réelle analyse diachronique. A l'heure actuelle, tous les observatoires n'ont pas de LiDAR

à leur disposition.

1.3.1.4. Photogrammétrie et orthophotographie :

La photogrammétrie est une technique qui permet d'effectuer des mesures dans une scène à partir de clichés photographiques en utilisant la parallaxe entre ces clichés pris selon des points de vue différents.

L'orthophotographie est une application de la photogrammétrie aérienne. Il s'agit d'obtenir une image aérienne verticale rectifiée géométriquement de façon à ce qu'elle soit superposable en tout point à une carte plane qui lui correspond. Ainsi, le traitement des clichés aériens en orthophotographies permet de localiser avec précision le trait de côte, et la comparaison de plusieurs orthophotographies permet de mesurer quantitativement les évolutions.

1.3.1.5. Sondeur bathymétrique :

Un sondeur bathymétrique sert à mesurer la profondeur. Les sondeurs utilisent les ondes acoustiques et fonctionnent selon le même principe que le radar (profondeur déduite du temps de trajet de l'onde acoustique émise et réfléchi par le fond). Ils sont généralement embarqués à bord de bateaux et peuvent être utilisés quelle que soit la turbidité de l'eau.

1.3.1.6. Suivi photographique :

Il s'agit de prendre une série de clichés à partir d'un même point de vue (au sol ou aérien), à des intervalles réguliers qui peuvent varier de la saison au siècle. Si le suivi est rigoureux et systématique, il permet une étude diachronique avec identification des changements. Cet outil, plus qualitatif que quantitatif, est complémentaire des photographies aériennes verticales et possède un bon rapport coût/efficacité. Il est insuffisant pour estimer précisément les volumes de matériaux mobilisés et le suivi de différents compartiments sédimentaires, mais peut être porteur d'un message clair, car visuel, pour les décideurs.

1.3.1.7. Imagerie satellitale :

L'imagerie satellitale (notamment SPOT 5 avec une résolution de 2,5 m ou FORMOSAT-2 avec une résolution de 2 m) est également employée par certains observatoires. Elle est utilisée de la même manière que les photos aériennes, c'est-à-dire soit analysée par photo-interprétation soit par traitement d'image.

1.3.2. Méthodes :

Les méthodes utilisées ainsi que la fréquence des levés de terrain ou des études varient notamment en fonction du type de suivi (trait de côte, suivi des processus hydrosédimentaires...), de la morphologie du site (accessibilité, long linéaire de côte par opposition à des plages isolées par exemple...) et de l'état du littoral (évolution rapide ou au contraire côte relativement stable).

1.3.2.1. Type de suivi :

Pour comprendre les phénomènes naturels mis en cause dans la mobilité du trait de côte, on ne peut pas se contenter de suivre simplement ses déplacements au cours du temps. Le littoral étant un système ouvert, il convient d'appréhender son évolution à travers l'analyse de son bilan sédimentaire au sein de chaque cellule hydro-sédimentaire. Ces cellules sont délimitées par des frontières fixes (caps rocheux, jetées, digues...) ou mobiles (dunes, limite d'action des houles, point d'inversion de la dérive littorale...) et peuvent renfermer plusieurs types de côte. Les mesures prises dans une cellule sédimentaire spécifique peuvent avoir un impact sur d'autres secteurs de la même cellule, mais n'auront pas, par définition, d'incidence significative sur les cellules adjacentes. Afin d'évaluer les échanges sédimentaires et la morphodynamique des côtes, on procède généralement à des suivis de profils transversaux ou « cross-shore » de ces cellules (à l'exception des côtes rocheuses) acquis par divers moyens topographiques (suivi de piquets, tachéomètre, DGPS, photogrammétrie...). Ces levés

topographiques sont généralement prolongés par des levés bathymétriques (en utilisant des sondeurs par exemple) afin de prendre en compte les échanges sédimentaires entre la plage et l'avant-côte. Dans l'idéal, il faudrait aller jusqu'à la profondeur limite de remaniement des sédiments par les agents hydrodynamiques, dite profondeur de fermeture. Ces profils transversaux fournissent de précieuses informations sur l'évolution de la morphologie de la plage et sont indispensables pour comprendre la dynamique sédimentaire.

En effet, lorsque le trait de côte recule significativement sans se reconstituer, cela signifie qu'il y a déjà des pertes de sable ou de sédiment dans la partie sous-marine et que le rechargement naturel ne peut se faire. Un recul d'un mètre dans zone où la plage sous-marine est bien alimentée et un recul d'un mètre dans une zone en déficit sédimentaire traduisent deux réalités totalement différentes. Cependant, les processus de transport des sédiments sont tridimensionnels et peuvent induire des changements brutaux de comportement du système sur de courtes distances ; des levés ponctuels en deux dimensions tels que les profils transversaux ne peuvent rendre compte de la complexité du système.

Le suivi du trait de côte actuel proprement dit se fait généralement sur le terrain au moyen d'un GPS différentiel (ou DGPS).

L'analyse de photographies aériennes (orthophotographies) permet également de numériser et suivre l'évolution du trait de côte sur une longue période. En analysant des photographies anciennes et en comparant avec des photographies plus récentes, on peut avoir accès à l'évolution à long terme (50 ans, voire plus) du trait de côte.

Pour réaliser un suivi fin des processus sédimentaires, la fréquence des levés doit être élevée (mesures mensuelles, hebdomadaires). Il est alors important d'utiliser un outil de mesure capable de rendre compte de faibles variations (précision centimétrique).

Pour un suivi à plus long terme, la fréquence est plus faible (inter-mensuelle, annuelle, interannuelle) et une très grande précision n'est pas nécessairement requise : les évolutions entre deux levés successifs se comptent en dizaine de centimètres voire en mètre. On peut alors utiliser un appareil de moindre précision.

1.3.2.2. Morphologie du site d'étude :

Le type d'appareil utilisé dans le suivi de l'évolution du trait de côte est parfois contraint par la localisation géographique et la morphologie du site d'étude. Il est parfois impossible d'utiliser un DGPS à cause de la topographie du terrain faisant obstacle aux ondes radio, ou de la présence de bâtiments ou d'ouvrages portuaires ; on a alors recours au tachéomètre et il est nécessaire de rattacher les données à un repère général, comme indiqué plus avant. Il faut noter que certains observatoires utilisent le tachéomètre depuis leur création, les GPS étant de conception plus récente (**Bulteau et Garcin, 2011**).

2. Cadre géographique :

Cap Djinet, daïra de Bordj-Menaïl, Wilaya de Boumerdés, est situé à 80 Km à l'Est d'Alger, orienté Est-Ouest. Limité au Nord par la méditerranée, offrant ainsi une large bordure littorale entre les Oueds Isser à l'Ouest et Sébaou à l'Est.

Ce site est caractérisé par un relief peu montagneux dont les versants sont très abrupts (45°) et des terrains en pentes légères de 1/15 à 1/20 vers la mer.

La zone d'étude (figure I.1) se limite par les oueds, Sébaou à l'Est et Isser à l'ouest, comprise entre la longitude 3°51'21''E et 3°40'04'' E.

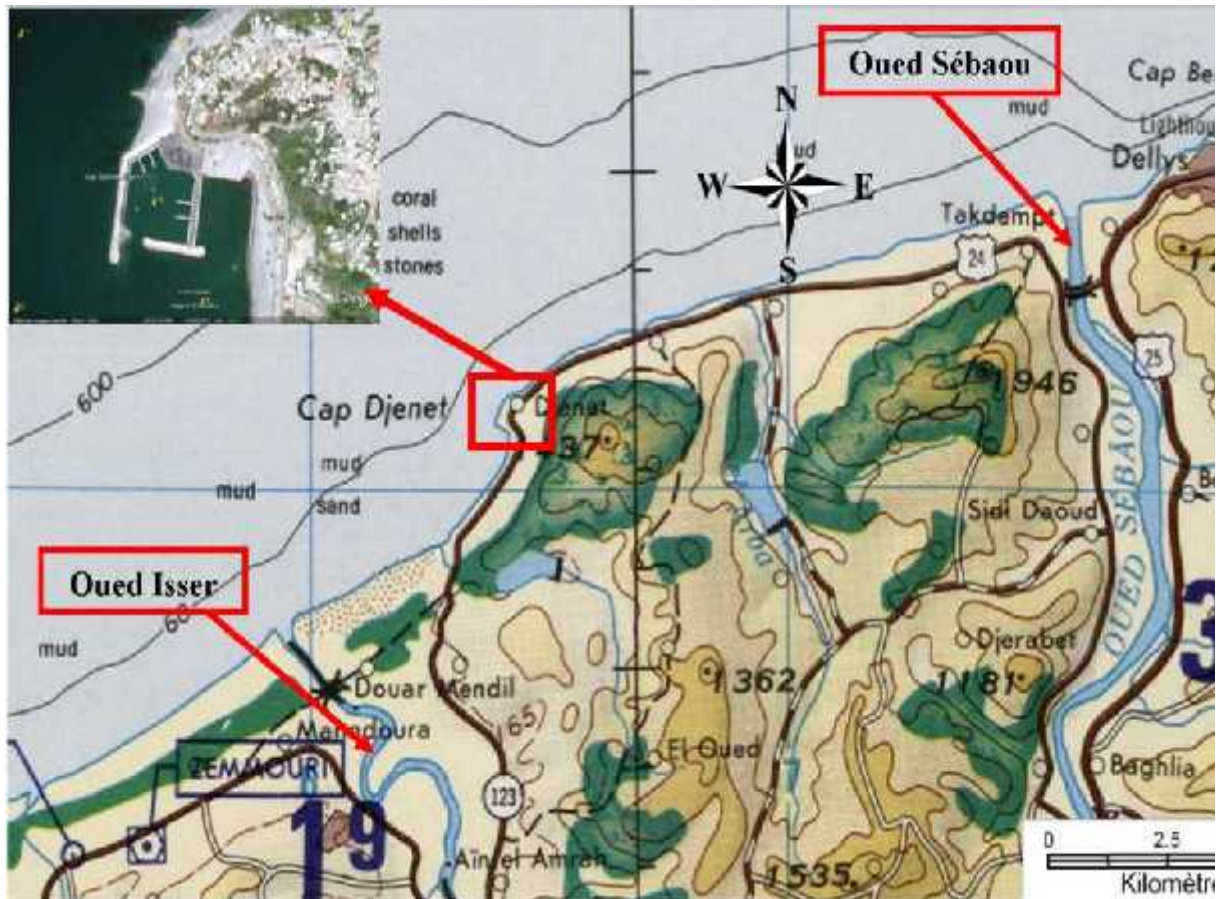


Figure I.1 : Situation géographique de la zone d'étude (DMATC, 1972).

La plage du Cap Djenet est très étendue et elle a été choisie par Sonelgaz pour l'implantation d'une centrale électrique au point de latitude $36^{\circ}51'05''$ Nord et de longitude $3^{\circ}42'00''$ Est.

3. Cadre géologique et stratigraphique :

La connaissance des structures de notre zone est désormais nécessaire pour comprendre la consistance de la structure superficielle aux phénomènes d'érosions et d'altérations contrôlant d'une manière ou d'une autre les quantités sédimentaires rejetées en mer.

3.1. La géologie :

La structure géologique de la région d'étude est marquée par la présence de formations plutoniques, métamorphiques et sédimentologiques (Figure I. 2).

3.1.1. Les facies plutoniques :

Affleurent dans les parties élevées de la région (Est de Bordj Menaïl) ce sont les dykes de granites (roches filoniennes à macro cristaux varies), apparaissent en de petites surfaces dans la région de Thenia formant ainsi les principaux sommets du Djebel Bou-Arous.

3.1.2. Les facies métamorphiques (schistes et phyllades) :

Les premiers sont composés à la base, de micaschistes à biotite de teinte verte et des schistes à deux micas. Au sommet les roches sont composées de séricitoschistes quartzeux. Ces formations affleurent sur le mont Bou-Arous et dans la région Est de Bordj-Menaïl. Les secondes correspondent aux schistes satinés gris foncés à quartz, chlorite et séricite affleurent dans le secteur Sud du mont Bou-Arous.

3.1.3. Les facies sédimentaires :

Représentés par des successions flyschoides de grés micacés et marnes datés

successivement de l'Helvétien puis de l'Oligocène ou de l'Aquitarien (**Belkessa, 1991**).

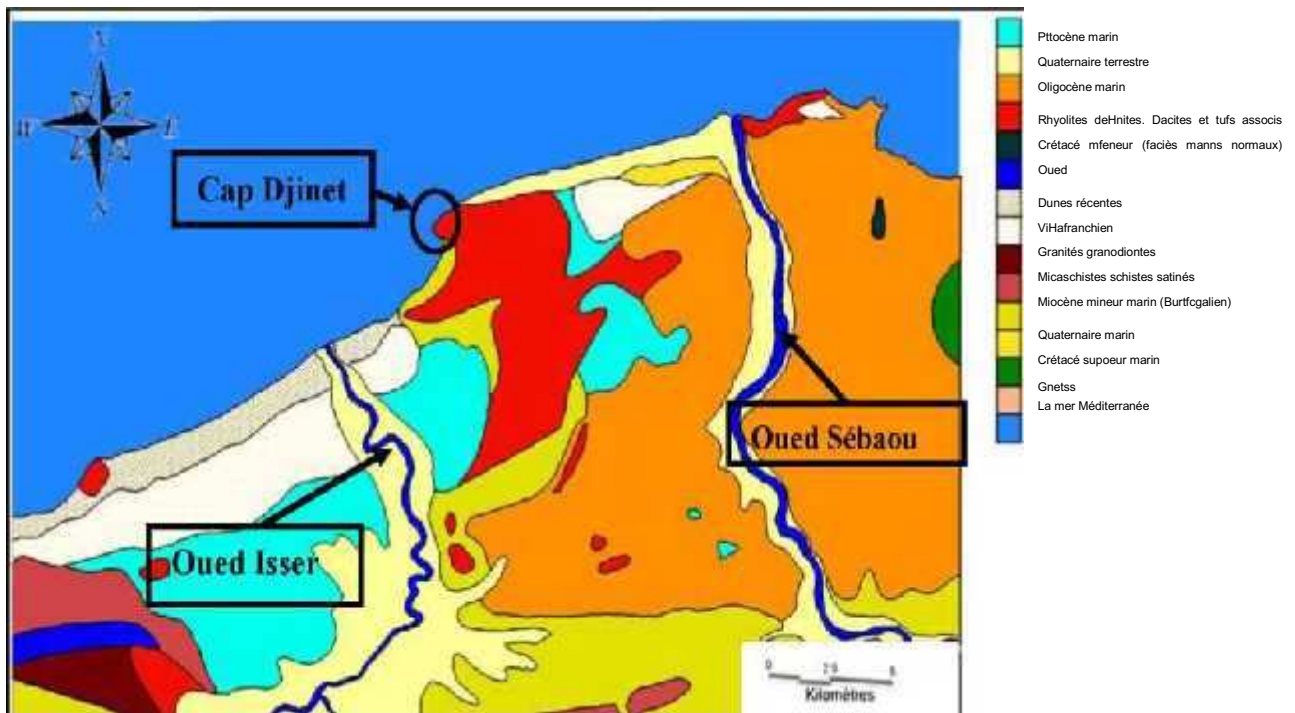


Figure I.2 : Géologie régionale de cap Djinet (**Flandrin, 1952**).

3.2. La stratigraphie :

3.2.1. Quaternaire :

Recouvrant la majeure partie de la zone d'étude, il constitue les dépôts de la plaine alluviale de l'oued Isser, ainsi qu'une grande partie des versants de deux rives, alors que les dépôts marins anciens se limitent à la partie Nord.

3.2.2. Crétacé :

Constitué d'argilites grises ou beiges avec des intrusions de calcaire. Ces terrains affleurent à 5 km au Nord de Bordj-menail.

3.2.3. Pliocène marin :

Caractérisé par des formations sablo-argileuses au niveau des rives de l'oued Isser et argilo-marneuses dans la zone sublittoral.

3.2.4. Miocène :

Constitué de granite, granodiorite et l'andésite dont quelques pointements sont visibles dans les reliefs de Thénia et du cap Djinet.

3.2.5. Oligocène marin :

Couvre une grande partie du versant de l'oued Sébaou près de l'embouchure et s'étalant le long des côtes Est du Dellys, constitué essentiellement des schistes, degrés et de sables argileux.

4. Apports fluviaux :

Afin de comprendre les processus affectant un linéaire côtier, il est nécessaire de quantifier les apports sédimentaires, leurs origines et les lieux de dépôts de ces stocks.

Les principaux apports alimentant cap Djinet ont pour origine :

- L'oued Sébaou à l'Est
- L'oued Isser à l'Ouest

4.1. Oued Sébaou :

4.1.1. Bassin versant :

Le bassin versant d'oued Sébaou occupe la partie centrale de la Kabylie, présente une superficie de 393982 ha répartie en 9 sous bassins versants. Cet oued draine les eaux pluviales vers la mer sur une longueur qui peut atteindre 97 km.

4.1.2. Débits liquides et apports solides :

Nous disposant d'une série de mesures relevées par le service de l'A.N.R.H (l'Agence Nationale des Ressources Hydrologiques) à la station de Fréha, les valeurs des débits et des apports annuels les plus significatifs sont reportés dans le (tableau I.1).

Tableau I.1 : Débits et apports moyens annuels d'oued Sébaou (ANRH, 1999 ; 2007) :

Année	Débit liquide (m ³ /s)	Apport solide (hm ³ /an)
1999	4.53	157.23785
2007	31.0128986	321.378776

Le débit moyen annuel d'oued Sébaou est de 17 m³/s ; les apports solides annuels sont évalués à 239 hm³/an, sachant que les débits solides sont estimés à partir des débits liquides et des teneurs en suspension. Selon certains auteurs le transport par charriage est estimé à environ 25% du transport par suspension (**Larfi et Remini, 2006**), ce qui donne un transport solide total d'environ 298 hm³/an, ainsi, compte tenue de la distance qui sépare le lieu de mesure (Fréha) et l'embouchure, on estime que les apports qui arrivent en mer sont sous-estimés.

Une étude du laboratoire d'hydraulique de Delft sur l'oued Sébaou, montre que sur les 400 000 m³ de sédiments rejetés par cet oued, 50% sont dirigés vers l'Est et sont en grande partie repris dans la vallée sous-marine de la Sébaou. Les 50% restants sont dirigés vers l'Ouest (cap Djinet) (**Belkessa, 1991**).

4.2. Oued Isser :

4.2.1. Bassin versant :

Il occupe une superficie de 3615 km², de type montagneux, se trouve à une altitude moyenne de 750 m et présente une forme allongée sur l'axe Sud-ouest (Ain Boucif/Beni Slimane) à Nord-est (mer Méditerranée) (**Larfi et Remini, 2006**).

Il est formé en majeure partie de roches tendres vulnérables aux fortes crues et à l'érosion : marnes et argiles. Il se caractérise par un couvert végétal peu dense localisé au centre et représente 20% de la superficie totale (**Larfi et Remini, 2006**).

4.2.2. Débits liquides et apports solides :

Les données utilisées proviennent de la station hydrologique de Lakhdaria située dans le moyen Isser contrôlant 3115 m² soit 86% du bassin versant. Les valeurs des débits et des apports annuels collectés entre 1997 et 2001, selon la source (**ANRH, 1997-2001**), sont reportées dans le (tableau I.2) :

Tableau I.2 : Débits et apports moyens annuels de l'oued Isser (ANRH, 1997-2001) :

Année	Débit liquide (m ³ /s)	Débit solide (hm ³)
1997	40.77	4753.60634
1998	33.55	1571.41365
1999	18.20	1051.24173
2000	104.39	5734.3393
2001	19.12	1949.86995

Les caractéristiques principales de l'écoulement de l'oued Isser pour ces 5 ans sont :

- Débit liquide moyen 43.20 m³/s
- Apport solide moyen 3012 hm³

L'évaluation du transport solide par charriage a été faite par **Larfi et Remini (2006)**, les résultats obtenus ont montré que, le charriage est estimé à 30% en moyenne de la suspension, ce qui donne un apport solide total d'environ 3915 hm³/an.

5. Facteurs hydrodynamiques :

Le régime sédimentologique qui concerne les mouvements des sédiments, est défini comme étant la résultante des actions des divers facteurs hydrodynamiques (vents, vagues, houles et courants) sur les matériaux (meubles ou consolidés) de la côte et des fonds.

5.1. Régime des vents :

C'est le générateur principal de vagues et de courants superficiels agissant sur les transferts sédimentaires de façon directe sur la partie aérienne et par différents agents hydrodynamiques sur la partie immergée (**Moulin, 1978**).

Les résultats des observations des vents, effectuées au large des côtes algériennes par l'USSMO (1974), sont représentés sous forme d'une rose de vent (figure I.3).

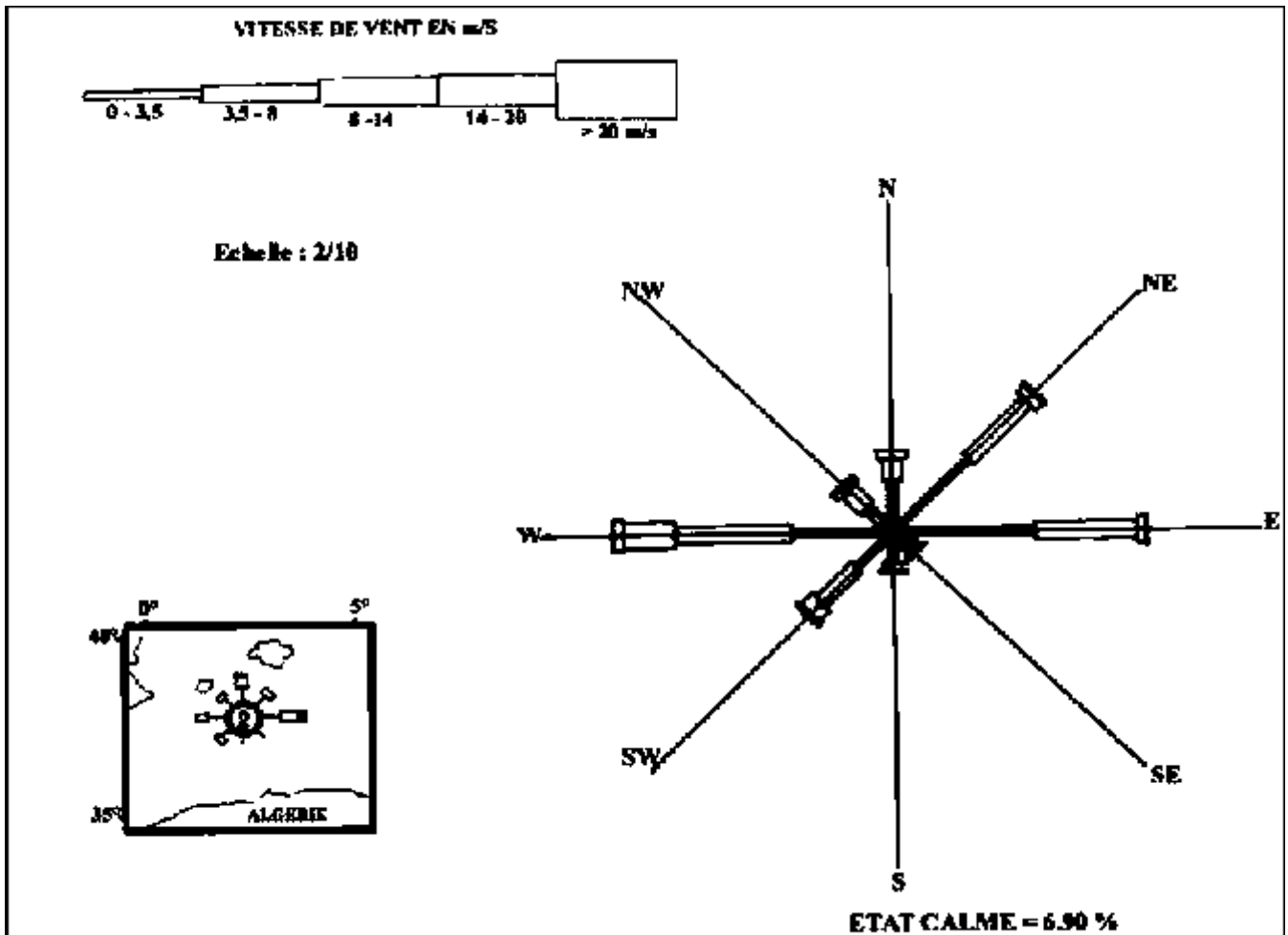


Figure I.3 : Rose annuelle des vents au large des côtes algériennes (données relatives) (USSMO, 1974).

La rose annuelle fait apparaître trois directions essentielles des vents dominants, Ouest, Est et Nord-est avec des fréquences d'apparition respectives de 21.9% , 18.9%, 16.18%. Ils ont une intensité comprise entre 2,5 et 8 m/s. En revanche, lors des tempêtes, les vents d'Ouest peuvent atteindre une vitesse de 20 m/s.

5.1. Régime des houles :

La houle est un agent fondamental des transports sédimentaires, d'une part, elles peuvent provoquer une remise en suspension et un déplacement des matériaux déposés sur les fonds, et d'autre part, elles engendrent lorsqu'elles sont obliques au rivage, un courant de dérive qui transporte des matériaux.

L'analyse de la houle au large, des côtes algériennes située en longitude Est entre 2° et 5° et en latitude Nord entre 36° 50' et 38° est basée sur des observations (Tableau I.3) (données relatives) faites par le (USSMO), s'étalant sur une période de 8 ans de 1963 à 1970 regroupant 45000 observations (données relatives).

Tableau I.3 : Fréquences mensuelles des houles au large par direction (données relatives) (USSMO, 1963-1970)

Direction \ Période	Nord	Nord-est	Est	Sud-est	Sud	Sud-ouest	Ouest	Nord-Ouest
Janvier	8.10	12.90	18.20	5.00	6.50	13.20	28.80	7.30
Février	8.80	13.30	12.60	4.00	6.00	16.90	35.60	5.80
Mars	11.30	12.60	15.80	3.60	4.50	13.30	30.50	9.20
Avril	11.70	15.30	16.00	2.00	4.40	13.70	26.60	10.20
Mai	8.40	26.30	31.90	3.00	3.30	17.20	13.90	6.20
Juin	9.20	29.10	29.80	1.80	1.40	18.20	16.30	2.00
Juillet	5.90	32.50	35.10	1.40	0.90	5.90	16.20	2.00
Août	8.90	27.70	37.40	1.90	1.10	5.00	13.40	4.90
Septembre	6.70	26.40	40.50	2.20	2.30	4.50	14.80	2.50
Octobre	7.80	14.10	20.30	3.20	4.30	14.80	28.80	6.90
Novembre	5.40	5.70	10.00	5.10	8.00	15.90	40.40	9.40
Décembre	10.20	6.20	9.30	4.60	7.40	15.00	37.10	1.00
Total	8.53	18.51	23.08	3-15	4.18	12.80	25.20	5.62

A travers la lecture de ces données, nous notons que les houles les plus fréquentes sont de secteur Ouest, Est et Nord-est avec des fréquences d'apparitions respectives de 25,20%, 23,08% et 18,51%. En période hivernale, les houles d'Ouest prédominent, par contre, en période estivale, ce sont les houles d'Est et Nord-est qui sont les plus dominantes.

5.3. Régime des courants

5.3.1. Les courants de houles :

Sur les côtes algériennes, les courants induits par la houle sont les plus importants. « Ils sont les seuls à agir de façon active sur la sédimentation actuelle. » (G. Caulet 1972)

5.3.1.1. Les courants de dérive littorale :

Pour les houles de moyenne à faible amplitude les courants ne sont appréciables que dans la frange côtière (fonds de 0m à 10m). C'est dans cette zone, que les courants de dérive littorale interviennent dans le transport latéral des sédiments (Eckman 1923, Sheppard et Inman 1950) et par conséquent dans les transits littoraux.

Le courant de dérive ne peut être effectif que si la houle atteint la côte avec un angle d'incidence de 50 à 60° (Sitarz 1963). Ces courants généralement parallèles à la côte, sont convergents dans les baies et divergents au niveau des caps. Ils sont matérialisés par les plans de vague (intensité et position).

5.3.1.2. Les courants de retour :

La longueur d'onde choisie est de 75 m avec 6,5 secondes de période. Les crêtes de houle sont espacées de 7 fois ($L_o \times 7$). Cette direction choisie pour l'établissement du plan de houle, nous permet de voir l'effet d'une houle orthogonale à la côte. Deux observations peuvent être tirées :

- Les deux caps (Zemmouri et Djinet) subissent une énergie assez importante. Le port de Zemmouri est directement touché par ce type de houle, ou la convergence des orthogonales est la plus nette dans la zone.

- On remarque aussi une légère convergence des orthogonales des houles en face de l'Oued Isser mais elle est largement atténuée par la profondeur.

5.3.2. Les courantes marées :

Ces courants restent inconnus en Méditerranée ou du moins leurs effets ne sont pas conséquents sur les côtes.

En effet, sur le littoral algérien, l'amplitude de la marée (appelée plutôt seiche), est de l'ordre de 30cm, valeur trop faible pour créer un courant de marée (**Belkessa, 1991**).

6. Approche globale sur le port :

6.1. Présentation :

Le port de pêche et de plaisance de cap Djinet a été implanté en 2008 dans la partie orientale du cap, sa position géographique est de 36°43'29'' N et 3°43'2'' E.

6.2. Configuration :

Le port est semi fermé, d'une superficie de $39,6 \cdot 10^3 \text{ m}^2$, il comprend (figure I.4) :

- Un plan de masse, répartie en 5 darses dont le contact avec le large se fait par la passe d'entrée, d'une largeur de 75 m du côté Sud.
- Un plan d'eau, subdivisé en 3 bassins, permet l'accostage et l'amarrage des bateaux, leurs surfaces, mesurées à partir de Google Earth (Avril 2009), sont réparties comme suit :

Tableau I.4 : Superficies des sous bassins du port de cap Djinet :

Bassins	Superficie (m ²)
Bassin 1	16 147
Bassin 2	16 865
Bassin 3	6 618

- Quatre appontements fixes de 45 m, assurent une occupation équilibrée du plan d'eau suivant le nombre d'embarcation et le tirant d'eau.

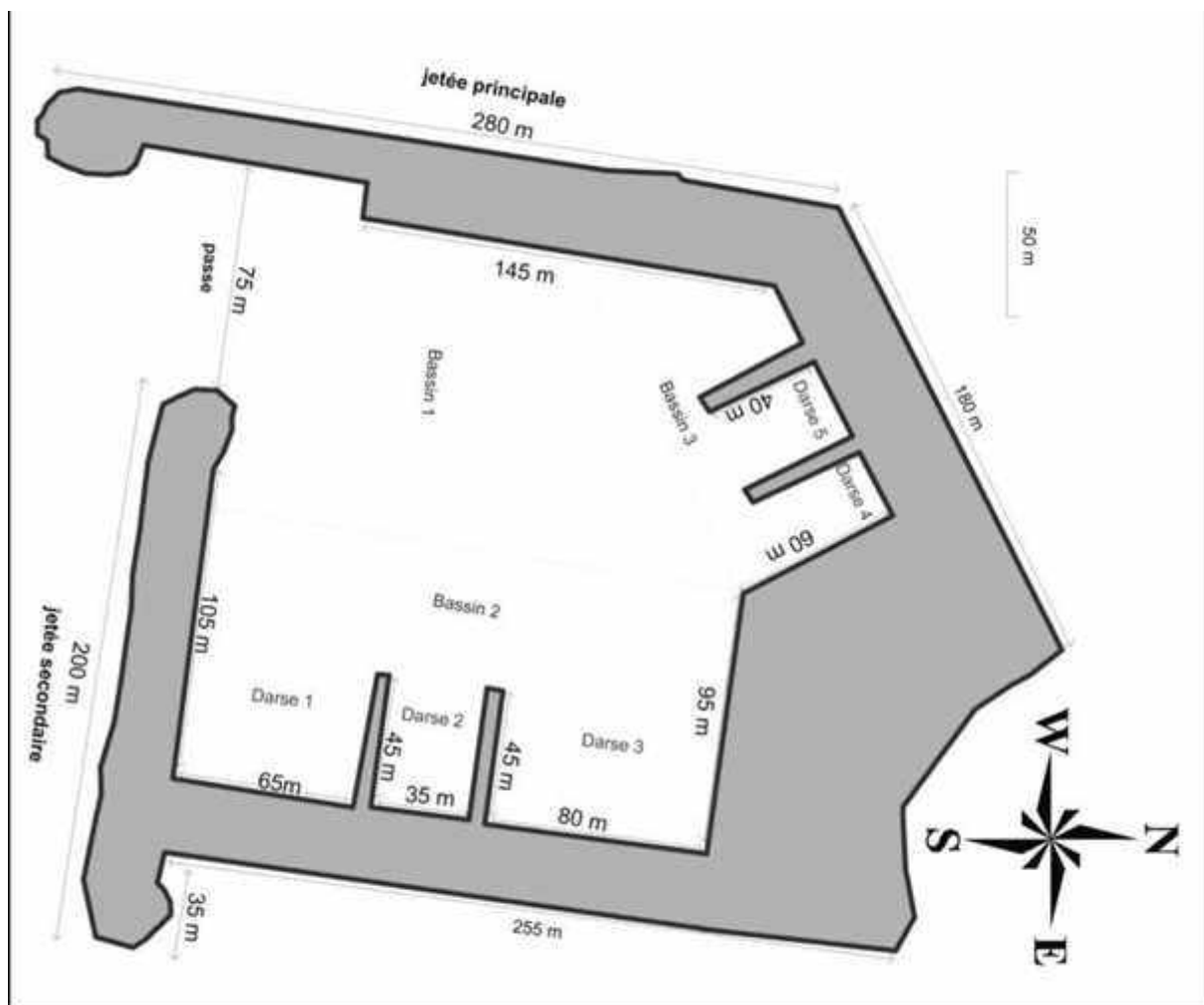


Figure I.4 : Plan de masse du port de cap Djinet (Google Earth digitalisée, 2009).

6. Etude bathymétrique :

Les cartes bathymétriques constituent un document fondamental et nécessaire pour connaître et interpréter les morphologies sous-marines. Une carte bathymétrique près de la côte a été établie par le LEM en Mars (2009), couvre les fonds de la côte jusqu'à une profondeur d'environ -20 m (Voir figure I.5). La présence des méga-barres sous-marines, parallèles à la côte, dans la région de cap Djinet (**Belkessa, 1991**) dont la migration cross-shore peut atteindre le port, Une première qui longe toute la partie Nord-est de la carte y compris la jetée principale du port (barre Nord-est) et une autre au Sud-ouest (barre Sud-ouest) qui semble être une continuité de la barre Nord-est mais change d'orientation au niveau du profil 3 (figure I.6)(Annexe) pour se diriger vers la jetée secondaire du port.

Les barres sableuses sont un trait caractéristique de la morphologie des plages. Elles ont une très forte influence sur la dynamique du trait de côte (**Quartel et al. 2008**) dont la position ne dépend que de la morphologie sous-marine (à l'exception de la variation du niveau de la mer).

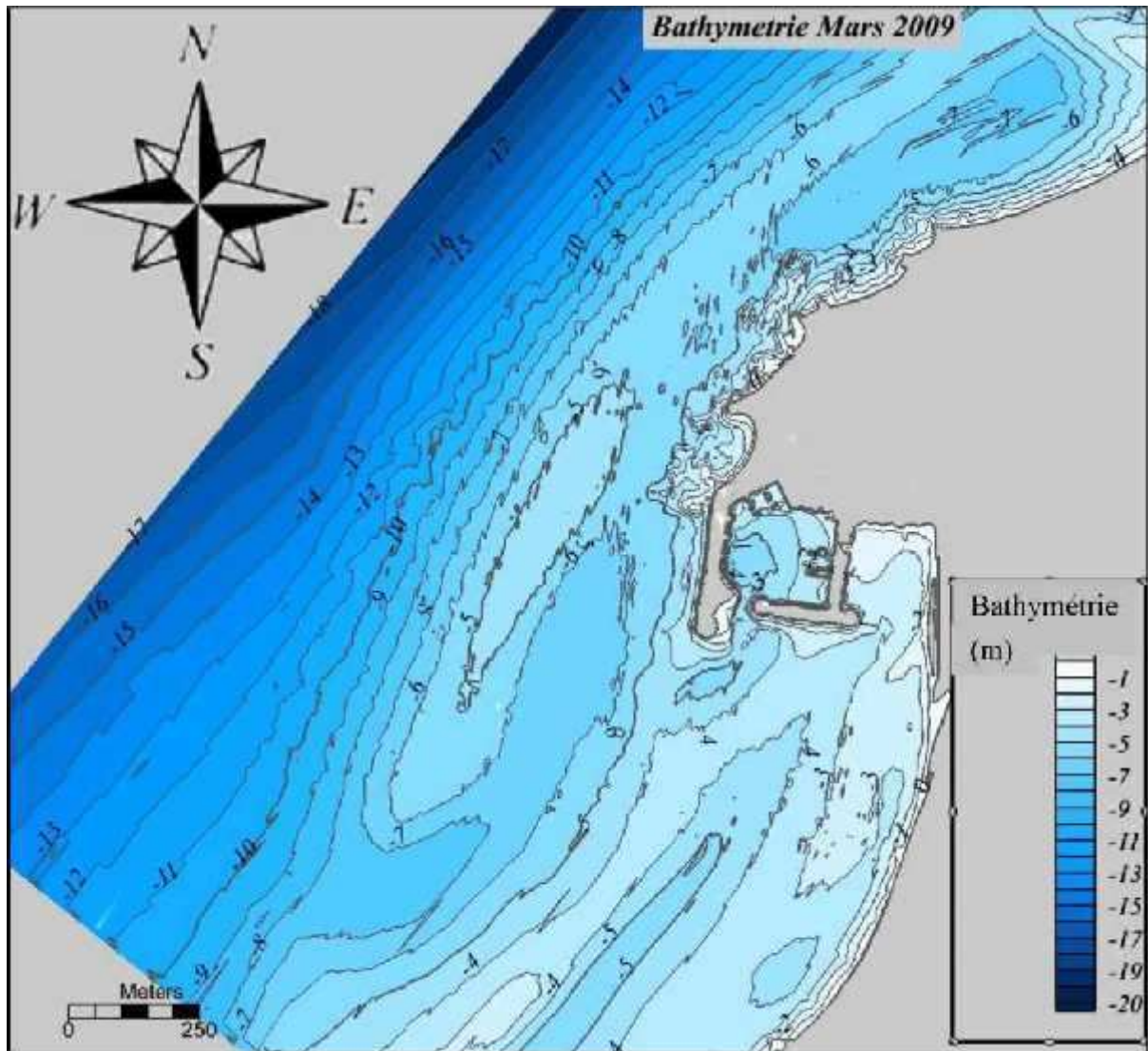


Figure I.5 : Bathymétrie de la zone d'étude basée sur les levés topo-bathymétrique effectués par le LEM en Mars (2009).

Chapitre II

Matériel et méthodes

1. Etude granulométrique

1.1. Définition :

La granulométrie est un procédé d'analyse qui permet d'étudier la répartition des sédiments et d'après (Rivière, 1977), la granulométrie consiste à évaluer le pourcentage de la masse totale correspondant à la dimension de particules.

Elle permet aussi de les classer selon leur taille. Les travaux sont déroulés au sein de laboratoire de l'école national des sciences de la mer(ENSSMAL).

1.2. Principe :

Ce procédé consiste à passer l'échantillon par une série de Tamis de maille décroissante et de récolter ensuite le poids partiel de chaque quantité dans le tamis.

Cependant, il existe de très nombreux tamis dans lesquels les mailles varient selon une progression géométrique décroissante permettant un espacement régulier des abscisses dans une échelle logarithmique, ainsi qu'une représentation étendue sur un graphe.

Cette analyse granulométrique permet de définir, suivant leurs calibres diverses classes de sédiments indépendamment de leur nature chimique.

1.3. Travaux en mer :

1.3.1. Prélèvement des échantillons et choix des stations :

Les prélèvements ont été effectués au niveau des sédiments superficiels, dans le but d'avoir une vision globale sur la granulométrie dans notre zone d'étude.

8 prélèvements ont été fait manuellement, le sédiment est récupéré dans des sacs en plastique étiquetés et rapportés au laboratoire (Figure II.1).



Figure II. 1 : Carte de positionnement des points de prélèvement (Google Earth, 2014).

1.3.2. Matériel utilisé dans l'échantillonnage :


Le prélèvement des échantillons s'est fait manuellement à l'aide de :

- Sachets en plastiques prévus pour contenir les échantillons de sédiment prélevés et étiquetés à l'aide de stylo sur des petites feuilles en papier, dans chaque sachet.
- Une carte géographique de la zone d'étude, où sont clairement indiqués et numérotés les points de prélèvement, prévus pour le positionnement, une copie de cette carte était en position de deux membres, pour guider le navire à la station de prélèvement
- Un appareil photo numérique.

1.4. Travaux au laboratoire :**1.4.1. Matériel utilisé dans le traitement des échantillons (Tableau II.1) :**

Photos :	Matériels utilisés :
 <p>(www.laboandco.com)</p>	<p>La tamiseuse électrique est un outil muni d'une colonne de tamis de différents diamètres, empilés les uns sur les autres, pouvant effectuer par agitation continue pendant un certain temps la séparation et le fractionnement d'un échantillon de sédiment par exemple, et permet de faire la mesure granulométrique de ce dernier.</p> <p>(www.laboandco.com)</p>
 <p>(www.tompress.fr)</p>	<p>Une balance électrique, est un <u>instrument de mesure</u> qui sert à évaluer de faibles <u>masses</u>. Avec une grande précision pouvant aller jusqu'à 5 chiffres après la virgule ou plus.</p> <p>(www.tompress.fr)</p>

Suite **tableau 1** :

Photos :	Matériels utilisés :
 <p data-bbox="225 763 585 801">www.futura-sciences.com</p>	<p data-bbox="831 383 1417 786">L'étuve est une Enceinte chauffante fonctionnant, dans la majorité des cas, dans l'air (parfois sous vide ou gaz neutre) et permettant d'effectuer des traitements thermiques à température régulée. La température maximum est de l'ordre de 500°C, au-delà on parlera plutôt de four. Elle est équipée de chauffages électriques, et elle est pourvue d'un système de ventilation afin de rendre la température la plus homogène possible. (www.wikipedia.org).</p>

1.4.2. Méthodologie :

Les tailles des particules sédimentaire sont extrêmement diverses, bien que de forme très diverses, les particules sont soumises à l'analyse granulométrique (**Vatan. A ,1967**).

Cette analyse consiste à évaluer le pourcentage de la masse totale qui correspond à chaque dimension selon la méthode classique (**Riviere. A ,1977**).

-Séchage à l'étuve à 105° pendant 24h ;

-Pesée l'échantillon à 200g ;

-Rinçage à l'eau dans un tamis de 40µm pour éliminer la fraction péltique ;

-Séchage de la fraction grossière à l'étuve à 105° pendant 24h ;

-Tamisage de l'échantillon sec pendant 10 minutes par une tamiseuse de type **AFNOR** dont le diamètre des mailles en microns des tamis est dans l'ordre décroissant 2000-1600-1250-1000-800-630-500-400-315-250-200-160-125-100-80-6350-40.

-Pesée du refus de chaque tamis et le pourcentage pondéral est calculé pour chaque classe granulométrique.

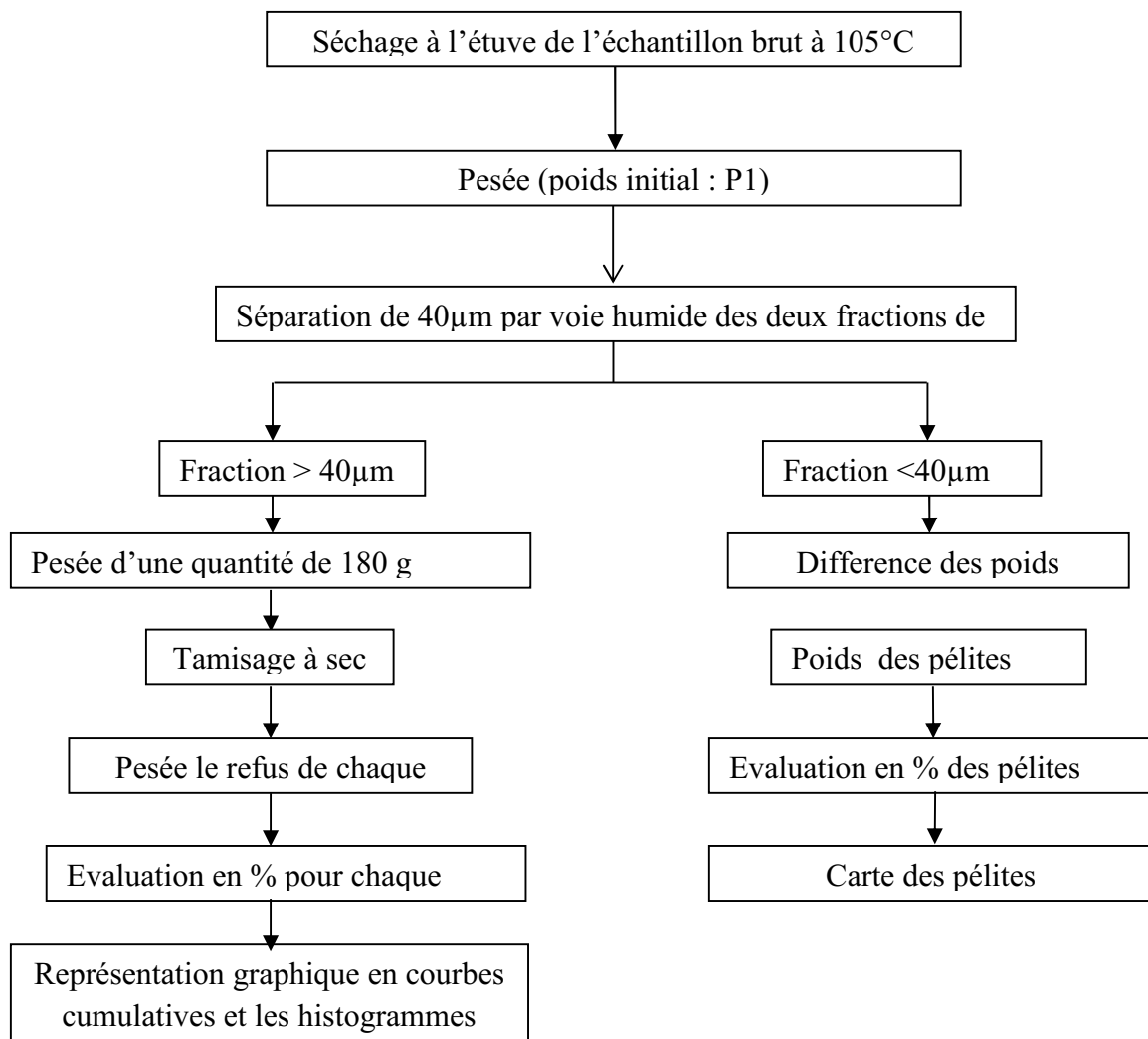


Figure II. 2 : Méthodologie suivie pour l'analyse granulométrique.

1.4.3. Fractions pélitiques :

La teneur en fraction fine (les pélites), particules de diamètre inférieur à 40µm, a été déterminée pour l'ensemble des échantillons considérés. Cette teneur en pélites s'effectue à partir de la différence du poids sec du sédiment estimé à l'analyse granulométrique, avant et après séparation par voie humide sur tamis de 40µm.

$$P = P1 - P2 \quad (1)$$

P1 : le poids initial sec a été mis dans des boîtes de pétri qui est pesé par une balance de précision en gramme.

P2 : le poids final après rinçage et séchage en gramme.

P : poids des pélites en gramme

Le pourcentage des pélites dans le sédiment et calculer par la formule suivante :

$$(P1 - P2 / P1) * 100 \quad (2)$$

A partir de ces pourcentages sont établies les cartes de la répartition spatiale des pélites.

1.4.4. Indices granulométriques :

1.4.4.1. Indice de taille (médiane) : Q50

La taille moyenne des sédiments de diamètre supérieur ou égale à 50 µm. Cet indice correspond au diamètre du grain dont l'ordonnée est à 50% du poids total du sédiment.

1.4.4.2. Les quartiles inférieur et supérieur : Q25 et Q75

Ils représentent le diamètre du grain dont les ordonnées sont respectivement à 25 et à 75% du poids du sédiment.

1.4.4.3. Indice des tailles maximales : (P90)

Cette taille est telle que 90 % du sédiment (en poids) lui est inférieure.

1.4.4.4. Indice des tailles minimales : (P10)

Cette taille est-elle que 10% du sédiment (en poids) lui est supérieure.

1.4.5. Indice de classement (Sorting de Trask) :

Cet indice représente la dispersion des tailles de part et d'autre de la médiane. Le paramètre qui a été adopté est celui de Trask noté S_0 , qui est calculé par la formule suivante :

$$S_0 = \sqrt{\frac{Q75}{Q25}} \quad (3)$$

Les limites utilisées sont :

$S_0 < 2$ le sédiment très bien classé

$2 < S_0 < 2,6$ le sédiment moyennement classé

$S_0 > 2,6$ le sédiment mal à très mal classé

1.4.6. Le coefficient d'asymétrie (SK ; Skewness de Trask) :

L'asymétrie reflète d'avantage le milieu de dépôt (Chamley H., 1987), plus exactement la prépondérance ou non de fraction péltique ou grossière par rapport à la moyenne de l'échantillon. Il est défini par la relation suivante :

$$Sk = \frac{Q25 + Q75}{(D50)^2} \quad (4)$$

Si $Sk < 1$, le classement est maximum vers les fines.

Si $Sk = 1$, la symétrie est parfaite.

Si $Sk > 1$, le classement est maximum vers les grossiers.

1.4.7. Analyse calcimétrique :

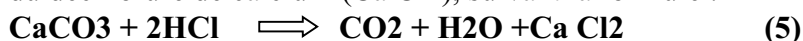
1.4.7.1. Définition

La calcimétrie consiste à mesurer de la proportion de carbonates de Calcium (pourcentage CaCO_3 présents dans le sédiment). Elle donne des indications sur la productivité de surface et éventuellement des apports de carbonates détritiques. Elle permet de connaître la part des sédiments biogènes, ou débris de coquilles, et donc de suivre les migrations des sédiments nés dans des régions riches en faune et/ou en flore fabriquant du calcaire.

1.4.7.2. Principe de la méthode :

L'analyse est basée sur la mesure de la diminution du poids de l'échantillon causée par la décomposition du calcaire après attaque du sédiment à l'acide Chlorhydrique.

Le calcaire CaCO_3 réagit avec l'acide (HCl) pour donner du dioxyde de carbone (CO_2) et du dichlorure de calcium (Ca Cl_2), suivant la formule :



Ce qui n'est pas attaqué par l'acide Chlorhydrique constitue les éléments insolubles : argile, quartz.

1.4.7.3. Mode opératoire :

- Peser dans des Erlenmeyer une masse $m = 50\text{g}$ de sédiment sec pour chacune des stations ;
- Injecter de l'acide Chlorhydrique jusqu'à extinction de l'effervescence ;
- Laisser décanter ;
- Aspirer le surnageant contenant le dichlorure de calcium à l'aide d'une seringue ;
- Rincer à l'eau et aspirer le surnageant encore une fois ;
- Sécher l'échantillon à l'étuve ;
- Repeser les échantillons.

1.4.7.4. Traitement des données :

Calculer la différence entre le poids initial et le poids après l'attaque à l'acide. Cette valeur correspond à la masse des carbonates et permet d'en déduire le pourcentage des calcaires dans chaque échantillon.

2. Etude de l'évolution du trait de côte :

L'analyse de l'évolution du trait de côte constitue un événement important pour avoir une connaissance sur l'évolution récente des plages. Notre étude basée sur la superposition de photo aérienne verticale au 1/20000 (de type 1973) et images satellitaires de Google Earth des différentes années (de type 2002, 2003, 2009, 2014) calées grâce à des références fixes. La position du trait de côte peut être déterminée sur une période de 41 ans, la méthode de travail dite "directe" a été adoptée afin de minimiser au maximum les erreurs possibles liées à la manipulation. Cette technique de travail consiste à :

- Déterminer quatre points de calage communs a été fixé à la plage sur l'ensemble des photos aériennes et images satellitaires prise à différentes époques.
- Tracer sur un papier calque les quatre points fixes et n'oublier pas de respecter la même échelle.
- Redessiner sur le papier calque, à l'aide d'une pointe fine, les tracés successifs de la ligne de trait de côte de chaque année.
- Avant d'entamer la description de l'évolution de notre zone d'étude, il est nécessaire de découper la plage par des transects de mesure et de prendre en considération le trait de côte de l'année 1973 comme référence.
- L'établissement d'une carte de comparaison entre le trait de côte de 1973 jusqu'à 2014 nous a permis de mesurer la variation du trait de côte, calcul de l'avancée ou du recule.

Chapitre III

Résultats et discussion

1. Etude granulométrique :

1.1. Les courbes granulométriques :

Dans l'ensemble, les courbes cumulatives des sédiments de surface de la plage de Cap Djinet sont généralement bien redressées ce qui témoigne d'une homogénéité des sédiments analysés (Annexe).

1.1.1. Courbes plurimodales :

Elles sont à nombre 08, elles indiquent l'existence de plusieurs stocks sédimentaires au sein d'une même population dynamique. Ce type de courbe témoigne d'une forte agitation dynamique à ces endroits où les matériaux sont en perpétuel mouvement.

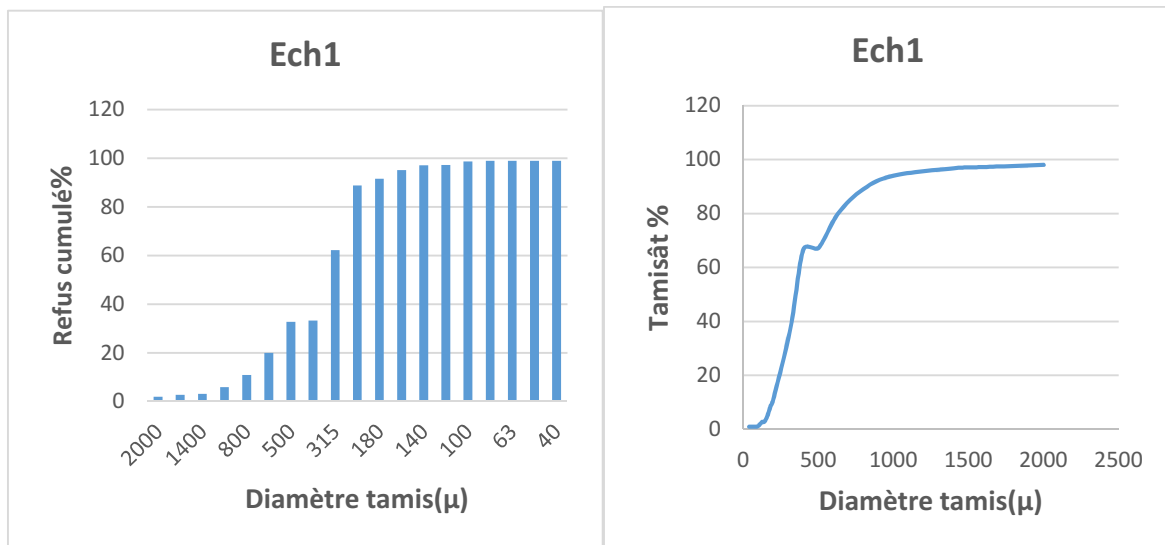


Figure III. 1 : Histogramme plurimodale.

Figure III. 2: Courbe plurimodale.

1.2. Fractions pélitiques :

La répartition de la fraction fine montre de faibles teneurs, variant entre 0 et 11,5 % sur l'ensemble du site, ceci révèle la présence d'une énergie important mettant en perpétuel remaniement les sédiments. Les faibles teneurs en éléments fins observées s'expliquent par l'augmentation de l'énergie de la houle, qui favorise la remise en suspension des sédiments et l'élimination d'une partie importante de la fraction fine vers les zones calmes permettant leur décantation.



Figure III. 3 : Répartition des pélites dans la plage de cap Djinet.

1.3. Indices granulométriques :

1.3.1. Le quartile inférieur : Q25

La carte de la répartition du quartile inférieure montre la dominance de sable grossier (300 à 1100 μm) qui sont situés sur l'ensemble de la plage, puis elle décrit une diminution graduelle de la taille des sédiments du rivage vers le haut de plage avec des diamètres inférieurs à l'égal 300 μm , à l'exception de la station 8 qui est décrite une qualité de sable fin avec un diamètre inférieur à 200 μm .



Figure III. 4 : Répartition des médianes (Q25) dans la plage de Cap Djinet.

1.3.2. Indice de taille (médiane) : Q50

La répartition des sédiments en place apparaît spatiale sur toute la zone d'étude dégageant une croissance du diamètre du grain de la cote vers le large de plage. Cependant une petite partie située à proximité de l'épi (station 6) indiquant des diamètres supérieurs à 900 μm .

La grande partie des sédiments présente essentiellement des sables grossiers (300 à 1425 μ m).



Figure III. 3: Répartition des médianes (Q50) dans la plage de Cap Djinet.

1.3.3. Le quartile supérieur : Q75

La répartition des quartiles supérieurs montre une croissance du diamètre du grain de la côte (inférieurs à 200 μ m) vers le large de la plage (la route) avec un diamètre compris entre 500 à 800 μ m, cependant un petit faciès situé à gauche de l'épi (station 6) indiquant des diamètres supérieurs à 1100 μ m. Cela nous confirme qu'il y a majorité de sable grossier.



Figure III. 6 : Répartition des médianes (Q75) dans la plage de Cap Djinet.

1.3.4. Indice des tailles maximales : (P90)

La répartition des déciles supérieurs montre une croissance du diamètre du grain de la cote (inférieurs à 150 μm) vers la route (supérieur à 750 μm). Etant donné que le rivage présente essentiellement de sable fin (St2, St4, St6, St8) et le large présent de sable grossier (St1, St3, St5, St7).

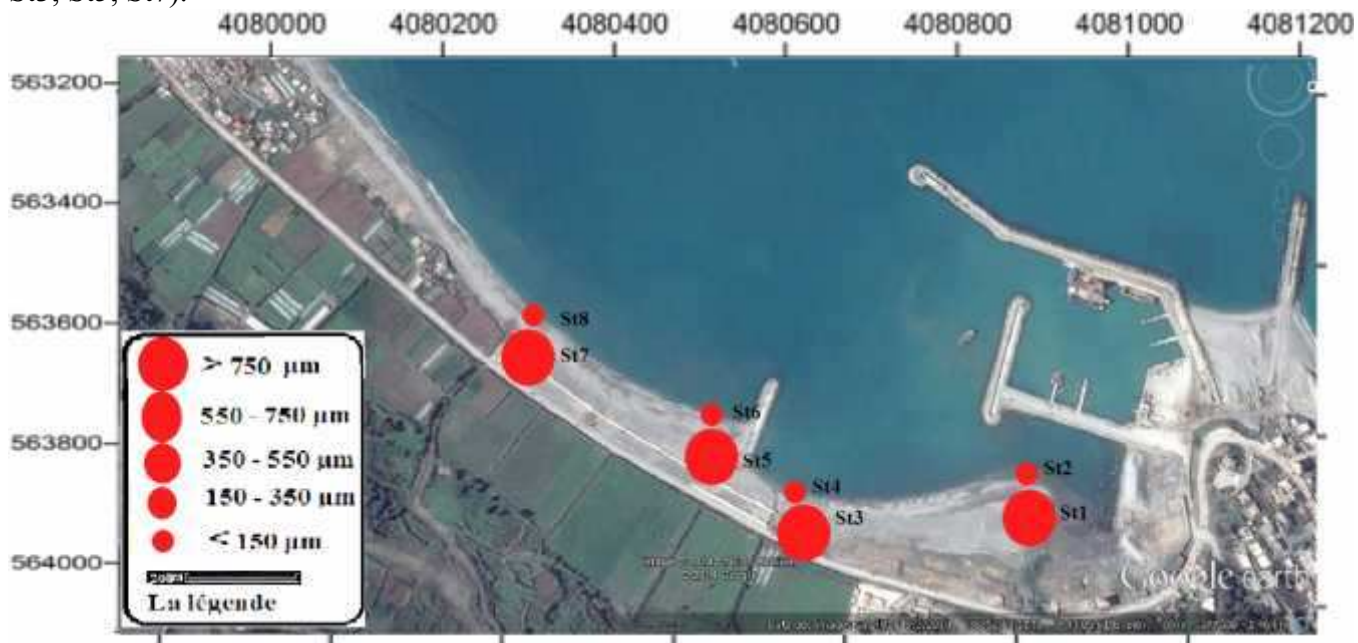


Figure III. 7 : Répartition de l'indice des tailles maximales : (P90)

1.3.5. Indice des tailles minimales : (P10)

La répartition des déciles inférieurs montre une décroissance du diamètre du grain (gros - moyen - fin) de la cote (supérieur à 500 μm) vers la route (inférieur à 200 μm), par la présence d'une dynamique sédimentaire plus importante.

La grande partie des sédiments présente essentiellement des sables grossiers (diamètre supérieur à 500 μm) dans l'ensemble de la plage étudiée.



Figure III. 8 : Répartition de l'indice des tailles minimales : (P10)

1.4. Indice de classement (Sorting de Trask) :

Dans l'ensemble de la plage de cap Djinet ; la majorité des sédiments présente $S_0 < 2$, ces résultats traduisent un sédiment est très bien classé.



Figure III. 9 : Variation de l'indice de classement.

1.5. Le coefficient d'asymétrie (SK) :

La majorité des échantillons prélevés présentent un coefficient d'asymétrie (SK) inférieur à 1 ce qui signifie que le classement du sédiment est maximum vers les fins, sauf les trois stations (1, 3, 5) où on a enregistré la valeur du coefficient (SK) supérieur à 1. Les sédiments présentent donc une répartition asymétrique de côté fin correspondant au bon classement.



Figure III. 10 : Variation du coefficient d'asymétrie.

1.6. Analyse calcimétrique :

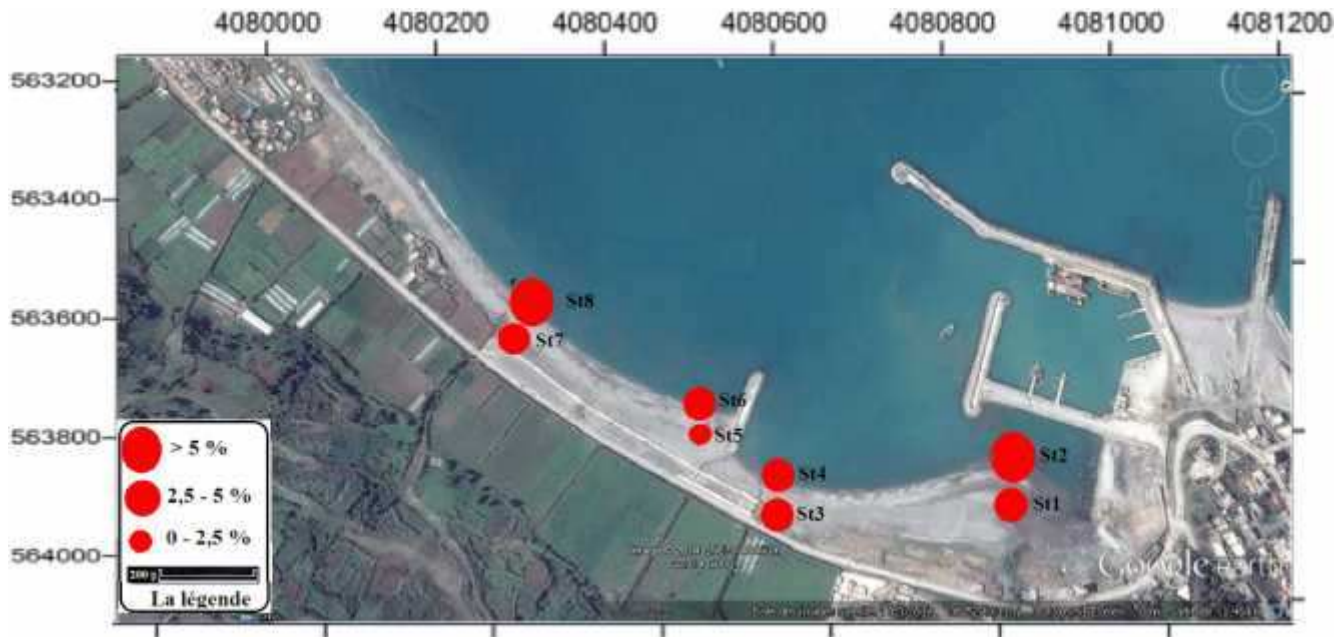


Figure III. 11 : Répartition des carbonates dans la plage de Cap Djinet.

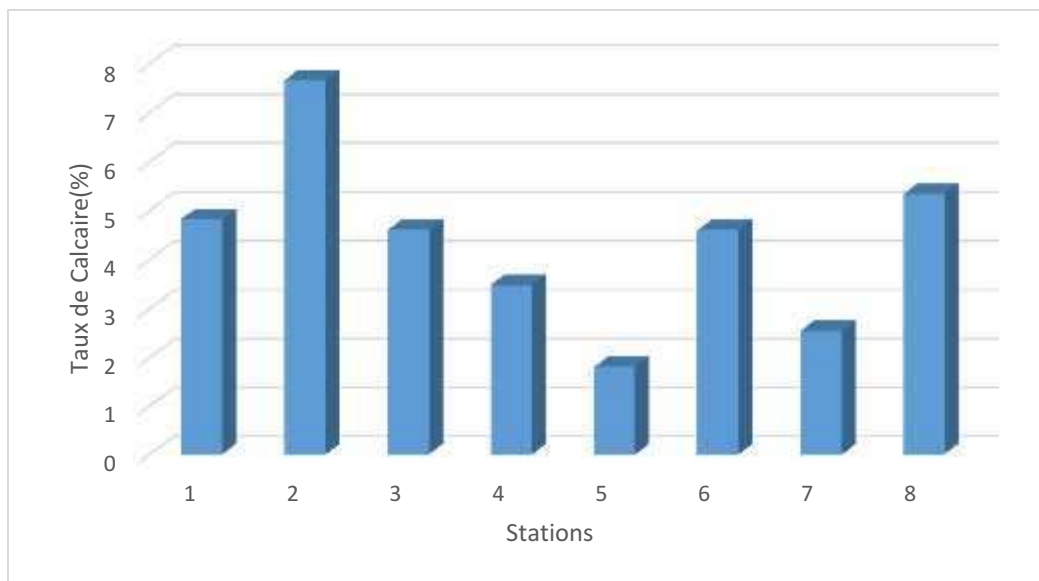


Figure III. 4: Pourcentage des carbonates dans les sédiments de la plage Cap Djinet.

En général, les teneurs en carbonates des sédiments sont faibles, elles varient entre 2,54 et 7,66%, le taux maximal a été enregistré au niveau du rivage (St 2 et 8). Puis elles diminuent de manière graduelle du rivage vers la zone près de la route, avec des tailles des sédiments inférieures à 2,5%. Les calcaires ont un poids faible par rapport aux poids des grains de sédiment ne jouent pas un rôle important dans le transport sédimentaire.

2. Etude de l'évolution du trait de côte :

L'étude a été effectuée à partir des photos aériennes et de photos satellites

On remarque qu'entre 1973 et 2014 les profils des traits de côtes à cap Djinet est très variable. Ceci est lié probablement aux conditions hydrodynamiques qui sont importantes, Le résultat obtenu est comme suit :

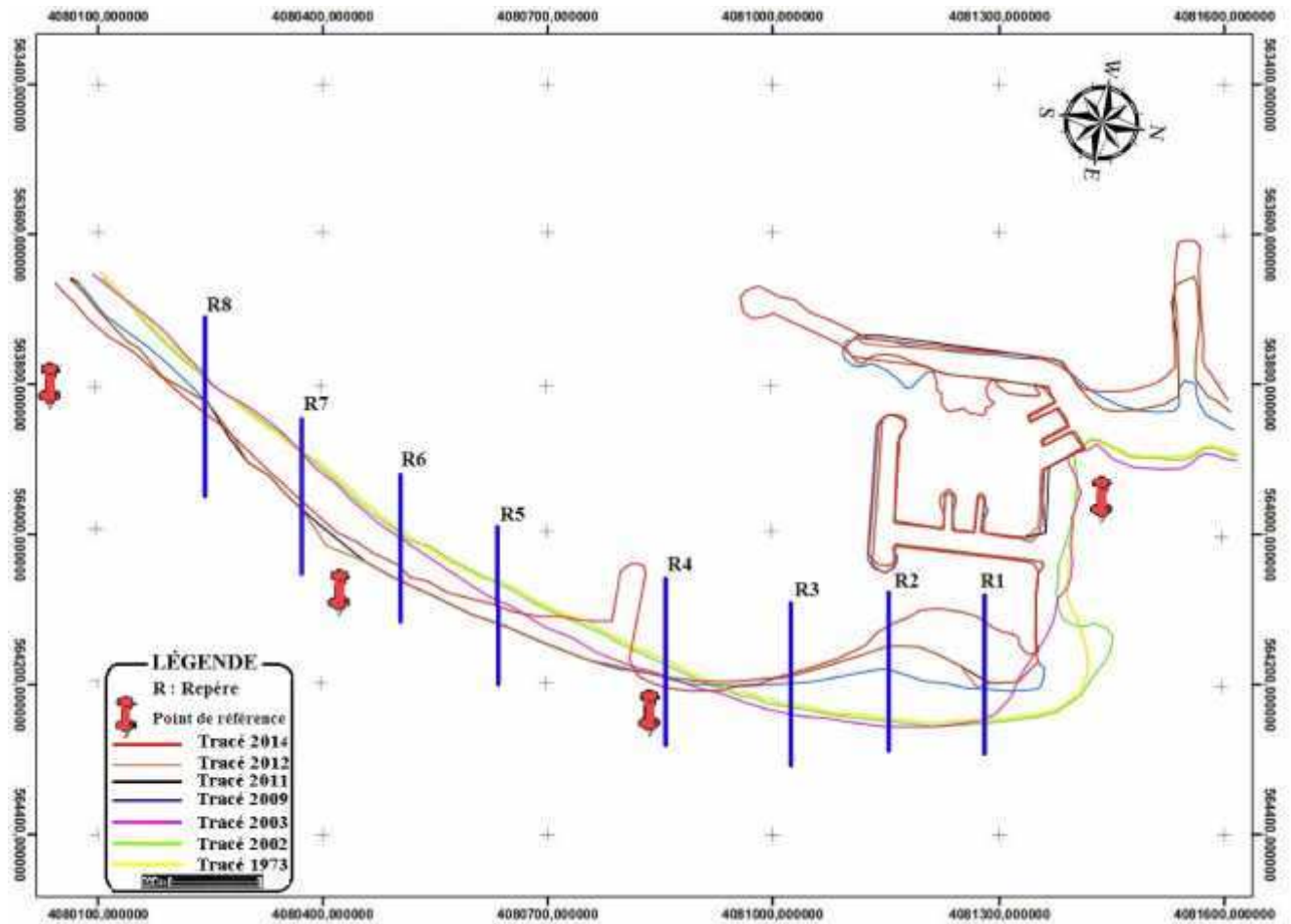


Figure III. 13 : Evolution de trait de côte entre 1973 et 2014, localisation des transects de mesure dans la région de Cap Djinet.

Tableau III. 1 : Evolution de trait de côte entre 1973 et 2014 au niveau de Cap Djinet.

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
1973-2002	-0,05	-5,67	-7,35	-8,61	-4,62	-7,98	0	0
2002-2003	+14,28	-12,81	-14,7	-27,09	-36,96	-10,29	0	0
2003-2009	+59,22	+123,27	+67,2	0	-52,29	-93,66	-126,03	-57,54
2009-2011	+17,22	+50,4	+15,96	0	0	0	0	0
2011-2012	0	0	0	0	0	0	0	0
2012-2014	+128,1	+43,05	+6,51	-24,36	+37,8	+30,87	+20,58	-23,52
Total (m) : 1973-2014	+218,82	+198,24	+67,62	-60,06	-56,07	-81,06	-105,42	-81,06

- Entre 1973 et 2002 :

Du port au transect R6, on enregistre dans ce secteur une érosion de la plage relativement progressive de 1973 à 2002. Cette érosion varie de 0,05 m au niveau du transect R1 à 8,61 m au niveau du transect R4. Au sud du transect R6, on marque une stabilité du trait de côte.

- La période juste avant la construction du port (2002-2003) est caractérisée par l'avancée spectaculaire du trait de côte (transect R1) avec l'avance agressive de la mer qui a laissé de nombreuses parties du trait de côte dans un état vulnérable. Au Sud du transect R1, nous passons d'un secteur d'engraissement à un secteur d'érosion. Des reculs nets d'environ 27,09 m et 36,96 m sont enregistrés respectivement au niveau des R4 et R5.

On observe aussi une création d'une plage presque de 200 m à 300 m au niveau du port de cap Djinet.

-2003-2009 ; Cette période est caractérisée par la construction d'un port d'une orientation Nord-Sud. Ce dernier apparaît comme un grand épi dans cette partie du littoral. Le développement du trait de côte est visible surtout avant et au bord de port de cap Djinet (transect R1 ; R2 ; R3). Près du port, la valeur de cette avancée du trait de côte est très importante variant entre 59,22m à 123,27m. A l'opposé un fort recul du trait de côte atteignant ou dépassant localement 126 m peut être observé au niveau des transects (R1 ; R2 ; R3).

L'ensablement au Nord du port à cette période est très grand notamment dans les bords du port ; même entre le petit épi et le port. Ce dernier est créé pour limiter l'ensablement au niveau de la passe d'entrée du port.

- 2009-2011 ; On remarque la fermeture complètement de la passe d'entrée du port de cap Djinet. Des accrétions nettes d'environ de 46 m et 109 m sont enregistrés respectivement au niveau des transects (R1 ; R2 ; R3). Au Sud du transect R3, généralement le trait de côte a connu une stabilité régulière le long de la plage.

Cette période est caractérisée par la construction d'un grand épi place au lieu de l'ancien petit épi par ce que l'ancien épi n'est vraiment efficace provoquant l'ensablement total du port.

- Entre 2011 et 2012 la plage de Cap Djinet a subi une stabilité générale.

- Après 2012, à côté du port (à droite) ; on observe une création d'un vrai port par la nature, avec un passe d'entrée spécifique constituée d'un dépôt de sable atteignant 128 m de largeur arrivant de Oued Sébaou. Pour arrêter ce dépôt de sable ; un petit épi a été construit à droite du port ce qui s'est avéré inefficace. Pour éviter d'une part l'ensablement du port et d'autre part l'érosion de la côte, la digue principale a été prolongée de 150m. On observe alors une création d'une plage sous forme d'un tombolo de sable grossier. Derrière il y a une érosion catastrophique dépassant 24 m, la plage au bord de cet épi devient très réduite.

Au niveau des transects (R5 ; R6 ; R7), le rivage a connu un fort engraissement variant de 20m à 37 m avec une pente élevée. La mer est avancée et la route de cap Djinet est mise en danger. L'érosion de la côte est importante au niveau du transect R8 soit un recul de 23,52 m.

- Entre 1973 -2014, on enregistre une forte accrétion du trait de côte au niveau de la plage près du port soit de 218,82 m. Sur la continuité du rivage, il y a un recul de rivage le long de la plage variant de 60,06m à 105,42 m.

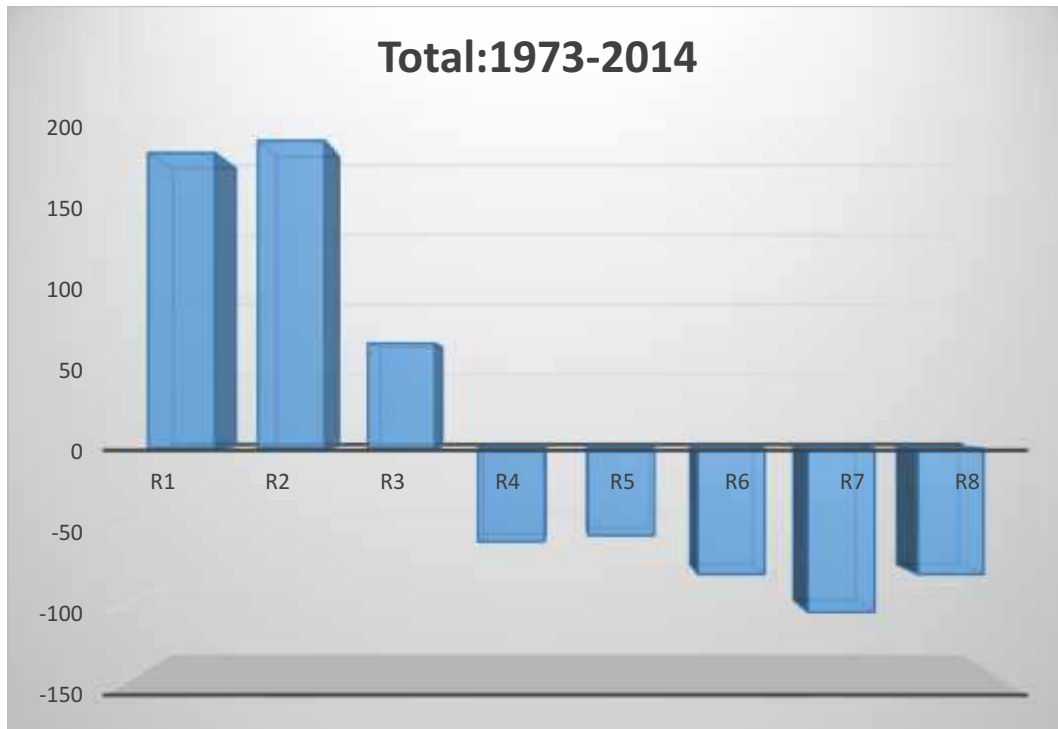


Figure III. 14 : Evolution moyenne du trait de côte du littoral de Cap Djinet sur une période pluriannuelle (1973 -2014).

Ces résultats montrent que d'une part il y'a plutôt accrétion qu'érosion en général estimée à +2,46m par an sur une période de 41 ans, mais d'autre part les infrastructures ont déstabilisé le trait de côte.

Cette accrétion est sûrement due à la direction des courants et houles dominantes Nord – Est qui transporte les sédiments de l'oued Sébaou.

Conclusion

Conclusion :

Par l'analyse du contexte d'évolution historique et actuel de la côte et des plages dans la baie de cap Djinet qui connut plusieurs études de protection contre l'avancé spectaculaire de l'érosion, la présente étude visait à évaluer la réponse des systèmes côtiers aux ouvrages de protection du littoral et du port.

L'étude granulométrique du sable de la plage de cap Djinet indique des courbes cumulatives de type plurimodal, qui traduisent la présence essentiellement d'une plusieurs dynamique sédimentaire. Son matériau est relativement très bien classé, avec une distribution des grains grossiers en allant vers le trait de côte. Ceci pourrait être un indicateur d'une hydrodynamique côtière assez forte.

L'étude des pélites indique aussi que leur fraction dans le sable est plutôt faible (0 à 11,5 %) sur toute la plage. Concernant les carbonates, leur répartition montre un gradient faible (2,54 à 7,66%).

L'étude de trait de côte a montré deux modes d'évolution morphologique ont pu être identifié selon leurs réponses à la propagation des vagues venant des différents secteurs :

Un engraissement massif de la zone près du port avec une variation interannuelle du trait de côte. la première cause de cette accrétion de la plage est due à l'implantation des ouvrages de protection et du port lui-même dans une région de convergence de la houle où les mouvements sédimentaires sont très importants. Dans ce cas le port joue le rôle d'épi en piégeant les sédiments transportés. La deuxième cause c'est l'inutilité et l'inefficacité de l'intervention de défense contre les effets marins afin de garder l'état naturel du site.

Une érosion a observée sur la continuité du rivage. Cet érosion traduit par un recul beaucoup plus au niveau de la partie Sud que la partie Nord de la plage, une réduction des plages ; c'est ce qui dégrade le littoral et l'écosystème naturel marin sous plusieurs angles.

L'érosion a lieu sous les conséquences combinés de l'effet diffractif du Cap et du port qui abrite la plage près du port et la pénurie de stocke sédimentaire qui est due essentiellement à les aménagements au niveau des provinces sédimentaires (Bassin de Isser, l'endiguement de cap Djinet, du Sébaou) qui influent sur le transis sédimentaire et entraînent le déclin de cette cité jusqu'alors prospère.

La largeur de la plage derrière l'épi est généralement plus faible que celle de la plage contigu à des infrastructures qui semblent rétrécir plus rapidement (forme un tombolo). Alors que les plages étroites aux sédiments grossiers présentent un potentiel moins élevé que les plages larges et sableuses pour les activités touristiques.

La résultante est une accrétion moyenne annuelle de +2,46m par an avec un départ d'énorme flux sédimentaire, cette quantité est considérée comme importante pour le linéaire de la côte provenant des deux grands oueds, Sébaou et Isser cernant la zone, transitent le long de la côte, ce qui a causé un fort ensablement de la passe d'entrée du port et au niveau des appontements. En revanche, ces infrastructures ont affronté une réduction de la largeur de la plage adjacente à l'ouvrage de protection qu'il peut également être accompagné de changements de substrat, entraînant même la disparition de haute plage pour certains sites.

En termes de prise de décision, la zone d'étude a subi les effets des infrastructures depuis au moins les années 2002. C'est dans cette perspective que nous avons proposé de prolonger l'épi (à droite de port) pour crée un nouveau port ; de plus, il est favorable de retenu deux brise-lames immergés en géotubes, vu que c'est la plus économique, celle qui s'intègre le mieux au paysage, étant immergé elle ne modifie pas l'esthétique de la plage. Pour couper la barre de sable qui gêne, la station électrique, la navigabilité et surtout améliorer l'accès

Conclusion

maritime au port ; un épi fut construite au niveau de Oued Sebaou. En enserrant le jusant, arrachant les sédiments de la plage et les déposent au large.

En fin, il est donc souhaitable que des études GIZC (Gestion Intégrée de la zone côtière) soient effectuées pour non seulement trouver des solutions adéquates mais aussi harmoniser le type de protection ou proposer des solutions à la hauteur du phénomène observé.

Bibliographie

AFNOR, (1994). Qualité des recueils des normes françaises.

Belkessa, R. (1991). Evolution géomorphologique et sédimentologique du bas Isser et de son embouchure. Thèse de Magister, Institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral, Alger, 162 p.

Bouakline, S., et Cherbi, F. (2006). Evolution des plages de la côte Est algéroise entre Ain-Taya et Boumerdes. Mémoire d'ingénieur, Géol. mar, U.S.T.H.B /I.S.T. Alger, 4-27 p.

BULTEAU, T. et GARCIN, M. (2011). Synthèse des travaux menés sur l'observation de l'évolution du trait de côte. Rapport BRGM/RP-59396-FR. pp, 13-20.

Caulet. G., (1972). Les sédiments orogènes du précontinent Algérien. Mem0du Musium. National. D'histoire. Naturel., Nouvelle série C, science de la terre. XXV. Fasc. Unique. Paris, 288 p.

Chamley, H. (1987). Sédimentologie. Paris : Dunod.

Eckman, P., Sheppard et Inman 1950, D. (1970). Nearshore water circulation related to botom topography and wave refraction: Trans. Amer. Geophy. Union, vol. 31, pp 196-212.

Larfi, B., et Remini, B. (2006). Le transport solide dans le bassin versant de l'oued Isser impact sur l'envasement du barrage de Beni amrane (Algérie). Laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface. Larhyss Journal (5), pp 63-73.

Layoune, A., et Tiguercha, D. (2011). Application de la modélisation numérique pour l'étude de l'ensablement du port de cap Djinet. Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral, Alger, 18-162 p.

MEEDDM (2010). La Gestion du Trait de Côte, Paris : Quae.

Moulin (1978). Météo, vents, vagues, tempêtes. Paris : Maritimes.

Paskoff, R. (1993). Les littoraux, Impact des aménagements sur leur évolution, Paris : Masson, pp 69-74.

Paskoff (2005) - les plages vont-elles disparaître ?, Paris : Le pommier. 64 p.

Quartel et al, (2008). Seasonal accretion and erosion patterns of a microtidal sandy beach. Marine Geology, 250 (1-2), 19-33.

Rivière. A, (1977). Méthode de granulométrie, technique et interprétation. Edition MASSON.

Sitarz, J. A. (1963), Contribution à l'étude de devolution des plages à partir de la connaissance des profils d'équilibre, Travaux du Centre de Recher- ches et d'Etudes Oceanographiques, Tome V.

Vatan, A. (1967). « Manuel de sédimentologie» Edition Techniq.

Carte :

Carte géologique de l'Algérie, Flandrin, M. 2ème édition, (1952). Jeu de 6 feuilles avec légende. Alger Nord, 1/50 000. Service géologique de l'Algérie.

Topography map of Alger (Algeria). DMATC 3ème Edition (1972). Defense Mapping Agency Topographic Center, Washington.

La liste des sites Internet consultés :

www.futura-sciences.com

www.instrumentation-online.com

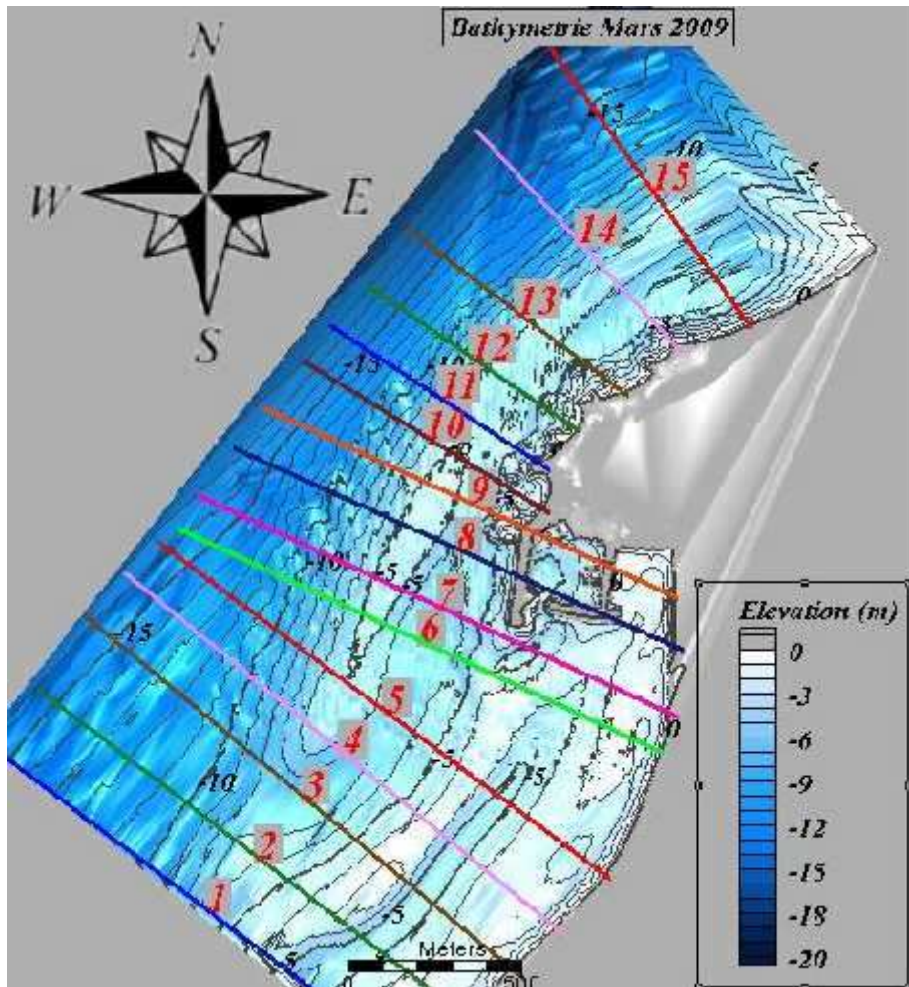
www.laboandco.com

www.tompress.fr

www.wikipedia.org

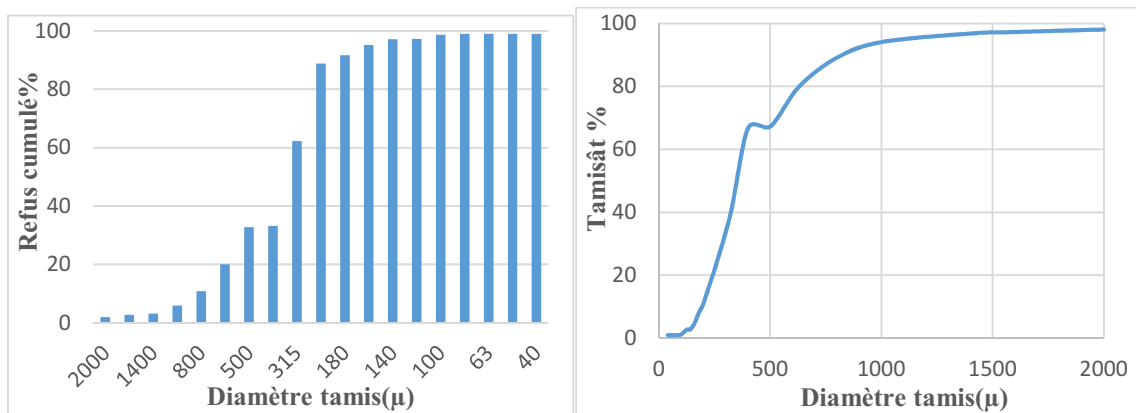
Annexes

Annexe 1 : Représentation des profils bathymétriques. (Layoune, A., et Tiguercha, D. 2011)

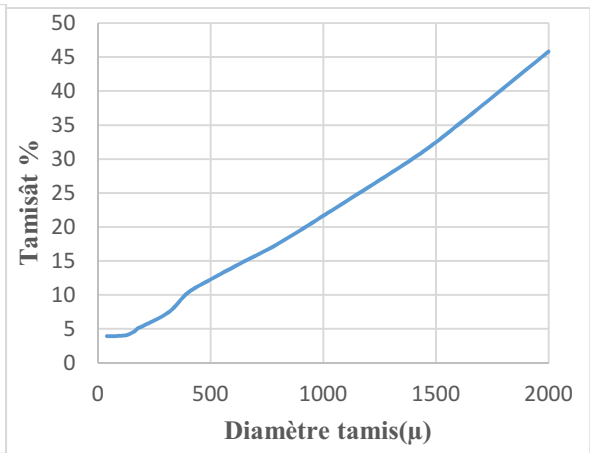
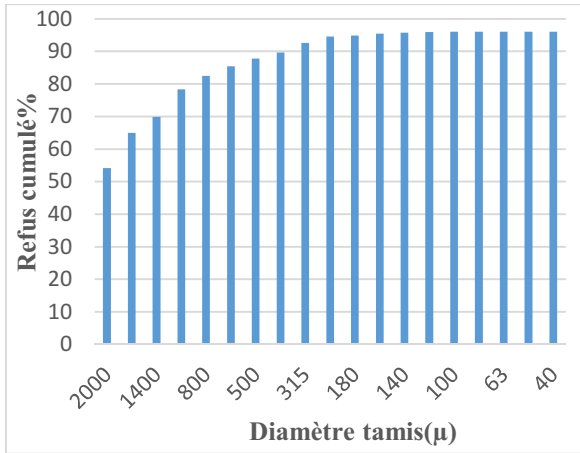


Annexe 2 : Les courbes granulométriques.

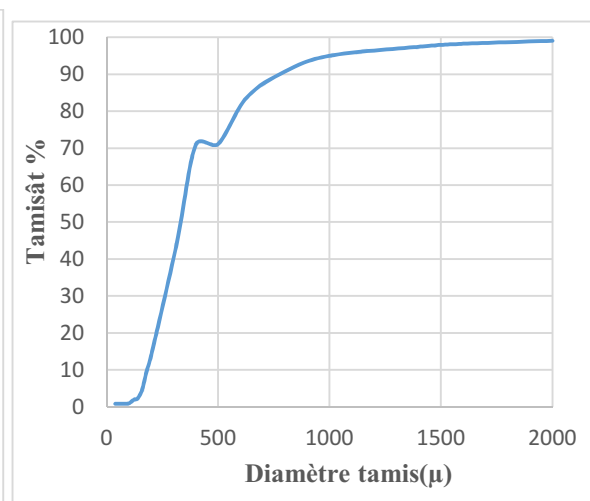
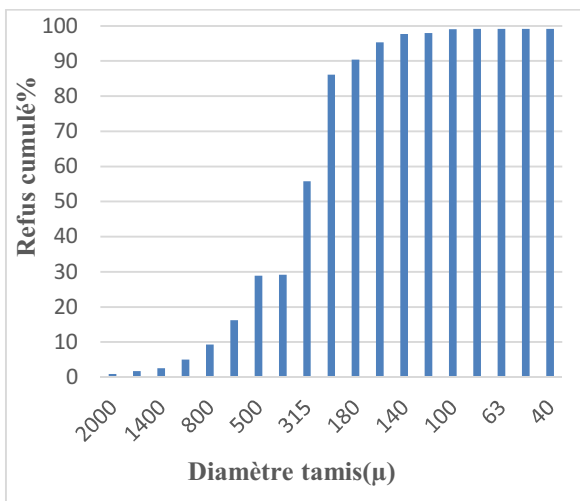
Ech 1 :



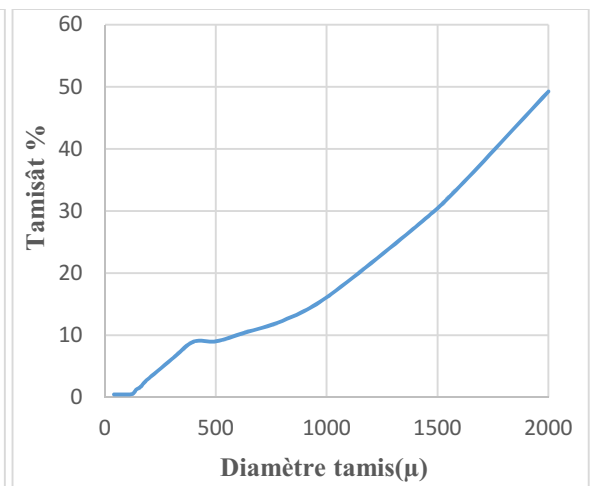
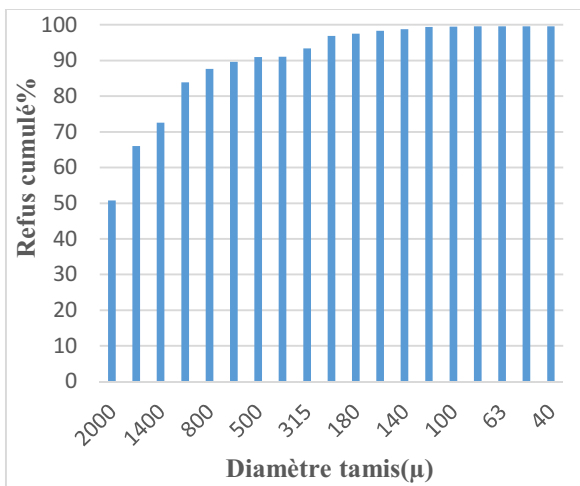
Ech 2 :



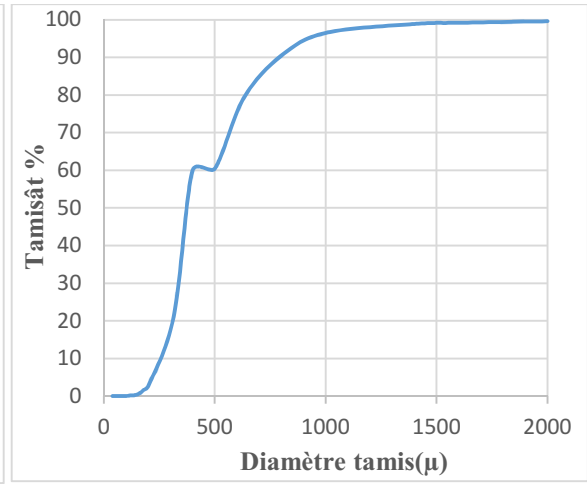
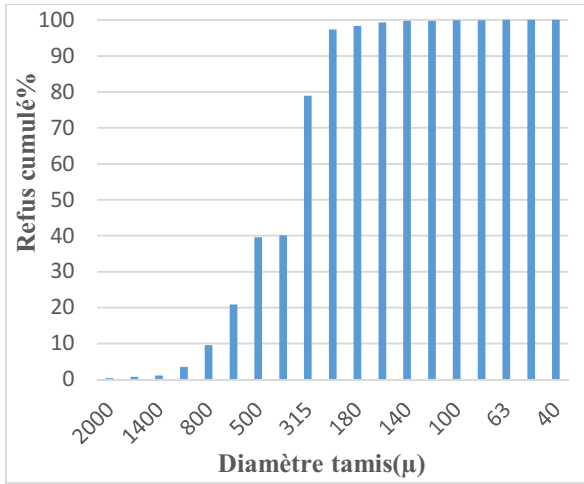
Ech 3:



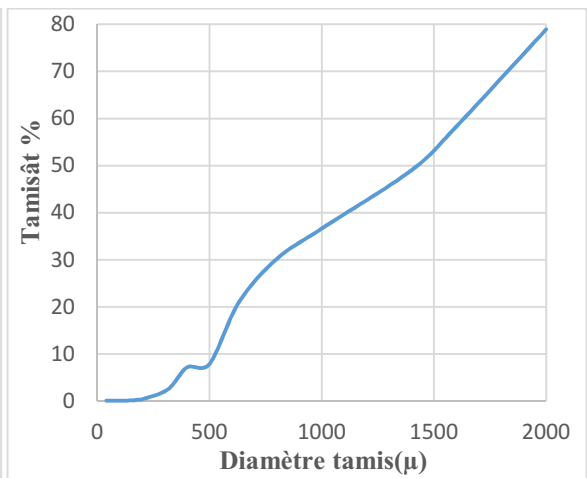
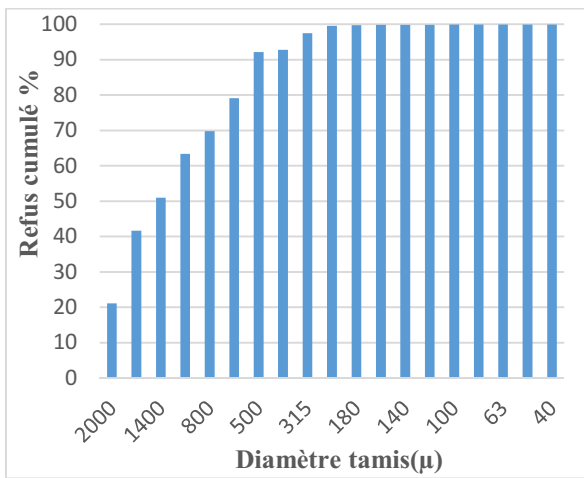
Ech 4:



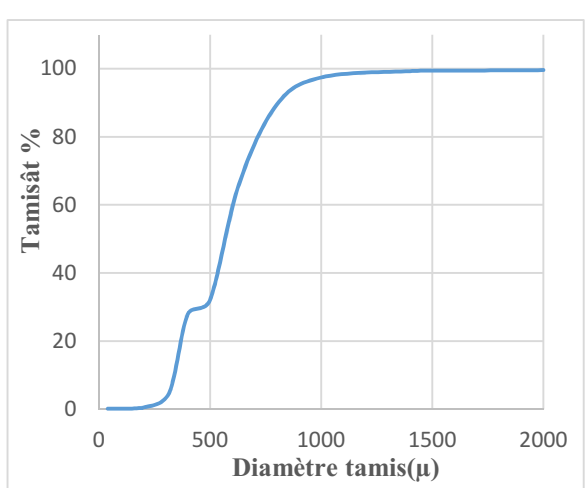
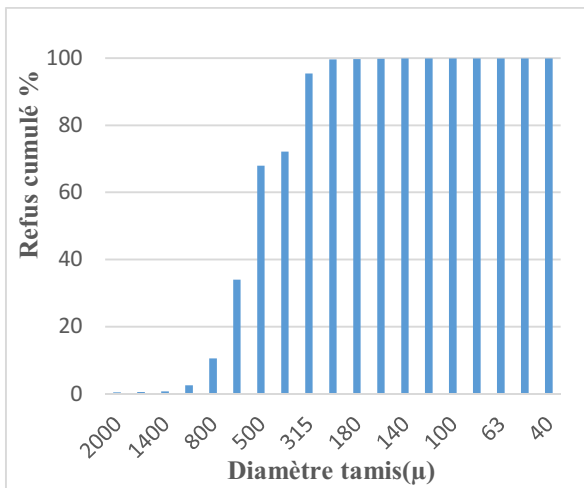
Ech 5:



Ech 6:



Ech 7:



Ech 8:

Annexe

