

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 تهينة الساحل
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 :

*Projet de prospection du sable marin
(Zemmouri El bahri)*

Présente par:

- *BENCHAIB Khaldia*

Soutenu le 26/10 /14 devant le jury suivant :

Mr	DRICHE.M	Maître de conférences B (ENSSMAL)	Président
Mr	BELKESSA.R	Professeur (ENSSMAL)	Promoteur
M ^{elle}	BENALI. M	Doctorante (VERT ET BLEU)	Co-promotrice
Mme	BENZOUAIS.S.	Maître assistante A (ENSSMAL)	Examinatrice
Mr	BACHOUICHE.S.	Chercheur permanent (CNRPDA)	Examineur

Promotion : 2013-2014

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
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 :

*Projet de prospection du sable marin
(Zemmouri El bahri)*

Présente par:

- *BENCHAIB Khaldia*

Soutenu le 26/10 /14 devant le jury suivant :

Mr	DRICHE.M	Maître de conférences B (ENSSMAL)	Président
Mr	BELKESSA.R	Professeur (ENSSMAL)	Promoteur
M ^{elle}	BENALI. M	Doctorante (VERT ET BLEU)	Co-promotrice
Mme	BENZOUAIS.S.	Maître assistante A (ENSSMAL)	Examinatrice
Mr	BACHOUICHE.S.	Chercheur permanent (CNRPDA)	Examineur

Promotion : 2013-2014

Remerciements

Au terme de ce travail, on remercie notre Bon Dieu le tout puissant pour nous avoir donné la santé, le courage et la volonté, pour réaliser ce modeste travail.

Que soient particulièrement remerciés les membres de jury :

*Monsieur **DRICHE.M**, Maître de conférences B (ENSSMAL), qui nous fait l'honneur de présider ce jury de cette soutenance.*

*Monsieur **BELKESSA.R**, Professeur(ENSSMAL), pour avoir accepté, de diriger et de suivre constamment le progrès de ce travail, par ses suggestions et ses critiques constructives, dont la patience et la sympathie m'ont fait aimer le domaine de l'aménagement.*

*M^{elle} **BENALI.M**, doctorant (**VERS ET BLEAU**) pour avoir accepté de Coencadrer ce travail, et pour ses précieux conseils.*

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à Madame

***BENZOUAI.S**, maître assistante A (ENSSMAL), Monsieur **BACHOUCHE.S**, Chercheur permanent (**CNRPDA**) pour avoir accepté d'examiner ce manuscrit et de participer à ce jury.*

Nos profondes reconnaissances au personnel de la bibliothèque de l'ENSSMAL, ainsi qu'à toutes les personnes qui nous ont aidés du près ou de loin à la réalisation de ce mémoire de fin d'étude.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail A mes chers parents

Que dieu les protège

*A mes aimables sœurs: Habiba, Nacira et
Hadjira*

A mon adorable petit frère Mohamed

A mon oncle Miloud et sa famille

*A mes amies Salolo, Sonia, Fatima, Wafa et
Lamia avec leurs maris*

A mon ami amine et sa femme

*A mes amies : Aicha, Afaf, Abla, Mahdjouba,
Fatiha, Wahida, Zhor, Wahiba*

A tous mes amies sans exception

*A toutes les personnes qui m'ont soutenu et
encouragé tout au long de ma vie.*

KHALDIA

SOMMAIRE

Introduction.....	16
-------------------	----

Chapitre I: Généralité

I. Granulats marins	19
I.1. Définition.....	19
I.2. Rôle des granulats dans la construction	19
I.3. Choix du site pour l'exploitation	19
I.3.1. Mouvement des particules solides perpendiculairement au littoral	20
I.3.2. Profondeur critique d'exploitation	20
I.4. Technique d'exploration	20
I.5. Problèmes liés à l'utilisation des granulats marins.....	22
I.6. Impact des exploitations des granulats marins	23
I.6.1. Le domaine physique	24
I.6.2. Les effets sur le domaine biologique	25
I.6.3. Les effets sur les activités humaines	26
I.7. L'extraction de granulats marins dans le monde	26
I.7.1. Situation dans certains pays	26
I.7.2. La production de granulats en Algérie	27
I.7.3. Production de sable naturel.....	27
I.7.4. La demande en granulats marins	28
I.8. Cadre réglementaire	29

Chapitre II: La zone d'étude

II.1. Situation géographique de la zone d'étude	31
II.2. Cadre géologique	32
II.3. Sédimentologie.....	32
II.4. Aperçu sur le contexte tectonique.....	33
II.5. Climatologie.....	34
II.6. Facteur hydrodynamique	36
II.7. Le réseau hydrographique.....	38
II.8. Population.....	39
II.9. Tourisme.....	39

CHAPITRE III : Matériels et Méthodes

III.1. Etude bathymétrique.....	41
III.1.1. Moyens	41
III.1.2. Références géodésiques et topographiques.....	42
III.1.3. Méthode de travail et de contrôl.....	42
III.1.4. Réalisation des levés.....	42

III.2. Etude sédimentologique.....	43
III.2.1. Les techniques de prélèvement.....	43
III.2.2. Méthode d'analyse au laboratoire.....	44
III.2.2.a. Principe d'analyse.....	44
III.2.2.b. Protocole pour l'étude de la texture des sédiments.....	45
III.2.3. Paramètres graphiques et indices granulométriques.....	46
III.2.3.a. Le mode.....	46
III.2.3.b. la médiane (Q_{50}).....	46
III.2.3.c. Les fractiles	46
III.2.3.d. Indices et coefficients granulométriques	46
III.3. La calcimétrie.....	47
III.4. Etude par sismique réflexion.....	48
III.4.1. Principe de fonctionnement.....	48
III.4.2. Description du matériel utilisé.....	49
CHAPITRE IV : Résultats et discussions	
IV.1. Résultats d'analyses bathymétriques	51
VI.2. Résultats de l'analyse granulométrique.....	52
VI.2.1. Le mode	55
VI.2.2. La médiane (Q_{50}).....	56
VI.2.3. Indice des tailles maximales (D_{90}).....	56
VI.2.4. Indice de classement So	57
VI.2.5. Le coefficient d'asymétrie (Sk).....	58
VI.2.6. Les pélites.....	59
VI.2.7. La calcimétrie.....	60
VI.3. Etude par réflexion sismique.....	60
IV.4. Détermination du gisement des sables.....	60
IV.4.1. Les ressources.....	60
IV.4.2. Les réserves	61
IV.4.3. Les contraintes.....	61
IV.4.4. Le gisement.....	61
Conclusion.....	64
Bibliographie	
Annexe	

Liste des Abréviations

AFNOR	:	Association Française de Normalisation.
ANRH	:	Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
°C	:	Degré Celsius
Cl	:	Chlore
Cm	:	Centimètre
ENSSMAL	:	Ecole National Supérieur de Science de La Mer et l'Aménagement de Littoral
E	:	Est
IFREMER	:	Institue français de recherche pour l'exploitation de la mer
Ha	:	Hectars
Hc	:	Amplitude critique
Km	:	Kilomètre
LCHF	:	Laboratoire Centrale d'Hydraulique Français
LEM	:	Laboratoire d'Etudes Maritimes
m	:	Mètre
m³	:	Mètre cube
Mm	:	Millimètre
m/s	:	Mètre par seconde
m/s²	:	Mètre par seconde carrée
N	:	Nord
NE	:	Nord-Est
ONM	:	Office National de la Météorologie
S	:	Sud

Liste des abreviations

SW	:	Sud- Ouest
USSMO	:	US Naval Weather Service Command.
W	:	West
ZET	:	Zone d'Extension Touristique
ZH	:	Zéro Hydrographique
µm	:	micro mètre

LISTE DES FIGURES

Fig n°01	: Drague à benne (Alzieu et al, 1999).	21
Fig n°02	: Technique d'extraction par aspiration:-Dragage au point fixe- (Desprez, 1993)	21
Fig n°03	: Technique d'extraction par aspiration : -Dragage en marche- (Desprez, 1993).	22
Fig n°04	: Synthèse des impacts de l'extraction de granulats marins (IFREMER).	23
Fig n°05	: Traces laissées sur le fond par une drague (IFREMER).	24
Fig n°06	: Production des granulats par wilaya et par année (Daho I, 2012).	27
Fig n°07	: Production du sable naturel par wilaya-année 2009 (Daho I, 2012).	28
Fig n°08	: Situation géographique de la zone d'étude : La partie orientale de Zemmouri El bahri (Google Earth 2014).	31
Fig n°09	: Carte géologique du secteur d'étude: Stratigraphie et lithologie. (Ficheur, 1985 <i>in</i> Alloui L, 1999).	32
Fig n°10	: Répartition sédimentaire dans la baie de Zemmouri (BELKESSA, 1991).	33
Fig n°11	: Cadre tectonique de la région d'Alger et de Boumerdès (Meghraoui, 1988 <i>in</i> Kerbach F et Medjber H, 2013).	34
Fig n°12	: Température mensuelles en (°C) (O.N.M, Dar El Bieda, 1996-2005).	35
Fig n°13	: Les Températures minimales et maximales de la zone de Zemmouri (O.N.M, Dar El Bieda, 1996-2005).	35
Fig n°14	: Précipitations moyennes mensuelles (en mm) de la zone de Zemmouri entre (1996-2005): ONM 2014.	36
Fig n°15	: Rose annuelles des vents au large des côtes algériennes (Données relatives) (USSMO, 1974).	36
Fig n°16	: Réseau hydrographique de notre zone d'étude (Google map 2014).	38
Fig n°17	: Secteur du levé bathymétrique de la baie de Zemmouri (Google Earth, 2014).	41
Fig n°18	: Situation des station de prélèvements (Google Earth, 2014).	43

Fig n°19	: Principe de fonctionnement de la sismique réflexion.	48
Fig n°20	: Carte bathymétrique de la baie de Zemmouri.	51
Fig n°21	: Situation des stations de prélèvements (Google Earth, 2014).	52
Fig n°22	: Répartition du mode dans la baie de Zemmouri.	55
Fig n°23	: Répartition des médianes (Q_{50}) dans la baie de Zemmouri.	56
Fig n°24	: Répartition des déciles supérieurs (D_{90}) dans la baie de Zemmouri.	57
Fig n°25	: Variation de l'indice de classement et la médiane.	57
Fig n°26	: Variation du coefficient d'asymétrie et la médiane.	58
Fig n°27	: Taux de pélites dans les stations étudiées.	59
Fig n°28	: Distribution du taux de pélites dans La baie de Zemmouri.	59
Fig n°29	: Carte de position de gisement de la baie de Zemmouri.	62

LISTE DES TABLEAUX

Tab N°01	: La technique d'explorations (Merabti et Nouassa, 2008).	20
Tab N°02	: Comparaison des incidences potentielles de deux méthodes d'exploitation (Hitchcock et Bell, 2004).	22
Tab N°03	: Consommation par type d'agrégat et par année- SEROR Réalisations divers wilayas (Daho I, 2012).	29
Tab N°04	: Fréquences mensuelles des houles au large par direction (USSMO, 1963-1970).	37
Tab N°05	: Débits et apports moyens annuels de l'oued Isser. (ANRH, 1997- 2001).	38
Tab N°06	: Le foncier touristique à Zemmouri (Benmahiddine R, 2013).	39
Tab N°07	: Limites de So.	46
Tab N°08	: Limite de skweness.	47
Tab N°09	: Limite du coefficient d'uniformité.	47
Tab N°10	: Limite de coefficient de courbure.	47
Tab N°11	: Type des matériels, données utilisés et obtenues.	48
Tab N°12	: Fractiles et modes pour chaque échantillon.	53
Tab N°13	: Indices et coefficients granulométrique de chaque échantillon.	53

INTRODUCTION

Introduction

La croissance démographique et le développement économique mondial induit une urbanisation de plus en plus grandissante surtout sur les zones côtières, et les gisements de matériaux terrestres répondent difficilement au besoin de cette énorme croissance en demande de matériaux de construction, par conséquent l'être humain se tourne naturellement vers la mer.

Certains pays recourent aujourd'hui à l'utilisation des matériaux marins pour répondre à leurs besoins en granulats, et la Grande-Bretagne en est l'un des plus importants producteurs (Augris et Gressab, 1984).

Les granulats marins sont les matières premières principales pour la construction, les projets de poldérisation et de rechargement de plage.

En Algérie les sablières sont abusivement exploitées notamment sur les nappes alluviales des principaux oueds côtiers (O. Soummam, O. Kébir, O. Isser ...), sur les zones de dépôts éoliens récents au niveau du sublittoral (espaces dunaires de la Macta, du Mazafran, du Sahel algérois, de Zemmouri, de Béjaia Est, et des cordons littoraux de Annaba), sur les parties supérieures des plages et parfois même sur les estrans (Salamandre, Azur Plage, Boumerdès, Mandoura, Soummam, ...) et dans certains cas sur les parties des plages sous-marines (Bordj El Kiffan Zemmouri, ...). Sur les plages de Chénoua à Cap Djinet.

Le but de ce travail a été de développer une méthodologie pour la prospection et l'exploitation de granulats marins ; de déterminer précisément les profondeurs, la nature et la répartition des sédiments superficiels sur la zone du périmètre de prospection pour le secteur situé entre le port de Zemmouri et celui de Cap djinet dans la Wilaya de Boumerdes.

Pour cela nous avons suivi le schéma ci-après:

- Une synthèse sur la situation de l'exploitation des granulats marins dans le monde, et en Algérie, en termes réglementaires, en termes de besoins des granulats avec quelques techniques sur l'exploitation de cette ressource, et l'évaluation de l'impact de ce type d'exploitation sur l'environnement.
- Un aperçu général sur la partie orientale de la Baie de Zemmouri (situation géographique, aspect hydro climatologique, les sédimentologies....)
- Les différentes approches, moyens et méthodes, utilisées dans la présente étude sédimentologique et bathymétrique.

- Une présentation des résultats et discussions, avec pour principales conclusions, une caractérisation des sédiments de la baie, Définir les zones de gisement de granulats marins dans la zone de Zemmouri.

CHAPITRE I: GENERALITES

I. Granulats marins

I.1. Définition

On appelle « granulats » des matériaux qui se présentent sous forme de grains dont la taille est comprise entre 0 et 80 mm (**Arquie et Toureneq, 1990**), les granulats sont des minéraux comprenant les sables et les graviers d'alluvions, les matériaux concassés de carrière, les sous produits industriels, les déchets de mines, les matériaux issus de la destruction d'ouvrages et accessoirement, les granulats expansés (**Augris et Cressard, 1984**).

Les granulats couvrent trois usages principaux:

- La fabrication des bétons, pour lesquels sont utilisés surtout les matériaux alluvionnaires (sables et graviers);
- La confection des couches de roulement des routes, pour lesquelles les matériaux concassés à haute performance sont préférés;
- L'édification des couches de base et de fondation des routes, pour lesquelles le critère dominant de choix dépendra essentiellement du coût du matériau rendu sur le chantier.

I.2. Rôle des granulats dans la construction

Les granulats marins représentent un rôle très important pour l'économie nationale dans le secteur du bâtiment et des travaux publics. De leur qualité dépend la qualité des ouvrages (logements, routes, etc.) et le coût des projets.

Les granulats constituent la matière première essentielle sans laquelle la réalisation des ouvrages serait aujourd'hui impossible. Ils forment le squelette des bétons hydrauliques, ainsi que l'ossature des couches de chaussées.

I.3. Choix du site pour l'exploitation

Pour pouvoir définir ou choisir un site pour l'exploitation du sable marin, il est nécessaire de prévoir les conditions de colmatage en mer, et de fixer la profondeur limite à partir de laquelle ces extractions pourraient être possibles sans qu'il y ait répercussions sur le littoral.

En outre, la connaissance des transits, en quantités et en directions, faciliterait la gestion de l'exploitation, le problème de la faune et de la flore doit faire l'objet d'études spécifiques (**Merabti et Nouassa, 2008**).

I.3.1. Mouvement des particules solides perpendiculairement au littoral

Les particules solides peuvent subir des déplacements dans le profil lorsqu'elles sont mises en oscillations par les mouvements orbitaires de la houle. Pour les sables et graviers, les études effectuées par le L.C.H.F « Laboratoire centrale hydrologie de France » ont montré que:

- Les mouvements dans le profil étaient importants entre la côte et les fonds;
- Les variations sont faibles par fond de -15 à -20m;
- Au delà de -20m le remaniement sédimentaire devient très faible.

I.3.2. Profondeur critique d'exploitation

Il existe pour chaque profondeur une amplitude critique « Hc » de houle au-delà de laquelle la souille ne peut pas être soumise à un comblement (Merabti et Nouassa, 2008).

I.4. Technique d'exploration

La recherche ou la prospection a pour but de trouver des sites favorables à une exploitation industrielle des sables et graviers marins. Cette prospection doit permettre de connaître la position précise, la nature et la granulométrie du gisement, la superficie exacte et l'épaisseur des dépôts, ainsi on peut évaluer le volume de granulats disponibles et apprécier leur valeur commerciale (Alloui, 1999).

Les techniques de reconnaissance utilisées pour la mise en évidence de gisements de matériaux en mer doit être complétée par les études suivantes (Merabti et Nouassa, 2008).

Tableau n°01: Les technique d'explorations (Merabti et Nouassa, 2008).

Type d'étude	Etude géophysique	Etude géologique	Etude en laboratoire
Les méthodes utilisables	Sonar latéral, Sismique réflexion, Estimation quantitative.	Sondage carotté, Estimation qualitative.	Granulométrie, minéralogie, calcimétrie.

Quelques techniques d'exploitations:

I.4.1. Les dragues

Pour l'exploitation du sable marin, il existe de très nombreux types de dragues : elles sont classées selon la technique de prélèvement (Augris et Gressard, 1984).

I.4.1.1. Dragage à la benne preneuse

Ces dragues exploitent au point fixe, mouillées sur leurs ancres, à l'aide d'une benne mise en œuvre au moyen d'un mât de charge ou d'une grue (figure n°1). Le rendement effectif dépend du remplissage de la benne et de la nature du terrain. Une drague à benne ne permet pas un dragage régulier mais une succession d'excavations dont l'espacement est variable selon la profondeur. Cette technique est un système demandant un très long temps de chargement et elle reste tributaire des conditions météorologiques (Yahi, A. 2009).

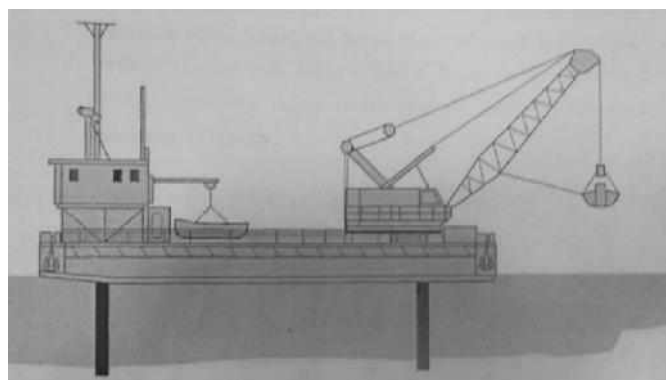


Figure n°01: Drague à benne (Alzieu et al, 1999).

I.4.1.2. Les dragues aspiratrices

On distingue deux techniques principales d'extraction :

- drague aspiratrice à point fixe, utilisée dans d'autres pays européens, mais non utilisée en France sur les exploitations existantes.

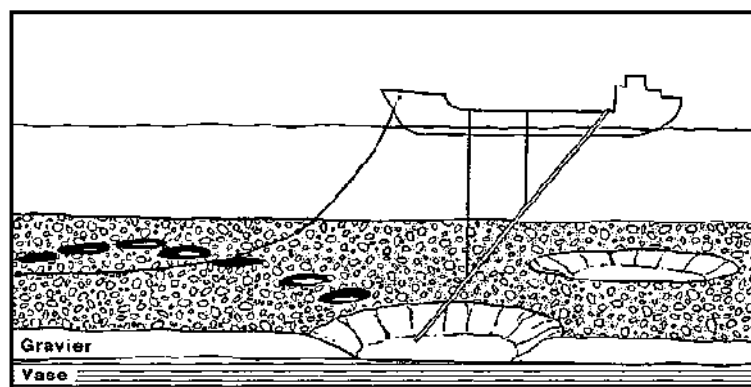


Figure n°02: Technique d'extraction par aspiration :
-Dragage au point fixe- (Desprez, 1993).

- l'extraction par drague aspiratrice en marche, la technique la plus répandue en France et en Europe.

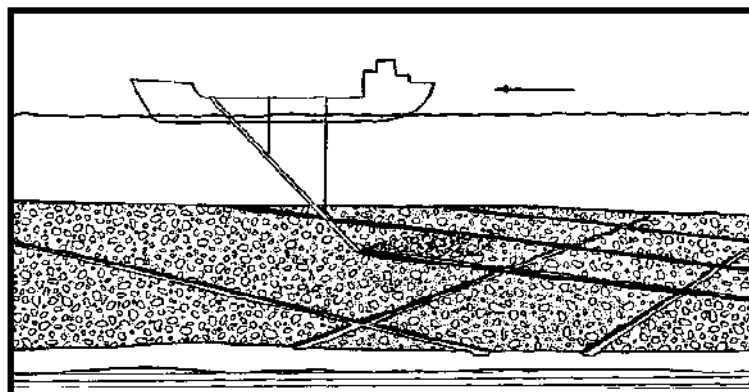


Figure n°03: Technique d'extractions par aspiration :
-Dragage en marche-(Desprez, 1993).

Le dragage par aspiration est la technique la plus utilisée pour l'extraction du sable et gravier marins (Boutemin, 1986).

Tableau n°02: Comparaison des incidences potentielles de deux méthodes d'exploitation (Hitchcock et Bell, 2004).

Technique de dragage	Avantages	Inconvénients
Dragage à point fixe:	<p>Incidence réduite dans l'espace.</p> <p>Incidence faible sur la modification des vagues et des courants.</p>	<p>Terrain irrégulier.</p> <p>Probabilité accrue de perturbation de couches inférieures ex : argiles.</p> <p>Topographie des fonds non adaptée au chalutage.</p> <p>Stratification de l'eau dans les fosses profondes.</p> <p>Développement possible de conditions anoxiques dans les fosses les plus profondes.</p> <p>Moindre chance de rétablissement de la faune.</p>
Dragage en marche:	<p>Moindre altération de la topographie.</p> <p>Meilleures conditions de recolonisation.</p> <p>Moindre risque d'exposition d'une couche inférieure.</p> <p>Approprié aux dragues modernes.</p>	<p>Possible modification du régime des houles et des courants.</p> <p>Zone impactée plus étendue.</p>

I.5. Problèmes liés à l'utilisation des granulats marins

Le but développé pour l'exploitation des granulats marins vise leur substitution aux granulats dits traditionnels, par conséquent être utilisables aussi bien pour la fabrication des bétons que pour les maraîchers, cependant les utilisateurs expriment des réticences qui sembleraient freiner le développement de ce type de matériau dans ces deux domaines.

I.5.1. Utilisation du sable marin pour le maraîchage

Pour l'emploi des sables marins dans les tenues maraîchères, il n'existerait aucun inconvénient (Boutmin 1986).

Il s'est avéré que la quantité de sable marin utilisé pour la couverture d'un semis correspondait à un apport en sel (ion Cl^-) nettement inférieur à celui dû aux eaux d'arrosage. Quant à la présence de coquilles calcaires, celles-ci constituent plus un avantage qu'un inconvénient, dans la mesure où les apports en chaux s'avèrent souvent indispensables en terrains cristallins (Coppenet, 1984).

I.5.2. Utilisation des sables marins pour la fabrication des bétons

L'emploi de sables marins pour la fabrication de béton doit prendre en considération deux problèmes qui peuvent se présenter : la teneur en sel et celle de la teneur en coquilles. De plus la présence de fortes teneurs en micas ou argile peut également entraver leur utilisation (Alloui, L. 1999).

I.6. Impact des exploitations des granulats marins

L'exploitation du fond de la mer, quelque soit son objectif et les précautions prises, entraîne des modifications permanentes du milieu marin.

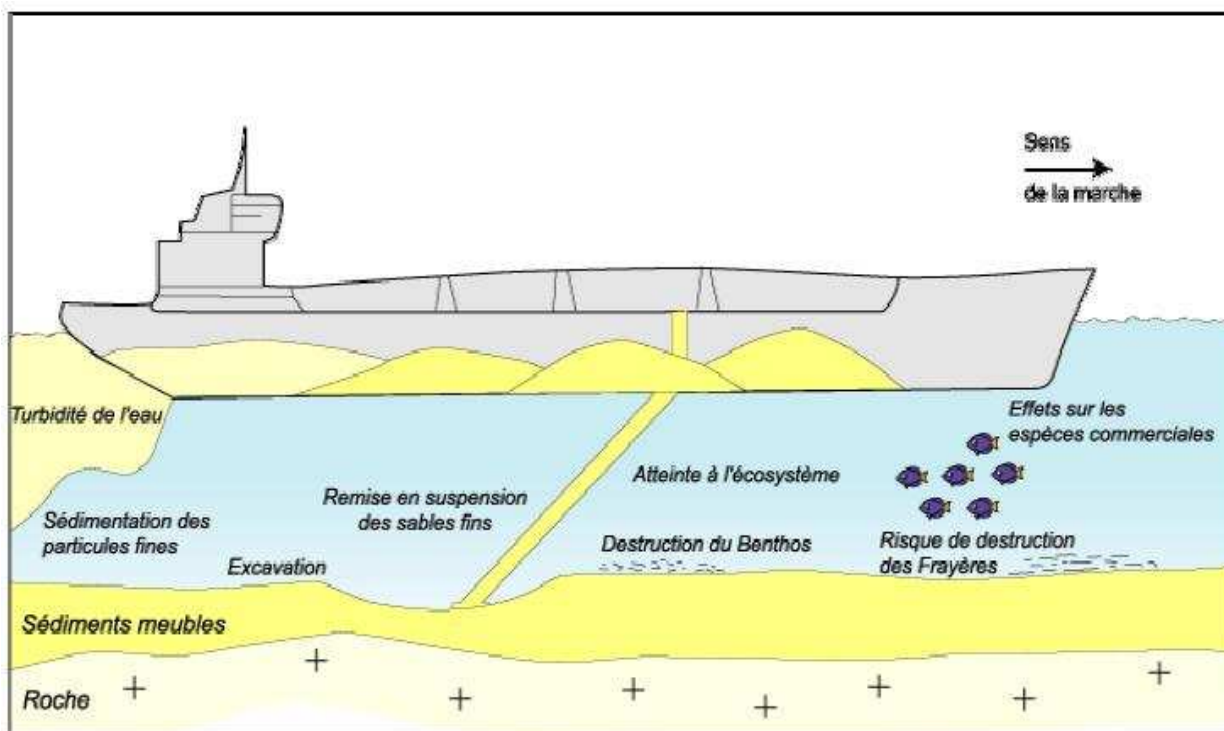


Figure n°04: Synthèse des impacts de l'extraction de granulats marins (IFREMER)

L'environnement marin a été décomposé en trois domaines :

I.6.1. Le domaine physique

I.6.1.a. L'eau

Le pompage des matériaux au fond, de même que la surverse entraînent la mise en suspension d'une partie de la fraction fine du sédiment (< 40 mm). Cette turbidité peut provoquer une baisse de la transparence de l'eau ayant pour conséquence une diminution de la pénétration de la lumière, donc de la photosynthèse. **(Debyser. J, 1975)**

D'autre part, le lavage des sédiments pourra remettre en suspension un certain nombre d'éléments déposés sur le fond, en même temps que les particules fines, pouvant soit être contaminés par des traces d'hydrocarbures, des pesticides, des métaux lourds ; soit favorables, dans le cas d'éléments nutritifs pour le plancton : tels phosphates et nitrates. **(Alloui .L 1999).**

I.6.1.b. Le fond de la mer

La modification physique des fonds marins par l'action de dragage pour l'exploitation des granulats marins, peut avoir un impact direct ou indirect durable, tel que la modification des courants locaux ou de la nature des sédiments superficiels et de la faune associée **(Debyser 1975).**

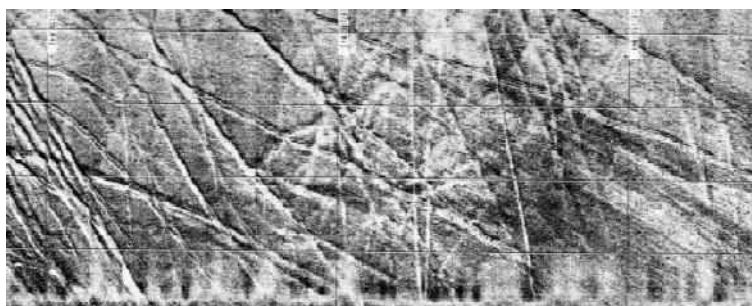


Figure n°05: Traces laissées sur le fond par une drague **(IFREMER)**

Lorsque l'extraction se fait trop près de la côte, la dynamique sédimentaire peut être modifiée, la création d'un déficit local en sédiment peut s'étendre à toute la cellule sédimentaire concernée, et entraîner des impacts visibles jusqu'à plusieurs kilomètres des sites d'extraction, la disparition des sédiments peut aussi augmenter l'exposition à la houle, et ainsi contribuer à augmenter l'érosion. Les fonds marins sont modifiés et peuvent devenir peu favorables à certaines activités (comme le chalutage). Les sillons créés par le passage de dragues aspiratrices ne disparaissent que dans les zones soumises à de forts courants, ailleurs, la topographie du fond reste durablement modifiée.

I.6.1.c. La ligne de rivage

Les sédiments marins situés dans les zones de faibles profondeurs, au voisinage de la côte ne sont pas statiques, mais contribuent à un équilibre dynamique à l'échelle de « cellules sédimentaires »: tout prélèvement de sédiments à l'intérieur d'une de ces cellules est susceptible d'entraîner un déséquilibre, dont la compensation peut produire (parfois en très peu de temps) le déplacement de quantités importantes de sédiments en un autre point de la cellule. Ceci peut se traduire, suivant la zone, par la disparition de plages, ou des affouillements à la base de falaises susceptibles d'entraîner leur éboulement. Les conséquences de ces mouvements peuvent donc être catastrophiques, que ce soit en termes de sécurité des personnes et des biens, ou en termes économiques (dans le cas par exemple d'une station balnéaire).

I.6.2. Les effets sur le domaine biologique

Les répercussions des exploitations sur les ressources biologiques, seront soit immédiates, et de ce fait évidentes, soit à long terme et dans ce dernier cas, seule une étude s'étalant sur plusieurs années pourra permettre de mesurer leur importance. Dans certain cas les conséquences peuvent être néfastes : dans d'autre cas, elles ne sont pas dommageables, et pourraient être bénéfiques, tout dépend des espèces qui sont concernées (**Alloui L 1999**).

I.6.2.a. Effets immédiats dans la zone de l'exploitation

Le peuplement des fonds marins n'occupant que la surface du substrat et les vingt premiers centimètres en profondeurs, il l'y aura donc à la surface du gisement, lors de l'exploitation, destruction d'une masse de matière vivante plus au moins grande, selon les richesses du fond (**Augris et Cressard, 1991**).

I.6.2.b. Effets à long terme autour de la zone d'exploitation

Les répercussions à plus long terme sont moins aisées à mettre en évidence, elles sont difficiles à différencier avec certitude des variations saisonnières ou annuelles naturelles. En cas d'exploitation extensive, les changements notables dans la répartition des différents substrats modifieront les relations avec les peuplements qui leur sont associés. En particulier, les creusements effectués à travers des dépôts de sédiments fins pour atteindre les graviers sous-jacents, laissent des traces durables, comme en témoignent les observations britanniques. Ce sont sur ces sédiments fins qu'on trouve les peuplements les plus productifs (**Desprez, 1994**).

I.6.3. Les effets sur les activités humaines

Il est nécessaire de signaler l'interaction qui existe entre les activités d'exploitations de granulats et les autres activités maritimes (Alloui, L. 1999).

I.6.3.a. Répercussions sur la pêche et la conchyliculture

Dans l'évidence où les exploitations éviteront des zones de pêches actives, l'effet direct sur les espèces commerciales devrait être faible, mais certains nombres d'effets indirects peuvent être plus ou moins significatifs. La remise en suspension de particules fines, en augmentant la turbidité, peut créer dans le cas où les exploitations seraient près des côtes, une nuisance pour la conchyliculture, les fonds initialement plats, sur lesquels sont traînés les chaluts seront devenus accidentés par suite du dragage, et cela risque de les rendre impropres au chalutage (Debyser, 1975).

I.6.3.b. Répercussion sur les activités du littoral

Sur le plan de l'aménagement du littoral, les exploitations de granulats marins créeront un besoin d'infrastructures nouvelles, surtout au niveau des zones portuaires, et elles permettront ainsi le développement des grands équipements des régions littorales (Cressard, 1977).

I.6.3.c. Répercussions sur l'activité touristique

Sans répercussion directe sur l'activité touristique, les exploitations de sables et graviers devront être situées dans des zones où elles ne risquent pas d'aggraver l'érosion des plages, ni d'être responsable d'apports intempestifs de particules vaseuses sur les côtes.

I.7. L'extraction de granulats marins dans le monde

I.7.1. Situation dans certains pays

I.7.1.a. France:

Entre 1977 et 1988, la contribution des granulats marins aux besoins nationaux est restée constante et très limitée (environ 1%).

En 2009, la production de granulats en France est estimée à 376 millions de tonnes. Un peu plus de 1500 entreprises travaillent dans ce secteur de l'extraction.

Environ 39% provient de l'exploitation de gisements de roches meubles d'origine alluvionnaire (119 millions de tonnes), de granulats marins (6 millions de tonnes) ou d'autres sables (21 millions de tonnes).

I.7.1.b. Etats-Unis :

La seule extraction marine d'ordre commercial consiste dans le dragage du chenal d'accès au Port de New-York (750 000 m³ an) dont les sables et graviers sont utilisés pour la poldérisation et la construction.

Un intérêt supplémentaire des dragages sublittoraux serait de fournir des matériaux de recouvrement de dépôts de dragage contaminés en provenance de ports, dépôts qui sont traditionnellement rejetés au large.

I.7.1.c. En Europe

En 2009, la moyenne européenne était de 5,5 tonnes par habitant, chutant en comparaison avec les 6,2 tonnes par habitant en 2008 et les 7 tonnes par habitant en 2006, Près de 90% des granulats sont d'origine naturelle. Les 10% restant sont des granulats recyclés (6%), des granulats marins et des granulats artificiels (2% chacun).

I.7.2. La production de granulats en Algérie

La production des agrégats a atteint 68,7 millions de m³ en 2009 enregistrant une augmentation de pourcentage supérieur à 31,8 % par rapport à l'année 2008 (52.07 millions de m³). La variation de production des agrégats par wilaya durant les années 2008 et 2009 est synthétisée sur la figure n°06.

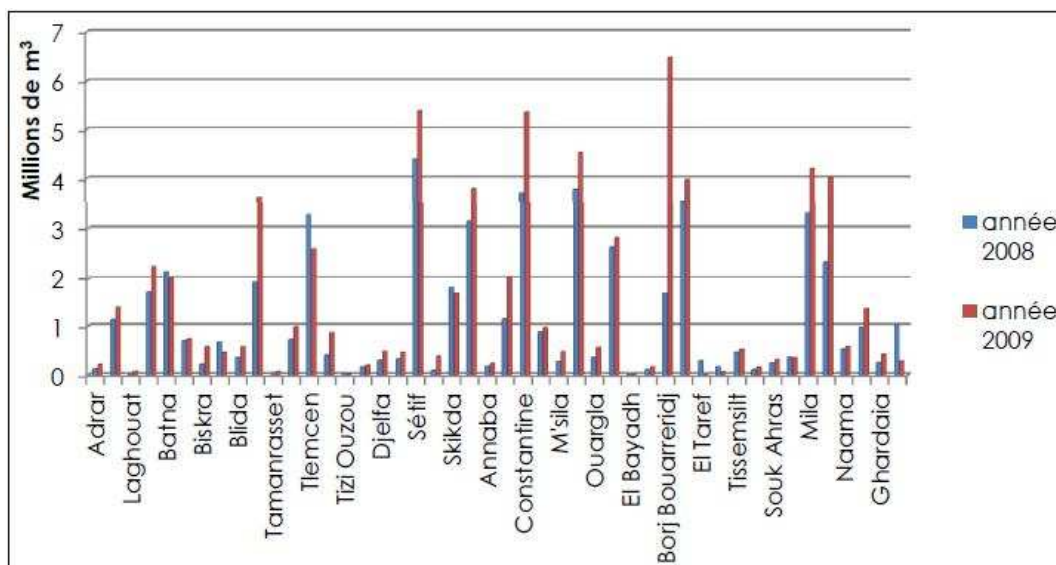


Figure n°06: Production des granulats par wilaya et par année (Daho, I. 2012)

I.7.3. Production de sable naturel

La wilaya d'Ain Témouchent a enregistré en 2009 la production la plus élevée du sable naturel avec 1 099 259 m³, représentant près du tiers de la production nationale, soit un

taux de 32,6 %.(figure n°7) suivie de la wilaya de M’sila avec 694 210 m³ soit un taux de 20.6%. Ces deux wilayas produisent à elles seules plus de la moitié soit 53,2% de la production nationale de sable naturel de construction. La wilaya de Skikda a réalisé la plus faible production avec 4 653 m³.

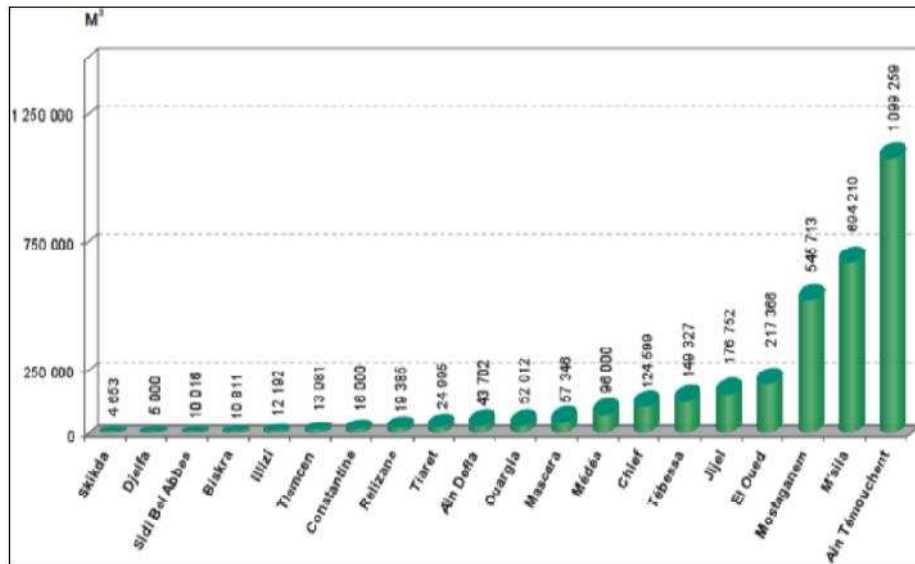


Figure n°07 : Production du sable naturel par wilaya-année 2009 (Ministre de l'énergie et de mines 2010)

Le 27 octobre 2007, le Ministre des travaux publics précise avoir [fixé un objectif aussi ambitieux que faisable qui est celui de couvrir 20 à 30% des besoins du pays en sable pour la réalisation de grands projets structurants par le recours au sable d'extraction marine.

I.7.4. La demande en granulats

Les besoins en matière de sable ont été estimés à 45 millions de tonnes pour la réalisation des grands projets de travaux publics sur la période 2005-2009 (Daho, I. 2012):

- 26 millions seront utilisés pour le développement routier,
- 10 millions pour les projets d'autoroute est-ouest, rocadés et voies express,
- 04 millions pour l'entretien des routes,
- 05 millions de tonnes pour les ouvrages d'art...

La consommation d'agrégats pour la réalisation des infrastructures dans divers wilayas pour la période 2003 à 2009 est consignée dans le tableau n°3:

Tableau n°03: Consommation par type d'agrégat et par année- SEROR Réalisations divers wilayas (Daho, I. 2012)

Année	Consommation globale (m ³)	Sables (de mer + 0/4)	Graviers (m ³)		
			3/8	8/15	15/25
2003	102 818,0	36 702,00	23 247,00	26 194,00	16 675,00
2004	53 427,00	17 082,00	11 235,00	13 145,00	11 413,00
2005	11 973,00	2 269,00	2 831,00	3 145,00	3 728,00
2006	23 765,00	6 385,00	3 887,00	6 812,00	6 681,00
2007	54 037,00	16 110,00	10 843,00	13 784,00	13 300,00
2008	58 650,00	19 256,00	11 036,00	14 032,00	14 326,00
2009	75 439,00	30 074,00	15 935,00	14 715,00	14 715,00
Total	380 109,00	127 878,00	79 014,00	92 379,00	80 838,00

I.8. Cadre réglementaire

D'une manière générale, les pays où l'on exploite des granulats marins possèdent toute une législation spécifique. Certains d'entre eux ont même une loi qui inclue une étude d'impact, de même qu'un suivi de l'impact sur l'environnement et les pêches (**Desprez, M. 1993**).

Le cadre juridique des extractions en mer est fixé en France essentiellement :

- par le droit international, qui définit les différentes zones maritimes sous la juridiction des états côtiers,
- par les droits et devoirs qui s'y attachent ; pour l'essentiel, les dispositions qui s'appliquent aux extractions de matériaux sont celles du plateau continental.

Selon la réglementation Algérienne (la loi n° 02-02 du 12 février 2002/les articles 20 et 21 relatives aux zones côtières), les extractions de matériaux marins, à l'exception des travaux de désenvasement et de désensablement des ports sont formellement interdites lorsqu'elles concernent : les zones adjacentes aux plages, les plages, les dunes littorales et les zones de sable jusqu'à 25 mètres de profondeur.

Après 2007 (Allocution du ministre des TP, qui fixant un objectif de 20 à 30% de granulats issus de l'extraction en milieu marin) des compagnies de prospection ont été lancées suite à l'attribution de mines (**Amar Ghouli**).

Mais par la suite il y a eu un gel de toutes les activités liées à l'exploitation de sable marin.

CHAPITRE II

ZONE D'ETUDE

II.1. Situation géographique de La zone d'étude

Notre zone d'étude est située dans la wilaya de Boumerdes, elle correspond à la partie orientale de la grande baie de Zemmouri, elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée, à l'Ouest par le port de Zemmouri El bahri, à l'Est par le cap Djinet et au Sud par la route nationale n° 24, les coordonnées géographiques la délimitant sont données ci-après :

- $\varnothing=36^{\circ} 49' 25''$ N, $G=03^{\circ} 34' 24''$ W
- $\varnothing= 36^{\circ} 53' 06''$ N, $G=03^{\circ} 41' 51''$ W
- $\varnothing= 36^{\circ} 52' 28''$ N, $G=03^{\circ} 42' 23''$ W
- $\varnothing=36^{\circ} 48' 44''$ N, $G=03^{\circ} 34' 56''$ W

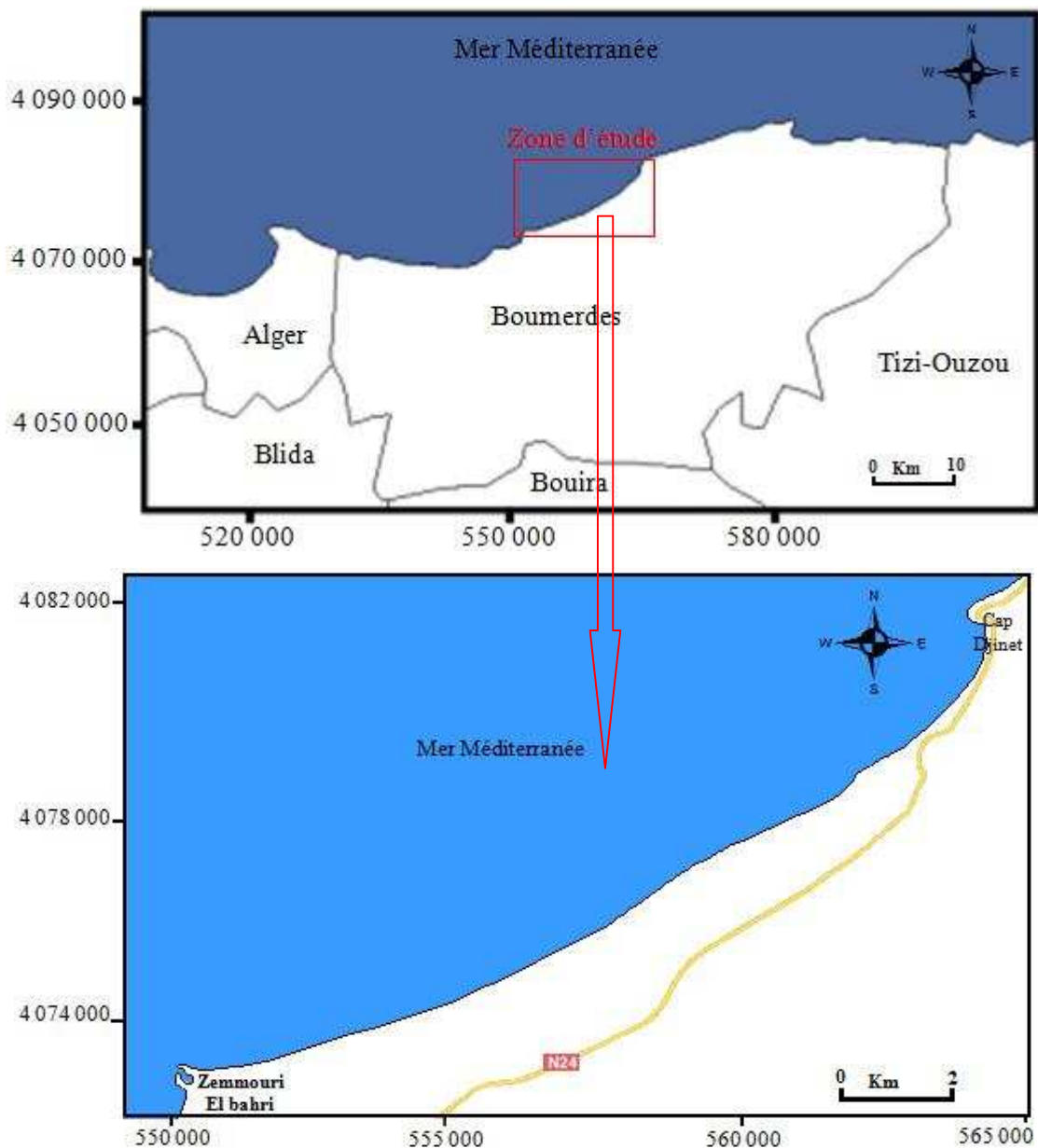


Figure n°08: Situation géographique de la zone d'étude : La partie orientale de Zemmouri El bahri (Google Earth 2014)

II.2. Cadre géologique

La structure géologique de la région d'étude est marquée par la présence de formations sédimentaires ainsi que de terrains métamorphiques précambriens, recoupés localement par des intrusions de roches acides et basiques (fig.9). La rive gauche est constituée par des sables, sables argileux jaunes, et graviers peu consolidés. Les poudings, galets et grès coquilliers sont présents au niveau des plages récentes de Cap Djinet. Les dunes anciennes sont développées parallèlement au littoral et sont représentées par des sables plus au moins argileux (**Bouysse, 1962**).

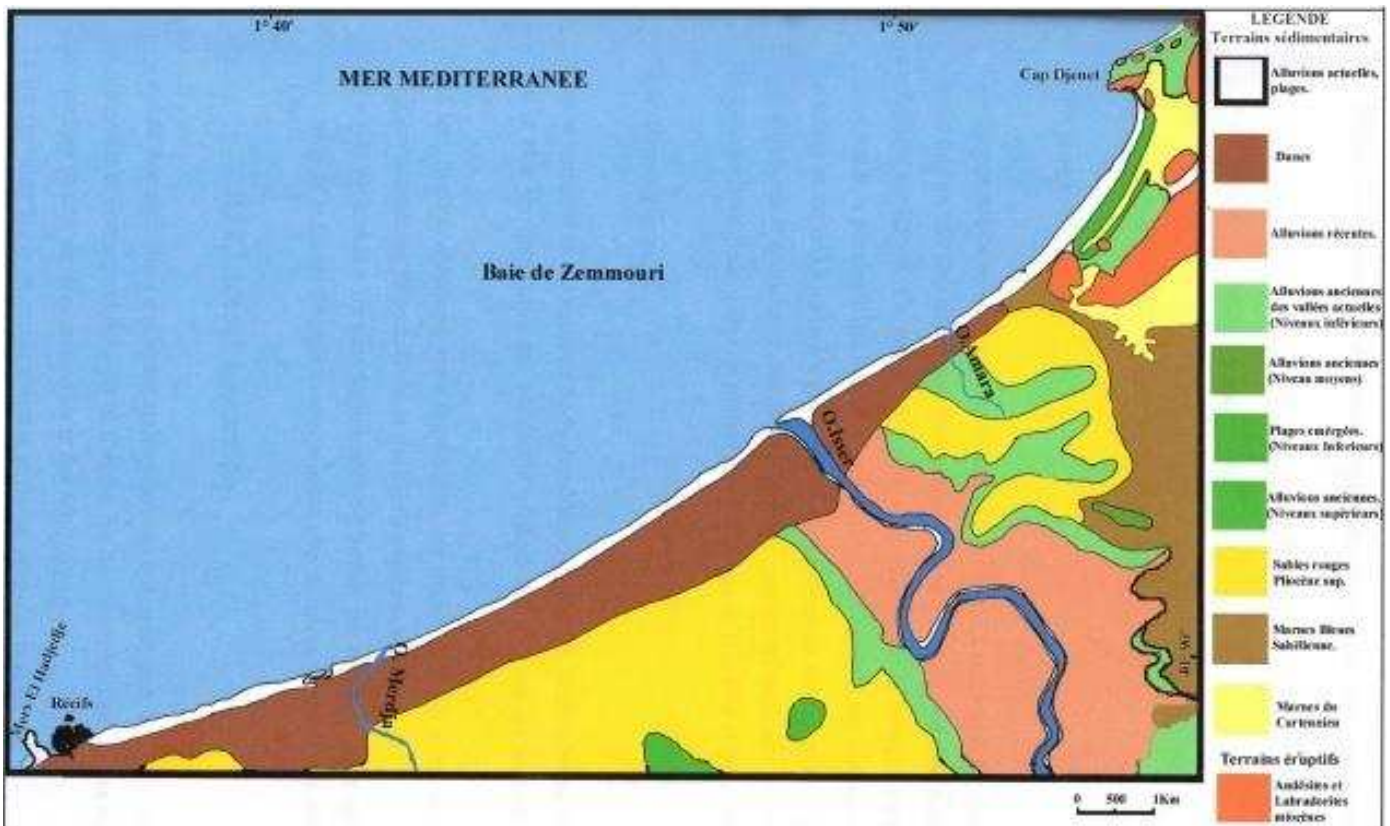


Figure n°09: Carte géologique du secteur d'étude : Stratigraphie et lithologie.

(Ficheur, 1985 *in* Alloui L, 1999)

II.3. Sédimentologie

L'étude sédimentologique permet de répartir uniformément les sédiments superficiels cette étude a été effectuée par (**Leclaire 1972**).

D'après les résultats obtenus, le site est constitué de sédiments siliceux et sédiments argileux, leurs répartitions et leurs déplacements obéissent à la dynamique sédimentaire et à l'hydrodynamique locale.

II.3.1. Sédiment siliceux

Aux abords de Cap Matifou jusqu'à Cap Djinet un important système sablonneux se développe occupant les premières profondeurs de plateau (-20 m de profondeur) quasiment ininterrompu, à l'exception de la partie Est de la baie, entre L'oued Isser et Cap Djinet où ce système diminue pour apparaître à -10 m de profondeur, au de-là de ce système ce sont les boues silico-argileuses qui se déposent composées de sablons siliceux, 30 % d'argiles et 20 % de calcaires (Ferrani et Chehaima, 1998).

II.3.2. Les sédiments argileux

Ce sont essentiellement des boues argilo-siliceuses qui recouvrent le rebord et le début de la pente continentale ; elles contiennent 40 à 50 % d'argile. La fraction arénitique de ces sédiments est formée par quelques quartzs, de rares ostracodes et des débris d'oursins. La fraction aleuritique est essentiellement terrigène avec quartz et micas (Alloui L, 1999).

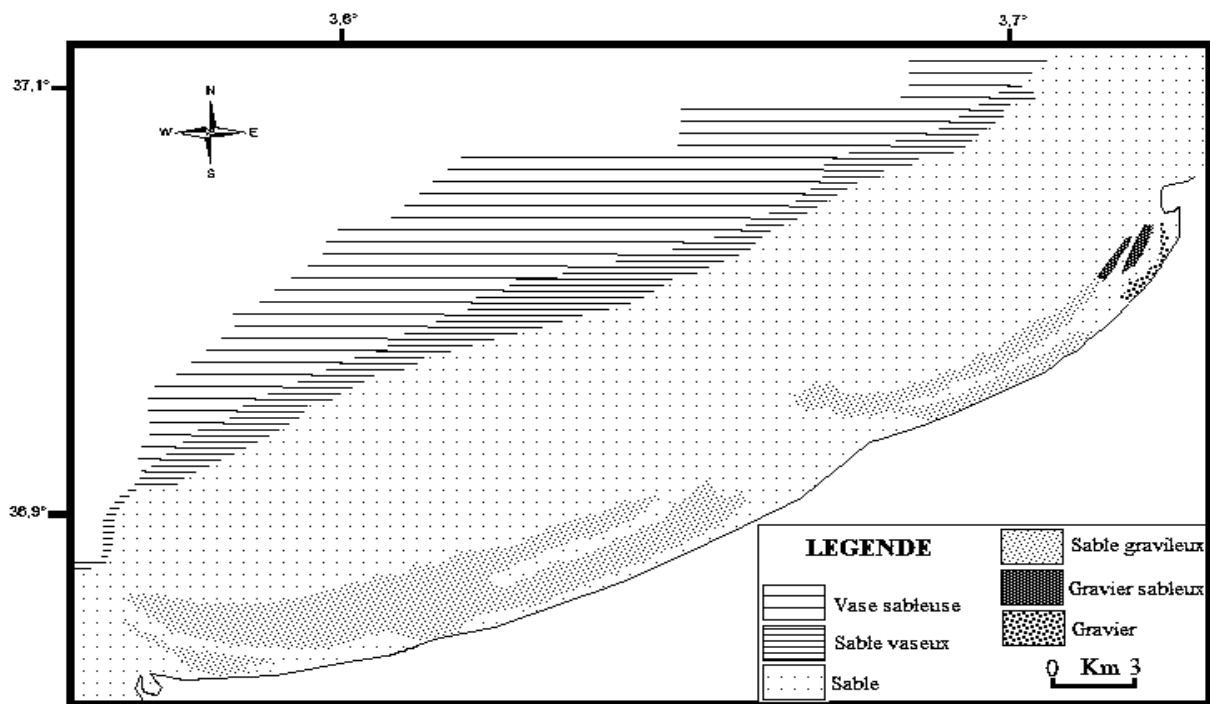


Figure 10: Répartition sédimentaire dans la baie de Zemmouri
(BELKESSA, 1991)

II.4. Aperçu sur le contexte tectonique

Les structures tectoniques résultent d'une déformation compressive de direction globalement Nord-Sud à NNW-SSE, liées à la convergence des plaques Africaine et Européenne, avec un taux de raccourcissement de 0,5 cm par an (Meghraoui, 1996 in Kerbach F et Medjber H, 2013).

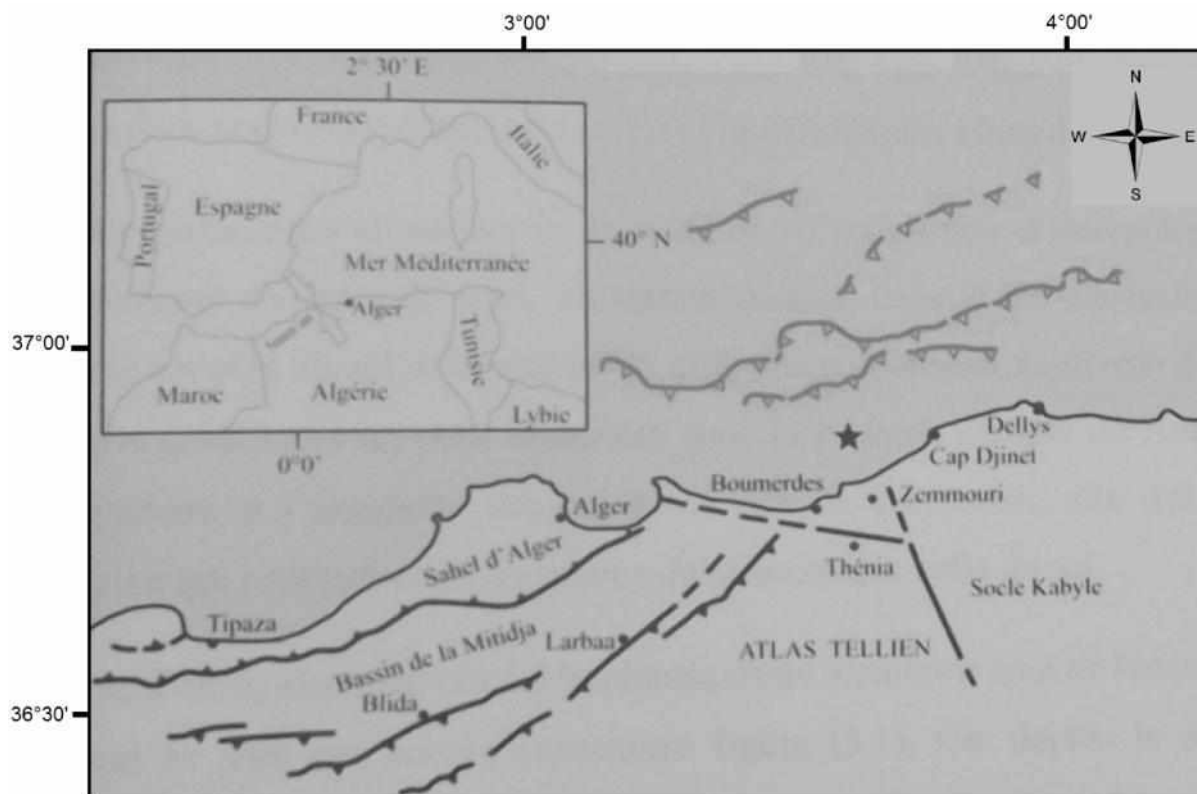


Figure n° 11 : Cadre tectonique de la région d'Alger et de Boumerdès (Meghraoui, 1988 in Kerbach F et Medjber H, 2013)

En trait noir, les failles connues, notamment celles du Sahel, du sud de la Mitidja et celles de Thénia. En trait rouge, les failles en mer. L'étoile noire indique l'épicentre du séisme du 21 mai 2003. La ville de Zemmouri est bâtie en majorité sur une couverture sédimentaire quaternaire (sable, argile sableuse), surmontant sur substratum marneux d'âge plus ancien qui peut être le siège des amplifications du mouvement sismique.

II.5. Climatologie

La région de Zemmouri est caractérisée par un climat de type méditerranéen, caractérisé par une sécheresse estivale qui est relativement longue. Toutefois il existe toujours un contraste entre la saison froide qui est humide et la saison chaude avec un été sec.

II.5.1. La température

Les températures annuelles moyennes varient entre 12,5°C et 25,7°C durant les mois de Février et Août.

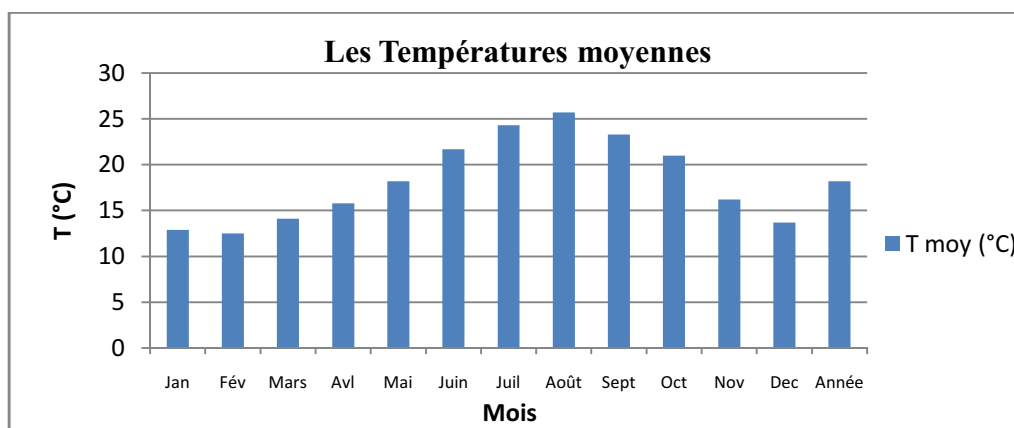


Figure n°12 : Température mensuelles en (°C) (O.N.M, Dar El Bieda, 1996-2005).

La moyenne des Températures minimales (m) du mois le plus froid est de 9° C enregistré durant le mois de Février, la moyenne des maxima (M) du mois le plus chaud enregistré durant le mois d'Aout est de 29,1° C.

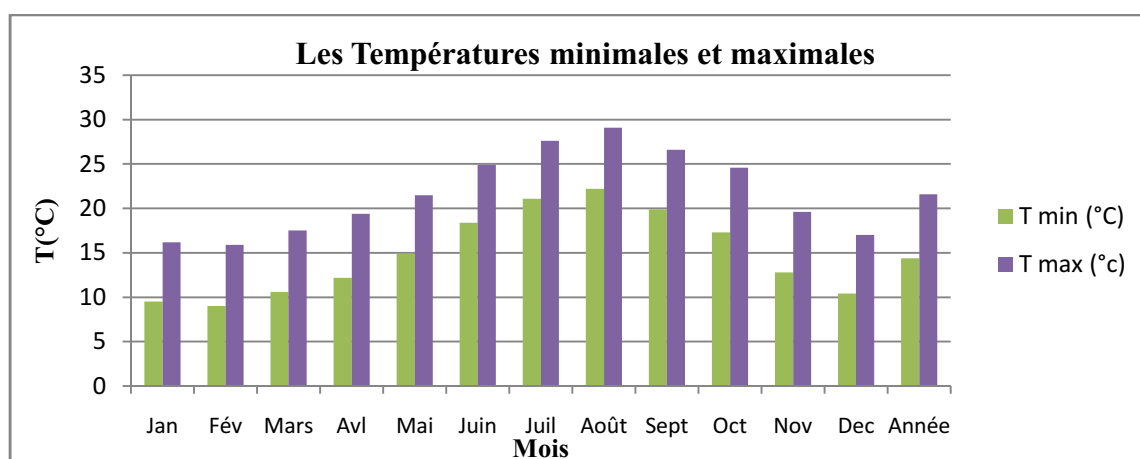


Figure n°13 : Les Températures minimales et maximales de la zone de Zemmouri entre (O.N.M, Dar El Bieda, 1996-2005).

II.5.2. Les précipitations

D'après les données de précipitation, durant la période 1996 à 2005 fournies par l'ONM, on peut déduire que notre zone d'étude a un climat méditerranéen subhumide. Sur le littoral, l'hiver est froid et humide et l'été est chaud et sec. Le climat est plus tempéré à l'intérieur (environ 70% du territoire). La pluviométrie est irrégulière (3,1 et 128,8 mm/an) et déséquilibrée entre sept (07) mois pluvieux (Novembre - Mai) et cinq (05) mois secs (Juin - Octobre)

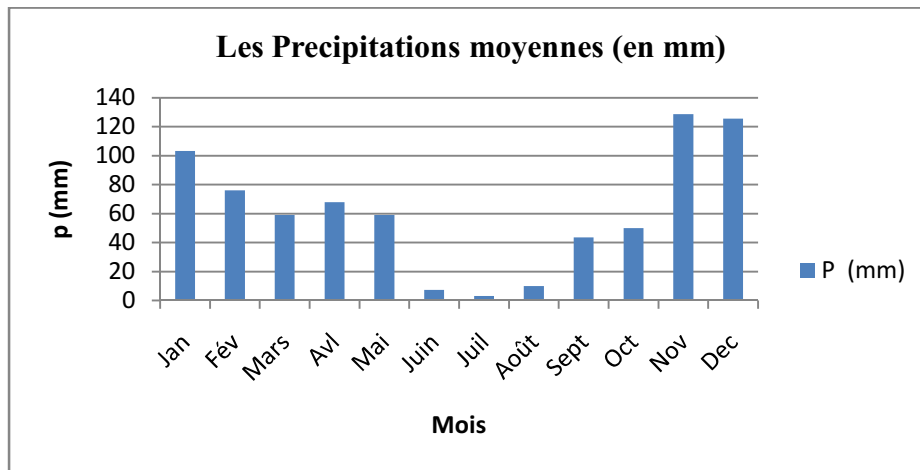


Figure n° 14: Précipitations moyennes mensuelles (en mm) de la zone de Zemmouri entre (1996-2005): ONM 2014

II.6. Facteur hydrodynamique

Le régime sédimentologique, qui concerne tant l'évolution du littoral et des fonds marins (avancée ou recul du rivage, érosion ou sédimentation des fonds.), que les mouvements des sédiments, peut être défini comme étant la résultante des actions des divers facteurs hydrodynamiques (houles, courants, vents) sur les matériaux (meubles ou consolidés) de la côte et des fonds (Mezouar K, 2009).

II.6.1. Régime des vents

Pour les zones côtières, la connaissance des régimes des vents est d'une extrême importance dans la dynamique des eaux marines. En effet, ils sont des générateurs de vagues et de courants superficiels, leur impact croit avec leur vitesse. 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.

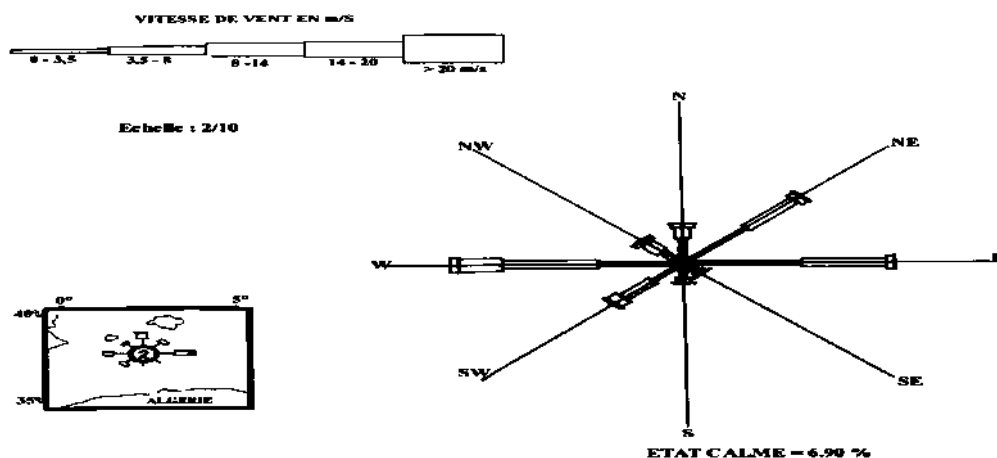


Figure n° 15 : Rose annuelles des vents au large des côtes algériennes (Données relatives) (USSMO, 1974).

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.

II.6.2. Régime des houles

La houle est un agent fondamental des transports sédimentaires. En effet, d'une part, elle peut provoquer une remise en suspension et un déplacement des matériaux déposés sur les fonds et, d'autre part, elle engendre, lorsqu'elle est oblique au rivage, un courant littoral qui transporte des sédiments (**Mezouar, 2009**). Sur l'estran. La connaissance des caractéristiques de la houle au large : direction, amplitude, période, énergie.

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.4) (données relatives) faites par le (USSMO), s'étalant sur une période de 8 ans de 1963 à 1970 regroupant 45000 observations (données relatives).

Tableau n°04: Fréquences mensuelles des houles au large par direction (données relatives)
(USSMO, 1963-1970)

Direction	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Fréquence Annuelles(%)	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.

II.6.3. Les courants

Les courants jouent un rôle très important dans le transport sédimentaire, ils participent dans l'évolution des formes de la plage en conduisant à des ensablements et à des envasements et d'érosion (**Larid 2002**).

- Les courants généraux
- Les courants côtiers : La houle abordant le rivage engendre différents types de courants : Les courants de retour et les courants de dérive littorale.

II.7. Le réseau hydrographique

Dans la zone côtière comprise entre Zemmouri El-bahri et Cap Djinet se trouvent les embouchures d'un certain nombre d'oueds.



Figure n°16 : Réseau hydrographique de notre Zone d'étude
(Google Map2014).

Le réseau hydrographique de cette région est constitué par deux oueds respectivement de l'Ouest à l'Est : oued El Merdja, oued Isser.

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).

II.7.1. 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 n°05.

Tableau n° 05: 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 années 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.

II.8. Population

La population de la baie de Zemmouri est passée de 15606 habitants (RGPH de 1987) à 21012 habitants en 1998 pour atteindre 26408 habitants en 2008 soit presque un doublement de la population en 21 ans, occupant ainsi le 13^{ème} rang dans la wilaya de Boumerdes et représentant seulement 3,24% de sa population totale. Le taux d'accroissement entre 1987 et 1998 est estimé à de 2,68%, pour baisse à 2,4% entre 1998 et 2008.

II.9. Tourisme

La commune de Zemmouri dispose de deux ZET, déclarées par le décret 88/332 totalisant 2268 hectares. Le foncier aménageable est évalué à 733 Hectars.

Tableau n°06: Le foncier touristique à Zemmouri
(Benmahiddine R, 2013).

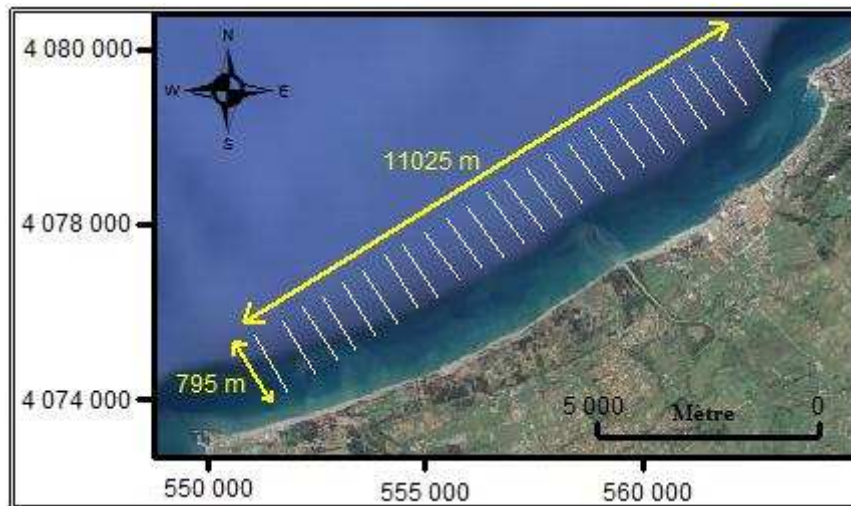
Dénomination	Localisation	Superficie(HA)	Capacité d'hébergement Théorique (Nombre de Lits)
Zemmouri Ouest	Zemmouri	406	4 000
Zemmouri Est	Zemmouri	1 862	3 000

CHAPITRE III: MATERIELS ET METHODES

Chapitre III : Matériels et méthodes

III.1. Etude bathymétriques

L'analyse bathymétrique a été réalisée à partir des points de sondes relevés sur terrain, grâce à un échosondeur relié à un logiciel d'hydrographie, des enregistrements numériques sur papier avec une précision sub-métrique, les résultats de ces analyses représentés par une carte bathymétrique et des profils transversaux.



**Figure n° 17 : Secteur du levé bathymétrique de la baie de Zemmouri
(Google Earth, 2014).**

Les travaux ont consisté à faire un levé bathymétrique de la zone d'étude, exécutés suivant des profils parallèles réalisés avec un maillage de 11025*795 mètres. Ce levé bathymétrique servira entre autre de bathymétrie d'approche entre - 8 et - 46 m à l'étude de réfraction.

III.1.1. Moyens

III.1.1.a. Moyens matériel

- 01 station totale LEICA.
- 01 échosondeur.
- 01 embarcation pneumatique.
- 01 moteur hors-bord de 25 chevaux.
- 01 système de communication radio (talkies walkies).
- 01 lance avec flexible.
- 02 lots complets de matériel de plongée.
- 03 bouteilles de plongée.
- 01 micro-ordinateur portable.

- 01 véhicule utilitaire.

III.1.1.b. Rattachement des levés

Altimétrie et planimétrie : Les côtes des levées ont été rattachées en altimétrie au zéro hydrographique (ZH). Un canevas de points de polygonisation a été effectuée afin de définir un système local de coordonnées devant servir de base aux levés à réaliser, on a utilisé un système géodésique ws84.

III.1.2. Références géodésiques et topographique

Les caractéristiques référentielles géodésiques sont:

- Système géodésique adopté : Système WGS 84
- Ellipsoïde : WGS84
- Demi grand axe : $a=6378137.000$ m.
- Aplatissement : $F=1/298.257223563$.
- Système de Projection : UTM Zone 31 N.
- Latitude d'origine : 0° Nord.
- Longitude d'origine : 3° Est
- Constante Nord : 0 m.
- Constante Est : 500 000 m.

III.1.3. Méthode de travail et de control

L'antenne du récepteur GPS fixe a été installée directement sur la borne.

La vérification de la qualité de réception DGPS et de la précision de coordonnées tridimensionnelles en temps réel a été effectuée a chaque séance de travail avant le commencement du levé bathymétrique, a l'aide du deuxième récepteur (mobile sur canne) sur les bornes.

La vérification et le calage des profondeurs données par le sondeur ont été assurés à chaque sortie.

III.1.4. Réalisation des levés

Des profils bathymétriques théoriques équidistants de 5 m et perpendiculaires à la côte ont été créés, leurs coordonnées ont été introduites dans le logiciel d'hydrographie et de navigation "Hypack" qui, relié au DGPS, a permis de guider l'évolution de l'embarcation suivant les tracés préétablis tout en récoltant en temps réel les informations issues du sondeur bathymétrique et du récepteur GPS en mode RTK.

L'échosondeur émet un signal acoustique vertical en enregistrant le signal réfléchi par le fond, la profondeur sera donnée par le mi-produit du temps t par la vitesse de transmission des ondes acoustiques dans l'eau.

Une fois les données d'acquisition enregistrées dans le disque dur de l'ordinateur, nous avons procédé au post-traitement au bureau lequel a consisté en un filtrage, à l'établissement des cartes bathymétriques, au tracé des courbes bathymétriques, au calcul des surfaces et des volumes et à la rédaction du rapport final.

III.2. Etude sédimentologique

III.2.1. Les techniques de prélèvement

Les prélèvements ont été effectués au niveau de la zone correspondant à un rectangle de 13 Km sur 1,5 Km soit une superficie totale de 18,9 Km², dans le but d'avoir une vision globale sur la granulométrie du site. Cette étude a été effectuée sur 23 échantillons de sédiments prélevés en mer à l'aide d'une Benne de type Van Veen avec une précision de 5 à 10 m, la benne est descendue mâchoire ouverte afin de capturer et d'emprisonner les sédiments au moment de son contact avec le fond, une fois la benne est remontée mâchoire ferme, le sédiment est récupéré dans des sacs en plastique étiquetés et rapportés au laboratoire.

En addition aux prélèvements réalisés avec Vert et Bleu, deux autres prélèvements ont été effectués avec l'ENSSMAL. Les prélèvements ont été effectués manuellement, lors de la sortie du 11 Mai 2014, les stations sont localisées sur la carte ci-après (figure. 18)

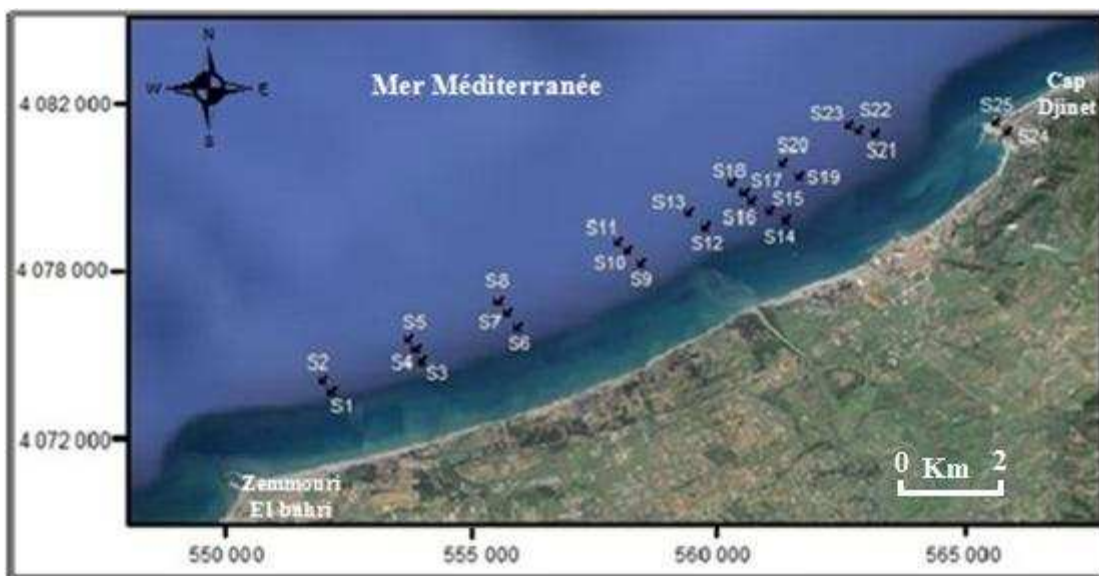


Figure n° 18 : situation des stations de prélèvements (Google Earth, 2014).

III.2.2. Méthode d'analyse au laboratoire

Le prélevement et le tamisage des vingt-trois premiers échantillons a été effectué par le bureau d'étude « vert et bleu », les résultats ont été mis à notre disposition pour interprétation. Les deux derniers échantillons prélevés ont été soumis à une analyse granulométrique et une analyse calcimétrique au laboratoire d'Aménagement du littoral à l'ENSSMAL.

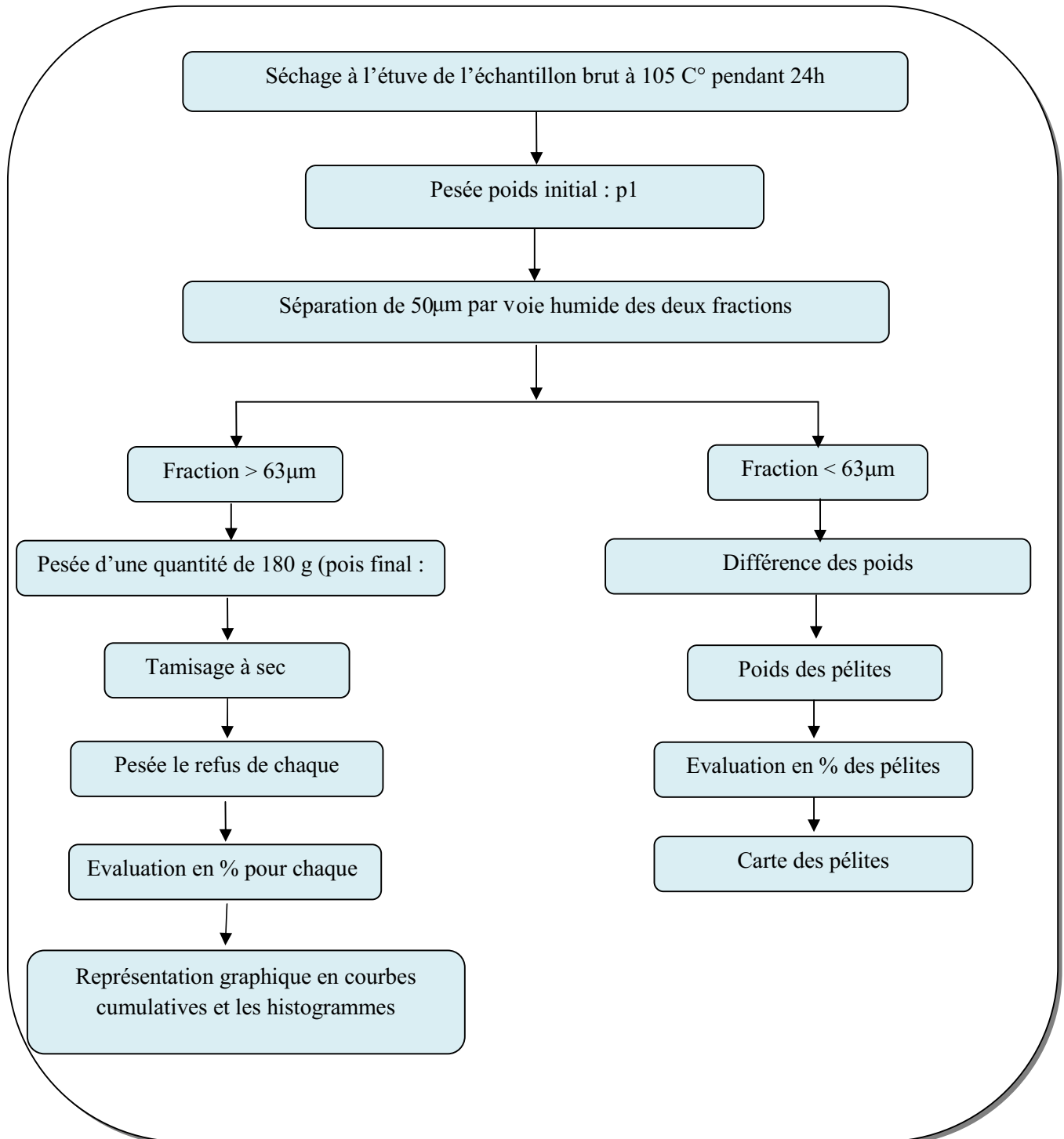
III.2.2.a. Principe d'analyse

Les tailles des particules sédimentaires sont extrêmement divers ; bien que de forme très diverses, les particules sont soumises à l'analyse granulométriques.

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 40 µm pour éliminer la fraction péliteque;
- 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 la diamètre des mailles en microns des tamis est dans l'ordre décroissant 2000- 1600-1250-1000-800-630-500-400-315-250-200-160-125-100-80-63-50-40;
- Pesée le refus de chaque tamis et le pourcentage pondéral est calculé pour chaque classe granulométrique.

III.2.2.b. Protocole pour l'étude de la texture des sédiments



III.2.3. Paramètres graphiques et indices granulométriques

III.2.3.a. Le mode

Le mode est le diamètre du tamis qui correspond à la fraction sédimentaire dominante dans un même échantillon. (Rivière 1977) distingue trois courbes :

- 1-uni-modale : qui représente une dominance d'un seul stock sédimentaire ;
- 2-bimodale : qui représente la dominance de deux stocks sédimentaires ;
- 3-plurimodale : qui représente la dominance de plusieurs stocks sédimentaires.

III.2.3.b. la médiane (Q₅₀)

Elle représente le diamètre du grain moyen, sa valeur correspond au diamètre d'ordonnées après projection sur l'échelle des abscisses de l'intersection de la courbe cumulative avec l'horizontale à 50%.

III.2.3.c. Les fractiles

On appelle fractiles les dimensions des particules correspondant à des pourcentages cumulatifs déterminés. On utilise le plus couramment :

- La médiane correspondant au pourcentage cumulatif 50%.
- Les quartiles Q₂₅ et Q₇₅ correspondant respectivement à 25% et 75%.
- Les déciles Q₁₀ et Q₉₀ correspondant respectivement à 10% et 90%.
- Le D₃₀ et D₆₀ correspondant respectivement à 30% et 60%

III.2.3.d. Indices et coefficients granulométriques

III.2.3.d.1. Indice de classement de trask (sorting index)

$$So = (Q_{75} / Q_{25})^{1/2}$$

Tableau n°07: Limites de So

Indice	Signification
So < 2,5	Sédiment très bien classé
2,5 < So < 3,5	Sédiment normalement classé
3,5 < So < 4,5	Sédiment assez bien classé
So > 4,5	Sédiment mal classé

III.2.3.d.2. Coefficient de dissymétrie (skweness)

$$SK = (Q_{25} * Q_{75}) / Q_{50}^2 \text{ OU}$$

Tableau 08: Limite de skewness

Limite	SK<1	SK=1	SK>1
Classement	Une asymétrie liée à une prédominance des grains inférieurs à la médiane.	Une symétrie par rapport à la médiane	Une asymétrie liée à la prédominance à la médiane

III.2.3.d. 3. Coefficient d'uniformité(ou coefficient de Hazen) Cu (Gervreau) :

$$Cu = D_{60} / D_{10}$$

Tableau 09: Limite du coefficient d'uniformité

Limite	Cu<5	Cu>5
Classement	Granulométrie non uniforme, étalée	Granulométrie uniforme, serrée

III.2.3.d.4. Coefficient de courbure Cc

$$Cc = D_{30}^2 / D_{10} * D_{60}$$

Tableau 10 : Limite de coefficient de courbure

Limite	1<Cc<3	Cc<1 ou Cc>3
Classement	Bien classé gradué	Mal classé, mal gradué

III.3. La calcimétrie

Le principe de l'analyse calcimétrique est de mesurer le taux des carbonates existant dans le sédiment.

L'attaque par l'acide chlorhydrique (HCL) permet de connaître et de mesurer l'importance de la fraction calcaire (CaCO₃) dans le sédiment. Pour cela on a procédé par la méthode suivante :

- Prendre 20g d'échantillon séché, ajouter l'acide (HCl) dilué à 10% jusqu'à la fin de l'effervescence ;
- rincer l'échantillon sous l'eau de robinet ;
- mettre à l'étuve à 105°C pendant 24h ;

- Peser l'échantillon séché.

La différence du poids initial (avant l'attaque à l'acide), et final après séchage représente le poids des calcaires CaCO_3 . Les poids ainsi obtenus sont convertis en pourcentages qui représentent les taux des CaCO_3 .

III.4. Etude par sismique réflexion

La mission de levés sismiques a été effectuée entre le 10 et le 18 janvier 2007. Le tableau n°11 donne la liste des différents appareils et logiciels pour l'acquisition des données.

Tableau n°11 : Type des matériels, données utilisés et obtenues.

Technique	Matériel employé	Précision
Positionnement	GPS différentiel	Sub-métrique
Navigation	Logiciel d'acquisition Delph Nav de Triton Elics Enregistrement numérique	
Levé sismique	Sparker source SIG 75 joules Streamer monotrace Logiciel d'acquisition et de traitement Delph Sismique de Triton Elics Enregistrement numérique	De l'ordre de 1 à 2 m avec une pénétration des ondes proportionnelle à la hauteur d'eau

III.4.1. Principe de fonctionnement

La méthode utilisée dans le cadre de cette étude est la prospection sismique par réflexion continue. Cette technique permet d'obtenir des « coupes temps » sous forme de profils sismiques qui correspondent à des images verticales du fonds sous-marins.

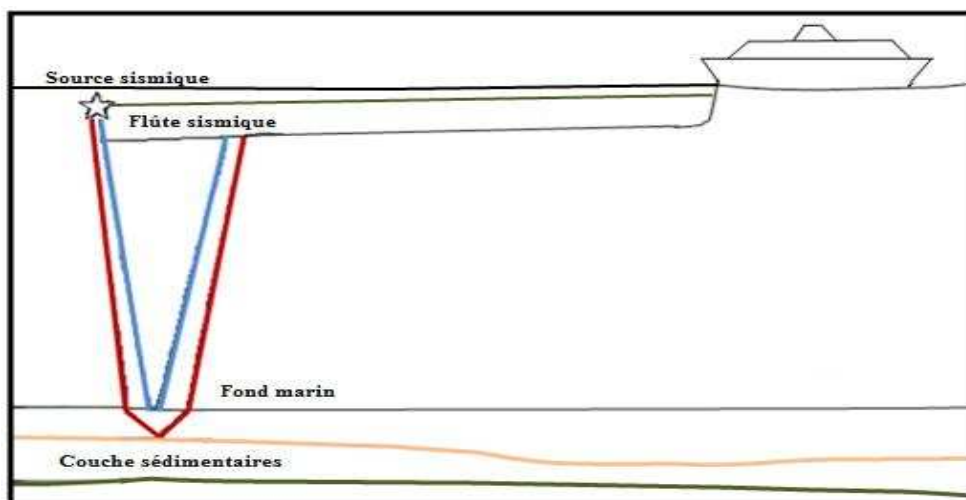


Figure n°19 : Principe de fonctionnement de la sismique réflexion.

III.4.2. Description du matériel utilisé

L'outil employé est un sparker ou étinceleur principalement utilisé sur le plateau continental, l'ensemble sparker comprend les 4 cas suivants :

- La source d'énergie de marque SIG, dont la puissance peut varier entre 25 et 100 Joules.
- D'une source d'émission, électrode à 30 brins,
- D'un flot sismique monotrace constitué d'hydrophones, permettant la réception du signal.
- Et d'un logiciel permettant l'acquisition des données (ordinateur marin du logiciel Delph séismique)

L'électrode et la flûte sont remarquées en sub-surface à une distance de 20 à 30 mètres à l'arrière du bateau, espacées d'au moins 1 m et à une vitesse comprise entre 2 et 4 nœuds en fonction des conditions météorologiques.

CHAPITRE IV :

RESULTATS ET DISCUSSIONS

IV.1. Résultats d'analyses bathymétriques

La carte bathymétrique a été établie après interpolation des minutes du levé bathymétrique réalisé par le bureau d'étude vert et bleu. Ce levé entre -6 et -52 m de profondeur (figure n°20), les lignes isobathes sont plus ou moins régulières, espacées et parallèles à la côte, avec une équidistance de 5m. De façon générale, sur l'ensemble de la zone on observe une augmentation progressive de profondeurs suivantes une direction SE-NW. La pente quasi constante est de l'ordre de 1 :60.

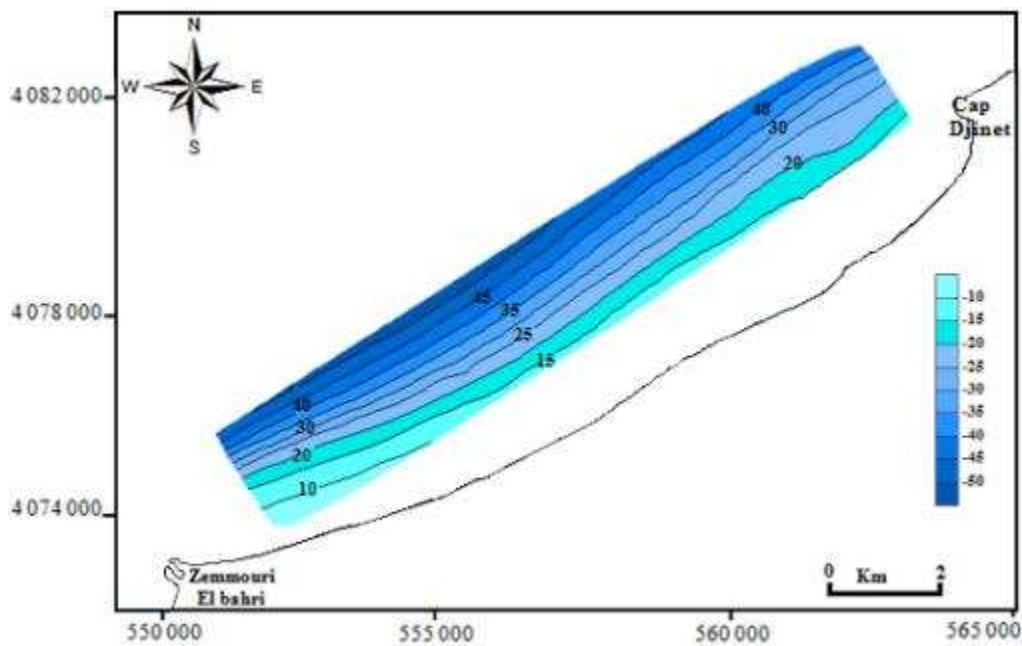


Figure n°20 : carte bathymétrique de la baie de Zemmour El bahri

Dans notre zone d'étude les profondeurs maximales sont moins importantes à l'Est et l'Ouest que dans la partie centrale.

VI.2. Résultats de l'analyse granulométrique

Pour chaque échantillon a été établit une courbe cumulative, à partir de ces représentations graphiques, nous avons calculé les fractiles et le mode, à partir duquel nous avons calculé les différents indices et coefficients. (Annexe) :

La carte suivante représente les situations géographiques de chaque station qui représente les fractiles, les modes et les indices (Tableaux n° 12et 13.)

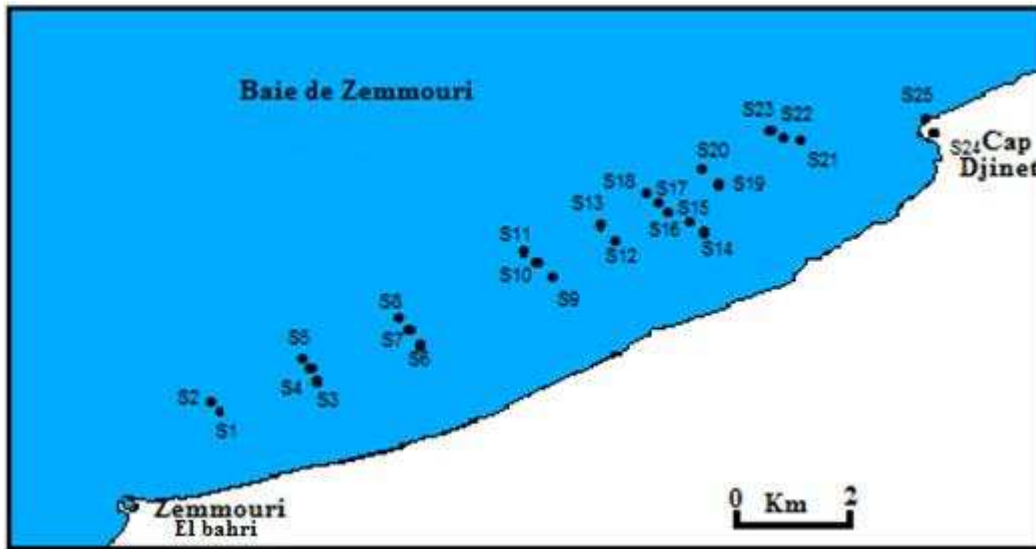


Figure n° 21 : situation des stations de prélèvements (Google Earth, 2014).

Tableau n°12: Fractiles et modes pour chaque échantillon

Les paramètres Les Stations	Q25	Q50	Q75	D10	D90	D30	D 60	Mo
S1	190	135	95	220	83	180	115	80-125
S2	310	230	110	420	75	300	200	250-125
S3	230	190	130	360	100	220	180	125
S4	115	100	80	270	70	110	90	63-80
S5	200	108	80	300	70	180	100	80-125
S6	198	110	90	230	70	185	105	80-125
S7	200	130	105	240	80	195	120	125
S8	210	180	110	290	90	200	170	125
S9	140	100	78	300	70	120	90	63-80
S10	200	160	108	220	80	190	120	125
S11	180	110	80	270	70	160	98	80-125
S12	210	190	160	220	120	200	180	125
S13	205	190	120	220	110	200	180	125
S14	200	140	100	220	75	190	120	125
S15	170	110	90	210	70	150	100	63-80-125
S16	130	105	95	180	85	120	100	125
S17	190	130	105	210	90	180	120	125
S18	220	190	140	290	120	210	180	125
S19	205	160	120	230	100	200	140	125
S20	160	105	90	210	75	140	100	80-125
S21	200	140	100	230	80	190	115	125
S22	210	190	140	260	115	205	170	125
S23	110	80	70	190	65	100	75	63-80
S24	2050	1700	1250	2020	900	1950	1600	1000-1600-2000
S25	2900	2600	1950	3200	1800	2800	2500	2000

Tableau n°13 : Indices et coefficients granulométrique de chaque échantillon

Indices Stations !	So	Sk	Cu	Classement	Cc	Classement
S1	0,71	0,99	0,52	Granulométrie non uniforme, étalée	1,28	Bien classé gradué
S2	0,60	0,64	0,48	Granulométrie non uniforme, étalée	1,07	Bien classé gradué
S3	0,75	0,83	0,50	Granulométrie non uniforme, étalée	0,75	Mal classé, mal gradué
S4	0,83	0,92	0,33	Granulométrie non uniforme, étalée	0,50	Mal classé, mal gradué
S5	0,63	1,37	0,33	Granulométrie non uniforme, étalée	1,08	Bien classé gradué
S6	0,67	1,47	0,46	Granulométrie non uniforme, étalée	1,42	Bien classé gradué
S7	0,72	1,24	0,50	Granulométrie non uniforme, étalée	1,32	Bien classé gradué
S8	0,72	0,71	0,59	Granulométrie non uniforme, étalée	0,81	Mal classé, mal gradué
S9	0,75	1,09	0,30	Granulométrie non uniforme, étalée	0,53	Mal classé, mal gradué
S10	0,73	0,84	0,55	Granulométrie non uniforme, étalée	1,37	Bien classé gradué
S11	0,67	1,19	0,36	Granulométrie non uniforme, étalée	0,97	Mal classé, mal gradué
S12	0,87	0,93	0,82	Granulométrie non uniforme, étalée	1,01	Bien classé gradué
S13	0,77	0,68	0,82	Granulométrie non uniforme, étalée	1,01	Bien classé gradué
S14	0,71	1,02	0,55	Granulométrie non uniforme, étalée	1,37	Bien classé gradué
S15	0,73	1,26	0,48	Granulométrie non uniforme, étalée	1,07	Bien classé gradué
S16	0,85	1,12	0,56	Granulométrie non uniforme, étalée	0,80	Mal classé, mal gradué
S17	0,74	1,18	0,57	Granulométrie non uniforme, étalée	1,29	Bien classé gradué
S18	0,80	0,85	0,62	Granulométrie non uniforme, étalée	0,84	Mal classé, mal gradué
S19	0,77	0,96	0,61	Granulométrie non uniforme, étalée	1,24	Bien classé gradué
S20	0,75	1,31	0,48	Granulométrie non uniforme, étalée	0,93	Mal classé, mal gradué
S21	0,71	1,02	0,50	Granulométrie non uniforme, étalée	1,36	Bien classé gradué
S22	0,82	0,81	0,65	Granulométrie non uniforme, étalée	0,95	Mal classé, mal gradué
S23	0,80	1,20	0,39	Granulométrie non uniforme, étalée	0,70	Mal classé, mal gradué
S24	0,78	0,88	0,79	Granulométrie non uniforme, étalée	1,17	Bien classé gradué
S25	0,82	0,83	0,78	Granulométrie non uniforme, étalée	0,98	Mal classé, mal gradué

VI .2.1. Le mode

D'après les histogrammes de fréquence on confirme l'existence de trois groupes de courbe :

- Courbe uni-modale: les 14 stations (S3, S7, S8, S10, S12, S13, S14, S16, S17, S18, S19, S21, S22, S25)
- Courbe bimodale: les 09 stations (S1, S2, S4, S5, S6, S9, S11, S20, S23)
- Courbe plurimodale : les stations (S15, S24)

Selon les tableaux n°12 la distribution uni-modale est dominante.

La moyenne arithmétique des médianes pour toutes les stations est de diamètre de $Me=730 \mu\text{m}$

La taille moyenne des sédiments pour les stations (1 à 23) et (24, 25) est de diamètre supérieur ou égal à $130 \mu\text{m}$ et $1300 \mu\text{m}$ selon l'ordre, Cet indice correspond au diamètre du grain, l'ordonnée est à 50% du poids total du sédiment. La répartition du mode est localisée sur la carte ci-après (figure. 22)

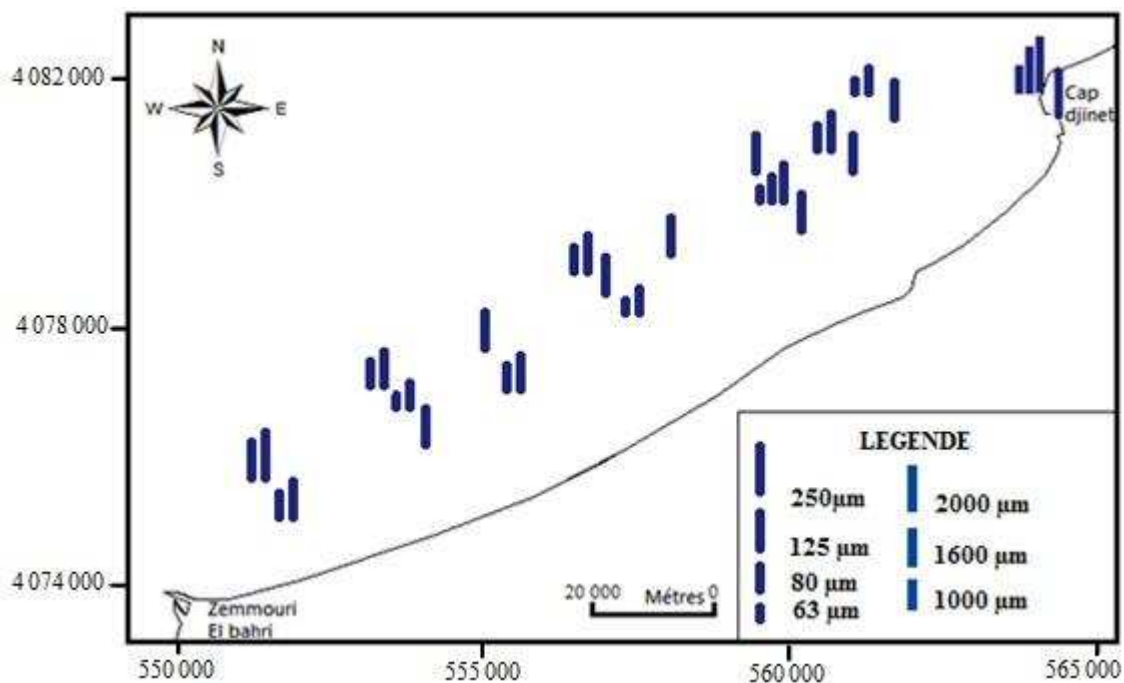


Figure n° 22: Répartition du mode dans la baie de Zemmouri

VI.2.2. La médiane (Q_{50})

La carte des médianes (Figure n° 23) représente la distribution de diamètre de la médiane (Q_{50}). On y constate que le faciès sédimentaire dominant est le sable fin.

Les diamètres des sédiments sont répartis comme suit :

Le minimum de la taille des sédiments est de 80 μm dans la partie Nord-est de la baie de Zemmouri. Le maximum de la taille des sédiments est de 250 μm dans la partie Sud-Ouest.

Au niveau du port de Cap Djinet, c'est le sable grossier et les graviers qui dominent, avec respectivement une médiane de 1700 et de 2600 μm .

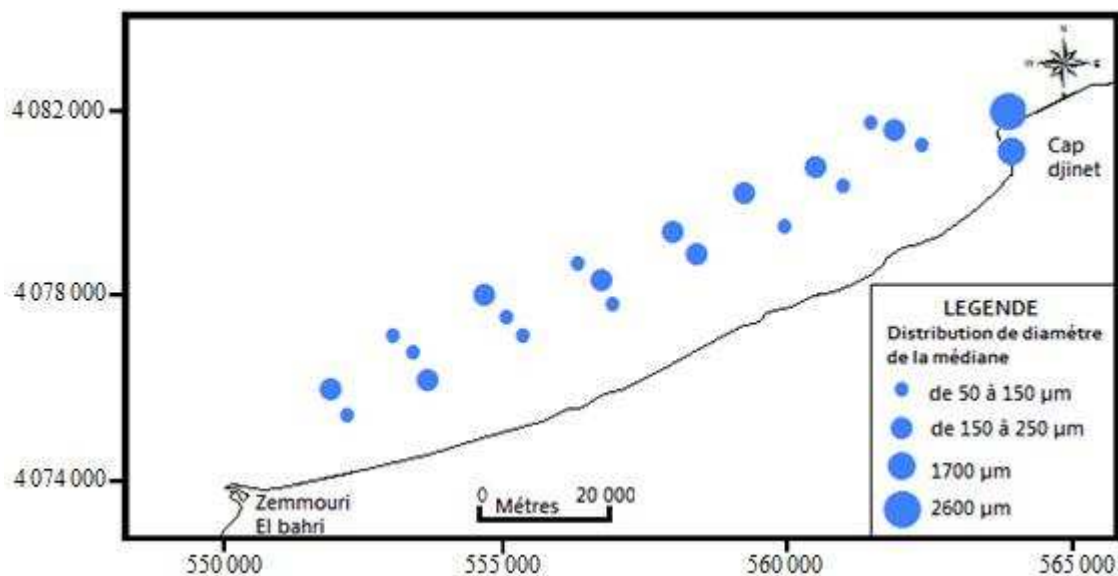


Figure n° 23: Répartition des médianes (Q_{50}) dans la baie de Zemmouri.

VI.2.3. Indice des tailles maximales (D_{90})

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

On constate sur cette carte que la répartition des déciles supérieurs dominants est du sable fin de diamètre $< 230 \mu\text{m}$ dans la baie de Zemmouri, et du sable grossier dans le port de Cap Djinet. La répartition des déciles supérieurs (D_{90}) sont localisées sur la carte ci-après (figure n°24)

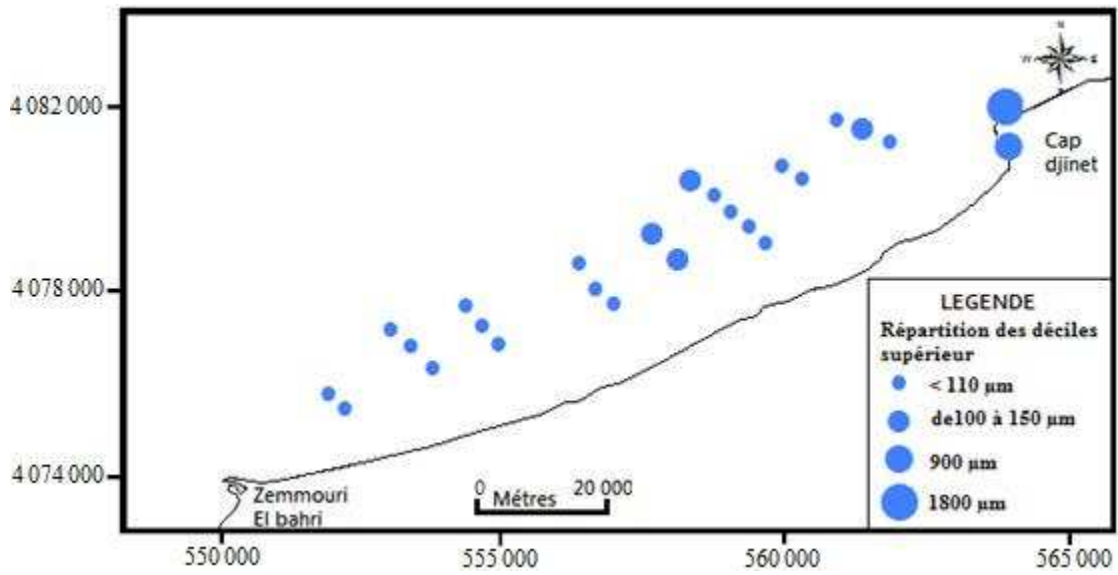


Figure n° 24: Répartition des déciles supérieurs (D90) dans la baie de Zemmouri.

VI.2.4. Indice de classement S_o

Sur cette figure on constate que tous les sédiments présentent $S_o < 2,5$ donc le sédiment est très bien classé, traduisant une dynamique relativement importante dans notre zone d'étude.

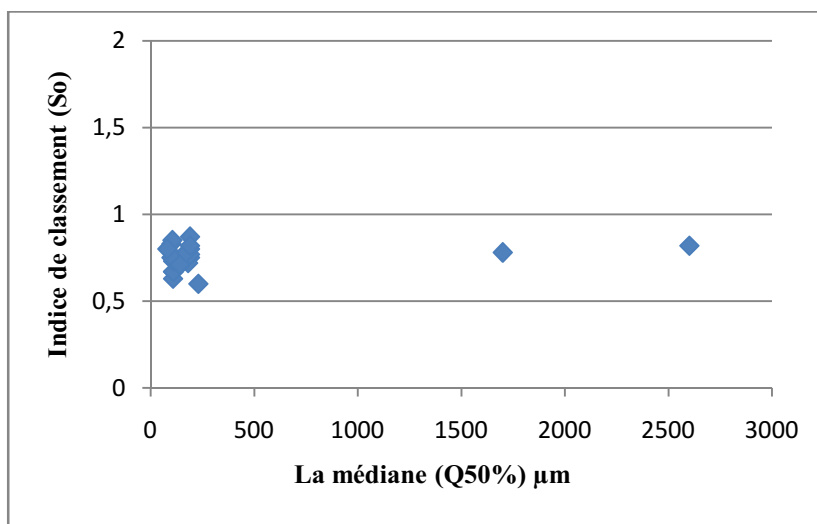


Figure n° 25: Variation de l'indice de classement et la médiane.

VI.2.5. Le coefficient d'asymétrie (Sk)

On remarque sur la figure n° 26 que tous les échantillons prélevés présentent un coefficient d'asymétrie (SK) entre 0,5 et 1,5. La valeur moyenne pour tout le site d'étude est de 1, ce qui traduit un tri plus ou moins régulier avec une symétrie par rapport à la médiane

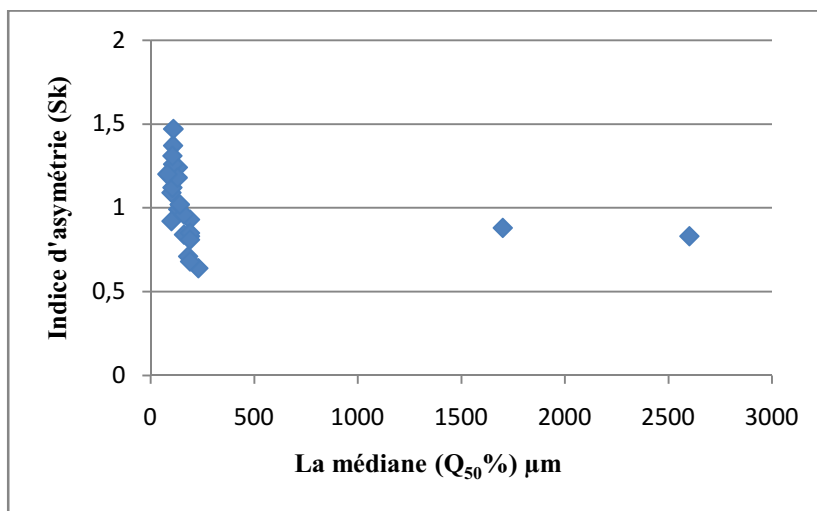


Figure n°26 : Variation du coefficient d'asymétrie et la médiane.

Après l'analyse granulométrique on a montré que La couverture sédimentaire superficielle de la baie de Zemmouri est constituée essentiellement de sables fins, très bien classés, non uniforme et qui présente une symétrie par rapport à la médiane (800μm). Selon la médiane, on peut conclure qu'il ya une dominance du sable fin dans les échantillons, cela peut expliquer que le régime des vents dans cette région est d'une intensité plus ou moins forte.

VI.2.6. Les pélites

Les résultats de la fraction pélitique sont mentionnés dans l'histogramme suivant:

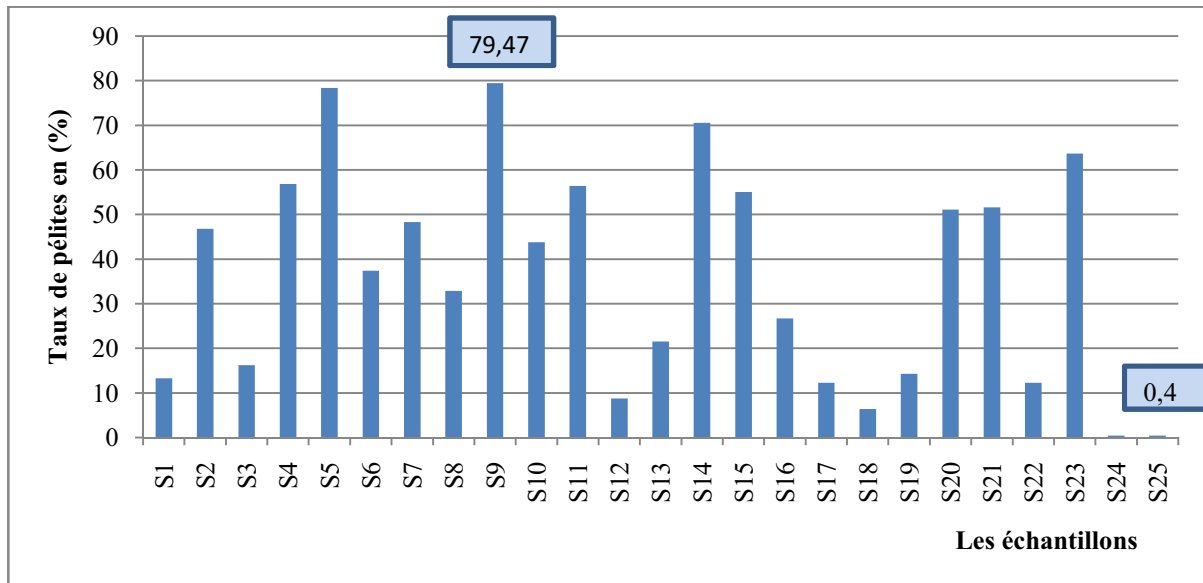


Figure n°27 : Taux de pélites dans les stations étudiées

Le taux de pélites varie entre un minimum de 0,4% trouvé dans la station n°25 qui est localisée au port de Cap Djinet et un maximum de 79,47% dans la station N°9 qui est localisée au centre de la baie de Zemmouri. On remarque que les taux les plus faibles de fractions pélitiques se retrouvent dans le port de Cap Djinet ; ils pourraient être dus à un gradient élevé de courant, le taux le plus fort est localisé dans la baie de Zemmouri alors les courants du fond sont assez faibles. La distribution du taux de pélites est localisée sur la carte ci-après (figure. 28)

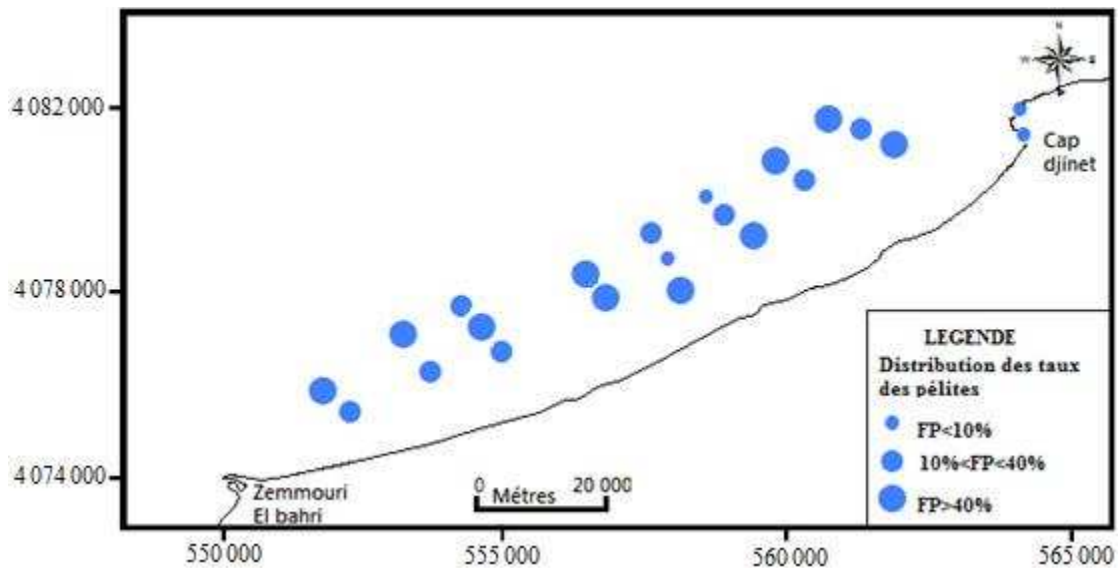


Figure n°28 : Distribution du taux de pélites dans La baie de Zemmouri

VI.2.7. La calcimétrie

Les taux de carbonates des échantillons 24 et 25 et de 0,5 g qui représente 1% du poids total de l'échantillon, ce pourcentage s'expliquerait par la présence de pollution ou par la concentration des débris de coquilles, dans nos échantillons le taux de carbonates est faible.

VI.3. Etude par réflexion sismique

L'interprétation des coupes sismiques nécessite de réaliser un certain nombre d'hypothèses en terme de vitesse de propagation des ondes dans les différentes couches traversées. La détermination de la profondeur et des épaisseurs des formations sédimentaires sont les suivantes :

- 1 500 m/s pour la propagation dans l'eau,
- 1 600 m/s pour la propagation dans un corps sableux,
- 1 750 m/s pour la propagation dans des remblaiements de paléovallées.

D'une manière générale on remarque une augmentation progressive des épaisseurs de sédiment de la côte vers le large. Le recouvrement est assez important dans l'ensemble. Le minimum est de 10 m et le maximum est de 50 m dans la partie occidentale entre le port de Zemmouri El bahri et le secteur d'étude, et précisément au droit de l'oued Merdja une importante épaisseur de 35 m tapisse une sorte de cuvette.

IV.4. Détermination du gisement des sables

La notion de gisement s'applique à une zone que l'on peut exploiter et qui a été déterminée en fonction de certains critères à l'intérieur de la réserve ; plusieurs réserves diverses de par leurs constitutions et contenues constituent les ressources d'une région donnée (**Augris & Créssard, 1991**).

L'estimation des volumes des sédiments meubles (ressources, réserves, gisements), présent dans notre secteur d'étude a été établi grâce à un calcul par cubage. La carte en isopaque étant le support, le quadrillage a été faite pour toute la zone par une grille de mailles carrées de 1km de coté. Le volume de chaque carré a été calculé, puis l'ensemble a été additionné afin d'avoir le volume global.

IV.4.1. Les ressource

Les ressources en sédiment meuble dans la région prospectée entre Zemmouri El bahri et cap Djinet sont correspond à un rectangle de 13 km sur 1,5 km avec une superficie totale de 18,9 km², à des profondeurs entre -8 et -46 m de profondeur.

IV.4.2. Les réserves

L'Oued Isser délimite la réserve en sédiments meubles dans notre secteur, et qui a été estimé à 117 millions de mètres cubes. Ces ensembles sableux peuvent présenter un intérêt pour l'exploitation.

IV.4.3. Les contraintes

La réserve de sables fins-moyens à moyens-grossiers mise en évidence peut ne pas être entièrement exploitable en raison d'un certain nombre de contraintes de diverses natures.

IV.4.3.a. contraintes environnementales

Afin d'éviter tout effet sur le littoral, il est nécessaire de se situer le gisement exploitable à 400- 500 m au-delà de la zone de déferlement. Celle ci se trouve entre -6 et -8m de profondeur en baie de Zemmouri ; le gisement doit par conséquent être situé au-delà de -15m de profondeur minimum. Toute exploitation entre 0 et -15m est impossible si nous voulons éviter des répercussions sur la ligne de rivage.

IV.4.3.b. activités humaines

Il existe une activité de pêche artisanale dans la région de Zemmouri El bahri- Cap Djinet, mais nous ne disposons pas d'informations suffisantes quant aux zones exploitées par les pêcheurs, ainsi que du calendrier de pêche, de manière à délimiter le gisement en évitant les zones de frayères et les zones de pêches des espèces commerciales.

IV.4.3.c. conditions météo-océanologiques

Dans le secteur d'étude se sont les houles de direction ouest, nord-est et est qui prédominent durant l'année avec des amplitudes ne dépassant pas 3,75m.

Durant l'exploitation, le bateau devra effectuer le dragage parallèlement à la côte de manière à ne pas être en face des houles. Les courants dans ce secteur sont considérés comme étant faibles (inférieur à 3 nœuds)

Les conditions météorologiques et océanologiques ne risquent pas d'entraver d'éventuelles exploitations des sédiments surtout si on opère par beau temps.

IV.4.4. Le gisement

En fonction des contraintes citées ci dessous, notre réserve se réduira en un gisement potentiellement exploitable située au-delà de -15m de profondeur.

Le périmètre retenu (figure 29), est essentiellement constitué de sables fins-moyens à moyens-grossiers avec une profondeur comprise entre -15 à -25 m. Dans ce cas où l'exploitant serait intéressé uniquement par du sable moyen-grossier.

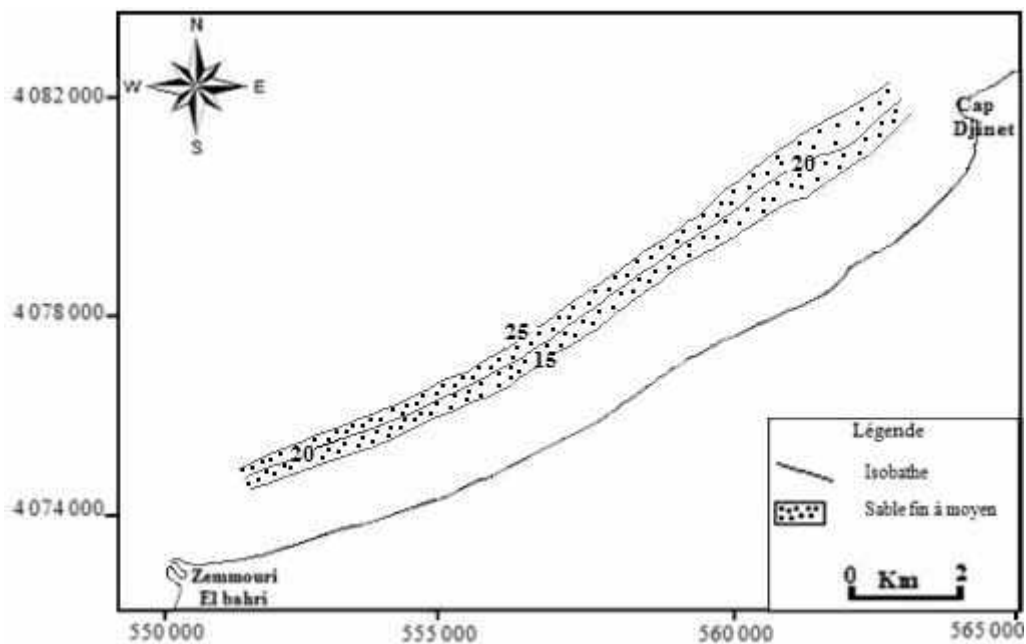


Figure n°29: carte de position de gisement de la baie de Zemmouri

Le gisement que nous avons mis en évidence dans notre secteur d'étude et que nous appellerons gisement de l'oued Isser peut ne pas être le seul dans cette région, si nous référons aux importantes ressources en sédiments existantes. C'est pour cela que nous recommandons plus d'investigations dans ce sens, notamment des campagnes de carottage. L'exploitation du gisement de l'Oued Isser est tout à fait réalisable, toute fois il est nécessaire de faire une étude d'impact propre à ce site, afin d'être sûr de ne causer aucun tort à l'environnement.

La législation nationale impose des lois pour la restriction de l'exploitation de sable marins à - 25 m protégeant l'écosystème de son milieu sensible et la biodiversité qui le caractérise, et dans ce cas exceptionnel à cause des réserves en sédiments meubles de l'oued Isser.

CONCLUSION

La présente étude a été réalisée dans le but de définir les zones de gisements de granulats marins dans la baie de Zemmouri.

Une première collecte des données concernant les études bathymétriques et les granulométriques des échantillonnages ont été réalisés au niveau de bureau d'étude vert et bleu.

Elle a permis de dégager les principales conclusions ci-après :

- Le cadrage bathymétrique indique la présence d'isobathes régulières espacées et décrit des fonds assez réguliers avec une pente moyenne de l'ordre de 1.2%, cette dernière s'accroît vers le large.
- Le résultat de l'analyse granulométrique, est non uniforme dans la zone d'étude, il y a une présence de sédiments grossiers au niveau du port de Cap Djinet, qui s'expliquerait par la présence d'un fort hydrodynamisme, impliquant par la même que ce port serait la zone la plus exposée au phénomène d'ensablement. Contrairement à la baie de Zemmouri qui manifeste la présence de sédiments fins, fins-moyens et moyens-grossiers.

L'analyse granulométrique, associée à l'étude bathymétrique, a permis de désigner la zone propice à l'exploitation de sable marin, le gisement est situé entre -15 et -25m de profondeur. Nous l'avons appelé le gisement de l'oued Isser.

Par ailleurs, L'exploitation de granulats marins nécessite une étude d'impact au préalable. Afin de prendre connaissance des différents impacts susceptibles de se répercuter sur l'environnement marin, et de prendre les mesures nécessaires pour éviter ou réduire ces effets.

Elle inclut également un certain nombre de recommandations devant être prise en compte pour diversifier et mieux gérer la ressource en sable:

- Une étude d'impact appuyée par une approche écosystémique.
- Un effort portant sur la vulgarisation des buts de l'utilisation des autres matériaux alluvionnaires et littoraux ;
- Mettre en place un Système d'information Géographique (S.I.G), qui comprendra une base de données pour une meilleure ressource.

On préconise d'éviter une exploitation abusive de granulats marins. L'extraction des matériaux à l'embouchure des fleuves, à partir des plages ou avant-plages et surtout des dunes, L'élévation du niveau de la mer provoque un amaigrissement et un recul des plages qui cause l'érosion.

BIBLIOGRAPHIE

Thèses et ouvrages

ALLOUI, L. (1999). L'extraction des granulats marins en Algérie: problématique et perspective cas de la baie d'Alger, baie de Zemmouri. *Thèse de Magister, Institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral, Alger.* 16 p.

ALZIEU, C. et al. (1999). Dragage et environnement marin. France : IFREMER. 223 p.

ARQUIE, G., TOURINQ, C. (1990). Granulats Publication presses de l'école nationale des Ponts et chaussées. 490 p.

AUGRIS., CRESSARD. (1991). Les matériaux marins (article paru dans la revue Mines & Carrières, volume 73, décembre 1991). France : IFREMER, Département Géosciences marines.

AUGRIS, C., CRESSARD, A.P. (1984). Les granulats marins. Centre National pour l'Exploitation des Océans (CNEXO). Rapports Scientifique et Techniques N°51. 89 p.

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.

BENHALIMA, M., BAHA, M. (2013). Les paramètres physico-chimiques et les sels nutritifs dans les eaux côtières Algéroises, mémoire d'ingénieur, ENSSMAL, Algérie. 82 p.

BENMAHIDDINE, R. (2013). Littoralisation, écologie urbaine et tourisme durable Cas de la commune de Zemmouri. *Thèse de Magister en Géographie et Aménagement du Territoire, USTHB, Alger.* p. 68.

BOUTEMIN, G. (1986). Dragage et exploitation des sables marins, Qualité des matériaux et conséquences sur le milieu. Thèse de l'université de Nantes. 199 p.

BOUYES, PH. (1962). Contribution à l'étude sédimentologique de la plage de Courbet-marine. *Thèse de doctorant 3^{em} cycle. Université d'Alger.* 70 p.

COPPENET, M. (1984). Les sables marins en tant qu'amendements calciques des sols. 2^{em} séminaires internationaux « ressources minérales sous-marins ». Edition du Groupe d'étude et de Recherche de Minéralisation au large (Germinal). pp. 189-194.

CRESSARD, A.P. (1977). Environnement et protection des sites. Publication du Cnexo. 12 p.

DAHO, I. (2012). Etude du Potentiel Local en Granulats pour une Utilisation Optimale. *Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de magister en génie civil option : matériau béton Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen.* 158 p.

DEBYSER, J. (1975). Les Problèmes de L'environnement Lies à L'exploitation des Sables et Graviers Marins. Note technique n°51. Publication Cnexo. 11 p.

DESPREZ, M. (1993). Conseil International pour l'Exploration de la Mer. Impact de l'extraction de granulats marins sur le milieu marin.

DESPREZ (1993). Impact d'extraction de granulats marins sur le milieu marin. Conseil International pour l'Exploitation de la Mer (CIEM), France : IFREMER et GEMEL. 48 p.

FERRANI, A., CHEHAIMA, L.T. (1998). Contribution a l'élaboration des données de base de la baie de Zemmouri et l'étude du site de Palm Beach (Baie de Bou-Ismaïl). Memoire d'ingénieur, ISMAL, Algeria. 127 p.

HITCHCOCK, D., BELL STEVE, R. (2004). Physical impacts of marine aggregate dredging on seabed resources in coastal deposits. Journal of coastal research ISSN 0749-0208.

KHIARI, N., SBIHAT, A. (1992). Projet de réaménagement du port de Zemmouri –étude de la propagation de la houle et de l'agitation dans le port.

KENNY, A. J., REES, H. (1996). The effects of marine gravel extraction on the macrobenthos.

KERBACHE, F., MEDJBER, H. (2013). Evaluation expérimentale des effets de sites : cas de la ville de Zemmouri. Thème de Master en Géophysique Appliquée. USTHB. p. 17.

KHIARI, N., SBIHAT, A. (1992). Projet de réaménagement du port de Zemmouri -étude de la propagation de la houle et de l'agitation dans le port.

LARID, M. (2002). Le recul des plages en Algérie: problèmes et perspectives. ENSSMAL. p. 54.

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

LAYOUNE, A., TIGUERCHI, D. (2011). Application de la modélisation numérique pour l'étude de l'ensablement du port de cap Djinet. Mémoire d'ingénieur en aménagement du littoral, ENSSMAL. 81 p.

LECLAIRE, L. (1972). La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algérois -Baléares (précontinent algériens). Mémoire du Muséum National d'Histoire Naturelle. Nouvelle série C. Science de la Terre, Tome XXIV. 391 p.

MAHAMMEDI, B., KETFI, B. (2005). Observation par le S.I.G. des effets du séisme de Zemmouri du 21 mai 2003 sur la wilaya de Boumerdes. Mémoire d'ingénieur en aménagement du littoral, Institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral. pp. 12-18.

MERABTI, H., NOUASSA, A. (2008). Etude de prospection, d'exploration et d'exploitation des gisements de sable en mer, cas du site de Corso, Wilaya de Boumerdes. Mémoire d'ingénieur en aménagement du littoral, Institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral. 47 p.

MEZOUAR, K. (2009). Etude Comparative Entre les Méthodes de Protection des deux Littoraux Algérien et Roumain. *Thèse de doctorant de l'Université Technique De Construction De Bucarest*. 404 p.

MOUHOUBI, I., OUABEL, K. (2012). Etude d'une solution de protection pour la plage centre de Sidi Ghiles (Cherchell). Mémoire d'ingénieur en aménagement du littoral, ENSSMAL. 66 p.

RIVIERE, A. (1977). Méthodes granulométriques (Techniques et interprétations). Technique et méthodes de sédimentologie. Ed. Masson. Paris: Masson. 170 p.

YAHY, A. (2009). Approche méthodologique de la dynamique hydrosédimentaire entre les isobathes -20 à -35m pour l'exploitation des granulats marins. Mémoire d'ingénieur en Aménagement du littoral, École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral. 49 p.

Ouvrages généraux

M.E.E.D.D.M, (2010). c. revue des incidences liées a l'acquisition de donnes scientifiques guide d'évaluation des incidences des projets d'extraction de matériaux en mer sur les sites nature 2000. 151 p.

Loi n°02-02: de 22 Dhou El kaada 1422 correspondant au 5 février 2002, relative à la protection et à la valorisation du littoral.

O.N.M: Données climatique entre 1996 et 2005.

Results 2 years post-dredging. Marine pollution bulletin ISSN 0025-326X CODEN MPNBAZ 1996, vol. 32, no8-9, 622 p.

Secrétariat Général de la Mer, 2006 : Extraction de granulats marins. Document d'orientation pour une politique nationale. [En ligne]. Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer. [Consulté le 16 Mais 2014]. Disponible sur: <<http://www.ifremer.fr/drogm/Realisation/Miner/Sable.pdf>>.

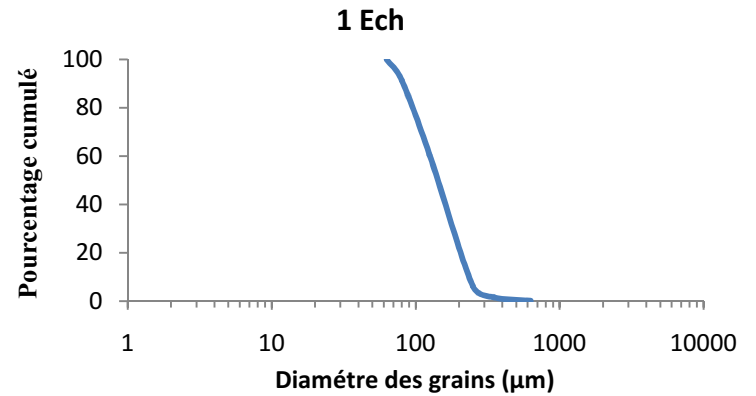
Ministère de l'énergie et des mines (Algerie), Edition (2010). Bilan des activités minières 2009.

AMAR ghoul. Ministre des Travaux Publics d'Algérie. [Consulté le 12 Aout 2014]. Disponible sur : <<http://www.ceda-africa.ma/sable-et-environnement-solutions-alternatives.pdf>>.

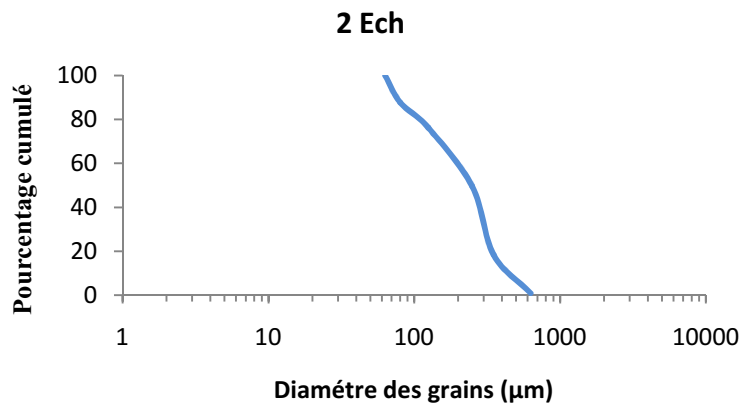
ANNEXES

Annexe: Les courbes Granulométrique (de 1, 2,, 25)

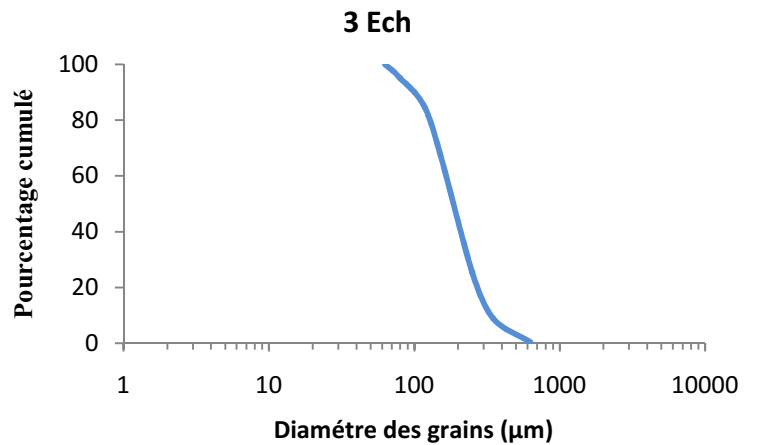
1 ECH			
Ø µm	P REFUS	% DE REFUS	% Cumulé
630	0,2	0,23062731	0,23062731
350	1,18	1,36070111	1,59132841
250	4,07	4,69326568	6,2845941
125	47,12	54,3357934	60,6203875
80	26,7	30,7887454	91,4091328
63	7,45	8,59086716	100



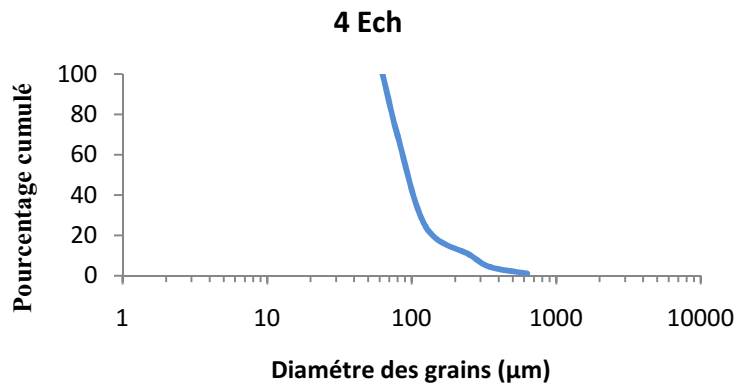
2 ECH			
Ø µm	p refus	% DE REFUS	% Cumulé
630	0,49	0,92053353	0,92053353
350	9,28	17,4337779	18,3543115
250	16,6	31,1854218	49,5397332
125	14,16	26,6015405	76,1412737
80	6,17	11,591208	87,7324817
63	6,53	12,2675183	100



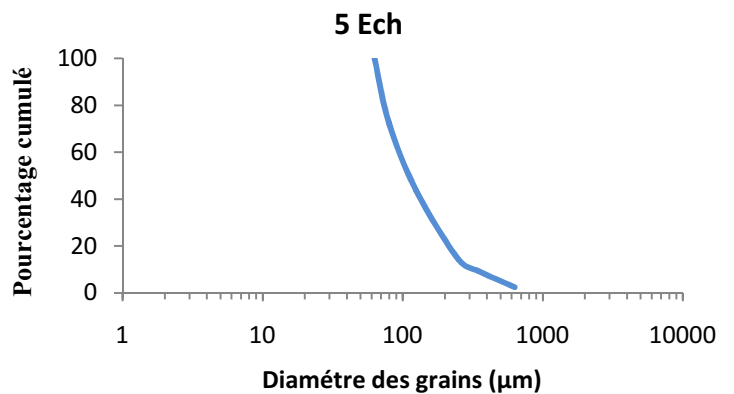
3 ECH			
Ø µm	p refus	% DE REFUS	Cumulé
630	0,24	0,28649875	0,28649875
350	7,16	8,54721261	8,83371135
250	13,95	16,6527396	25,486451
125	47,15	56,2850663	81,7715172
80	11,14	13,2983168	95,0698341
63	4,13	4,93016593	100



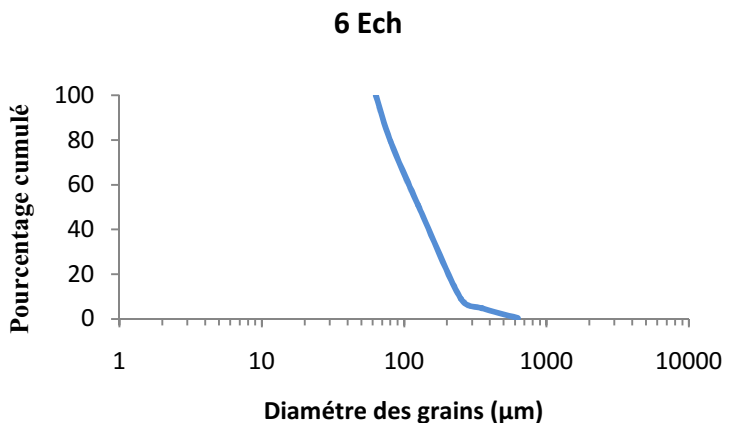
4 ECH			
Ø µm	p refus	% DE REFUS	cumulé
630	0,45	1,04311544	1,04311544
350	1,38	3,19888734	4,24200278
250	2,7	6,25869263	10,5006954
125	5,95	13,7923041	24,2929995
80	19,52	45,2480297	69,5410292
63	13,14	30,4589708	100



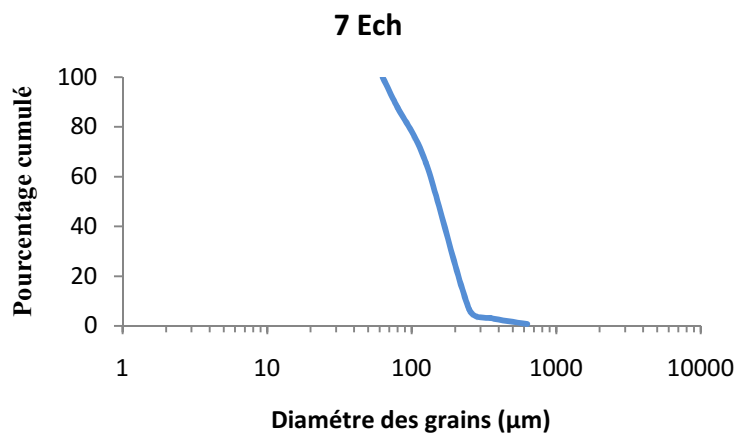
5 ECH			
Ø µm	p refus	% DE REFUS	% cumule
630	0,54	2,49307479	2,49307479
350	1,47	6,7867036	9,27977839
250	1,08	4,98614958	14,265928
125	6,36	29,3628809	43,6288089
80	6,23	28,7626962	72,3915051
63	5,98	27,6084949	100



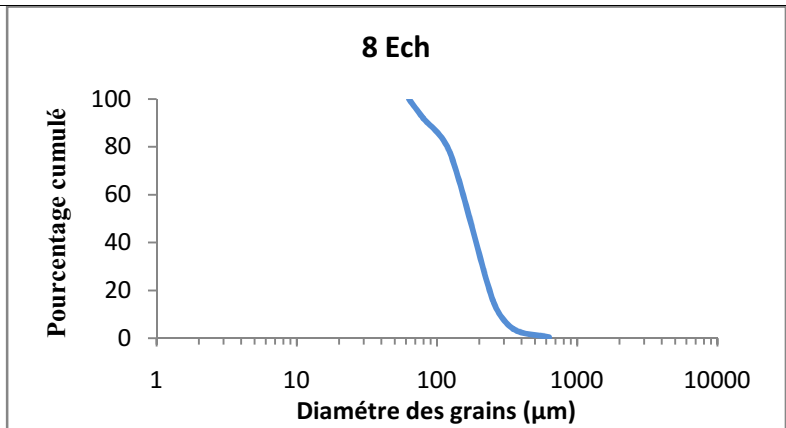
6 ech			
Ø µm	p refus	% DE REFUS	% cumule
630	0,21	0,33551686	0,33551686
350	2,79	4,45758108	4,79309794
250	2,62	4,1859722	8,97907014
125	26,29	42,0035149	50,9825851
80	17,83	28,4869788	79,4695638
63	12,85	20,5304362	100



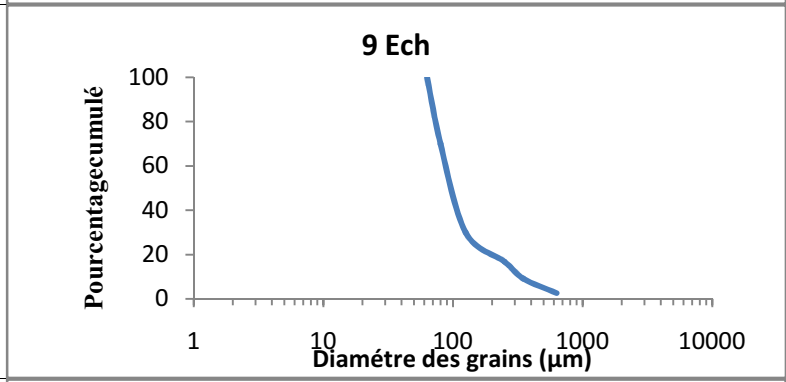
7 ECH			
Ø µm	p refus	% DE REFUS	% cumule
630	0,35	0,67685167	0,67685167
350	1,26	2,43666602	3,11351769
250	1,74	3,36491974	6,47843744
125	30,65	59,2728679	65,7513054
80	11,33	21,9106556	87,6619609
63	6,38	12,3380391	100



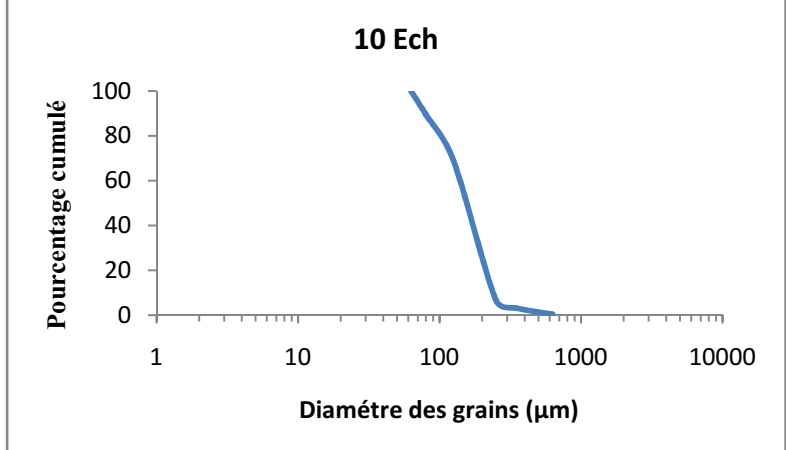
8 ECH			
Ø µm	p refus	% DE REFUS	% cumule
630	0,24	0,35751527	0,35751527
350	2,34	3,48577387	3,84328914
250	8,18	12,1853121	16,0286012
125	40,98	61,0457322	77,0743334
80	9,94	14,8070907	91,8814241
63	5,45	8,1185759	100



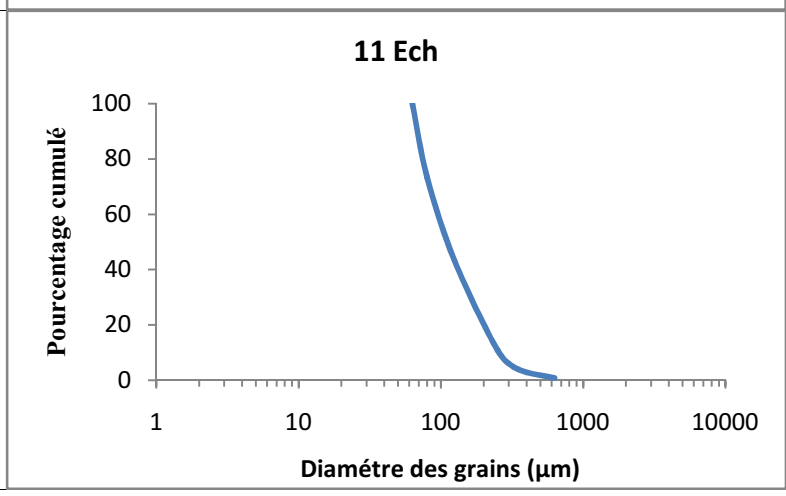
9 ECH			
Ø µm	p refus	% DE REFUS	% cumule
630	0,53	2,58158792	2,58158792
350	1,32	6,4296152	9,01120312
250	1,58	7,69605455	16,7072577
125	2,73	13,2976132	30,0048709
80	8,19	39,8928397	69,8977107
63	6,18	30,1022893	100



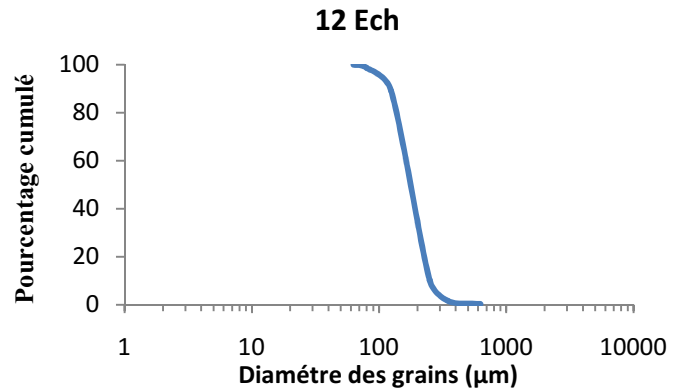
10 ech			
Ø µm	p refus	% DE REFUS	% cumule
630	0,25	0,44452347	0,44452347
350	1,51	2,68492176	3,12944523
250	2,01	3,57396871	6,70341394
125	35,06	62,3399716	69,0433855
80	11,5	20,4480797	89,4914651
63	5,91	10,5085349	100



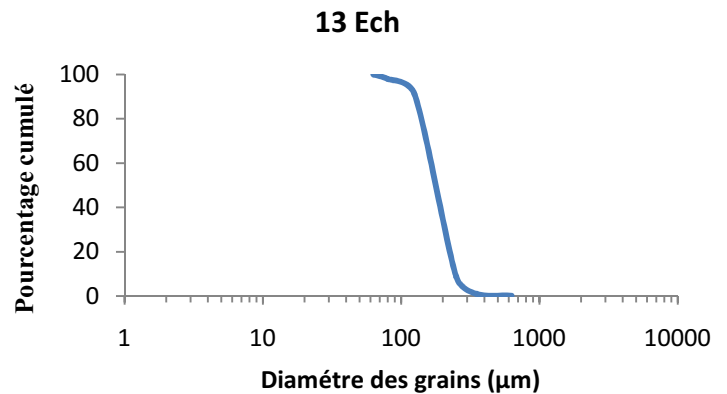
11 ech			
Ø µm	p refus	% DE REFUS	% cumule
630	0,34	0,77981651	0,77981651
350	1,36	3,11926606	3,89908257
250	3,02	6,9266055	10,8256881
125	14,07	32,2706422	43,0963303
80	13,19	30,2522936	73,3486239
63	11,62	26,6513761	100



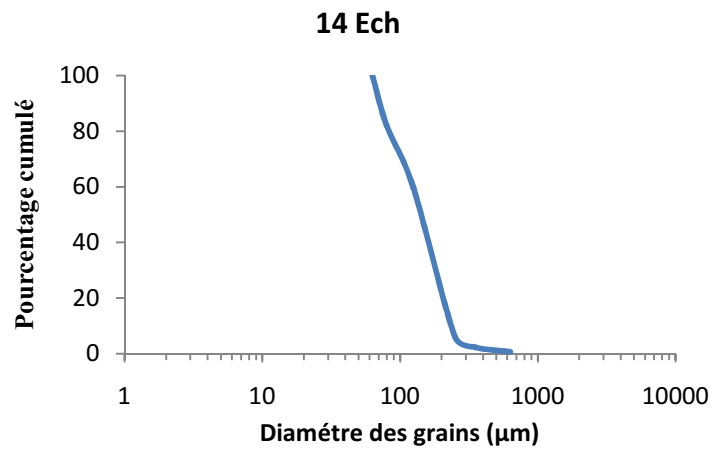
12 ECH			
Ø µm	p refus	% DE REFUS	% cumule
630	0,32	0,35083872	0,35083872
350	1,09	1,1950444	1,54588313
250	7,96	8,72711326	10,2729964
125	71,93	78,8619669	89,1349633
80	8,68	9,51650038	98,6514637
63	1,23	1,34853634	100



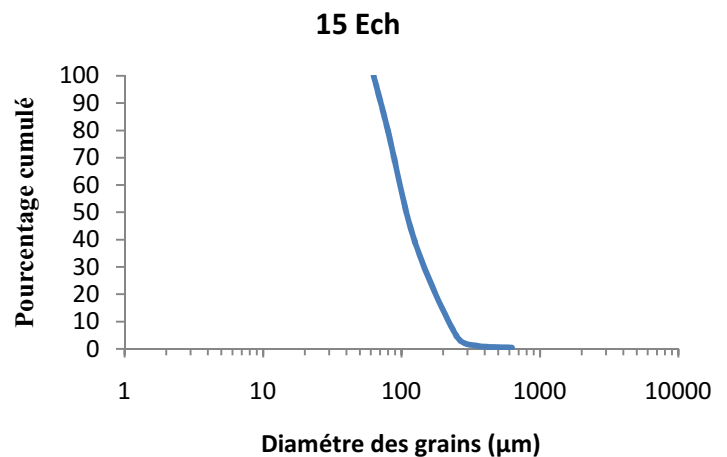
13ECH			
Ø µm	p refus	% DE REFUS	% cumule
630	0,17	0,21672616	0,21672616
350	0,64	0,81591025	1,03263641
250	6,05	7,71290158	8,74553799
125	64,49	82,2157063	90,9612443
80	5,45	6,94798572	97,90923
63	1,64	2,09077002	100



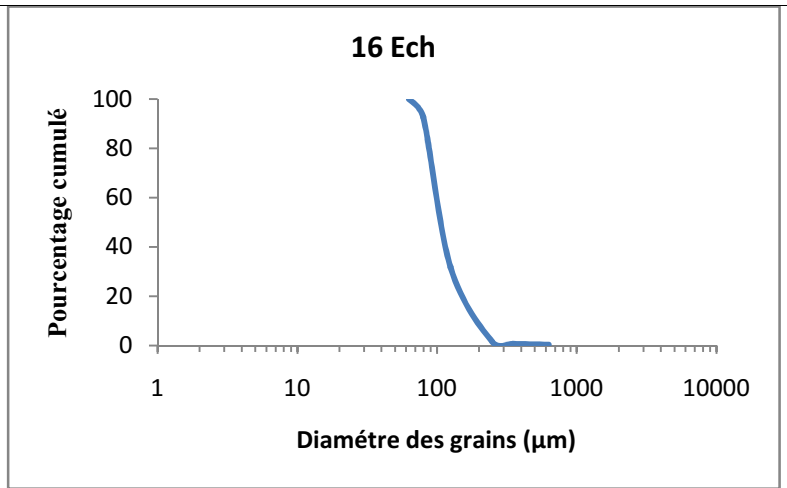
14ech			
Ø µm	p refus	% DE REFUS	% cumule
630	0,2	0,67957866	0,67957866
350	0,5	1,69894665	2,37852531
250	1,1	3,73768264	6,11620795
125	15,77	53,5847774	59,7009854
80	6,53	22,1882433	81,8892287
63	5,33	18,1107713	100



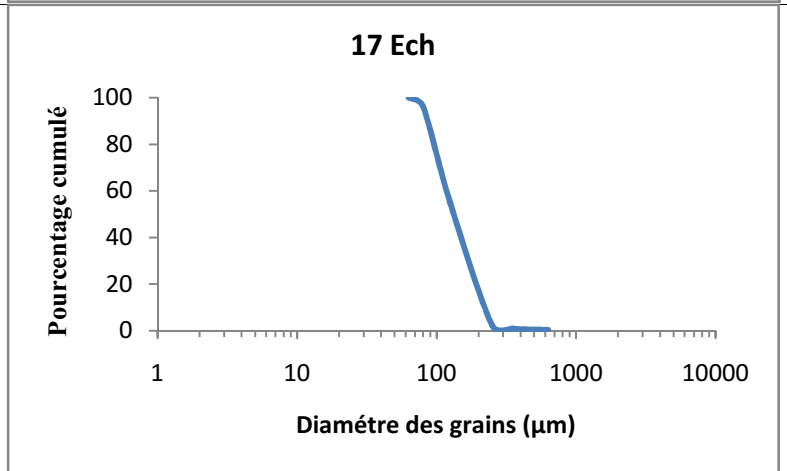
15 ech			
Ø µm	p refus	% DE REFUS	% cumule
630	0,25	0,55629729	0,55629729
350	0,29	0,64530485	1,20160214
250	1,58	3,51579884	4,71740098
125	15,5	34,4904317	39,2078327
80	18,18	40,4539386	79,6617713
63	9,14	20,3382287	100



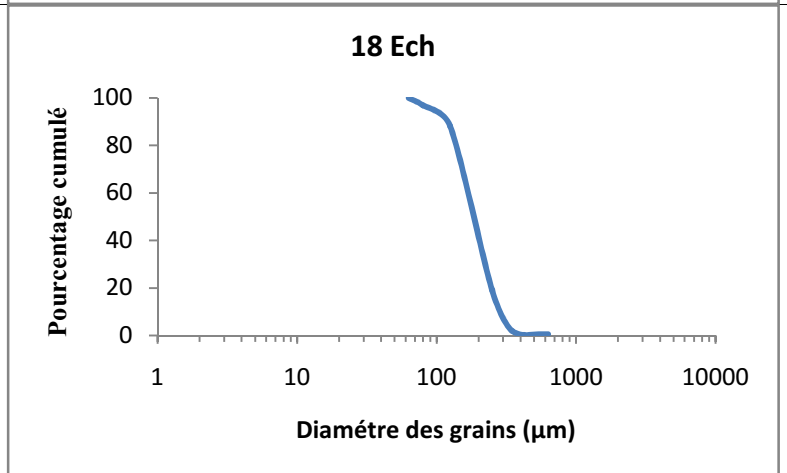
16 ECH			
Ø µm	p refus	% DE REFUS	% cumule
630	0,25	0,34120377	0,34120377
350	0,24	0,32755562	0,66875938
250	0,56	0,76429644	1,43305582
125	22,18	30,2715982	31,704654
80	44,54	60,7888631	92,4935171
63	5,5	7,50648287	100



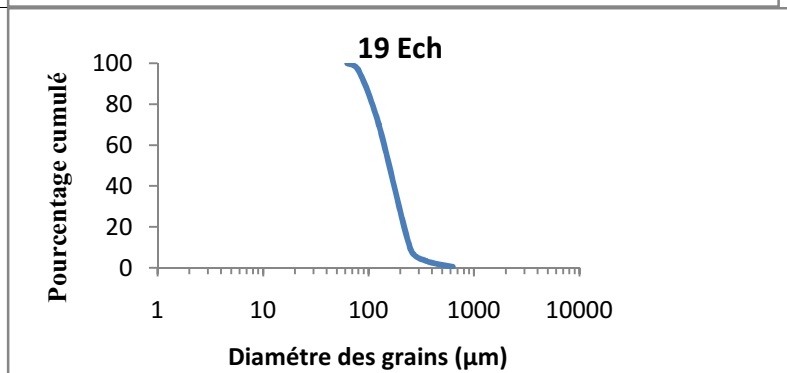
17 ECH			
Ø µm	p refus	% DE REFUS	% cumule
630	0,37	0,42184472	0,42184472
350	0,41	0,46744955	0,88929427
250	1,26	1,43655227	2,32584654
125	46,11	52,5709725	54,8968191
80	36,2	41,2723749	96,1691939
63	3,36	3,83080607	100



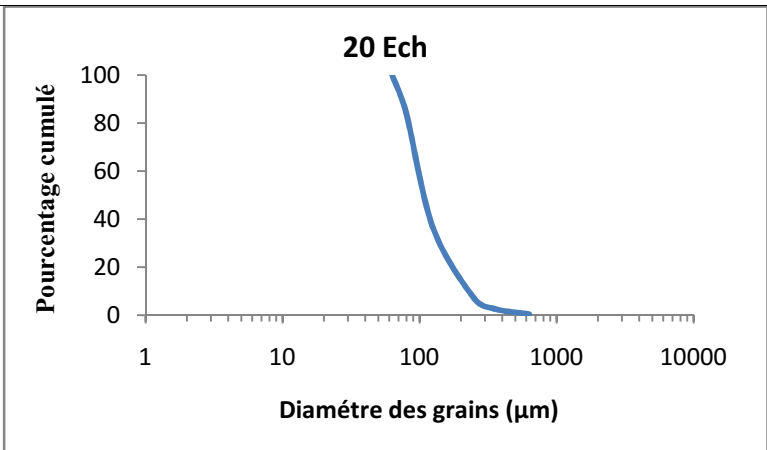
18 ECH			
Ø µm	p refus	% DE REFUS	% cumule
630	0,46	0,49129552	0,49129552
350	1,26	1,34572252	1,83701805
250	16,13	17,2273844	19,0644024
125	64,6	68,9949802	88,0593827
80	8,2	8,75787675	96,8172594
63	2,98	3,18274057	100



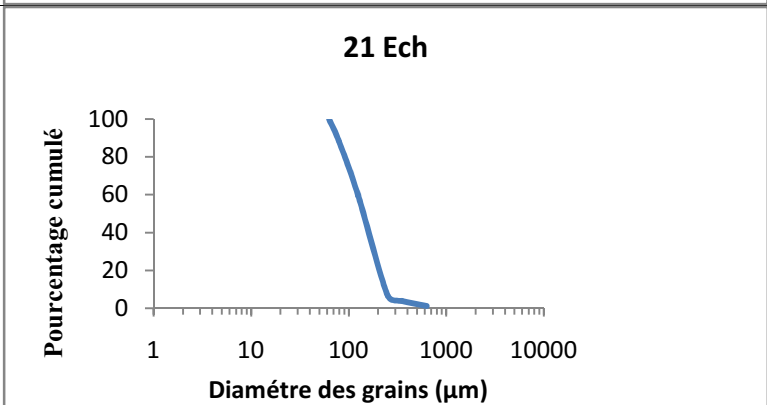
19 ECH			
Ø µm	p refus	% DE REFUS	% cumule
630	0,48	0,55983205	0,55983205
350	2,48	2,89246559	3,45229764
250	4,96	5,78493119	9,23722883
125	52,11	60,776767	70,0139958
80	22,91	26,7203172	96,734313
63	2,8	3,26568696	100



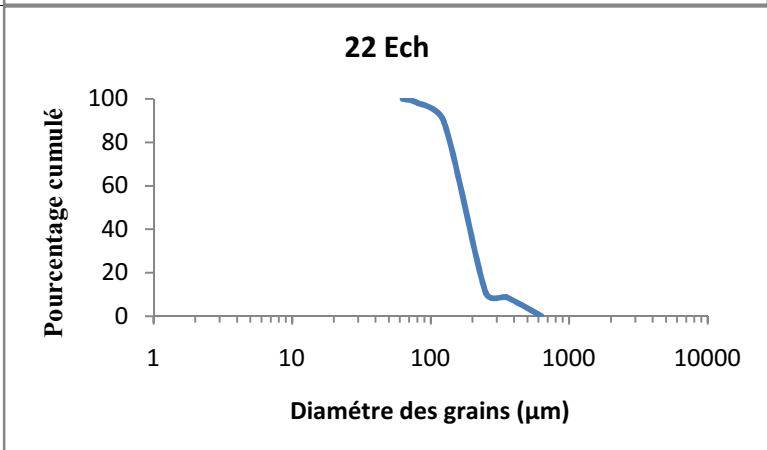
20 ECH			
Ø µm	p refus	% DE REFUS	% cumule
630	0,18	0,36824877	0,36824877
350	1,09	2,2299509	2,59819967
250	2,14	4,37806874	6,97626841
125	14,48	29,6235679	36,5998363
80	23,25	47,5654664	84,1653028
63	7,74	15,8346972	100



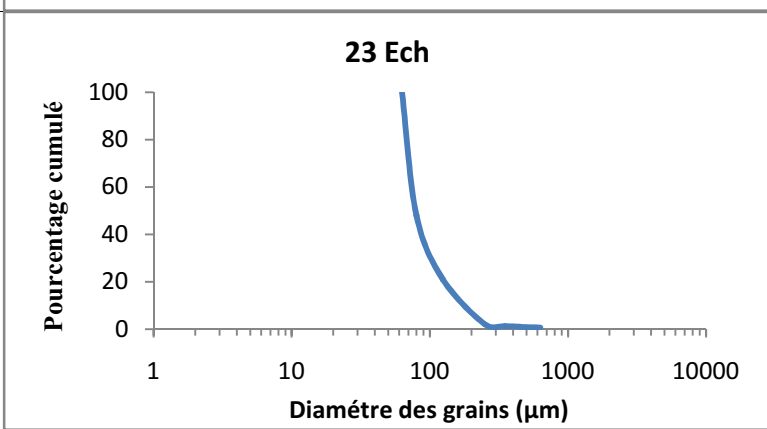
21 ECH			
Ø µm	p refus	% DE REFUS	% cumule
630	0,58	1,19785213	1,19785213
350	1,29	2,66418835	3,86204048
250	1,4	2,8913672	6,75340768
125	25,53	52,7261462	59,4795539
80	13,72	28,3353986	87,8149525
63	5,9	12,1850475	100



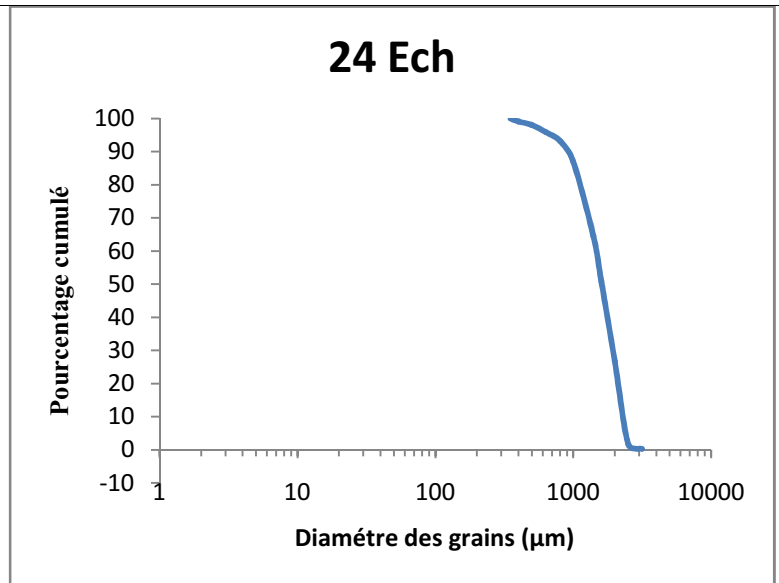
22 ECH			
Ø µm	p refus	% DE REFUS	% cumule
630	0,18	0,20510483	0,20510483
350	7,56	8,61440292	8,81950775
250	1,66	1,89152233	10,7110301
125	68,98	78,6007293	89,3117593
80	7,73	8,80811304	98,1198724
63	1,65	1,88012762	100



23 ECH			
Ø µm	p refus	% DE REFUS	% cumule
630	0,21	0,57835307	0,57835307
350	0,24	0,66097494	1,23932801
250	0,33	0,90884054	2,14816855
125	6,81	18,7551639	20,9033324
80	9,86	27,1550537	48,0583861
63	18,86	51,9416139	100



24 ECH			
Øµm	P refus(g)	% de refus	% cumulatif
3150	0,53	0,265	0,265
2500	3	1,5	1,765
2000	50	25	26,765
1600	48,01	24,005	50,77
1400	27,44	13,72	64,49
1000	45,1	22,55	87,04
800	12,38	6,19	93,23
630	5,27	2,635	95,865
500	4,36	2,18	98,045
400	2,12	1,06	99,105
350	1,79	0,895	100



25 ECH			
Ø mm	P refus (g)	% de refus	% cumulatif
4000	2	1	1
3150	43	21,5	22,5
2000	100,42	50,21	72,71
1600	30,38	15,19	87,9
1400	9,61	4,805	92,705
1000	12,82	6,41	99,115
800	1,58	0,79	99,905
630	0,1	0,05	99,955
500	0,03	0,015	99,97
400	0,02	0,01	99,98
350	0,04	0,02	100

