

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 DE
MASTER EN SCIENCES DE LA MER

OPTION : AMENAGEMENT DU LITTORAL

Thème :

*Conception d'un Système d'Information Géographique (SIG)
pour une Etude de Bathymétrie et de Sédimentologie dans la
Baie d'Alger et la Baie d'El Djamila*

Présenté par:

➤ **Mr. BOUFENIZA Redouane Larbi**

Soutenu le 28/05/2014 devant le jury suivant :

Mme. HOUMA- BACHARI F.	Maître de conférences A (ENSSMAL)	Présidente.
Mme. BENZOUAI S.	Maître assistante B (ENSSMAL)	Examinatrice.
M. BELKESSA R.	Professeur (ENSSMAL)	Examineur.
M. BACHARI NI.	Professeur (USTHB)	promoteur.

Promotion : 2014

Remerciements :

Je suis très heureux de pouvoir exprimer ma gratitude à toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail. Mes plus vifs remerciements s'adressent à :

Mme. Houma-Bachari F professeur à l'ENSSMAL, qui me fait l'honneur de présider ce jury. Qu'il trouve dans ces lignes le témoignage de ma respectueuse reconnaissance, je tiens aussi à lui exprimer mes sincères remerciements pour tout aide et soutien qu'il m'a offert.

Mr. BELKESSA.R Professeur à l'ENSSMAL, qui me fait l'honneur d'examiner ce travail.

Mme. Benzouai.S, Maitre assistante l'ENSSMAL, pour avoir accepté d'examiner ce travail. Qu'il trouve également dans ces lignes le témoignage de ma respectueuse reconnaissance.

M. Bachari N. E. I., Professeur à l'USTHB, qui a encadré et dirigé cette étude et qui par ses conseils et sa disponibilité m'a initié au SIQ ; il m'a fait bénéficier de son expérience et de ses connaissances judicieuses. Je suis profondément reconnaissant pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail et pour l'empressement qu'elle a manifesté à le voir aboutir.

M. BOUZEMOUN .h , Maitre de conférences A à l'USTHB, pour l'aide qui ma offrir

Je remercie tous mes amis qui m'ont soutenu notamment :Ghania et sofiane .

B . Redouane

Liste des acronymes

- **ENSSMAL**: Ecole Nationale Supérieure de Science de la Mer et l'Aménagement du Littoral.
- **APPL** : Agence de Protection et de Prospection du Littoral
- **GESAMP**: Groupe d'Experts sur les Aspects Scientifiques de la Pollution Marine.
- **CNIG** : Conseil national de l'information géographique
- **OMS**: Organisation Mondiale de la Santé.
- **JICA**: Japonaise Internationale Coopération Agence.
- **L.C.H.F**: Low Carb High Fat
- **FICCDC** : Federal Interagency Coordinating Committee on Digital Cartography
- **SSMO** : US naval weather Service command intitulé Summary of Synoptic Meteorological Observation
- **KMNI** : Institut Météorologique Royal Néerlandais
- **PFE** : Projet Fin d'Etude
- **LEM** : Laboratoire d'Etude Maritime
- **USTHB** : Université des Sciences et de Technologie Houari Boumediyen
- **OQLF** : Office Québécois de la Langue Française

Liste des abréviations

- **SIG**: Système d'Information Géographique.
- **SGBD** :Système de Gestion des Bases de Données.
- **BD** : Bases de Données
- **SQL**:StructuredQueryLanguage.
- **MNT**:Modèle Numérique de Terrain.
- **GPL**:Général Licence Publique.
- **GISC** :Gestion Intégrer de la Côtère
- **QGis** : Quantum GIS.
- **GPS**:Global PositioningSystem.
- **WGS84**:World Geodetic System84.
- **CSV**: Format (Séparateur, point-virgule) du tableau Excel.
- **NS**: Nature de Sediment.

Liste des tableaux

- Tableau (II.1): caractéristiques des données collectées.....(24)
- Tableau (II.2) : nombres des stations a estimés pour la baie d'Alger et la baie d'El Djamila.....(30)
- Tableau (III.1) : Dimensions des couches sédimentaires.....(41)

Liste des figures

- Figure (I.1): situation géographique de la baie d'Alger.....(3)
- Figure(I.2): Principaux rejets d'eaux usées dans la baie d'Alger (LEM, 1998).....(5)
- Figure(I.3):Nature de fond de la baie d'Alger (Maouche, 1987).....(7)
- Figure (I.4):Bilan des courants dans la baie d'Alger (LEM, 1998).....(8)
- Figure (I.5) : situation géographique de la baie d'El Djamila.....(9)
- Figure (I.6) : carte sédimentologique de la baie d'El Djamila (Allag et Ressad,2006).....
.....(13)
- Figure (I.11) : transit sédimentaire dans la région d'El Djamila(Rabhi et Rahal 2011).....(14)
- Figure (II.1) : résumé d'un SIG selon Gilliot (2000).....(16)
- Figure (II.2) :Disciplines ayant contribué à l'apparition des SIG.....(20)
- Figure (II.3) : Structure et méthodologie de travail.....(23)
- Figure (II.4) : fonds cartographiques après digitalisation et géoréférencement.....(27)
- Figure(II.5) : présentation de la couche bathymétrique dans Qgis.....(28)
- Figure (II.6) : présentation des couches sédimentaire dans QGIS.....(29)
- Figure (II.7) : présentation de trait de cote dans QGIS.....(29)
- Figure (II.8) intégration des stations a estimés de la baie d'El Djamila.....(30)
- Figure (II.9) :structuration des couches géographiques de la Baie d'El Djamila.....(31)
- Figure (II.10) :structuration des couches géographiques de la Baie D'Alger.....(32)
- Figure (II.11) :structure de génération d'un grid par la méthode IDW dans la baie d'El Djamila.....(33)
- Figure (II.12) : Structure de génération d'un grid par la méthode IDW dans la baie d'Alger(35)
- Figure (III1): Interpolation bathymétrique de la baie d'El Djamila.....(37)
- Figure (III.2) :Interpolation bathymétrique de la Baie D'Alger.....(37)
- Figure (III.3) : bathymétrie de la baie d'Alger 2D.....(38)
- Figure (III.4) : bathymétrie de la baie d'Alger 3D.....(38)
- Figure(III.5) : bathymétrie de la baie d'El Djamila 2D.....(39)
- Figure(III.6) : bathymétrie de la baie d'El Djamila 3D.....(39)
- Figure (III.7) : Dimension d'une couche sédimentaire.....(40)
- Figure (III.8) : Répartition des surfaces et des périmètres des différentes couches sédimentaires dansla Baie D'Alger.....(41)

- Figure (III.9) :Répartition des surfaces et des périmètres des différentes couches sédimentaire dans la Baie d'El Djamila.....(42)

Sommaire

Liste des acronymes

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction.....(1)

Chapitre I : généralités

I.A. La baie d'Alger

I.A.1 situation géographique(3)

I.A.2 réseaux hydrographique(3)

I.A.3 plateau continental.....(5)

I.A.4 nature de fond et couverture sédimentaire(5)

I.A.5 Hydrodynamisme(7)

I.B La baie d'El Djamila

I.B.1 Situation géographique.....(9)

I.B.2 Réseau hydrographique.....(9)

I.B.3 Aspect morphologique de la baie d'El Djamila.....(10)

I.B.4répartition sédimentaire(12)

I.B.5 géologie.....(13)

I.B.6 hydrodynamique.....(13)

Chapitre II : Matériels et Méthodes

II.1 Définition d'un système d'information géographique (SIG).....(16)

II.2 Classification des SIG.....(17)

II.3 Composantes d'un SIG.....(17)

II.4 Fonctionnalités d'un SIG.....(19)

II.5. Matériels utilisés dans le travail	(20)
II.6.Présentation et choix des logiciels.....	(20)
II.6.1 Quantum GIS	(20)
II.6.2. Microsoft Excel.....	(21)
II.6.3. Surfer 11.....	(21)
II.7.Objectif et démarche suivie	(22)
II.8 Méthodologie	(22)
II.8.1 Etat des lieux.....	(24)
II.8.2 Acquisition.....	(24)
II.8.3 Présentation des données.....	(25)
II.8.4 structuration et intégration des données.....	(25)
II.8.4.1 Entrée des fonds Cartographiques.....	(25)
II.8.4.2 Entrée des données de bathymétrie.....	(27)
II.8.4.3 Entrée des données de nature de sédiment.....	(28)
II.8.4.4 Intégration des stations à estimer.....	(30)
II.9.Analyse et traitement des données.....	(32)

Chapitre III: Résultats et évaluations

III.1 Résultats.....	(36)
III.1.1 L'extraction de l'information thématique.....	(36)
III.1.2 Extraction d'informations spatiales.....	(40)
III.2 Evaluations.....	(42)
Conclusion.....	(45)

Bibliographie

Annexes

Introduction :

L'espace littoral n'est pas une portion de terre émergée ou semi-immergée, mais un milieu où se rencontrent et interagissent la lithosphère, l'hydrosphère et l'atmosphère d'une part, et où s'imbriquent les activités humaines et le milieu ainsi que les processus littoraux d'autre part. Ce n'est qu'en prenant en charge l'ensemble de ces facteurs et en prévoyant des dispositions juridiques appropriées que l'on pourra adopter effectivement une gestion rationnelles et efficace de cet espace. **(SYMBIOSE, 1998).**

La bathymétrie et la sédimentologie sont essentielles pour l'océanographie physique, biologique et géologique. Ces derniers contrôlent la distribution des courants selon la forme des bassins océaniques, mais aussi conditionnent la vie marine tel que l'abondance des espèces et leurs répartitions.

A cet effet la connaissance de la morphologie et la nature des fonds marins est nécessaire pour répondre aux nombreux besoins, tels que les études des sites en mer et le suivi environnemental des travaux de construction et d'expansion de la côte qui modifie l'équilibre sédimentaire, les forces agissant sur le système côtier qui ont pour effet d'accumulation et de déplacement des sédiments, et l'installation des espèces benthiques.

L'appréhension de ce phénomène nécessite l'utilisation des nouvelles technologies appliquées dans le domaine marin, notamment les systèmes d'information géographique qui permettent également de réduire le temps de travail et d'améliorer la vitesse de diffusion d'information, l'évaluation et le suivi de son évolution à des coûts relativement faibles, et sur une large couverture.

L'objectif principale de ce travail, est la mise en œuvre d'un Système d'Information Géographique (SIG) numérique, dynamique et évolutif, permettant d'intégrer des données spatio-temporelles de la bathymétrie et la sédimentologie dans la baie d'Alger et la baie d'El Djamila, Issues de : l'observation du milieu marin, les traitements développés au laboratoire et les outils d'analyse géographique.

Les butes et les besoins attendus de la présente étude, correspondent aux solutions apportées par le SIG, qui devra notamment pouvoir contribuer à:

- La création d'une base de données géographique relative aux données bathymétriques et sédimentologiques ;
- Donner les valeurs de la profondeur et la nature de sédiment dans des stations non échantillonnées ;
- la Cartographie de la répartition de la bathymétrie et la nature de sédiment
- L'étude de la répartition et de la structuration spatiale et géométrique des sédiments dans la baie d'Alger et la baie d'El Djamila ;

Ce travail fait appelle à une série de travaux de recherche qui fait référence à l'utilisation de la géomatique en science de la mer.

Pour atteindre ses objectifs, notre mémoire est composé de quatre chapitres :

- Un Premier chapitre : présentades descriptionsgénérauxsur la baie d'Alger et la baie d'El Djamila, ses cadres géographiques, ses principaux caractéristiques physiques.
- Le deuxième chapitre :présente également un bref aperçu sur les systèmes d'information géographique, les matériels utilisés ainsi qu'une description de la méthodologie proposée.
- Le quatrième chapitre est réservé aux résultats etaux applications, à savoir, la mise en œuvre du SIG pour lesuivi spatio-temporel et la spatialisation de la bathymétrie et la sédimentologie, par la production des cartes de distribution spatiale 2D et 3D, ainsi par les analyses statistiques et géométriques des couches sédimentaires.

Enfin nous terminerons ce travail par une conclusion générale, qui dresse un bilan sur l'apport de la méthodologie adoptée pour la mise en œuvre d'un SIG etl'évaluation spatio-temporelle et une comparaison entre la morphologie sous marine de la baie d'Alger et la baie d'El Djamila.

I. Présentation des zones d'étude :

I.A. La baie d'Alger

I.A.1 situation géographique :

La baie d'Alger est située à la partie nord au centre de la côte algérienne, elle s'inscrit en creux dans la pleine de la Mitidja avec une forme semi-circulaire. Elle est délimitée au Nord par la méditerranée, à l'Est par le Cap Matifou (Bordj El Bahri), à l'Ouest par la Pointe Pescade (Rais Hamidou), avec une superficie d'environ 180 km², elle s'étend de 10 milles de l'Est à l'Ouest et 3,8 milles du Nord au Sud. Selon les coordonnées suivantes (Fig I.1).

- latitude Nord 36,74 à 36,82.
- longitude Est 3,06 à 03,24.

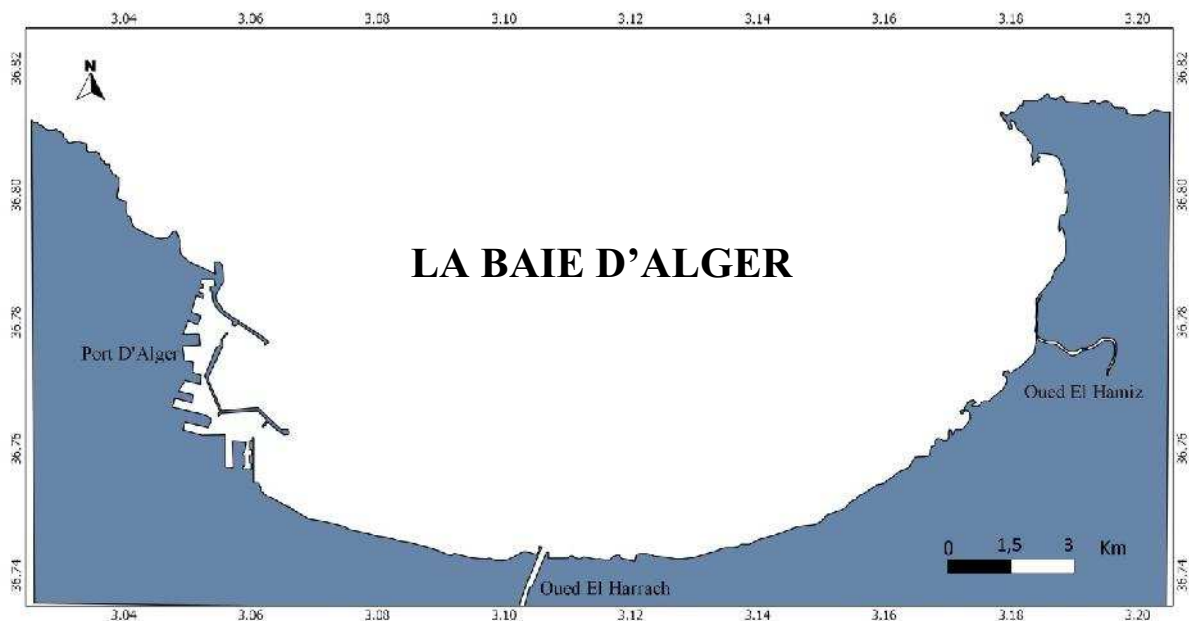


Figure (I.1) : situation géographique de la baie d'Alger

I.A.2 réseaux hydrographiques :

Deux sources principales assurent l'alimentation de la baie d'Alger, l'Oued El Harrach et l'Oued El Hamiz, ces derniers prennent leurs source au niveau de l'Atlas Blidéen et s'enrichissent à travers la pleine de Mitidja, avant de déboucher en mer. Leur débit est très irrégulier, marqué par une longue période de trajet de six mois, en période estivale, à l'inverse de la saison hivernale laquelle est caractérisée par de fortes crues soudaines et intenses (Maouche, 1987).

1- Oued El Harrach

Cet Oued se déverse au centre de la baie d'Alger, non canalisé. La source originelle se situe dans l'Atlas Blidéen, traversant la plaine de la Mitidja ainsi que l'essentiel des zones urbaines et industrielles d'El Harrache et d'Alger. En outre, il est caractérisé par de fortes dénivelées. Cet Oued est sec, la majeure partie de l'année charrie surtout des eaux usées. Son débit en périodes de pluie est de 1000m³/s (**Aouamer1990**) il a une superficie de 970 km²(**A.p.p.l ; 2002**), culmine à une altitude moyenne de 830m. Selon le laboratoire d'études maritimes (**LEM , 1999**), il est alimenté par sept petits oueds : Baba Ali, Guergour, Aziz, Akna, Djamila, Boutrik, et Smar, Les effluents de l'oued ne sont quasiment pas épurés rejetés en surface à quelques mètres de la mer, ses eaux résiduaires semblent être composées d'eaux usées d'origine urbaines, industrielles et agricoles, engendrant une pollution multiforme de nature différente dans l'eau et dans le sédiment au niveau de la baie d'Alger(Fig I.2).

2- Oued El Hamiz :

D'une superficie moins importante que l'Oued el Harrach (160 km²) ce dernier se déverse directement en mer, à l'Est de la baie, composé de deux petits Oueds L'Arbaatach et Bouskine, son embouchure est aménagée et les rejets s'effectuent directement en mer, il reçoit ainsi des effluents d'origine urbaine, renferment des bactéries, virus, matières organiques et autres, auxquelles s'ajoutent des effluents d'origines industrielles, porteurs des métaux lourds, d'hydrocarbures (Fig I.2).

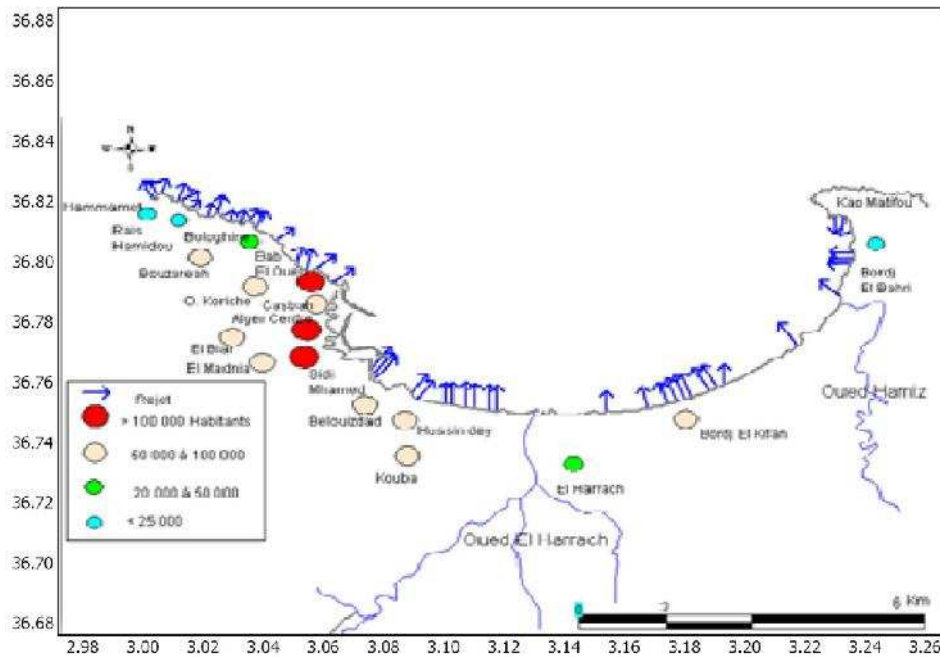


Figure (I.2) : Principaux rejets d'eaux usées dans la baie d'Alger (LEM, 1998 - modifier).

I.A.3 plateau continental :

Le plateau continental est très étroit et s'élargit au centre de la baie. ce dernier ne dépasse pas l'isobathe 120m ; en effet, l'isobathe 50m est à 4.1 km de la côte, celui de 100m est à 6.7 km, quand à celui de 1000m il ne se trouve qu'à 12.1km (Belkessa *et al.*, 2008).

Dans la baie d'Alger, les lignes bathymétriques sont grossièrement concentriques et l'isobathe 100m qui constitue la limite du plateau continental passe au large de l'alignement, entre cap Matifou et pointe pesade. (Samson, 1981).

I.A.4 nature de fond et couverture sédimentaire :

Les travaux de sédimentologie et la nature de fond de la baie d'Alger, sont nombreux et détaillés notamment ceux de; Leclaire, (1972), Bakalem, (1979), Maouche, (1987); sont les principaux auteurs ayant abordés l'étude de la couverture sédimentaire de cette baie.

Ces différentes études ont mis en évidence trois faciès sédimentaires existents dans la sédimentologie de la baie d'Alger (fig I.3) :

a- Faciès sableux : ils se limitent à la bordure littorale entre 10 et 35 m de profondeur au Nord des émissaires, et en prolongement des caps où ils s'étendent à des profondeurs plus élevées, et ceci en direction du centre de la baie (**Maouche, 1987**).

- **Les sables fins**, qui sont essentiellement d'origine terrigène occupant les petits fonds.
- **Les sables moyens**, qui sont limités au secteur littoral de la bordure rocheuse occidentale, ils représentent une bande étroite parallèle au rivage.
- **Les sables grossiers**, qui sont prédominants dans le secteur Est où ils sont mélangés aux faciès pélitiques du Cap Matifou vers l'embouchure de Oued El Hamiz.

b- Faciès carbonatés :

On les retrouve dans la bordure Ouest jusqu'à des profondeurs de 35 à 50 m, et dans la bordure Est à des profondeurs plus élevées, au droit du Cap Matifou. Ils sont limités aux bordures rocheuses, ainsi qu'aux hauts fonds rocheux de la baie (**Belkessa, 1999**).

- **Bordure Ouest :** La fraction carbonatée représente 30 à 35% du sédiment total jusqu'à des fonds de 35 à 50 m.
- **Bordure Est :** Ce faciès s'étend à des profondeurs élevées au large du Cap Matifou où la fraction carbonatée peut être supérieure à 35%.
- **Le haut-fond du Matifou :** la fraction carbonatée constitue plus de 50% du sédiment.

c- Faciès pélitiques :

Ils occupent la partie centrale et le Nord de la baie, on observe un envasement central avec 75 à 95% de fraction pélitique, avec deux invaginations de part et d'autre des oueds. Les faciès vase sableux à vaseux constituent 70 % des dépôts superficiels de la baie d'Alger. La fraction pélitique apparaît à partir de 10m de profondeur où elle représente 10 %, son pourcentage augmente pour atteindre plus de 50 % dès -25 m (-35 m au droit des oueds), à -30m (-50 m au droit des oueds) cette fraction représente 75 % et plus souvent 95 % (**Houma-Bachariet al., 2004**).

La sédimentation de la baie d'Alger est conditionnée par le facteur bathymétrique. En traçant un radial allant de la côte vers le large, on trouve successivement des fonds sableux- vaseux, vaseux sableux et enfin de la vase pure (**Maouche, 1987, Benoud et al, 1991**) (Fig I.3)

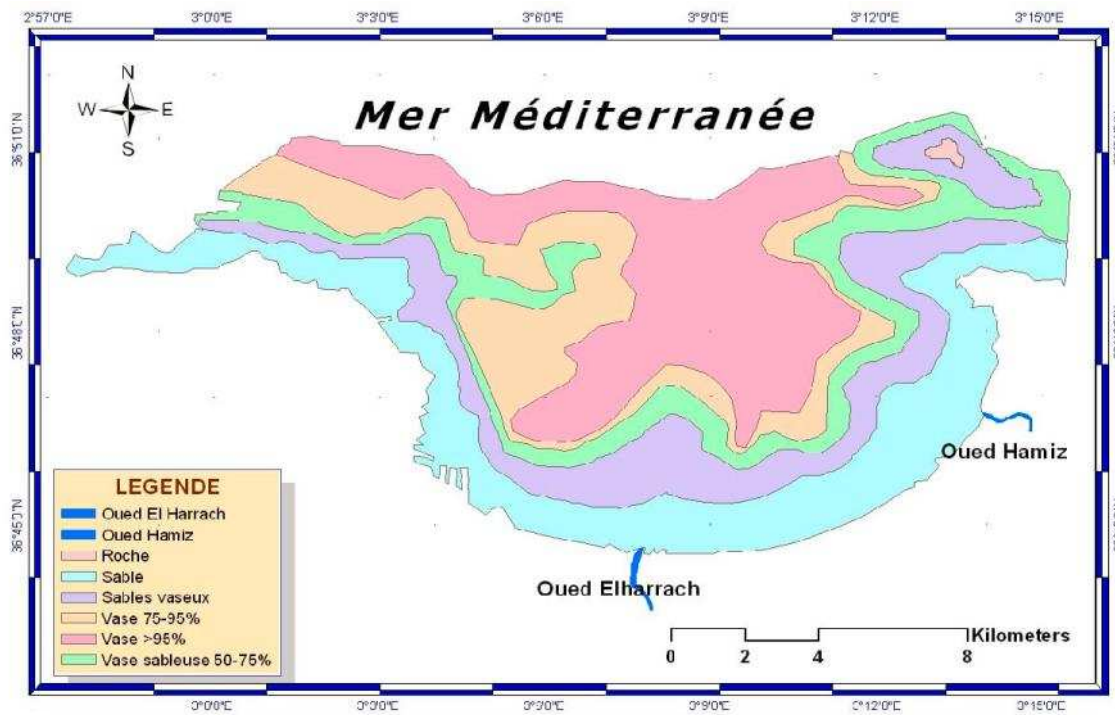


Figure (I.3) : Nature du fond de la baie d'Alger (Maouche, 1987)

I.A.5 Hydrodynamisme :

1- La Houle

Etant le facteur le plus important dans la dynamique sédimentaire des petits fonds, sa direction de propagation est liée à celle du vent et à la profondeur tant que la profondeur est plus grande que la longueur d'onde de la houle. Ainsi la houle de la baie d'Alger suit le régime des vents, qui est un régime saisonnier comme pour le reste de la marge algérienne (Leclaire, 1972).

En hiver, les houles sont de direction Ouest-Nord-Ouest (300°) et en été, elles sont de direction Nord-Nord-Est ($20^\circ - 40^\circ$) (Benzohra, 1993).

Au contact des irrégularités du fond, les houles donnent lieu à des rouleaux qui provoquent la mise en suspension des particules ce favorise leur déplacement. Le sens et l'intensité de ce courant sont fonction de l'amplitude, de l'incidence de la houle par rapport à la côte, de la topographie de la plage sous-marine et de la granulométrie des sédiments (Millot, 1989).

Dans le cas général des houles de petites et moyennes amplitudes, les courants ne sont notables que dans les zones de déferlement et n'affectent donc que le triage des sables et des

graviers de la frange littorale (fond à -10 m). Ils assurent le transport latéral par dérive littorale et la dispersion. Par contre les houles de fortes amplitudes pourraient agir jusqu'à des fonds de -40 m à -60 m (Houma-Bachari, 2009).

2- Les courants :

La vitesse du courant général des eaux atlantiques de Gibraltar vers l'Est reste généralement dans un ordre de grandeur de 0,5 à 1 m/s au large des côtes algériennes. Ce courant général crée dans la plupart des baies un contre-courant littoral vers l'Ouest (Benzohra, 1993)

Dans la baie d'Alger, on note l'existence de deux types de courants (Fig I.4) :

- **Le courant de retour** qui correspond à une zone de flot de retour à partir du courant existant au lieu de déferlement de la houle. Ces courants possèdent une vitesse qui dépend de l'énergie de la houle et de la pente de la plage. Ces courants sont responsables de la dispersion d'une partie des sédiments côtiers vers le large (Fig I.4)
- **Les courants de dérive littorale**, lorsque la houle arrive à la côte avec une incidence oblique celle-ci donne naissance à un courant de dérive littorale. La vitesse de ce courant est maximale pour un angle d'incidence de 45 % à 50%. La dérive littorale prend naissance au niveau de la zone de déferlement où l'énergie est maximale (Millot,1989)

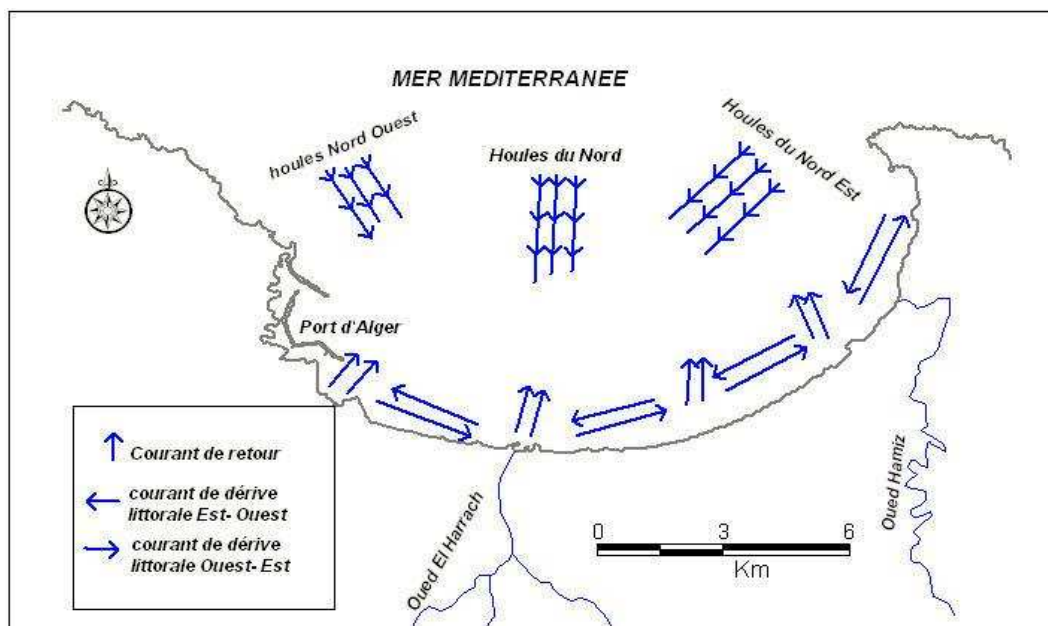


Figure (I.4) : Bilan des courants dans la baie d'Alger(LEM, 1998).

I.B La Baie d'El Djamila :

I.B.1 Situation géographique :

La baie d'El Djamila se situe à une trentaine de kilomètre à l'Ouest d'Alger, elle représente le quart oriental de la baie de Bou Ismail, c'est une baie relativement fermée, limitée à l'Ouest par la presqu'Ile de Sidi Fredj et à l'Est par Ras Acrata (FigI.5)

Son rivage est orienté sud-ouest – nord Est et ses coordonnées géographiques sont :

- $2^{\circ} 50'54.744''$ Est et $36^{\circ}45'43.092''$; port de Sidi Fredj
- $2^{\circ} 53'42.792''$ Est et $36^{\circ} 48'5,796''$; Ras Acrata

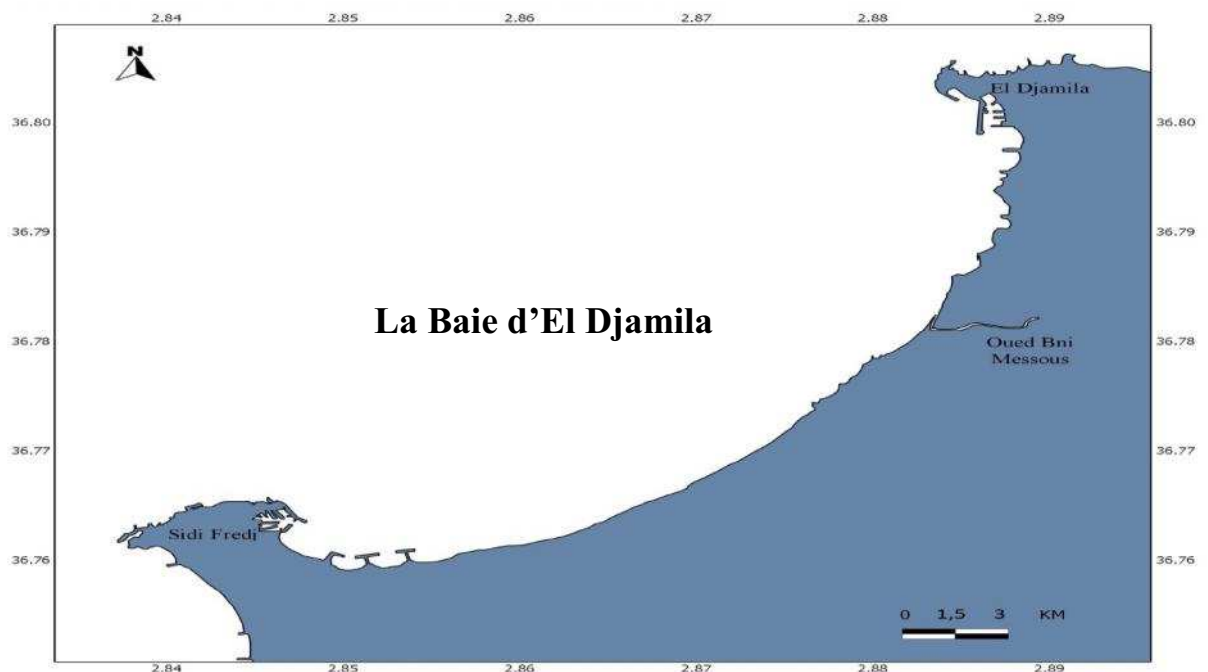


Figure (I.5) : situation géographique de la baie d'El Djamila

I.B.2 Réseau hydrographique :

- **L'oued Béni Messous :**

L'Oued Béni Messous situé à 15 Km à l'Est d'Alger entre El Djamila et Club des pins, alimente la baie d'El Djamila, il prend source dans le grand Chéraga.

Il traverse les communes de Chéraga au Nord, Bouzeréah au niveau d'une agglomération appelée « la tribu » au Nord Est, Dely Ibrahim à l'Est et Ain Bénian à l'Ouest et débouche

au niveau d'une plage appelée « les dunes » à environ 2Km à l'Ouest du port d'El Djamila sur une distance de 11,5 Km, il regroupe l'Oued Defla et l'Oued Bainem

Son bassin versant est réduit, il est souvent sec, sauf lors des fortes pluies ou il peut raviner une quantité non considérable de sédiment.

I.B.3 Aspect morphologique de la baie d'El Djamila :

D'après la carte géomorphologique élaborée par Aymé 1960, le littoral compris entre Sidi Fredj et Ras Acrata se caractérise par une importante accumulation sableuse (FigI.6)

La côte Ouest de la baie (entre l'embouchure de l'Oued BéniMessous et la point de Sidi Fredj) est bordée par un cordon dunaire de sable éolien limité par des plages plus ou moins grandes (Staouali et Clud des Pins)

Le seul Oued se déversant dans la baie est situé à environ cinq kilomètre à l'Est de sidi Fredj, c'est l'Oued de BéniMessous, à l'Est de cette embouchure le littoral est taillé en falaises, par endroit, qui dominent la mer.

2-1 topographies littorales :

La baie d'El Djamila a des plages dont la lithologie est variée , il s'agit d'une zone suffisamment ouverte qui reçoit fréquemment les importantes houles Nord-Ouest induisant l'amaigrissement de certaines parties de ces plages , pour parer à ce phénomène d'érosion , de nombreux ouvrages de défense transversaux (épis) ont été mis en place dans un but de freiner le transit littoral et d'engraisser la bande côtière .

- **Le phénomène d'amaigrissement :** les plages les plus exposées à l'action hydrodynamique de la houle sont les plages de sahel et club des pins vue qu'elle recevait de fortes houles Nord-Ouest en hiver.
- **Le phénomène d'engraisement :** les sables transportés par la dérive littoral Nord entraînée vers le sud-ouest forment une zone d'accumulation à l'ombre de la jetée sud du port de Sidi Fredj qui est relativement protégé des houles ouest pendant la saison hivernale.

a- Les dunes littorales :

Sont des accumulations de sable d'origine marine, les dunes littorales de la baie d'El Djamila constituent le prolongement oriental d'un cordon dunaire prenant naissance à l'embouchure de l'Oued Mazafran et se continue jusqu'à l'Est de l'Oued Béni Messous, le cordon attient les plages de Staouali et club des pins, ces dunes ont une extension et une morphologie très variable d'une part en fonction de la direction des vents dominants.

En effet, il existe deux bandes littorales parallèles à la côte, l'une est la zone des dunes mobiles, la deuxième se situe vers l'intérieure des terres, caractérisée par une couverture végétale dense ; c'est la zone des dunes fixées.

b- Les plages :

A la suite du cordon dunaire et à l'Est de la jetée sud du port de Sidi Fredj, s'étale une zone de plages sableuses de granulométrie variables, parallèles à la côte qui rétrécit vers le Sud Est et l'Est.

Le développement des dunes littorales est attient en arrière des plages de Staouali et Club des pins.

Une importante déstabilisation dans les phénomènes d'apport et des dépôts à vue le jour dans la Baie de Bou Ismail, due à des carrières d'exploitation de ces sables dunaires entre l'Oued de Mazafran et Ras Acrata.

c- Les platiers rocheux (Beach rock) :

Affleurent au niveau de l'estran et se poursuivent sous l'eau jusqu'à des profondeurs de 4 à 5m sur la plage de Moretti et Club des Pins.

Actuellement certains affleurements sont recouverts par l'ensablement de la zone adjacente à la jetée sud du port.

• La morphologie sous-marine :

La carte bathymétrique, établie à partir des relevés bathymétriques, montre une topographie sous-marine à pente douce, il n'existe pas de perturbations morphologiques rocheuses du fond dans cette zone .

La baie d'El Djamila constitue une plage sableuse, suite à la dérive littorale et aux transferts côtiers de sédiment, le régime de sédimentation est uniforme et instable dans l'espace et dans le temps, suite aux transferts littoraux du sédiment.

Les isobathes entre 7 et 12 m de profondeur sont régulières et parallèles la côte, aux profondeurs 15 à 19m et 18 à 22 m, situées dans la partie Est du site d'Etude, la monotonie est rompue par la présence de deux fosses.

Entre 14 et 15m de profondeur, les isobathes présentent des perturbations soulignées par des petits hauts fonds, reflétant l'existence des dunes hydraulique, c'est le résultat de déferlement de la houle.

Le rocher abritant le port de sidi Fredj est soudé à l'arrière-pays par un large tombolo, de 1Km de longueur et de 500m de largeur, dont l'axe est orienté vers le Nord-Ouest.

I.B.4 Répartition sédimentaire :

Suite au déferlement à la côte, la mobilisation des sédiments devient de plus en plus importante que ce soit par charriage ou par remise en suspension des matériaux par contre dans des zones les plus profondes, le faible hydrodynamisme va former des milieux homogènes dont la granulométrie est plus fine.

La carte sédimentaire montre les différents types granulométriques des sédiments (Fig.I.6)

- **Sables fins infralittoraux :** forment une bande tout au long de la frange côtière sans jamais dépasser 30m de profondeur ;
- **Sables envasés :** occupent les fonds entre 25 et 50m ;
- **Sables vaso-sableux :** inexistant dans le secteur Est de la baie ;
- **Vases :** sont quasiment absentes dans la baie d'el Djamila, elles apparaissent au large de la presque Ile de Sidi Fredj et forment une bande qui s'étale progressivement entre Zeralda et Bousmail ;
- **Sables grossiers et graviers fins :** sont localisés essentiellement en face de Ras Acrata par 25m de profondeur ;
- **Sables graveleux :** localisés au large de Ras Acrata sur un fond de 40m à 90m ainsi qu'au niveau de l'embouchure Oued Beni Messous et s'étend vers l'Ouest de Bou-Ismaïl.

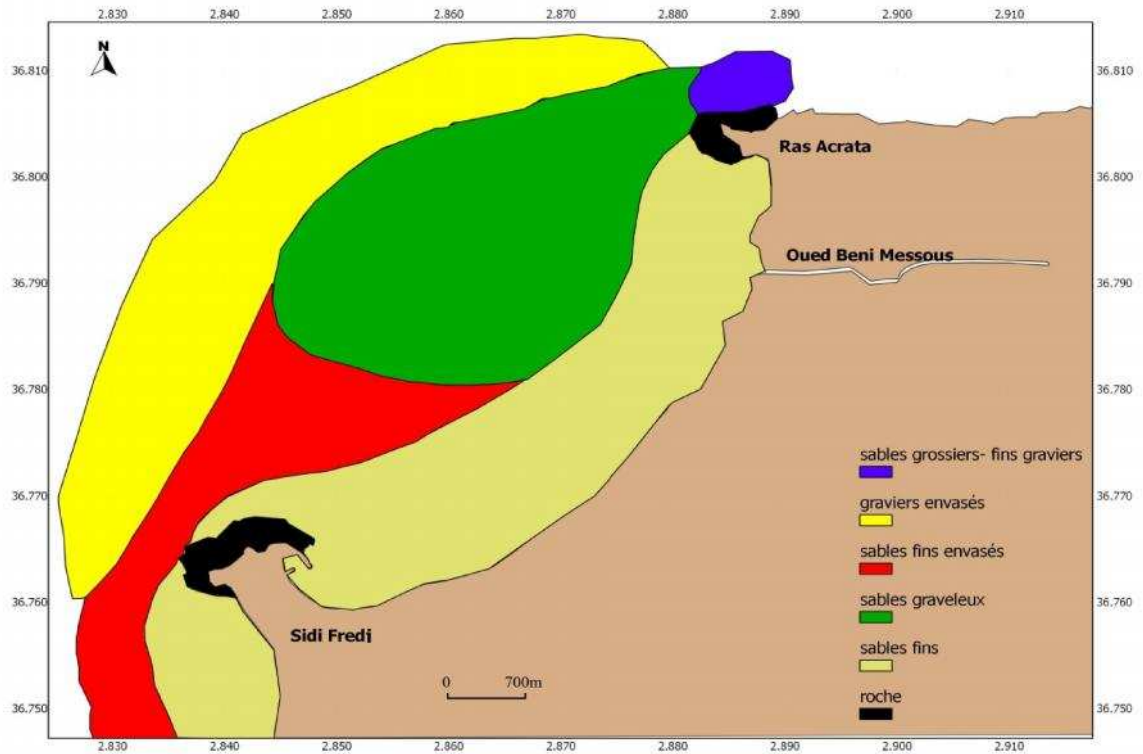


Figure (I.6) : carte sédimentologique de la baie d'El Djamila (Allag et Ressad,2006).

I.B.5Géologie :

Tout le long de la côte, on observe des marnes bleues d'Age pliocène et quaternaire ; faisant partie du massif de Bouzareah ; sous la plage, affleurant très souvent dans les entrailles fluviales.

Les terrains primaires dominent le massif de Bouzaréah et la presqu'Ile de Sidi Fredj.

Par contre le domaine terrestre de notre zone d'étude est formé de terrains récents du quaternaire et du néogène qui constituent le sahel d'Alger.

Le substratum métamorphique de la presqu'île de sidi Fredj est constitué de granite et gneiss largement fissurés et diaclases.

I.B.6hydrodynamique :

a- Les courants marins :

Puisque la côte algérienne est caractérisée par de faibles profondeurs, les courants marins sont relativement faibles (Fig I.7).

Les données recueillies à partir d'observations enregistrées au large des côtes algériennes par le **KMNI** (institut météorologique Royal Néelandsais) montrant que :

- Plus de 73% du temps, les courants ont une vitesse inférieure à 0,5 nœud (0,25 m/s)
- Plus de 90% du temps, ces courants ont une vitesse inférieure à 1 nœud (0,5 m/s)
- Dans seulement 1% du temps, des courants d'une vitesse plus grande que 2 nœuds (1m/s).

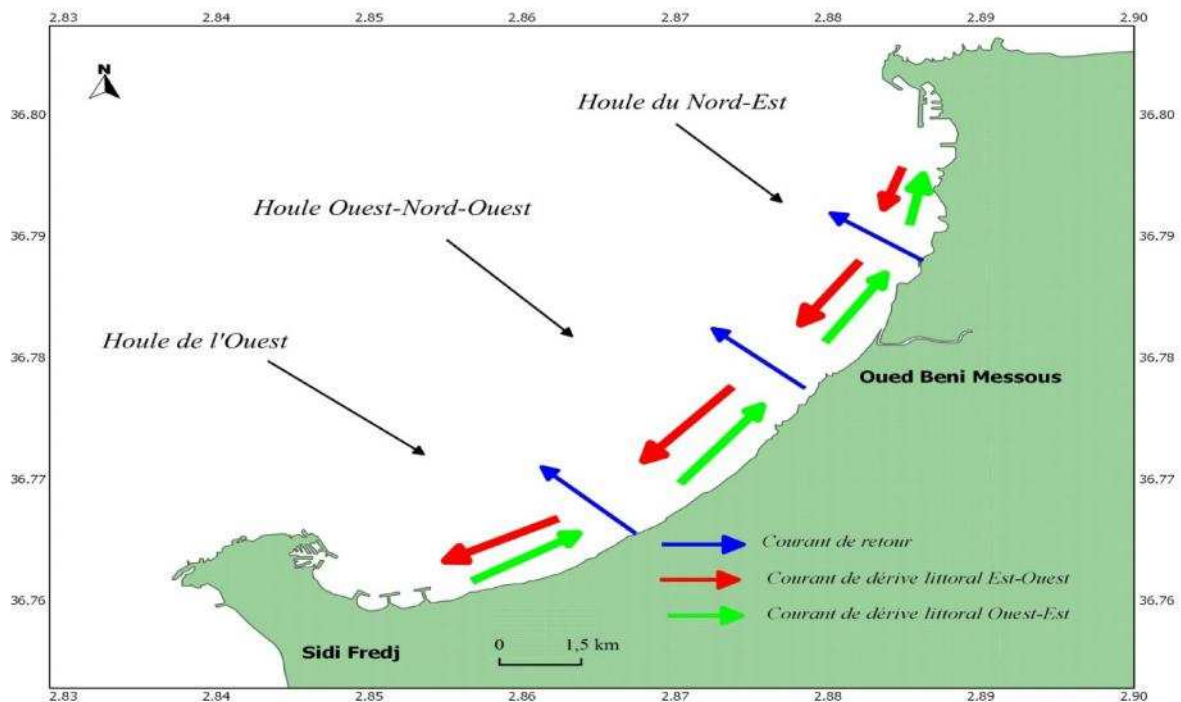


Figure (I.7) : transit sédimentaire dans la région d'El Djamila (Rabhi et Rahal 2011)

b- Les Houles :

Grâce à l'analyse statistique des données de houle au large, on peut déterminer les secteurs des houles prédominants et leurs amplitudes respectives dans le large d'Alger.

Ces données couvrent une zone au large des côtes algériennes situées par longitude Est entre 2° et 5° par latitude Nord entre 36,5° et 38°, elles sont d'un document de US naval weather service command intitulé summary of synoptic météorological observation (**SSMO**)

- **En hiver** : les houles les plus importantes et les fréquentes sont observées dans le secteur Ouest avec les plus grandes amplitudes entre 2 et 2,5m. Les houles maximales peuvent atteindre les 4 à 6 mètres.

- **En été** : les directions les plus observées sont d'origine d'Est, ainsi que les houles Nord Est avec une fréquence moins importante et des amplitudes généralement plus faibles, de 0,5 à 1m .le secteur Nord à une répartition assez régulières durant l'année.

Depuis une dizaine d'années, les océanographes s'intéressent de près aux Systèmes d'Information Géographique (SIG). Il a été mis en évidence que la réalisation d'un SIG marin nécessite une réflexion sur la nature de l'environnement observé et la prise en compte des outils d'acquisitions. (Chevriaux et al, 2004).

II.1. Définition d'un système d'information géographique (SIG):

La définition américaine émanant du comité fédéral de coordination inter-agences pour la cartographie numérique (FICCDC, 1988) est la suivante : un système d'information géographique est :

« un système informatique de matériels, de logiciels, et de processus conçus pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à références spatiale afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion »

Didier, (1990) : le définit comme un ensemble de données repérées dans l'espace, structurés d'une façon qui permet d'extraire commodément des synthèses utiles à la décision.

En somme **Gilliot, (2000)**, un SIG est (fig II.1):

« Un système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler, d'organiser, de gérer, d'analyser, de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement ».



Figure (II.1) : résumé d'un SIG selon Gilliot(2000).

II.2. Classification des SIG :

En général, les objectifs associés à l'utilisation du SIG peuvent être visés aux catégories suivantes selon (CNIG, 2000):

- **Le SIG descriptif ou d'observation:** a pour but de fournir une image synthétique du territoire. Ou il sert de maintenir à jour l'information sur un site donné. Cette description est souvent réalisée en suivant une thématique particulière, telle que : géographique, tourisme et récréations de gestion des eaux. Le SIG descriptif peut aussi dresser un état des lieux qui peut être le résultat d'une analyse de type spatiale, la représentation est généralement sous forme cartographique.
- **Le SIG de gestion :** facilite la gestion de l'information et de la base de données. Il permet la réunion, l'analyse et la cartographie d'éléments afin de faciliter la gestion et l'exploitation dans le cadre de procédures pré-établies (requêtes simples et habituelles). Il est utilisé pour répondre à une question précise (planification, réalisation et entretien ; les finalités de ce SIG sont étroitement liées au système de gestion de base de données « SGBD » (conception, organisation, supervision et utilisation de la base de données) afin de rendre une information claire sous forme de carte, de tableau, de graphique ou simplement à l'écran. Citons par exemple : un *SIG pour la planification des répartitions du réseau routier*.
- **Le SIG de recherche ou d'étude:** ce type de SIG répond à une étude particulière. Il prend ici la forme d'un outil d'aide à la compréhension du fonctionnement des phénomènes étudiés, il intervient des requêtes complexes sur des informations de nature diverses sur une zone d'étude afin de réaliser des analyses, de mettre en évidence des phénomènes ou comparer des solutions (le cas pour notre travail).

II.3 Composants d'un SIG :

Un système d'information géographique est constitué des composants suivants :

A- Matériels: le SIG est constitué du matériel informatique sur lequel opère le SIG, Le matériel pourrait être ainsi décrit :

- **Le matériel d'entrée de données :** Ce matériel permet à l'utilisateur de saisir, de collecter, et de transformer des données spatiales et thématiques, en format numérique.

- **Le matériel de stockage et de récupération des données :** Ce matériel organise les données spatiales et d'attributs, dans une forme qui permet à l'utilisateur de les retrouver rapidement pour les analyses, et permet une mise à jour rapide et exacte des bases de données.
- **Matériel de manipulation et de récupération des données :** permet à l'utilisateur de définir et d'exécuter des procédures spatiales et d'attributs pour générer l'information.
- **Le matériel de sortie des données :** permet de générer l'affichage des graphiques, des cartes, et des tableaux représentant le produit (information) obtenu.

B- Logiciels : Les logiciels SIG fournissent les fonctions et les outils nécessaires au stockage et l'analyse et à l'affichage de l'information, ils permettent de :

- Saisir et manipuler les informations géographiques (Excel...);
- Systèmes de gestion de base de données (Microsoft office, Oracl.);
- Outils de requête, analyse et visualisation (QGIS, MapInfo, Arc Gis desktop...);
- Interface graphique utilisateur.

C- Données et base de données : Il est important de préciser, la distinction entre « donnée » et « information », cette distinction est essentielle car elle explique les raisons pour lesquelles, en dépit toujours croissante des données concernant l'environnement côtier, il n'existe en pratique que très peu d'information réellement utilisables à des fins de gestion (**Borda, 2003**).

- **données descriptifs :** En Géomatique, les données descriptives sont également utilisées pour définir l'évolution spatio-temporelle, c'est-à-dire l'évolution géométrique ou descriptive d'un phénomène (**Bédard, 2001**).

La donnée alphanumérique ou attributaire ou sémantique est une information textuelle, qualitative ou quantitative. Elle décrit l'objet géométrique. Elle permet l'analyse spatiale (Comment ? Quelles relations existent ou non entre les objets et les phénomènes ?) Et l'analyse temporelle (Quand ? A quel moment des changements sont intervenus? Quels sont l'âge et l'évolution de tel objet ou phénomène ? (**Thériault, 1996**).

- **Données géographiques :** Les données géographiques sont des données localisées à la surface terrestre, elles renseignent sur la position ou la forme d'une entité géométrique selon une référence spatiale, c'est-à-dire une référence fixée dans l'espace par rapport à un système de coordonnées (**Bordins, 2002**).

Les données constituent la base indispensable et le cœur même du SIG. Ainsi, le composant fondamental du SIG correspond à sa base de données (BD) ;

Au sein d'un SIG, on distingue deux structures élémentaires des données géoréférencées : le mode Vectoriel et le mode Raster (matriciel) :

- **Le mode vectoriel:** permet la représentation des objets à la surface du globe. Les SIG utilisent trois objets géométriques qui sont le point, la ligne et la surface ; chaque ligne étant définie par une succession de points appelés vecteurs et chaque surface étant définis par les arcs qui tracent ses limites. Le mode vectoriel effectue une description numérique et géométrique des phénomènes ou des entités. Le mode vectoriel décrit les limites du territoire que le territoire lui-même.
- **Le mode raster:** l'espace est divisé de manière régulière en ligne et en colonne; à chaque valeur ligne / colonne (pixel) sont associées une ou plusieurs valeurs décrivant les caractéristiques de l'espace. La donnée raster ou maillée donne une information en chaque point du territoire, on peut citer parmi les données raster, les images satellitaires, photo aérienne, plan ou carte scanné (numérisés).

D- Méthodes et processus: La mise en œuvre et l'exploitation d'un SIG ne peut s'envisager sans respecter certaines règles et procédures propres à chaque organisation.

II.4.Fonctionnalités d'un SIG : Les fonctionnalités d'un SIG se résument dans ce qui suit (règles des 5A) :

- **L'abstraction :** qui consiste à proposer un modèle du monde réel afin de pouvoir l'étudier;
- **L'acquisition :** qui concerne l'intégration de données géographiques multi-sources et multiformes ;
- **L'archivage :** qui consiste à stocker ou à diffuser les données, les vendre ou les partager, et les intégrer dans un grand nombre de logiciels différents ;
- **L'affichage :** qui concerne la représentation des données géographiques sur un écran en 2D ou en 3D ;
- **L'Analyse :** les SIG permettent de croiser des informations d'origines différentes pour produire de nouveaux savoirs.

Toutefois, la mise en œuvre d'un SIG paraît comme une tâche difficile vue le nombre de disciplines auquel elle fait appel (Fig. II.2).

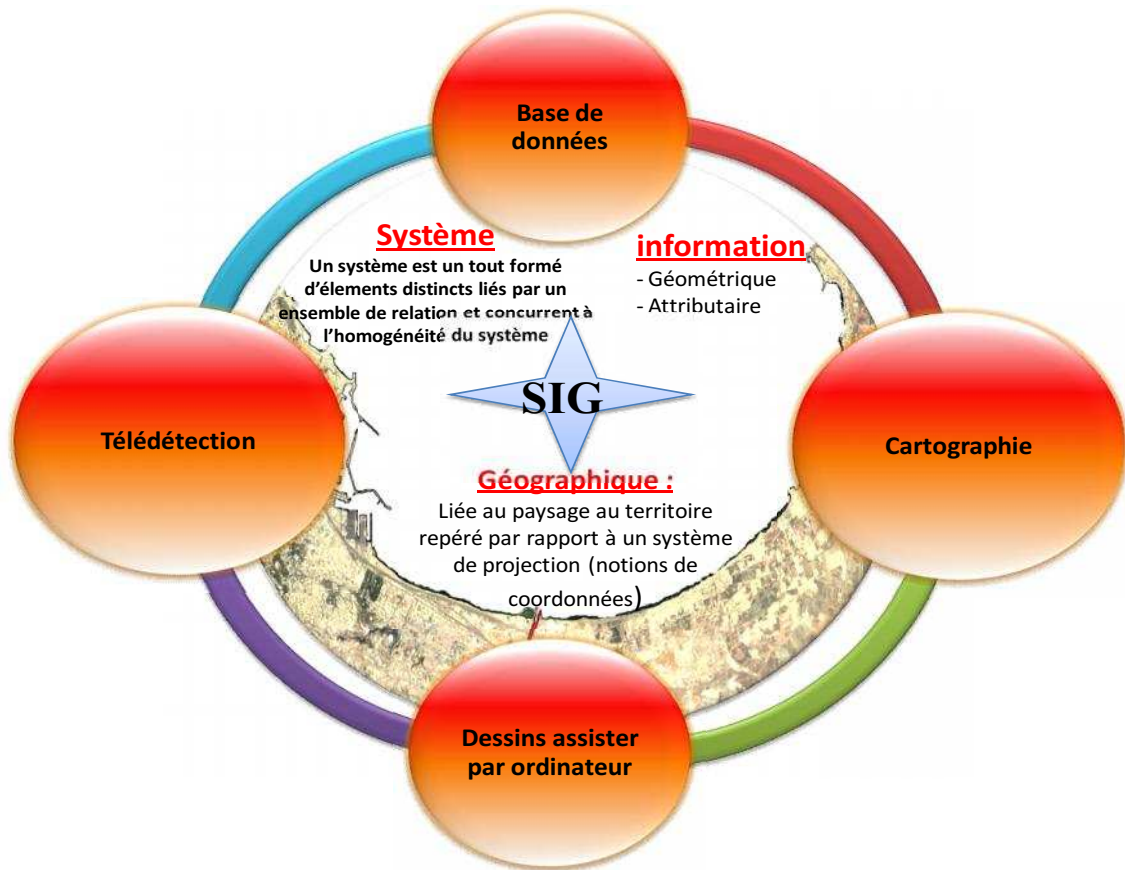


Figure (II.2) :Disciplines ayant contribué à l'apparition des SIG

II.5.Matériels utilisés dans le travail:

Le matériel utilisé dans cette étude comprend :

- Les logiciels : Qantum GIS, Excel et Surfer 11;
- Un micro-ordinateur ;
- Un scanner pour numériser les documents analogiques ;
- Des supports de stockage.

II.6.Présentation et choix des logiciels :

II.6.1 Quantum GIS :

Quantum GIS version 1.8 est un logiciel open source (GPL), choisi pour sa gratuité, sa disponibilité, sa portabilité et la richesse de ses outils de géotraitement.

Quantum GIS est un SIG libre au téléchargement, multiplateforme, il gère les formes raster et vecteur, ainsi que les bases de données. Il permet d'effectuer des activités diverses, notamment le géoréférencement, la digitalisation, l'analyse spatiale, l'analyse thématiques...etc. Aussi, il permet à l'utilisateur d'ouvrir des fichiers EXCEL, ACCESS et

travailler sur des données ORACLE, d'une manière transparente. (**Manuel d'utilisation QGIS 1.8, 2012**)

QGIS est caractérisé par :

- Sa gratuité, permet de l'utiliser en toute liberté
- sa communauté internationale d'utilisateurs et de développeurs qui ne cesse d'élargir l'éventail de ses fonctionnalités et d'allonger la liste des dépôts (extensions) ;
- son interopérabilité (accepte plusieurs formats d'échange Arcinfo, Mapinfo, GRASS GIS, GEOTIFF, TIFF, JPG, etc.) ;
- son module post GIS permettant le stockage des données géographiques dans un serveur spatial distant.

Toutefois, l'un des avantages majeurs est la possibilité d'utiliser Quantum GIS comme interface graphique du SIG GRASS, utilisant toute la puissance d'analyse de ce logiciel en un environnement de travail plus convivial. Les fonctionnalités GRASS sont optionnelles, et passent par un module d'extension (*plugin*). Par ailleurs, Quantum GIS dispose - par défaut - d'une grosse dizaine de ces modules. (**Manuel d'utilisation QGIS 1.8, 2012**)

II.6.2. Microsoft Excel :

L'utilisation de logiciel Excel est nécessaire afin d'exporter et éditer les stations de mesure de profondeur dont le format texte d'Excel (CSV), nécessaire à leur intégration dans QGIS.

Excel offre aussi les possibilités de réaliser des opérations de sélection, de filtrage, de tri par ordre croissant ou décroissant, et la présentation graphique des données (Courbes, Histogrammes, Nuages de points, ...etc.).

II.6.3. Surfer 11:

Est un logiciel de tracés de contours et de surface en 2D et 3D. De statistique, géostatistique et d'interpolation spatiale, il permet de convertir rapidement les données en carte et surface, contrôler toutes les options graphiques et obtenir le résultat voulu, la marque surfer 11 déposée de Golden Software (www.goldensoftware.com).

II.7.Objectif et démarche suivie :

L'objectif de notre recherche est de concevoir un système d'information permettant d'intégrer des données spatio-temporelles issues de: l'observation du milieu marin, les traitements développés au laboratoire et les outils d'analyse géographique.

Ceci devra assister l'utilisateur depuis l'acquisition des données jusqu'à la prise de décision; ainsi une telle étude favorise la diffusion et la valorisation des travaux de recherche du laboratoire.

Cette étude va contribuer à connaître la répartition géomorphologique et sédimentaire, a des stations estimés (non échantillonnées) comme un élément de base pour le diagnostic et l'évaluation spatiale géométriques de la bathymétrie et la nature de sédiment dans la baie d'Alger et la baie d'El Djamila et la comparaison entre eux

En somme, les apports de ce SIG rassemblent les étapes suivant:

- rassembler des données ;
- assurer la pérennité, l'intégrité et la cohérence des données ;
- pouvoir visualiser l'information relative aux résultats issus notamment: des campagnes d'évaluation; des zones d'études ;
- fournir un accès aisé aux données ;
- la gestion des données relative à labathymétrie et sédimentologie des zones d'étude ;
- simplifier au maximum l'exportation des données vers le logiciel d'analyse statistique ;
- élaboration des cartes thématiques et de synthèse ;
- création des nouvelles informations ;

II.8.Méthodologie :

Pour concevoir un SIG, une méthodologie a été adapter basée sur les étapes classiques de mise en œuvre d'un SIG, l'état des lieux et l'analyse de l'existant, l'acquisition des données, le traitement, la réalisation des produits à valeur ajoutée, en l'occurrence les cartes d'estimation de profondeur et nature de sédiment selon l'organigramme suivant : (Fig. II.2).

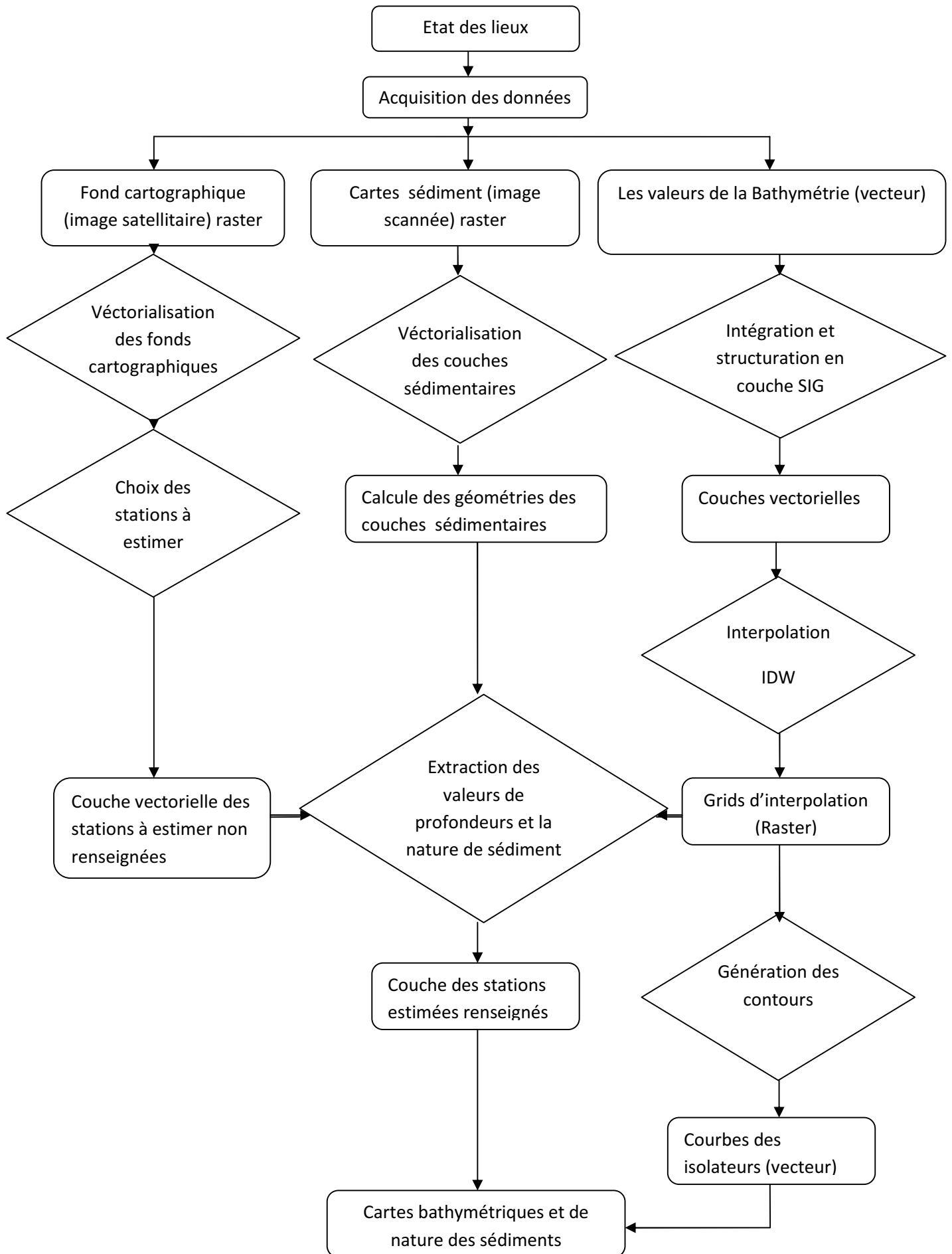


Figure (II.3) : Structure et méthodologie du travail

II.8.1. Etat des lieux :

Consiste à rassembler toute la documentation (mémoires de PFE et de magistère) disponible à l'ENSSMAL et USTHB et relative à la mesure de la bathymétrie et la nature de sédiment dans la baie d'Alger et la baie d'El Djamila.

Suite à la lecture et le tri de ses documents, les données des campagnes en mer effectuées ont été retenues en raison de leur disponibilité (Tab II.1).

Tableau (II.1): caractéristiques de données collectées

Zone	Carte sédimentologique	Stations bathymétriques	Nombre de stations bathymétriques
La Baie D'El Djamila	Allag et Ressad, 2006	«Bellahsen Y et Messaoudi .S » mémoire d'ingénieur ENSSMAL (2004-2005)	79
La Baie D'Alger	Maouche 1987	« MENNAD.M » mémoire de magistère 2008 USTHB »	134

II.8 .2.Acquisition des données :

Basée sur la définition de (l'OQLF, 2004), l'acquisition de données spatiales peut être définie comme suit : «mesurer des données spatiales, représentant des phénomènes à étudier et destinés à être traités par ordinateur ».

- **Acquisition des données sur la profondeur :** basée principalement sur des données de GPS et du sondeur et qui permet d'avoir le positionnement et les profondeurs dans divers sites d'échantillonnage.
- **Acquisition des données sur la nature des sédiments :** il s'agit de données des mesures des campagnes précédentes sur les sédiments de surface dans la baie d'Alger et la baie d'el Djamila prélevés dans des endroits différents, qui correspondent à des échantillons des carottes et parfois des données acoustiques (sondeur) pour notre cas on a utilisé les travaux de maouche 1987 et les travaux de Allag et Ressad, 2006.

Les données issues de ces campagnes sont caractérisées par des coordonnées géographiques et déterminées par positionnement GPS pour chaque point de mesure, Ceci, afin de constituer un tableau de mesures.

II.8.3. Présentation des données :

Les données de bathymétries sont représentées sous la forme de feuilles de calcul Microsoft Excel, les emplacements d'obtention des données (les coordonnées géographiques) et la profondeur de chaque point de prélèvements.

Les données de nature des sédiments sont représentées par cartes scannées (images raster) des travaux vus précédemment

II.8.4. structuration et Intégration des données :

A) Structuration :

Cette étape est primordiale pour l'établissement d'une base de données, elle fait référence à l'assemblage des données. L'objectif ici est de manipuler les données nécessaires.

C'est dans cette partie qu'on doit définir toutes les informations sur les secteurs étudiés, dont les caractères du milieu physique (sédimentologie, bathymétrie) et les données cartographiques. Toutes ces informations sont structurées et géoréférencées puis intégrées dans une base de données.

En somme, les bases de données vont être intégrées dans le SIG, elles correspondent aux données inclus les informations sur les limites des zones d'étude (les fonds cartographiques), la nature du fond et la bathymétrie.

B) Intégrations :

L'entrée des données est une étape primordiale:

L'entrée des données géographiques : concerne les documents qui contiennent les coordonnées géographiques des stations bathymétriques et les cartes des zones d'étude (images satellitaires) à travers des fichiers numériques raster, par la suite, on passe au géoréférencement et à la digitalisation du document numérisé pour l'obtention d'une couche vecteur.

L'entrée des données descriptives : elle peut se faire de deux manières : d'une manière interactive, c'est-à-dire on choisit une entité spatiale et on affecte directement des attribues descriptives; ou par l'intermédiaire des fichiers de données créés ailleurs (en Excel).

II.8.4.1 L'entrée des fonds cartographiques :

L'intégration des données nécessite un fond cartographique de bonne résolution afin de mieux situer les stations de prélèvement et les différents données des zones d'études, et nous

avons opté des images satellitaires de Google Earth 2013 dans la Baie d'Alger et la Baie D'El Djamila qui ont été géoréférencées et digitalisées par la suite (Fig II.4).

- Le géoréférencement des fonds cartographiques :

Le géoréférencement consiste à déclarer les couches cartographiques dans un système de référence ou système de projection. Un système de projection (représentation plane ou projection) est le procédé mathématique qui permet le passage de l'ellipsoïde à une représentation plane de la terre.

Les logiciels SIG modernes QGIS offre la possibilité de définir et de modifier le système de coordonnées de référence du document en édition (carte). Pour le terrain (travaux d'océanographie) on repère les positions par l'utilisation de GPS (Global Positioning System)

Pour notre cas les fonds cartographiques (les images satellitaires) ont été géoréférencées en coordonnées géographiques dans le système géodésique WGS84 par l'utilisation du module de géoréférencement de QGIS. Pour cela, nous avons choisi cinq points d'appui de façon à pouvoir les identifier sur une image satellitaire Google Earth 2013, puis nous avons relevé leurs coordonnées géographiques.

Le géoréférencement consiste par la suite à transformer l'image satellitaire dans un référentiel cartographique global permettant ainsi son intégration dans le SIG.

- La digitalisation :

C'est une méthode manuelle, elle s'effectuera à l'aide d'une souris en appuyant directement sur l'écran à travers l'utilisation des outils de dessin (symbole, ligne, polygone, .. etc.) pour la création des couches de format vecteur à partir du format raster, cela pour modéliser l'information dans des couches, dont le principe consiste à numériser le fichier par l'utilisation d'une table attributaire qui permet d'intégrer l'information relative et les coordonnées des points.

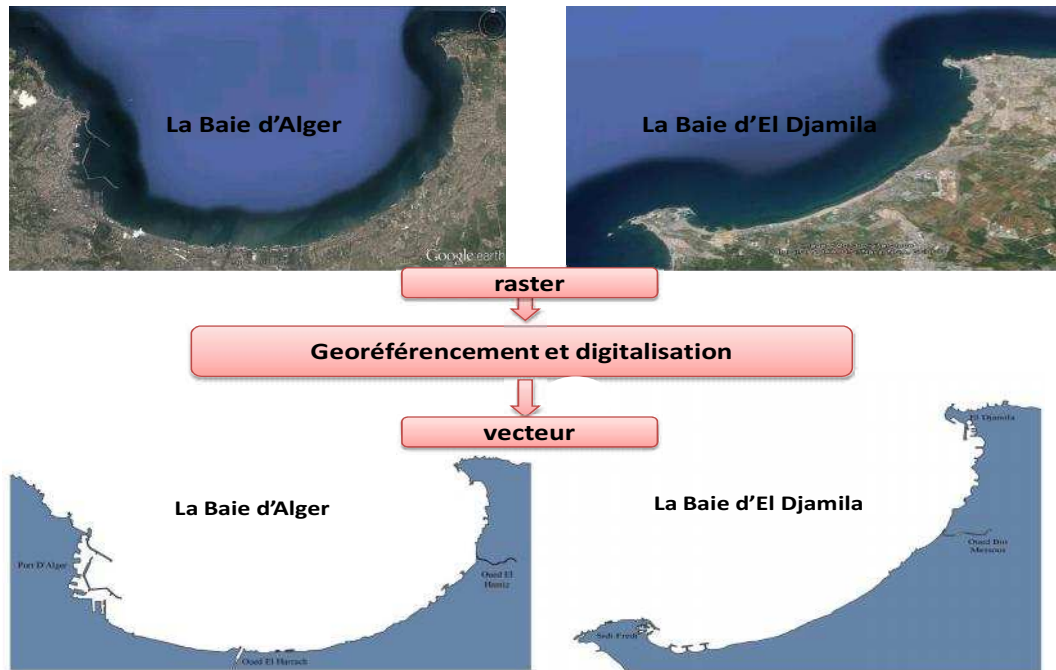


Figure (II.4) : fonds cartographiques après digitalisation et géoréférencement.

II.8.4.2 Entrée des données de bathymétrie:

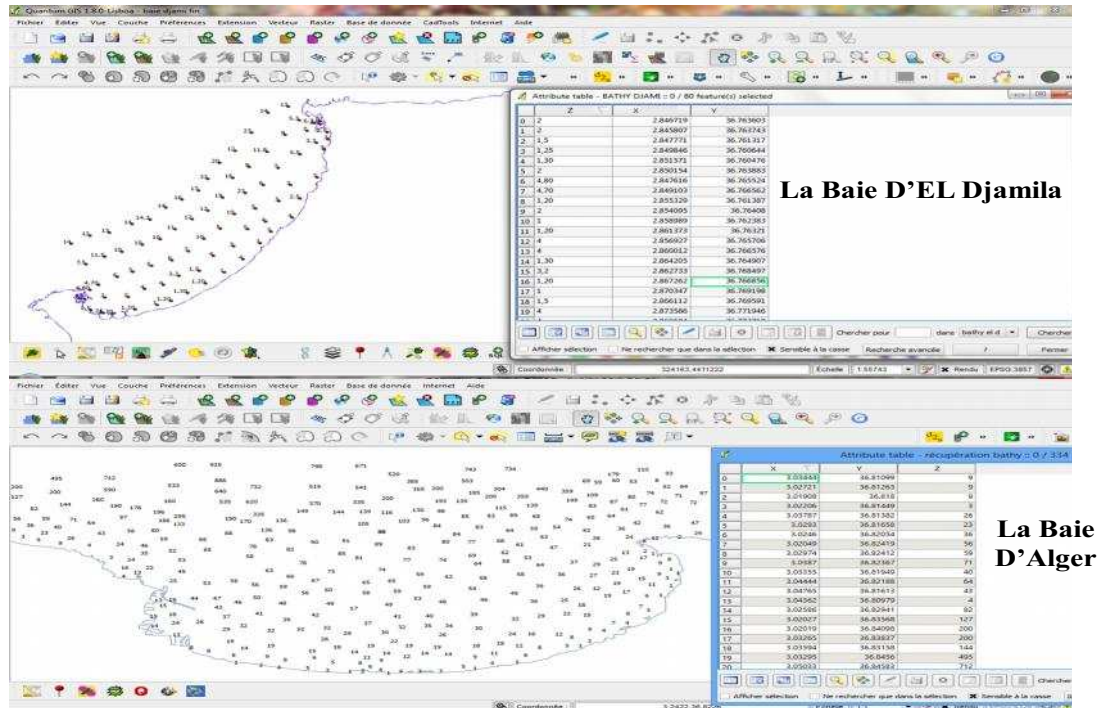
Dans notre projet, les principales données géospatiales sont les stations de mesures et les stations à estimer, par conséquent elles ont été représentées par des objets points.

L'acquisition des données issues des campagnes en mer s'est faite par la conversion des Fichiers Excel récupérés en couches géospatiales dans le système géodésique adéquat et ce, par l'utilisation de la fonction « Ajouter texte délimité » de QGIS. La couche géospatiale obtenue qui à deux composantes :

- Une composante graphique représentant la localisation géographique des stations de mesure obtenue à partir des coordonnées géographiques figurant dans le fichier Excel ;
- Une composante sémantique représentant les informations attributaires récupérées à partir du fichier Excel.

Cependant, ces couches géospatiales de la bathymétrie ont été structurées de la façon suivante (Fig II.5) :

- Num-station: identifiant ; numéro unique de la station de mesure;
- X: longitude en degré décimal de la station;
- Y : latitude en degré décimal de la station;
- Z : profondeur



Figure(II.5) : présentation de la couche bathymétrique dans Qgis.

II.8.4.3 Entrée des données sur la nature de sédiment :

Concernant l’entrée de la couche nature de sédiments nous avons opté à l’intégration des données des travaux vues précédemment (Allag et Ressad, 2006 pour la Baie d’El Djamila et Maouche 1987 pour la Baie d’Alger) selon une forme raster (fichiers scannés) qui ont été digitalisés (polygonisés) et chaque polygone contient l’information sur la nature de sédiment dans la tables des attribues (Fig II.6).

Les couches géospatiales de nature de sédiment ont été structurées de la façon suivante :

- Num-couche : identifiant ; numéro unique de la station de mesure;
- NS : nature de sédiment.

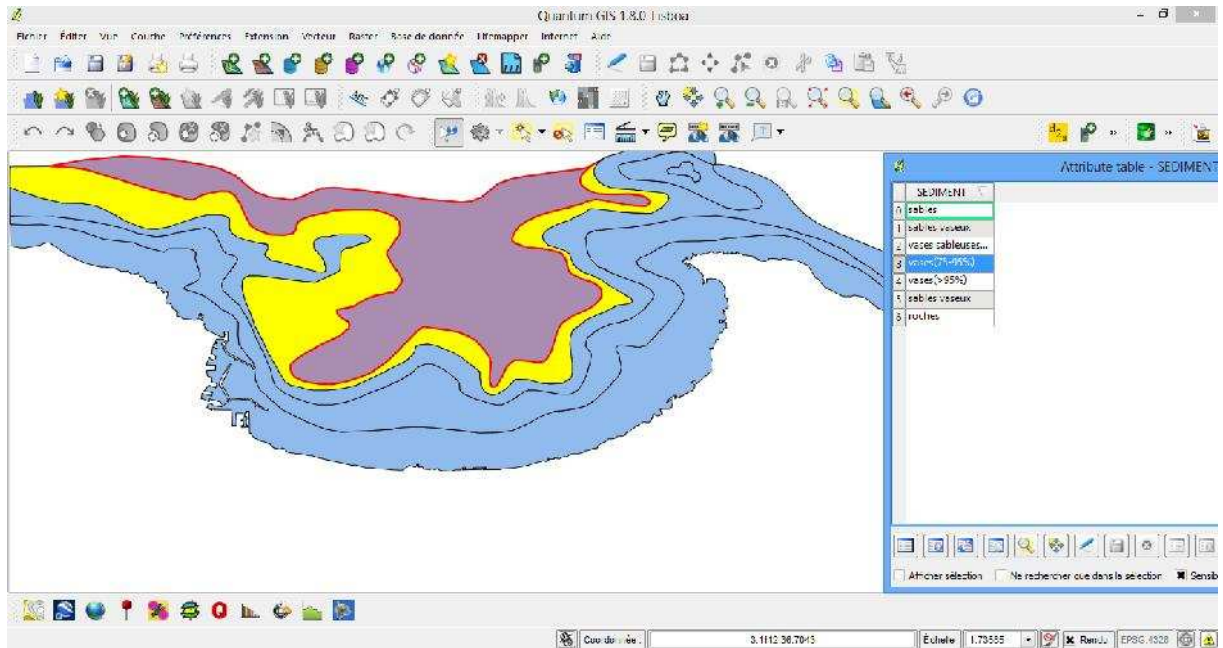


Figure (II.6) :présentation des couches sédimentaire.

- **Le trait de côte :**

L'entrée de la couche du trait de côte nécessite unedigitalisation le long de toute la cote présenté par une couche vecteur sous forme d'une ligne.

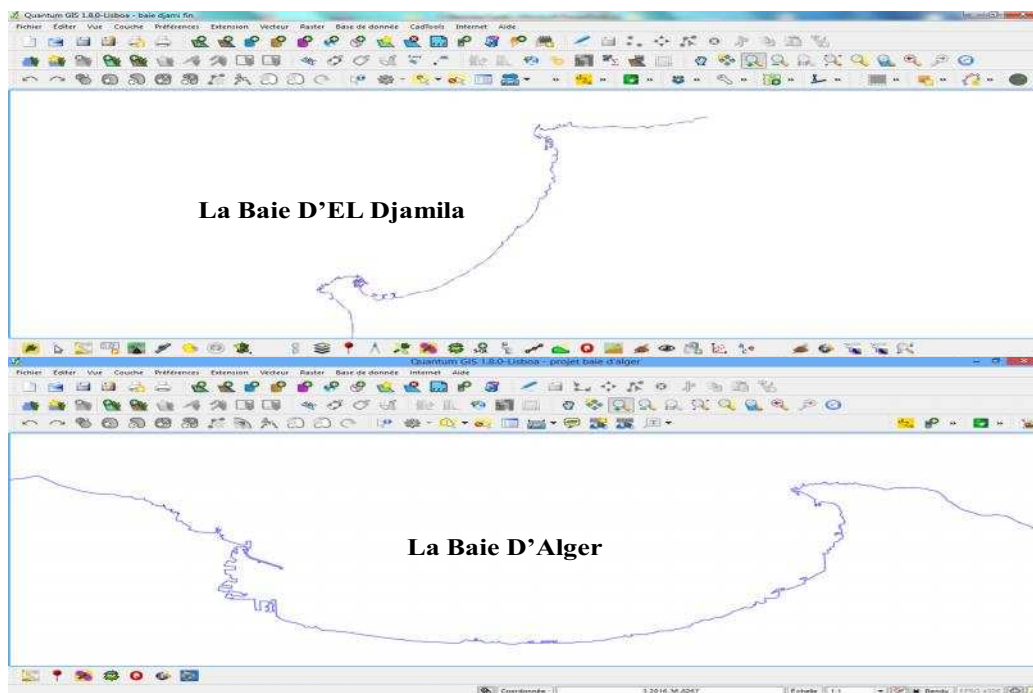


Figure (II.7) : présentation de trait de côte.

II.8.4.4 Intégration des stations à estimer :

Les stations proposées sont des stations virtuelles qui n'ont pas fait l'objet de mesure, Leur choix s'est fait de façon à couvrir toutes les zones d'études (baie d'Alger et baie d'El Djamila) (Fig. II.7).

Tableau (II.2) : nombres des stations a estimés pour la baie d'Alger et la baie d'El Djamila

zone	Stations à estimer
La baie d'Alger	20
La baie d'El Djamila	28

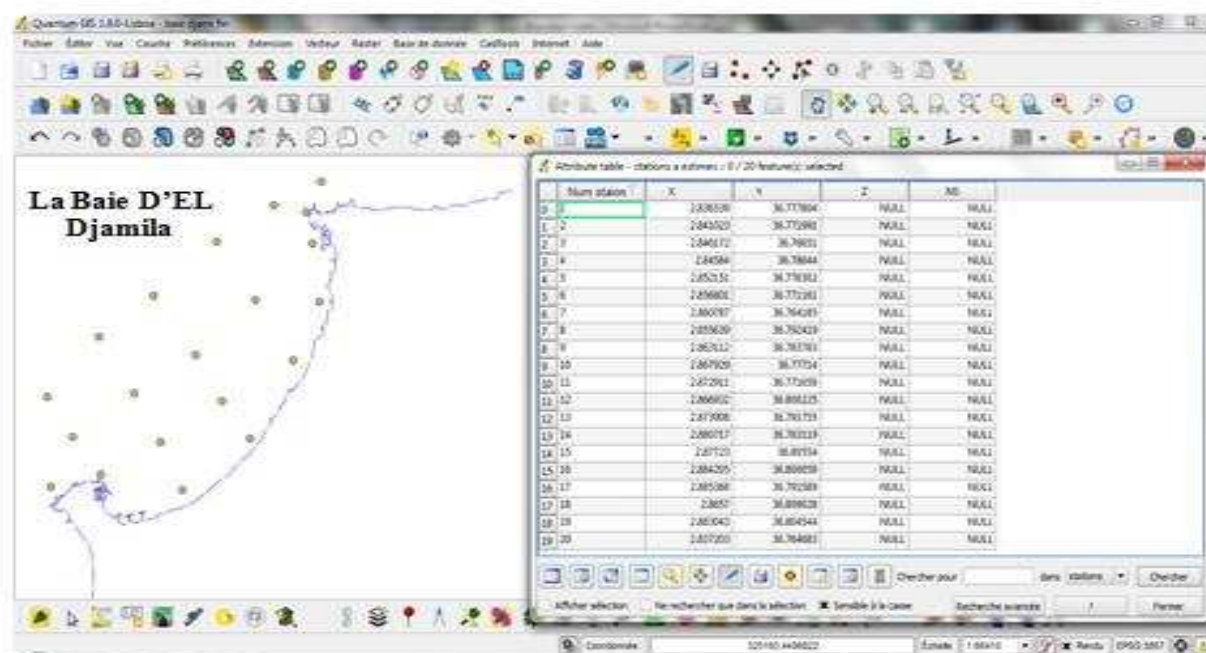


Figure (II.8): intégration des stations à estimer de la baie d'El Djamila.

Dans ce cas, nous avons intégré dans notre SIG des couches de stations à estimer, avec la même structure que les couches bathymétriques. Néanmoins, les cases relatives aux profondeurs, nature de sédiment, ne sont pas renseignées.

La structure des couches des stations à estimer est donc la suivante :

- num-station: identifiant ; numéro unique de la station de mesure;
- X: longitude en degré décimal de la station;
- Y : latitude en degré décimal de la station;

- Z : profondeur (non renseignées)
- NS : nature de sédiment (non renseignées)

Tel que le champ station est un entier et les champs X, Y, Z , NS, sont des réels

La représentation de toutes les couches dans le logiciel QGIS prend la structure suivante Fig (II.9 et II.10) :

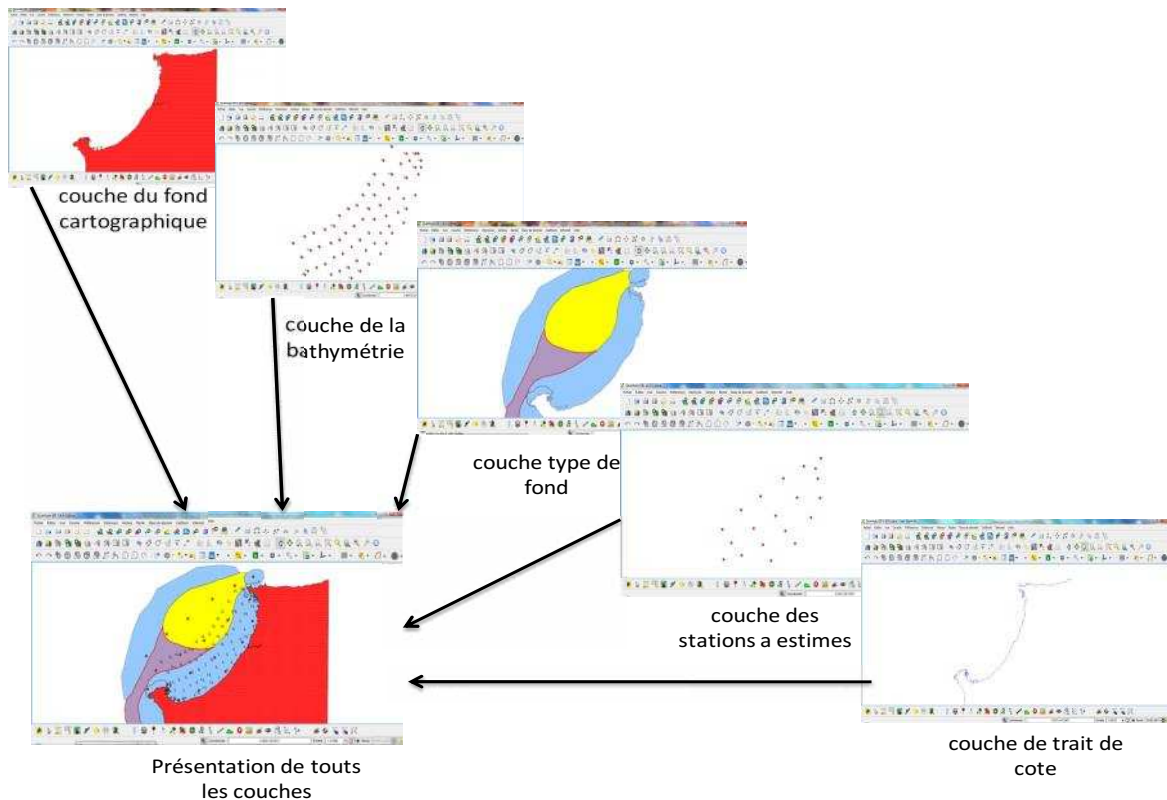


Figure (II.9) : structuration des couches géographiques de la Baie d'El Djamilia.

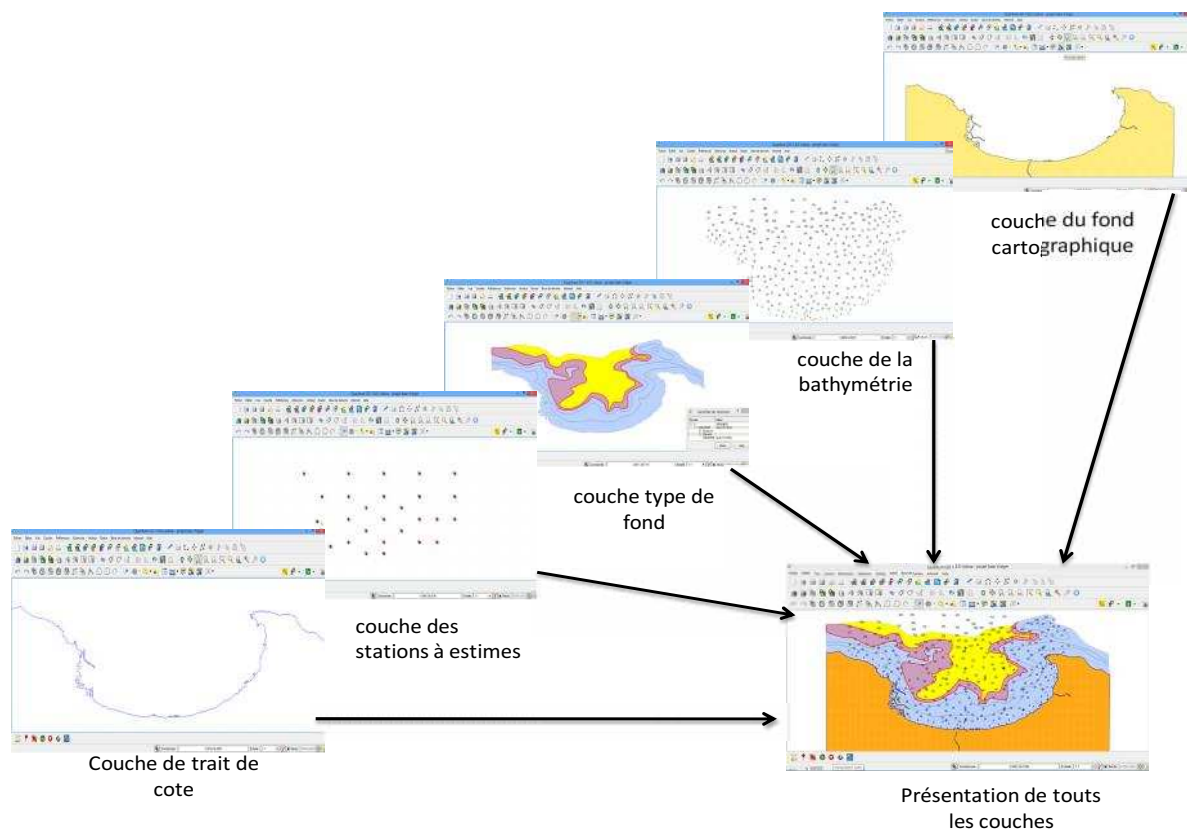


Figure (II.10) : structuration des couches géographiques de la Baie D’Alger.

II.9 Analyse et traitement des données :

Il existe plusieurs catégories les traitements et d’analyses réalisables par un SIG de diverses manières, soit selon le type d’objet (point, ligne, surface, volume), selon la structure des données (vectorielle, matricielle), selon la caractéristique modifiée (géométrique, thématique, temporelle ou topologique), selon le niveau de mesure de la variable (univariée, multivariée), selon l’échelle de mesure (quantitative ou qualitative) ou selon leur objectif (descriptif, exploratoire et confirmatif). **Pouliot, (1999),**

Il faut noter en premier lieu que l’objectif de cette estimation est plutôt descriptif, c’est-à-dire faire une évaluation quantitative de la profondeur et une autre qualitative pour la nature de sédiment et on cherche à cartographier la bathymétrie et la sédimentologie dans nos zones d’étude.

Les données ont été structurées de façon extensible afin de faciliter leur traitement à savoir, la génération des grilles d’interpolation et l’extraction des courbes d’iso-valeurs de la bathymétrie.

Génération des grilles d'interpolation des données :

Un grid est constitué de cellules carrées espacées, régulièrement réparties sur un territoire donné. Chaque cellule possède un nœud situé au centre du point, qui représente l'estimation de la valeur d'un seul paramètre mesuré (Pitney Bowes, 2009).

Les grids sont une représentation raster du monde réel. Ainsi, l'espace est divisé en cellules de tailles égales localisées uniquement par trois paramètres : Coordonnées X, Y de la cellule et valeur contenu dans la cellule, il peut être utilisé pour visualiser de manière efficace la tendance de l'information géographique sur un territoire, ils donnent le pouvoir de comparer et questionner mathématiquement les couches et les requêtes d'informations, créer de nouveaux grids, trier, et analyser des couches (Fig. II.11).

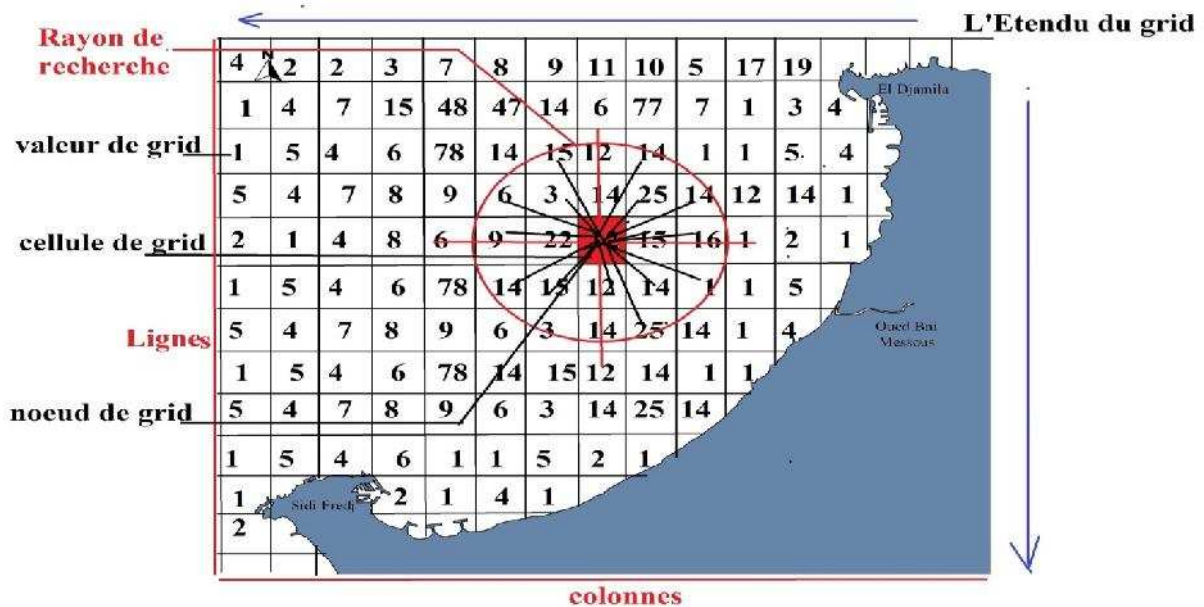


Figure (II.11) : Structure de génération d'un grid par la méthode IDW dans la baie d'El Djamila

Il est évidemment impossible de mesurer les valeurs en tous points de l'espace, pour cela l'interpolation est la technique qui permet de donner par estimation des valeurs aux points non échantillonnés. Le processus consiste à estimer les valeurs du grid en utilisant les valeurs mesurées prises à partir d'un ou de plusieurs couches de point. Beaucoup de méthodes mathématiques peuvent être appliquées à l'interpolation des valeurs de grid, mais il n'y a aucune solution parfaite. Le choix de la méthode d'interpolation dépend des caractéristiques des données in situ (type, précision et densité) et d'autres facteurs tels que le temps de calcul (Pitney Bowes, 2009).

Donc Il existe plusieurs méthodes d'interpolation spatiale. Selon **Dubois, (2000)**, le choix d'une méthode dépend :

- De la nature des données ;
- De leur densité ;
- De leur variabilité,
- Des objectifs poursuivis (description, quantification),

La méthode d'interpolation utilisée dans ce travail est celle dite de la pondération par l'inverse de la distance couramment désignée par les lettres IDW: (Inverse Distance Weighting), puisqu'elle se prête bien aux données environnementales (mesures chimiques) (**Pitney Bowes, 2009**).

Cette technique associe à chaque nœud de la grille une valeur qui est calculée par la moyenne pondérée, les valeurs de points qui se trouvent à proximité du nœud, cette pondération est linéairement inverse à la distance de chaque point et du nœud considéré cette technique est contrôlée par un certain nombre de paramètres, qui vont influencer le résultat,

- Rayon de recherche : c'est un paramètre qui définit la taille de recherche autour de chaque nœud de la grille à l'intérieur duquel les points seront sélectionnés ou la grille va être calculée.

Les fonctionnalités de l'Application IDW sont :

- Traitement géostatistique ;
- Traitement sur un ensemble ou une sélection du jeu des données ;
- Résultats en GRID géoréférencés ;
- Enregistrement des résultats : sous forme graphique(carte).

La méthode IDW nécessite l'intervention d'un algorithme selon un processus bien structuré commencent par :

Les entrées de l'algorithme :

- les coordonnées géographiques du coin inférieur gauche et celles du coin supérieur droit ;
- les dimensions du grid (nombre de lignes et de colonnes) ou bien la résolution du grid (taille de la cellule) ;
- le rayon de recherche.

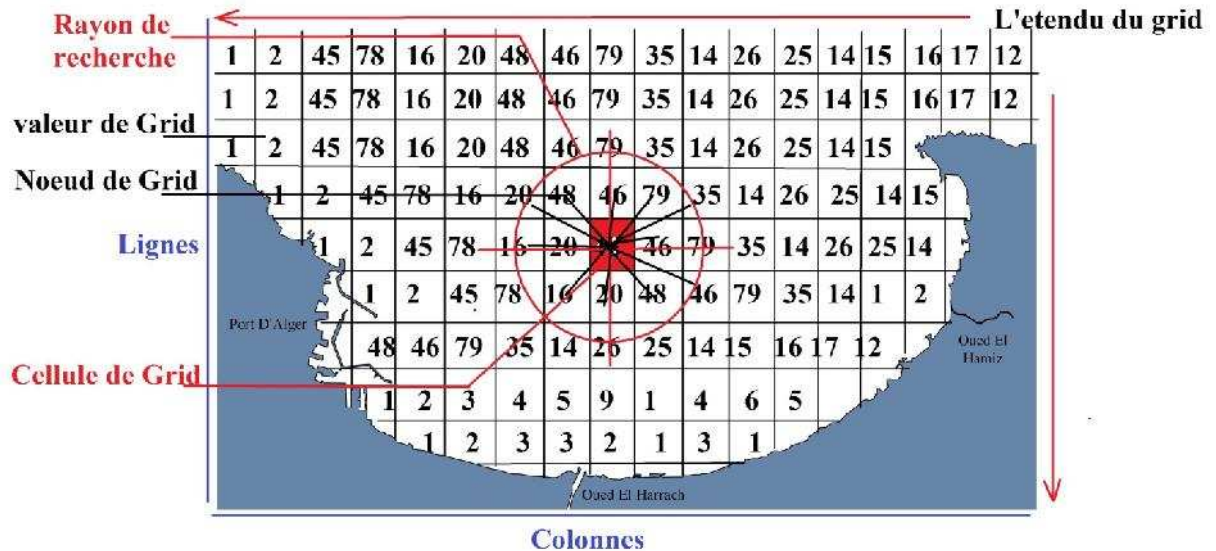


Figure (II.12) : Structure de génération d'un grid par la méthode IDW dans la baie d'Alger

Le principe de l'algorithme est le suivant :

- générer une grille vide dont les dimensions sont fixées par les entrées de l'utilisateur ;
- parcourir la grille de la première à la dernière cellule et à chaque fois :
 - rechercher les stations mesurées qui se trouvent à l'intérieur du cercle de recherche
 - calculer le poids d'une station en inversant sa distance par rapport à la cellule à interpoler;
 - calculer la moyenne pondérée des mesures des stations (à l'intérieur du cercle de recherche) et l'affecter à la cellule à interpoler;

Il est à noter que la taille de la cellule influe sur la taille du fichier du grid interpolé. Une petite taille de cellule génère systématiquement un grand fichier. Dans notre cas, nous avons choisi une taille de cellule en tenant en compte du niveau de résolution nécessaire, du temps de calcul, de la taille du fichier et surtout de la densité des stations. Par défaut, certains modèles prennent comme taille de cellule la diagonale de l'étendue divisée par 300. (Pitney Bowes, 2009).

III. Les résultats :

Le résultat principal de notre travail est la mise en œuvre d'un SIG numérique, dynamique et évolutif, et dans ce cas nous pouvons compter deux familles de résultats. La première famille concerne l'extraction de l'information thématique pour les produits à valeur ajoutée obtenus, à savoir, les grids, les profondeurs et la nature de sédiments estimés des stations virtuelles et les lignes d'iso valeurs de la bathymétrie. La deuxième famille de résultats concerne l'extraction des informations spatiales des sédiments par le calcul géométrique des superficies et des périmètres des deux baies.

III. 1.1 L'extraction de l'information thématique :

a) La profondeur:

Les valeurs des profondeurs des stations à estimer sont calculées à partir des grids interpolés précédemment, pratiquement deux méthodes peuvent être utilisées :

- **Méthode manuel :** Cette méthode consiste d'abord à afficher, dans une même fenêtre graphique, le grid interpolé et la couche des stations à estimer. Par la suite, à l'aide de l'extension « identifier les entités » offert par QGIS, il s'agit de récupérer les valeurs de profondeurs estimées et l'inscrire manuellement dans la table de couche des stations à estimer.
- **Méthode automatique :** sont retenues à partir d'une interpolation IDW dans Qgis et cela à travers l'utilisation de l'extension « Point sampling tool » qui permet l'extraction des valeurs estimées et le remplissage des valeurs dans les tables de données des couches à estimer d'une manière automatique.

Le résultat obtenu après jointure est indiqué dans la figure ci-dessous: fig (III.1 et III.2)

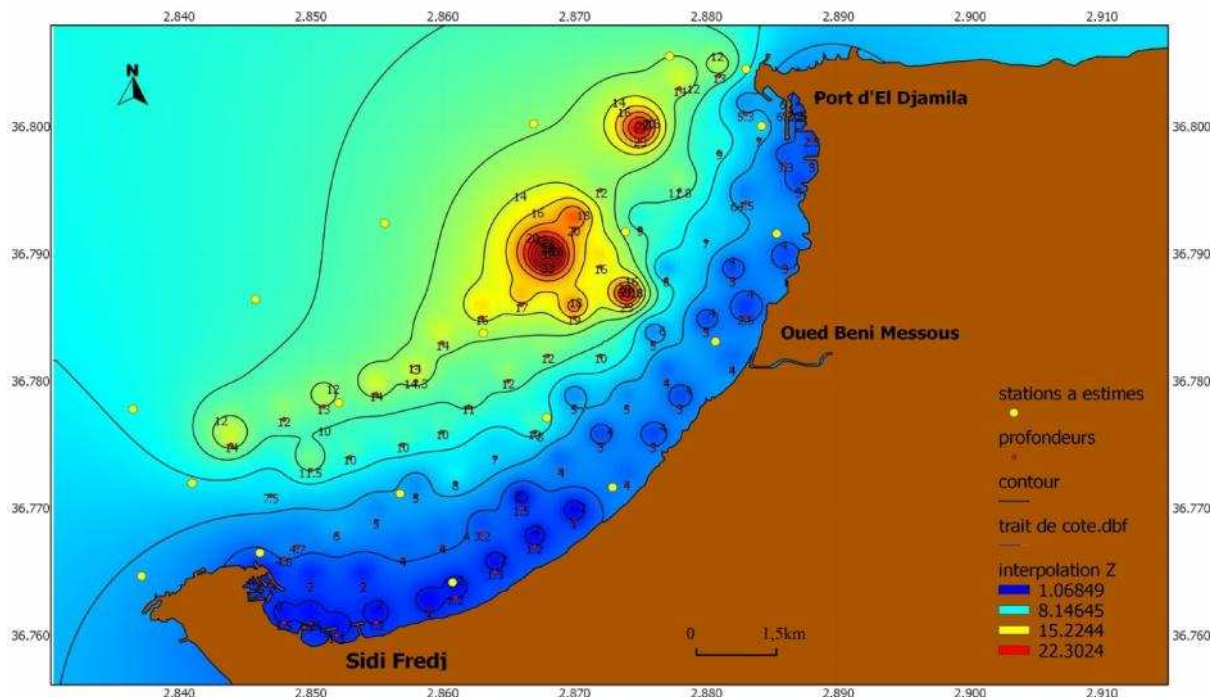


Figure (III.1):carte d'interpolation bathymétrique de la baie d'El Djamilia

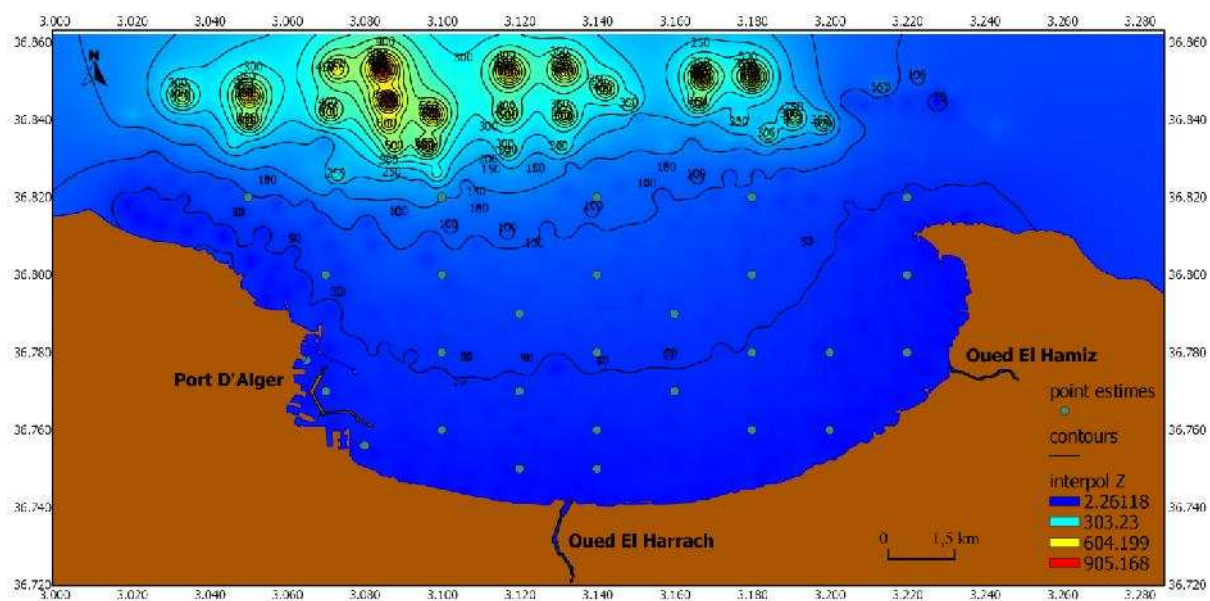


Figure (III.2) : carte d'interpolation bathymétrique de la Baie D'Alger

b) La nature des sédiments :

La nature de sédiment des stations à estimer est donnée soit manuellement en utilisant l'extension « identifier les entités » proposée par Qgis et en cliquant sur la couche vecteur des sédiments. Soit par une méthode automatique à travers l'extension « joindre les attribues par localisation » qui permet l'extraction automatique de la nature de sédiments dans la table attributaire qui correspond au coordonnées géographiques des stations estimées.

Les résultats bathymétriques et des sédiments peuvent être représentés sous différentes formes : tableaux de chiffres vus en perspective 3D, cartes de contour 2D.

La carte bathymétrique présentée ici est une carte contournée: chaque courbe relie un ensemble de points situés à la même profondeur d'eau.

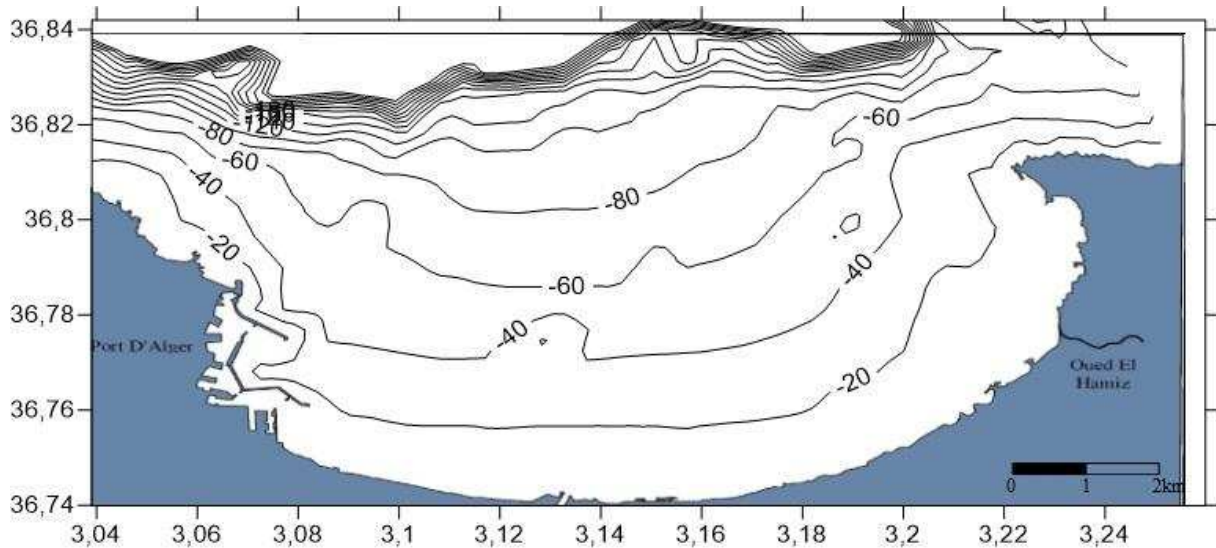


Figure (III.3) : bathymétrie de la baie d'Alger 2D

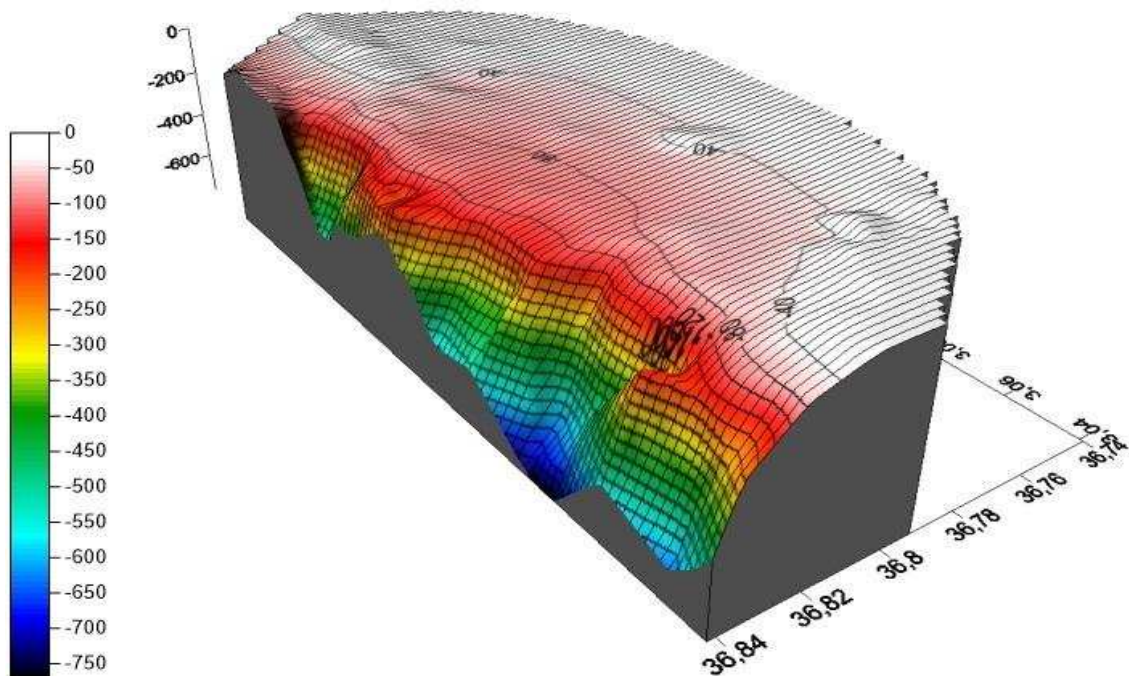
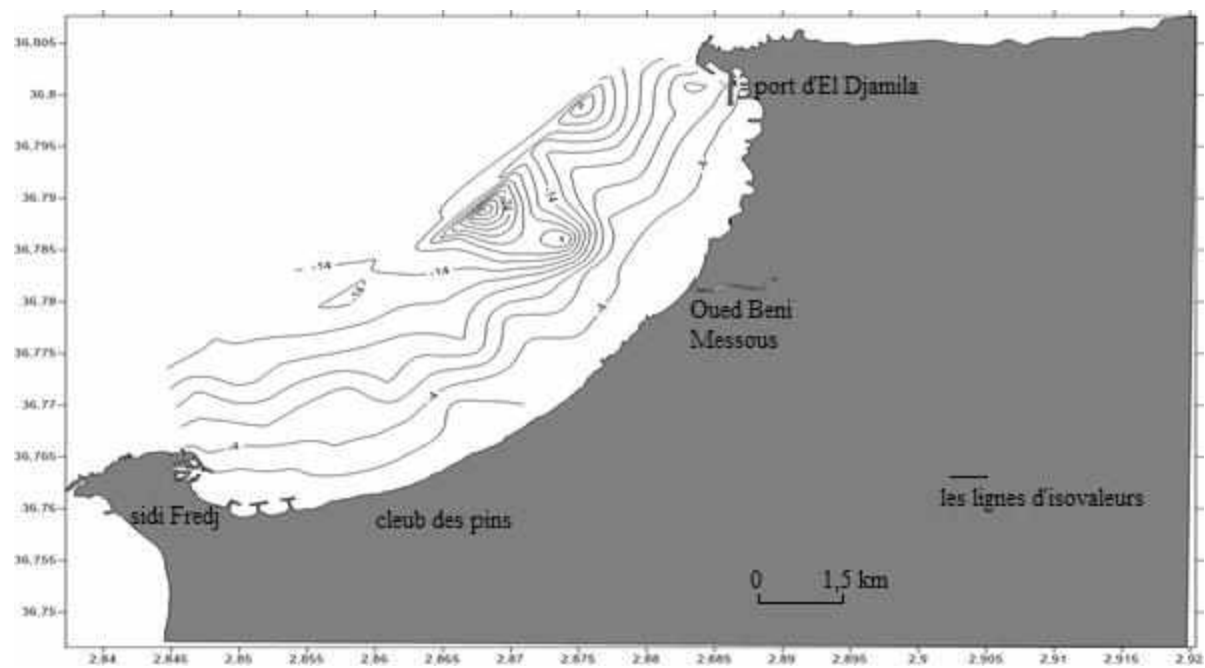
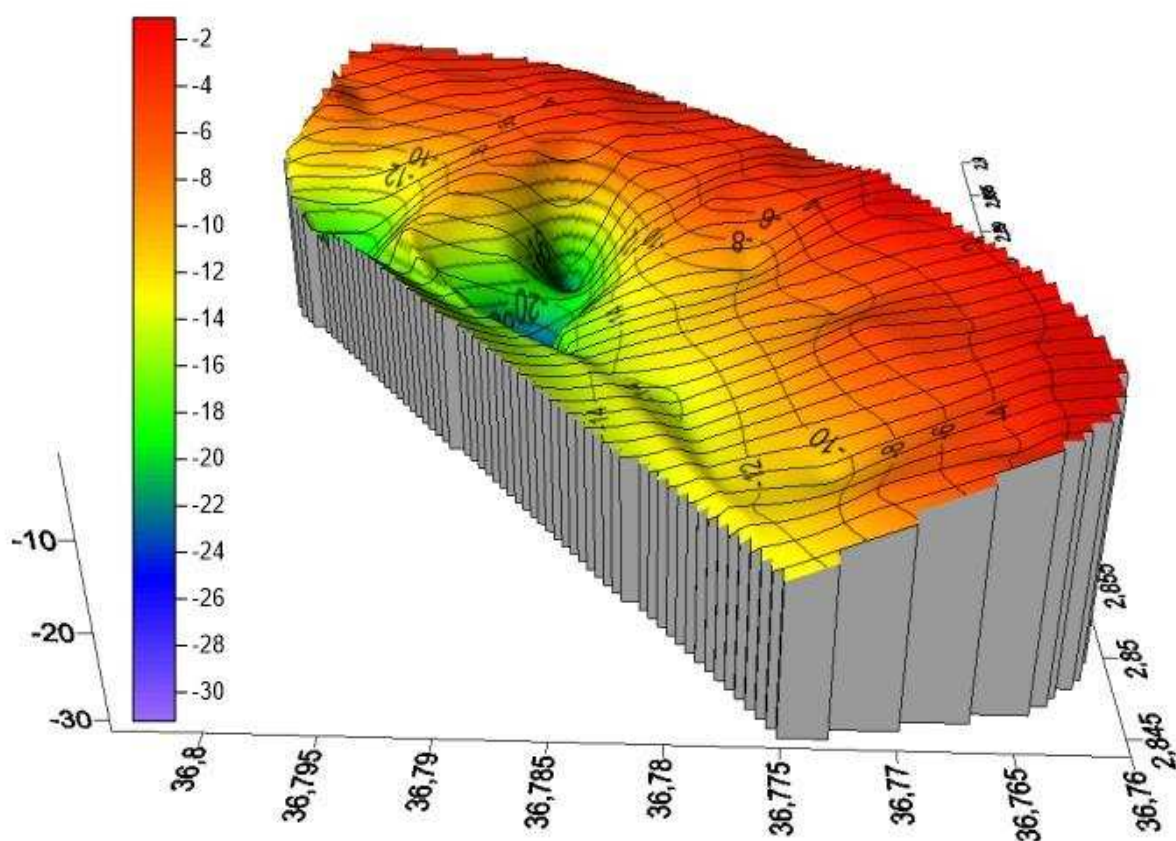


Figure (III.4) : bathymétrie de la baie d'Alger en 3D



Figure(III.5) : bathymétrie de la baie d'El Djamilia 2D



Figure(III.6) : bathymétrie de la baie d'El Djamilia 3D

III.2 Extraction d'informations spatiales :

Cette analyse nous permet de calculer des surfaces, des périmètres et chercher des relations spatiales et géométrique.

Le logiciel QGIS possède des outils permettant une analyse spéciale facilitée, à travers l'outil géométrique, le calcul de surface et de périmètre qui se fait soit automatiquement par l'expression « ajouter les colonnes géométriques » dans le menu vecteur, soit manuellement par la calculatrice des champs dans les propriétés de table des attributs.

Pour trouver la proportion d'occupation des baies pour chaque type de fond, on suit les étapes suivantes:

1. Calcule de la somme des superficies en utilisant la sélection par agrégation, la fenêtre ci-dessous (fig III.3):

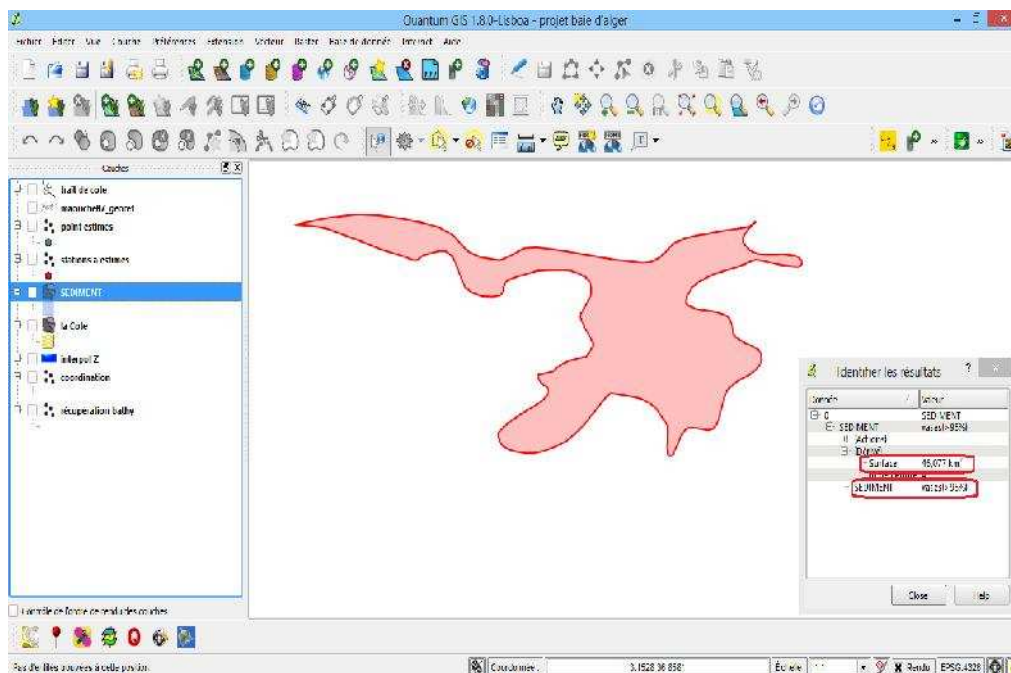


Figure (III.7) : Dimension d'une couche sédimentaire

a- Analyse descriptive :

Pour l'application thématique du SIG nous essayons de différencier les conches en se basant sur leurs dimensions géométriques, Qgis nous offre les possibilités de faire une analyse spatiale facilitée (Tab III.1).

Tableau (III.1) : Dimension des couchessédimentaires

Zone	Longueur de trait de côte	Couche sédimentaire	Superficie (Km2)	pourcentage	Périmètre (km)	pourcentage
La baie d'Alger	50 km	Sables fins	44,695	24,21 %	104,418	21,85 %
		Sables vaseux	28,819	15,61 %	84,420	17,66 %
		Vases Sableuses (50-75%)	30,276	16,40 %	117,876	24,66 %
		Vase (75-95 %)	34,404	18,63 %	101,387	21,21 %
		Vases (>95%)	46,077	24,96 %	66,817	13,98 %
		Roche	0,36	0,19 %	2,993	0,63 %
La baie d'El Djamila	13.89 Km	Sables fins	8.502	32,02%	27.82	34,25%
		Roche	0.527	1,98 %	8.81	10,85 %
		Sables grossiers fins graviers	0.41	1,54 %	2.96	3,64 %
		Graviers envasés	6.243	23,51 %	16.806	20,69 %
		Sables graveleux	7.160	26,97 %	10.99	13,53 %
		Sables fins envasés	3.706	13,96 %	13.83	17,03 %

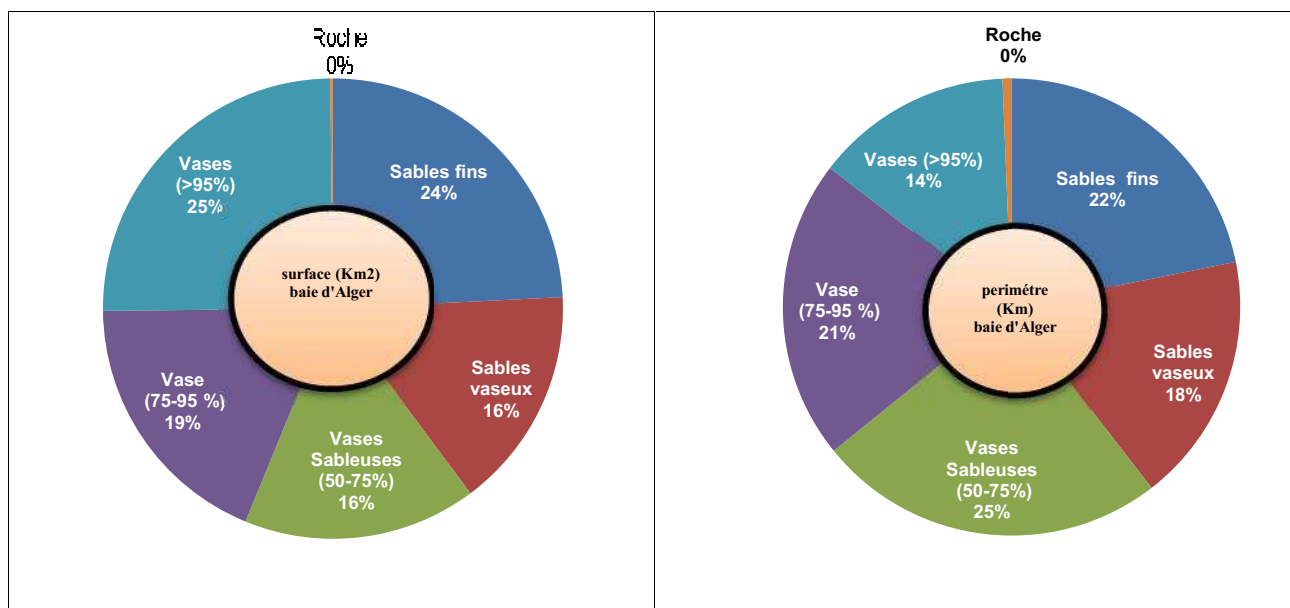


Figure (III.8) : Répartition des surfaces et des périmètres des différentes couches sédimentaires de la Baie d'Alger.

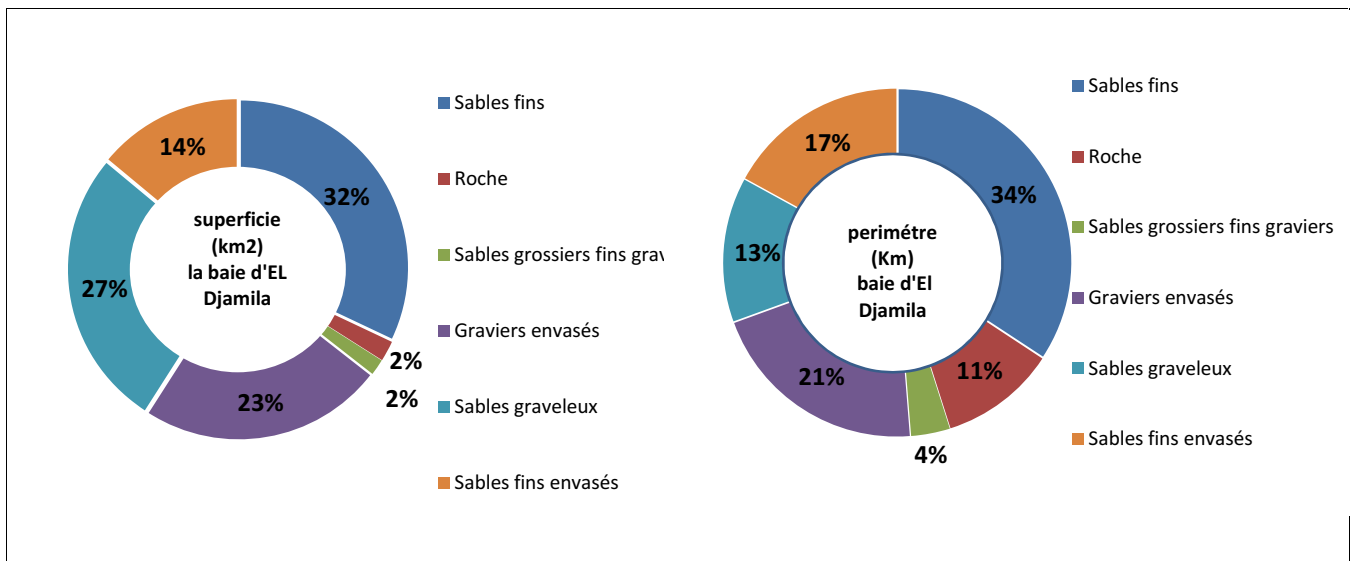


Figure (III.9) : Répartition des surfaces et des périmètres des différentes couches de la Baie d'El Djamilia

III.2 Evaluations :

La sédimentologie de la baie d'Alger varie selon la bathymétrie. En allant de la côte vers le large on définit quatre faciès principaux (parallèlement à la côte) (MAOUCHE 1987).

La répartition de ces sédiments se traduit par les faciès suivants :

- Les sables fins ayant une superficie de 44.695 km² soit 24,21 % de superficie de la baie, de l'Est à l'Ouest cette dernière occupent un périmètre de 104.418 km.
- Les sables vaseux constituant une large bande qui s'élargit modérément dans le centre de la baie à proximité de Oued el Harrach et dans le secteur Ouest au niveau de la zone du Cap Matifou, ça superficie de 28.819 km² soit 15,61% du surface total ,avec un périmètre de 84.420 km .
- Les vases sableuses constitue une bande étroite qui occupe une surface de 30.276 km² soit 16,40% de surface total, mais avec une extension de périmètre très importante qui est de 117.876 Km.
- La vase (75-95 %) constitue une bande étroite qui s'élargit au centre Ouest de la baie et qui occupe une superficie de 34,404 km² soit 18,63% de la superficie totale, elle occupe la plus grande extension de périmètre 101,387 km.

- La plus grande portion de fond de la baie d'Alger est réservée aux vases purs (>95%) avec une superficie de 46,077 km² (44.77%) soit 24,96% de la superficie totale, et un périmètre de 66,817 km ces faciès sont localisés à la partie centrale et externe de la baie.
- La partie rocheuse de la baie d'Alger est localisée à la partie Nord- Est à proximité du Cap Matifou, ces roches occupent une superficie très étroite de 0,36Km² soit 0,19% de la superficie totale, avec un périmètre de 2,99km.

Dans ce cas La distribution du matériel sédimentaire d'origine terrigène peut résulter essentiellement, de l'action des houles d'Ouest, d'Est et du Nord, ainsi que les courants induits par les vents soufflants dans ce secteur (la baie d'Alger) ce dernier se fait par décantation ou par floculation et ce qui aura lieu le plus souvent près des embouchures (l'Oued el Harrach et l'Oued El Hamiz) .

Donc on suppose l'existence d'un transport sédimentaire important de l'est vers l'ouest de la baie et ceci peut être dû à des houles de secteur d'Est ; contrairement aux houles de secteur Ouest qui est freinées par l'anse Ouest de la baie ne véhiculent par conséquent que de très faibles quantités en sédiment marin vers l'Est.

La sédimentation à l'intérieur de la baie d'El Djamilia est différente de celle de la baie d'Alger.

On remarque une répartition granulométrique hétérogène des sédiments.

- Les sables fins occupent une superficie de 8.502 km² soit 23,02 % de la superficie totale, et s'étend de l'Est à l'Ouest avec un périmètre de 27.82 km.
- Les sables graveleux prédominent la partie orientale de la baie avec une superficie de 7.160 Km² soit 26,97 % de la superficie totale et un périmètre de 10.99km.
- Les sables fins envasés prédominent la partie occidentale de la baie et couvrent une surface d'environ 3.706Km² soit 13,96 % de la superficie totale, et un périmètre de 13.83km.
- Les graviers envasés se trouvent au large et s'étend d'Est en Ouest sur une superficie de 6.243Km² soit 23,51 % de la superficie totale, et un périmètre de 16.806km.
- Les roches se localisent aux deux extrémités de la baie en Est au Cap de Ras Acrata et à l'Ouest au niveau de Sidi Fred, ces roches occupent une superficie étroite de 0,527 Km² soit 1,98 de la superficie totale, avec un périmètre de 8,81km.

- Les sables grossiers- fins graviers sont localisés dans la partie Est de la baie au voisinage du port d'El Djamila avec une superficie de 0,41 km².soit 1,54 % de la superficie totale, avec un périmètre de 2,96 km.

Dans ce cas on peut dire qu'au niveau de la côte à l'Est du port d'El Djamila, l'intensité des houles de l'Ouest, Nord-Est et Ouest-Nord-Ouest peut provoquer un dynamisme important. Ces houles ont contribué au démantèlement de la falaise du Ras Acrata et du platier rocheux. Ces houles de secteur Ouest – Nord – Ouest sont d'incidence frontale sur le site, peut engendrant un courant de retour qui prend les sédiments de la côte et les dispersent au large. Ainsi les sédiments les plus fins se déposent au large.

Ces houles peut provoquent aussi bien l'érosion de la côte située à l'Ouest du port d'El Djamila (Zéralda, Sidi Fredj, Moretti, Staoueli, etc....) que le charriage des apports de l'Oued Mazafran.

Aussi que L'incidence oblique des houles du secteur Ouest peut engendrer une dérive littorale qui entraîne les matériaux sableux vers l'Est dans le domaine infralittoral.

Donc La dérive littorale s'écoulant de l'Ouest présente un impact très important en charriant les sédiments vers l'Est.

Conclusion :

Depuis une dizaine d'années, les chercheurs ont mis en évidence les relations et les interactions des différents secteurs côtiers d'où l'importance de les étudier en même temps le concept de la GISC est né ainsi,

C'est pour cela que notre étude à travers la mise en œuvre d'un SIG , nous a permis de comprendre la répartition bathymétrique et sédimentaire dans la Baie d'El Djamila et la Baie d'Alger, à travers l'estimation des valeurs de profondeur et la nature de sédiment des stations choisies et aussi le calcul géométrique des couches sédimentaires, cela par l'intégration des couches géographiques nécessaires à la cartographie, quel que soit leurs formes et leurs sources, dans un même environnement et dans une structure facile, évolutive, extensible et dynamique. Cette organisation en projet SIG nous a offert la possibilité d'aboutir à des produits à valeur ajoutée telle que la couche vectorielle des estimations des valeurs de la profondeur au niveau des stations choisies, la couche vectorielle de nature de sédiment et les courbes d'isovaleurs de la bathymétrie permettant une interprétation presque immédiate de l'évolution spatiale de ces derniers dans les zones d'étude

Dans ce cas on peut dire que les facteurs géologiques et hydrodynamiques conditionnent la distribution des sédiments pour les deux baies et indiquent des extrémités hydrodynamiquement stables, tandis que la partie centre est la plus exposée à l'action hydrodynamique pour la Baie d'Alger et la Baie d'El Djamila

Donc on constate que :

- les isobathes sont parallèles à la côte et présentent une faible pente
- la présence des zones régulières entre l'isobathe 5 et 15 m.
- la présence des chenaux des Oueds résultent de l'activité de l'Oued El Harrach, Oued El Hamiz pour la Baie d'Alger, et l'Oued Béni Messous pour la Baie d'El Djamila.

Alors notre étude montre une similitude au plan des résultats avec celle effectuée par Bakir.M, 1987, et Maouche, 1987.

Le suivi de l'évolution spatiotemporelle de la bathymétrie et de la sédimentologie de la baie est nécessaire

Conclusion

On confirme que les deux Baies n'ont pas le même type de fond, cela est le résultat de l'environnement hydrodynamique différent de ces deux baies ; l'enclavement et la réduction des échanges avec le large font de la baie d'Alger un milieu envasé, contrairement à la baie d'El Djamila qui se comporte comme une station du large.

Bibliographie :

AOUAMER1990., Contribution à l'étude de certains métaux lourds dans les sédiments superficiels de la baie d'Alger. Mémoire .Ingenieur.I.S.M.A.L : 69p.

ALLAG N., et RESSAD R., 2006. Détermination des zones de pêches par des techniques satellitaires dans la région algéroise (Reconnaissance des fronts techniques).mémoire d'ingénieur d'état en halieutique ISMAL .70p.

AYME A ., 1960. carte représentative de la morphologie sous-marine de la baie d'El Djamila, bulletin science géologique de l'Algérie, nouvelle série , N 33.

BAKALEM., 1979. Cartographie des peuplements benthiques du port d'Alger. *Rapp. Comm. Int., Mer Médit.*, 30 (2) : 135.

BAKIR M., 1987. la dynamique sédimentaire dans la baie d'El Djamila (Baie de Bou Ismail). Mémoire d'ingénieur d'état en géologie marine. USTHB : 76P.

BEDARD Y., 2001. Base de données géospatiales et modélisations. La notation UML. In cours pour la modélisation des bases de données géospatiales avec UML étendu et les normes. ISO/TC211. Berne, Suisse. P110.

BELKESSA R., 1999. Causes et conséquences de l'érosion marine sur la côte Algérienne. *Revue symbiose, Alger, Algérie.*

BELKESSA ET AL., 2008. Protection Works Of the Sea Coast InAlgéria. *Copedec VII, Dubai, UAE, No: S-26.*

BENABADI et BOUAZZA 2000.. Contribution à l'étude bioclimatique de la steppe à *Artemisia herba-alba* Asso dans l'Oranie (Algérie occidentale). *Sécheresse* 11 : 117-23

BENOUD ET AL., 1991. Métaux lourds dans le sédiment superficiel de la baie d'Alger. Résultats du workshop sur la circulation des eaux et pollution des côtes méditerranéennes des pays du Maghreb tenu a rabat, Maroc du 9-11 nov. 1992, pp : 153-156.

BENZOHR., 1993. Les structures hydrodynamiques le long des côtes Algériennes. *Centre d'Océanologie de Marseille, France, 33 p.*

BORDA L. B., 2003. Apport des systèmes d'information géographique (SIG) pour la surveillance et l'évaluation de la qualité des eaux côtières. Une contribution à la gestion intégrée de la zone côtière Colombienne. *Thèse de Doctorat en science technique.* Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL). 213p.

BORDINS P., 2002. SIG concepts, outils et données. Lavoisier. 259p

BOUTIBA., 1970. Stratégie d'échantillonnage et d'analyse appliquée à l'étude des polluants organiques dans les eaux côtières.

CHEVRIAUX ET AL., 2004 : Système intégré pour la modélisation des données océanographiques. Application au Sonar latéral. Institut de Recherche de l'Ecole Navale (IRENav). Groupe SIG. 12p.

CNIG, 2000.,<http://www.cnig.fr/news/09normes.htm>site officiel

DUBOIS G., 2000. Intégration de Systèmes d'Information Géographique (SIG) et de méthodes géostatistiques. Applications à la cartographie de pollutions radioactives dans l'environnement. *Thèse de doctorat. Université de Lausanne. Facultés des sciences.* Lausanne. 258p

GILLIOT JM., 2000. Introduction aux SIG. Introduction & information spatiale. *DAA AGER Département AGER. INSTITUT NATIONAL AGRONOMIQUE PARIS-GRIGNON.*

HOUMA-BACHARI ET AL., 2004. Etude Corrélative des Paramètres Physico-Chimiques et des Données Satellites IRS1C pour Caractériser la Pollution Aquatique. Application à la baie d'Oran, Algérie. *Revue Sciences de l'eau, volume 17/4, p. 429- 446.*

HOUMA-BACHARI., 2009. Modélisation et cartographie de la pollution Marine et de la bathymétrie à partir de l'image satellitaire. Thèse de Doctorat en Sciences Univers Environnement, Université du Val de Marne Paris XII (France), 234p

LECLAIRE., 1972. La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares (précontinent Algérien), Mémoire du muséum National d'histoire naturelle. Série C .tome 241

L.E.M., 1999. Etude de délimitation d'une zone d'extraction de sable en baie d'Alger. *Laboratoire d'Etudes Maritime, Alger, Algérie.*

MAOUCHE., 1987. Mécanismes hydrosédimentaires en baie d'Alger (Algérie) : approche sédimentologique, géochimique et traitement statistique. *Thèse de 3ème cycle, Univ. Perpignan, France, 214 p.*

MENNAD.M., 2008. Approche des systèmes d'information géographique (SIG) pour l'analyse spatiotemporelle de la pollution marines des zones côtières. *Mémoire de magistère USTHB.*

MILLOT., 1989. La circulation générale en Méditerranée occidentale : aperçu de nos connaissances et projets d'études. *Annales de géographie, n° 459, XXVIII.*

OUKAZI H., 1993. Le port de plaisance de sidi fredj, approche critique à travers son fonctionnement et son impact sur l'environnement immédiat. *Mémoire d'ingénieur environnement ISMAL : 209P.*

OQLF., 2004. Office Québécois de la langue française : Le grand dictionnaire terminologique. http://www.granddictionnaire.ca/btm/fra/r_motclef/index1024_1.asp.

P.COLLOMB, Y.MAHDJOUR ET SAADALLAH., 1971. les gneiss de sidi Fredj, bulletin

PITNEY BOWES., 2009. Vertical Mapper user guide version 3.7

POULIOT J., 1999. Définition d'un cadre géosémantique pour le couplage des modèles prévisionnels de comportement et des SIG. Application pour les écosystèmes forestiers. Thèse de doctorat. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne. Département de génie rural. P 171.

SAMSON-KECHACHA F.L., 1981. Variation des matières nutritives de la baie d'Alger. Recherche des facteurs contrôlant le développement du phytoplancton. Thèse Doct. 3ème cycle, U.S.T.H.B., (Alger). 98p

SYMBIOSE., 1998. bimestriel de l'environnement N°3 Sep- Oct

THERIAULT M., 1996. Systèmes d'information géographiques. Concepts fondamentaux. Notes de cours. Université de Laval. Québec. P 165.

ANNEXES

Tableau 1: estimations des valeurs de la profondeur et la nature de sédiment en 2005 (baie d'El djamila)

stations	X	Y	NS	Z
1	2,837	36,778	gravier envasés	8,298
2	2,841	36,772	sa fin envasée	7,691
3	2,846	36,767	roche	3,598
4	2,846	36,786	sable graveleux	9,469
5	2,852	36,778	sable fin envasé	11,382
6	2,857	36,771	sable	5,736
7	2,861	36,764	sable	1,385
8	2,856	36,792	sablesgraveleux	10,786
9	2,863	36,784	sablesgraveleux	12,646
10	2,868	36,777	sable	8,974
11	2,873	36,772	sable	4,589
12	2,867	36,800	sable graveleux	11,804
13	2,874	36,792	sable graveleux	11,551
14	2,881	36,783	sable	4,981
15	2,877	36,806	sable graveleux	12,086
16	2,884	36,800	sable	6,882
17	2,885	36,792	sable	4,928
18	2,886	36,809	sable grossiers	7,424
19	2,883	36,805	roche	8,526
20	2,837	36,765	roche	5,687

ANNEXES

Tableau2 : estimation des valeurs de la profondeur et la nature de sédiments en 2008 (la baie d'Alger)

stations	X	Y	Z	NS
1	3,050	36,820	93,904	vases sableuses
2	3,070	36,800	63,797	vases sableuses
3	3,100	36,820	157,160	vases(75-95%)
4	3,100	36,800	83,305	vases(75-95%)
5	3,100	36,780	55,548	vases(>95%)
6	3,100	36,760	34,473	sables vaseux
7	3,120	36,790	69,818	vases(>95%)
8	3,120	36,770	44,995	vases sableuses
9	3,120	36,750	20,065	sables
10	3,140	36,820	112,376	vases(>95%)
11	3,140	36,800	82,190	vases(>95%)
12	3,140	36,780	53,609	vases sableuses
13	3,140	36,760	30,126	sables vaseux
14	3,140	36,750	17,306	sables
15	3,160	36,790	64,576	vases(>95%)
16	3,160	36,770	42,252	vases(75-95%)
17	3,180	36,820	84,018	vases sableuses
18	3,180	36,800	61,430	vases(>95%)
19	3,180	36,780	48,302	vases(75-95%)
20	3,180	36,760	25,727	sables
21	3,200	36,780	29,479	sables
22	3,200	36,760	9,726	sables
23	3,220	36,820	46,862	sables vaseux
24	3,220	36,800	25,747	sables vaseux
25	3,220	36,780	20,108	sables
26	3,065	36,778	26,066	sables
27	3,070	36,770	27,884	sables
28	3,080	36,756	22,565	sables

ANNEXES

Tableau 3 : stations bathymétrique de la baie d'Alger

X	Y	Z
3,034	36,811	9
3,027	36,813	9
3,019	36,818	9
3,022	36,814	3
3,038	36,814	26
3,029	36,817	23
3,025	36,821	36
3,020	36,824	56
3,030	36,824	59
3,039	36,824	71
3,034	36,819	40
3,044	36,822	64
3,048	36,816	43
3,044	36,810	4
3,026	36,829	82
3,020	36,836	127
3,020	36,841	200
3,033	36,838	200
3,036	36,832	144
3,033	36,846	495
3,050	36,846	712
3,050	36,840	590
3,046	36,834	280
3,055	36,825	97
3,052	36,831	190
3,059	36,830	178
3,070	36,834	160
3,057	36,817	56
3,065	36,818	80
3,068	36,823	186
3,066	36,828	196
3,073	36,821	133
3,073	36,825	295
3,071	36,842	533
3,073	36,853	600
3,085	36,853	925
3,086	36,845	886
3,086	36,839	640
3,088	36,833	535
3,090	36,824	190
3,098	36,841	732
3,096	36,833	620
3,099	36,826	335
3,117	36,852	748
3,132	36,853	671

ANNEXES

X	Y	Z
3,117	36,841	519
3,117	36,832	370
3,125	36,828	144
3,113	36,828	149
3,132	36,841	541
3,131	36,833	335
3,133	36,828	139
3,051	36,803	3
3,057	36,802	24
3,054	36,810	24
3,060	36,795	13
3,055	36,793	4
3,055	36,798	16
3,062	36,810	46
3,062	36,806	35
3,063	36,798	22
3,074	36,796	45
3,071	36,791	25
3,074	36,802	53
3,071	36,807	52
3,068	36,813	59
3,066	36,780	13
3,071	36,781	19
3,068	36,777	15
3,065	36,772	15
3,065	36,767	14
3,072	36,762	13
3,071	36,773	18
3,072	36,768	24
3,080	36,769	28
3,078	36,781	44
3,085	36,781	47
3,092	36,779	46
3,086	36,777	43
3,088	36,772	37
3,094	36,767	32
3,088	36,765	29
3,103	36,764	32
3,099	36,773	41
3,106	36,779	48
3,098	36,782	50
3,107	36,788	59
3,112	36,765	32
3,121	36,766	32
3,134	36,768	37
3,130	36,776	17
3,117	36,772	42
3,108	36,770	39
3,090	36,758	19

ANNEXES

X	Y	Z
3,094	36,755	14
3,130	36,753	14
3,122	36,779	49
3,077	36,755	8
3,082	36,753	8
3,090	36,751	8
3,091	36,747	1
3,099	36,745	2
3,105	36,744	4
3,115	36,744	5
3,121	36,743	3
3,101	36,750	9
3,107	36,748	8
3,103	36,756	19
3,116	36,753	15
3,124	36,755	18
3,120	36,760	26
3,128	36,763	29
3,117	36,749	9
3,123	36,747	5
3,132	36,747	8
3,128	36,742	1
3,132	36,742	3
3,141	36,741	1
3,138	36,743	4
3,135	36,745	6
3,145	36,742	4
3,139	36,748	9
3,134	36,750	11
3,151	36,742	3
3,158	36,742	3
3,165	36,745	5
3,169	36,744	1
3,147	36,750	12
3,140	36,752	14
3,135	36,756	19
3,143	36,758	22
3,140	36,763	30
3,145	36,766	32
3,154	36,767	35
3,160	36,767	34
3,158	36,762	26
3,169	36,756	18
3,147	36,756	19
3,153	36,752	14
3,157	36,755	19
3,160	36,752	14
3,169	36,750	9
3,174	36,747	4

ANNEXES

X	Y	Z
3,183	36,747	1
3,185	36,751	6
3,175	36,752	11
3,177	36,757	18
3,183	36,756	12
3,190	36,755	8
3,181	36,762	24
3,187	36,762	16
3,170	36,765	30
3,199	36,756	5
3,203	36,756	1
3,206	36,759	2
3,200	36,761	8
3,196	36,762	12
3,211	36,764	4
3,206	36,765	9
3,214	36,768	7
3,218	36,768	4
3,218	36,773	8
3,225	36,775	3
3,223	36,777	7
3,205	36,772	15
3,199	36,773	22
3,190	36,772	29
3,204	36,778	18
3,225	36,783	9
3,229	36,783	1
3,232	36,788	1
3,231	36,792	3
3,235	36,795	1
3,232	36,797	1
3,226	36,789	11
3,218	36,785	17
3,212	36,783	19
3,208	36,787	12
3,202	36,787	26
3,198	36,780	25
3,215	36,789	19
3,223	36,792	15
3,229	36,795	9
3,232	36,802	8
3,229	36,800	9
3,219	36,797	19
3,214	36,795	23
3,207	36,794	27
3,197	36,794	36
3,201	36,801	37
3,208	36,800	29
3,214	36,802	25

ANNEXES

X	Y	Z
3,223	36,803	17
3,226	36,805	1
3,224	36,807	2
3,218	36,806	13
3,205	36,810	21
3,208	36,814	26
3,219	36,814	24
3,224	36,812	6
3,227	36,814	12
3,235	36,814	2
3,241	36,816	29
3,231	36,820	36
3,216	36,819	36
3,205	36,818	43
3,195	36,819	54
3,191	36,814	63
3,194	36,809	47
3,190	36,799	64
3,247	36,823	53
3,240	36,822	47
3,222	36,822	42
3,229	36,828	62
3,240	36,833	72
3,230	36,833	72
3,223	36,832	77
3,217	36,829	61
3,213	36,826	64
3,207	36,825	65
3,207	36,831	83
3,214	36,833	87
3,220	36,836	80
3,226	36,838	74
3,235	36,837	71
3,243	36,838	97
3,237	36,841	84
3,231	36,841	52
3,228	36,845	8
3,220	36,844	53
3,215	36,845	60
3,209	36,844	59
3,205	36,844	69
3,232	36,848	93
3,223	36,850	110
3,214	36,848	179
3,207	36,837	109
3,199	36,839	359
3,191	36,840	440
3,200	36,834	149
3,187	36,831	139

ANNEXES

X	Y	Z
3,184	36,836	359
3,180	36,851	734
3,167	36,851	743
3,177	36,840	304
3,166	36,844	503
3,181	36,826	89
3,174	36,826	83
3,166	36,825	85
3,189	36,825	65
3,199	36,824	74
3,177	36,830	115
3,174	36,836	200
3,168	36,838	185
3,157	36,840	200
3,165	36,834	135
3,158	36,834	193
3,151	36,840	165
3,158	36,828	98
3,150	36,829	130
3,149	36,844	385
3,142	36,848	520
3,140	36,827	116
3,170	36,819	83
3,163	36,816	84
3,157	36,820	84
3,153	36,824	96
3,146	36,823	103
3,133	36,821	105
3,188	36,819	59
3,180	36,818	64
3,177	36,812	68
3,168	36,811	77
3,159	36,812	80
3,139	36,817	89
3,139	36,817	98
3,138	36,811	89
3,148	36,808	83
3,159	36,802	74
3,147	36,802	77
3,168	36,804	69
3,179	36,806	62
3,183	36,810	61
3,186	36,803	53
3,179	36,801	58
3,170	36,800	64
3,140	36,835	200
3,139	36,797	74
3,134	36,790	65
3,142	36,791	65

ANNEXES

X	Y	Z
3,151	36,794	59
3,122	36,796	73
3,113	36,800	78
3,109	36,808	82
3,102	36,813	83
3,131	36,803	81
3,126	36,805	85
3,117	36,811	90
3,109	36,818	98
3,101	36,818	136
3,127	36,812	91
3,097	36,809	78
3,096	36,804	58
3,102	36,796	63
3,109	36,793	66
3,117	36,791	67
3,089	36,816	88
3,081	36,813	66
3,082	36,807	65
3,098	36,789	56
3,091	36,791	56
3,082	36,789	53
3,121	36,786	60
3,114	36,784	56
3,144	36,785	59
3,134	36,784	58
3,190	36,788	39
3,184	36,794	58
3,182	36,784	45
3,172	36,781	46
3,168	36,787	54
3,161	36,793	62
3,172	36,792	58
3,188	36,780	36
3,182	36,770	32
3,169	36,773	39
3,158	36,780	48
3,150	36,781	53
3,153	36,788	59
3,141	36,778	49
3,144	36,772	41
3,154	36,772	40
3,094	36,823	170
3,106	36,823	136

ANNEXES

Tableau 4 : stations bathymétrique de la baie D'El Djamila

X	Y	Z
2,847	36,764	2
2,846	36,764	2
2,848	36,761	1,5
2,85	36,761	1,25
2,852	36,76	1,3
2,85	36,764	2
2,848	36,766	4,8
2,849	36,767	4,7
2,855	36,761	1,2
2,854	36,764	2
2,859	36,762	1
2,861	36,763	1,2
2,857	36,766	4
2,86	36,767	4
2,864	36,765	1,3
2,863	36,768	3,2
2,867	36,767	1,2
2,87	36,769	1
2,866	36,77	1,5
2,874	36,772	4
2,869	36,773	4
2,872	36,775	3
2,876	36,775	3
2,878	36,778	3
2,874	36,778	5
2,877	36,78	4
2,882	36,781	4
2,88	36,784	3
2,883	36,785	2,5
2,882	36,788	3
2,886	36,789	3
2,88	36,791	7
2,883	36,794	4,5
2,887	36,795	3
2,886	36,797	3,3
2,888	36,797	3
2,888	36,799	2,5
2,884	36,799	7
2,887	36,801	2,5
2,887	36,801	3
2,886	36,801	6,2

ANNEXES

X	Y	Z
2,883	36,801	5,3
2,881	36,804	13
2,878	36,803	14
2,881	36,798	9
2,878	36,795	11,8
2,875	36,799	23
2,875	36,792	9
2,872	36,795	12
2,87	36,792	20
2,868	36,789	33
2,866	36,786	17
2,877	36,788	6
2,872	36,789	16
2,874	36,786	23
2,876	36,783	5
2,872	36,782	10
2,87	36,785	19
2,868	36,782	12
2,865	36,78	12
2,87	36,778	5
2,867	36,776	10
2,864	36,774	7
2,861	36,772	8
2,862	36,778	11
2,86	36,776	10
2,858	36,771	5
2,858	36,78	14,3
2,855	36,779	14
2,857	36,775	10
2,853	36,774	10
2,851	36,778	13
2,85	36,773	11,5
2,855	36,769	5
2,852	36,768	6
2,847	36,771	7,5
2,844	36,775	14
2,848	36,777	12
2,86	36,783	14
2,863	36,785	16