

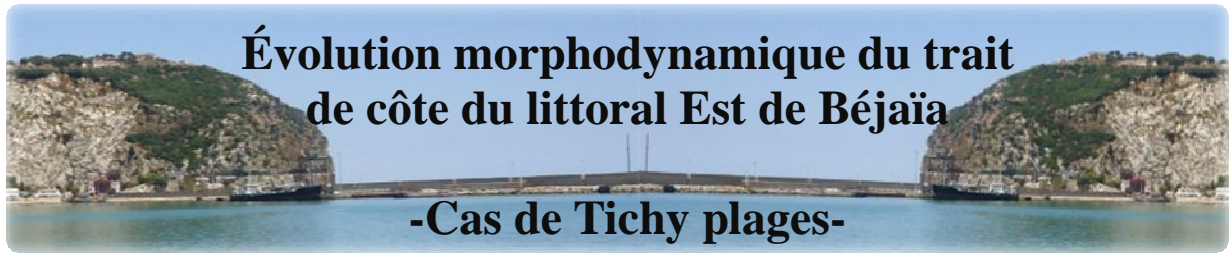
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل  
École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



**MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE  
MASTER EN SCIENCES DE LA MER**

**Spécialité : AMÉNAGEMENT DU LITTORAL**

**Thème :**



Présenté par:

**AOUDJ Cherif**

Soutenu le 16/10/2014 devant le jury suivant :

<b>Mme MEHDID S.</b>	Maîtresse Assistante A (ENSSMAL)	<b>Présidente</b>
<b>M GUERFI S.</b>	Maître de Conférences A (ENSSMAL)	<b>Examineur</b>
<b>M MEZOUAR K.</b>	Maître de Conférences B (ENSSMAL)	<b>Promoteur</b>

**Promotion : 2013/2014**

*« Quand tu vas commencer à mesurer le fond de la mer, fais bien attention de ne pas trop te pencher, et de ne pas tomber par -dessus bord -, et là où ça sera trop profond, laisse un peu mesurer les autres ».*  
Marcel Pagnol, Fanny (1931)

## **REMERCIEMENTS**

## REMERCIEMENTS

---

Dans l'agitation de ce mois d'Octobre, je me suis rendu compte, hier soir, après avoir déposé mon mémoire pour impression à la reprographie, que j'avais oublié d'écrire cette fameuse page de remerciements. Pourtant ce n'est pas faute de personnes à remercier.

Ce travail de mémoire, je ne l'ai pas fait seul ;

Je tiens en premier lieu à remercier le BON DIEU de m'avoir procuré : santé, patience et amour ainsi aux membres de nos familles qui nous ont soutenu durant ce petit séjour pour réaliser ce modeste travail.

Merci aux membres de mon jury, premiers lecteurs attentifs de ce manuscrit : à mon promoteur **MEZOUAR K.**, à Madame **MEHDID S.** d'avoir présidé ce jury et à Monsieur **GUERFI S.** d'avoir accepté d'examiner de ce travail.

Aussi, je tiens vraiment à remercier Thinhinane de m'avoir soutenu moralement, ainsi ADJAL M. pour son aide.

Merci à ma famille et mes amis. Lorsqu'après cinq ans d'études, je me suis engagé pour trois mois de plus, vous m'avez soutenu avec fierté. Aujourd'hui, si j'écris ces dernières lignes, c'est grâce à vous.

Finalement, merci à vous, lecteurs, pour l'intérêt que vous portez à ce manuscrit.

Je ne sais si vous serez nombreux, mais je vous souhaite une bonne lecture.

# DÉDICACES

# *Dédicaces*

---

*Je Dédie Ce Modeste Travail à mon Père L, ma Mère F  
Et à mes cinq Frères Akli ; Mokrane ; Lounis ; Khelil et Lamine.*

*Cherif*

# TABLE DES MATIÈRES

Table des matières .....	i
Liste des acronymes .....	ii
Liste des figures et tableaux .....	iii
Introduction générale.....	13

## **Chapitre I : PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE**

Introduction .....	15
1. La situation géographique de la zone d'étude.....	15
2. Le contexte topo-morphologique .....	16
2.1.La bande côtière .....	16
2.2.La zone de montagne .....	16
2.3.La vallée d'Oued Djemaa .....	16
3. Les contextes hydrologique et hydrogéologique .....	17
4. Le contexte géologique .....	17
5. Le contexte géomorphologique.....	17
5.1.Les plages .....	17
6. Le contexte bathy-sédimentaire .....	18
6.1.La carte bathymétrique .....	18
6.1.1. Réalisation des profils topographiques.....	18
6.1.2. Interprétation des profils .....	19
6.2.Étude sédimentologique .....	20
6.2.1. La répartition spatiale des dépôts sédimentaires .....	20
6.2.2. Répartition des pélites .....	21
6.2.3. La médiane granulométrique .....	21
6.3.La dynamique sédimentaire dans la baie de Béjaïa .....	22

## **Chapitre II : SIMULATION DE LA RÉFRACTION DE LA HOULE À LA CÔTE**

Introduction .....	24
1. Le contexte hydrodynamique .....	24
1.1.Les vents.....	24
1.2.Les houles. ....	26
1.2.1. La houle au large.....	26
2. Application du modèle SWAN .....	27
2.1.Description du modèle SWAN.....	27
2.2.Les étapes à suivre .....	28
2.3.Compilation des GRID et cartographie .....	29
2.3.1. Aperçu du logiciel Surfer 11 .....	29
Conclusion .....	31

**Chapitre III : ÉVOLUTION DU TRAIT DE CÔTE DES PLAGES DE TICHY**

Introduction .....	33
1. Échelle spatio-temporelle de l'évolution morphologique des systèmes côtiers .....	33
2. Mesure et analyse de l'évolution du trait de côte des plages de Tichy.....	34
2.1.Récolte des plages .....	34
2.2.Moyens et procédure.....	34
2.2.1. Aperçu du logiciel ArcGis9.2.....	35
2.2.2. Calculer les surfaces avec AtcGis9.2 .....	35
2.2.3. Procédure.....	36
3. Résultats et interprétation .....	37
Conclusion .....	39

**Chapitre IV : PROPOSITION DE SOLUTION DE PROTECTION CONTRE L'ÉROSION (GIZC)**

Introduction .....	40
1. GIZC, principe et mise en œuvre .....	40
2. Les acteurs .....	42
3. Les indicateurs .....	43
Conclusion .....	43
Conclusion générale .....	45
Références bibliographiques .....	47
Annexes .....	50

## **LISTE DES ACRONYMES**

<b>A.S.R :</b>	<b>Artificial Surf Reef.</b>
<b>A.N.R.H :</b>	<b>Agence Nationale des Ressources Hydriques.</b>
<b>C.N.L</b>	<b>Commissariat National du Littoral.</b>
<b>C.W</b>	<b>Chemin Wilaya</b>
<b>Dir</b>	<b>Direction.</b>
<b>E.N.M :</b>	<b>Élévation du Niveau de la Mer.</b>
<b>E.P.B :</b>	<b>Entreprise Portuaire de Béjaïa.</b>
<b>Fig:</b>	<b>Figure.</b>
<b>G.I.Z.C :</b>	<b>Gestion Intégrée des Zones Côtières.</b>
<b>G.P.S:</b>	<b>Global Positioning System.</b>
<b>Hsig</b>	<b>Houle Significative.</b>
<b>I.N.C.T:</b>	<b>Institut National de Cartographie et de Télédétection.</b>
<b>Km:</b>	<b>Kilomètres.</b>
<b>L.E.M:</b>	<b>Laboratoire des Études Maritimes.</b>
<b>m:</b>	<b>Mètres.</b>
<b>M.N.T:</b>	<b>Modèle Numérique de Terrain.</b>
<b>N.G.A:</b>	<b>Niveau Général Algérien.</b>
<b>O.N.M:</b>	<b>Office National de Météorologie.</b>
<b>P.N.G</b>	<b>Parc National de Gouraya.</b>
<b>P.O.S:</b>	<b>Plan d'Occupation du Sol.</b>
<b>R.N:</b>	<b>Route Nationale.</b>
<b>S.S.M.O:</b>	<b>Summary of Synoptic Meteorological Observation.</b>
<b>SWAN:</b>	<b>Simulating WAVes Nearshore</b>
<b>Tab:</b>	<b>Tableau.</b>
<b>U.T.M:</b>	<b>Universal Transverse Mercator.</b>
<b>W.G.S:</b>	<b>World Géoïde System.</b>

## **LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX**

**Liste des figures :**

<b>Fig.n°01</b>	Localisation de la zone d'étude	15
<b>Fig.n°02</b>	Carte bathymétrique du littoral Est de Béjaïa	18
<b>Fig.n°03</b>	Profil bathymétrique n°1	19
<b>Fig.n°04</b>	Profil bathymétrique n°2	19
<b>Fig.n°05</b>	Profil bathymétrique n°3	20
<b>Fig.n°06</b>	Carte de la répartition spatiale des pélites entre Cap Carbon et Cap Aokas	21
<b>Fig.n°07</b>	Schéma probable de la dynamique sédimentaire entre Cap Carbon et Cap Aokas	22
<b>Fig.n°08</b>	Fréquences des vents dans la région de Béjaïa, période (1970-2005)	24
<b>Fig.n°09</b>	Roses trimestrielles et annuelle des vents au large des côtes de Béjaïa	25
<b>Fig.n°10</b>	Roses trimestrielles et annuelle des houles au large dans la région Est de l'Algérie	26
<b>Fig.n°11</b>	Insertion du fichier " <i>Input</i> "	28
<b>Fig.n°12</b>	Itération et conception du fichier " <i>Output</i> "	28
<b>Fig.n°13</b>	Propagation des houles du Nord-Est (45°) vers la côte	29
<b>Fig.n°14</b>	Estimation des houles significatives du Nord-Est (45°) vers la côte	29
<b>Fig.n°15</b>	Propagation des houles du Nord (360°) vers la côte	30
<b>Fig.n°16</b>	Estimation des houles significatives du Nord (360°) vers la côte	30
<b>Fig.n°17</b>	Propagation des houles du Nord Nord-Ouest (330°) vers la côte	31
<b>Fig.n°18</b>	Estimation des houles significatives du Nord Nord-Ouest (330°) vers la côte	31
<b>Fig.n°19</b>	Représentation des différentes échelles spatio-temporelles associées à l'analyse en géomorphologie littorale	34
<b>Fig.n°20</b>	Calcul des surfaces sous ArcMap 9.2	35
<b>Fig.n°21</b>	Création des couches sous ArcMap 9.2	36
<b>Fig.n°22</b>	Géoréférencement des couches sous ArcMap 9.2	36
<b>Fig.n°23</b>	Digitalisation du trait de côte sous ArcMap 9.2	36
<b>Fig.n°24</b>	Mesure de surface par la règle numérique sous ArcMap 9.2	37
<b>Fig.n°25</b>	Diagramme de l'évolution annuelle de la ligne de côte de Tichy	38
<b>Fig.n°26</b>	Carte de l'évolution historique du trait de côte de Tichy plages entre 2004 et 2014	38
<b>Fig.n°27</b>	Diagramme des Distances de recul par rapport à chaque transect	39
<b>Fig.n°28</b>	Présentation simplifiée du processus de Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC)	40
<b>Fig.n°29</b>	Présentation systémique des facteurs à prendre en compte pour une gestion de l'érosion en termes de GIZC	41
<b>Fig.n°30</b>	Délimitation de la zone d'étude proposée pour une GIZC	42

**Liste des tableaux :**

<b>Tableau n°1</b>	Bilan des taux de surface d'érosion et d'accumulation du trait de côte de Tichy plages entre 2004 et 2014	37
<b>Tableau n°2</b>	Distances de recul du trait de côte en fonction des transects	39

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

### Introduction générale :

« S'appuyant sur les travaux de la Commission sur l'Environnement Côtier de l'Union Géographique Internationale, **BIRD (1985)** avait estimé que le processus de recul du trait de côte avait affecté à l'époque plus de **70 %** des plages de la planète. Plus récemment, **BEER (1997)** a souligné aussi que l'évolution des littoraux sableux est dominée généralement par une tendance régressive » **FAYE, 2010**. Les études menées ces dernières années dans les différentes régions du monde montrent que la régression des côtes sableuses est un phénomène planétaire.

Avec l'élévation actuelle et future du niveau de la mer, ces problèmes d'érosion devraient s'aggraver surtout sur les côtes sableuses déjà en recul (**IBE et AWOSIKA, 1991 ; NIANG-DIOP, 1993 ; DENNIS et al., 1995 in FAYE, 2010**).

L'importance socio-économique et écologique de la zone côtière Béjaouie en général et des littoraux sableux en particulier dans un contexte de crise environnementale justifie de mener une réflexion sur le fonctionnement, l'évolution ainsi que la gestion de l'utilisation des ressources de l'espace littoral.

L'évaluation des variations spatio-temporelles de la position du trait de côte à l'échelle régionale et locale pose de nombreuses questions d'ordre méthodologique relatives au choix de l'indicateur à utiliser, à la façon de l'extraire et de mesurer sa mobilité à différentes échelles et à partir de données hétérogènes.

L'une des raisons qui nous a motivés à choisir comme sujet de mémoire la région de Béjaïa est le recul spectaculaire de trait de côte, qui a considérablement régressé. A travers ce travail, nous allons dresser un bilan général sur le fonctionnement morphodynamique du « Cœur » de la côte béjaouie, Tichy, et calculer les taux nets d'évolution du trait de côte sur une période de 10 ans.

Ce travail s'insère dans le composant « développement » d'une partie de notre projet de fin d'études d'ingénieur s'intitulant « Fonctionnement et dynamique morpho-sédimentaires du littoral Est de Béjaïa », tout en se basant sur l'évolution historique du trait de côte de Tichy plages à partir de l'imagerie satellitaire et par le biais des SIG.

De manière à traiter ces questions, ce mémoire s'organise en quatre parties.

- La première partie, consacrée à la présentation générale de notre zone d'étude.
- La deuxième partie est réservée à l'application du modèle « SWAN » afin de réaliser une simulation de propagation des vagues sur les côtes de notre site.
- La troisième partie traite de la dynamique, c'est-à-dire l'étude de variation de la ligne de côte à une petite échelle entre 2004 et 2014.
- Enfin la quatrième partie, porte sur une proposition de solution de protection à long terme qui est GIZC (Gestion Intégrée des Zones Côtières) afin de remédier à l'érosion des plages.

# Chapitre I :

## PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

**Introduction :**

Ce chapitre porte sur le contexte général de notre zone d'étude, la frange côtière de Tichy. En premier lieu, nous abordons la situation géographique, ensuite nous passons aux différents contextes : topographique, géologique, géomorphologique, hydrographique et hydrogéologique. L'environnement côtier est gouverné par des facteurs hydrodynamiques; une étude bathymétrique ainsi que les différentes répartitions spatiales des dépôts sédimentaires, pélites et grains moyens sont exposés dans ce chapitre. Enfin, nous concluons par l'anthropisation de la côte.

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

La baie de Béjaïa se localise à l'Est de la ville, elle est comprise entre deux massifs d'âge et de nature différents : Le cap Carbon à l'Ouest et le massif d'El Aouana à l'Est, sa limite méridionale est presque totalement bordée par la chaîne montagneuse des Babors. Notre zone d'étude est la frange côtière de Tichy qui s'étend sur un linéaire estimé à environ sept (6.8km) kilomètres ayant pour coordonnées géographiques: Latitude  $36^{\circ}40'3''$  Nord et Longitude  $5^{\circ}9'36''$  Est. Se délimitant comme suit :

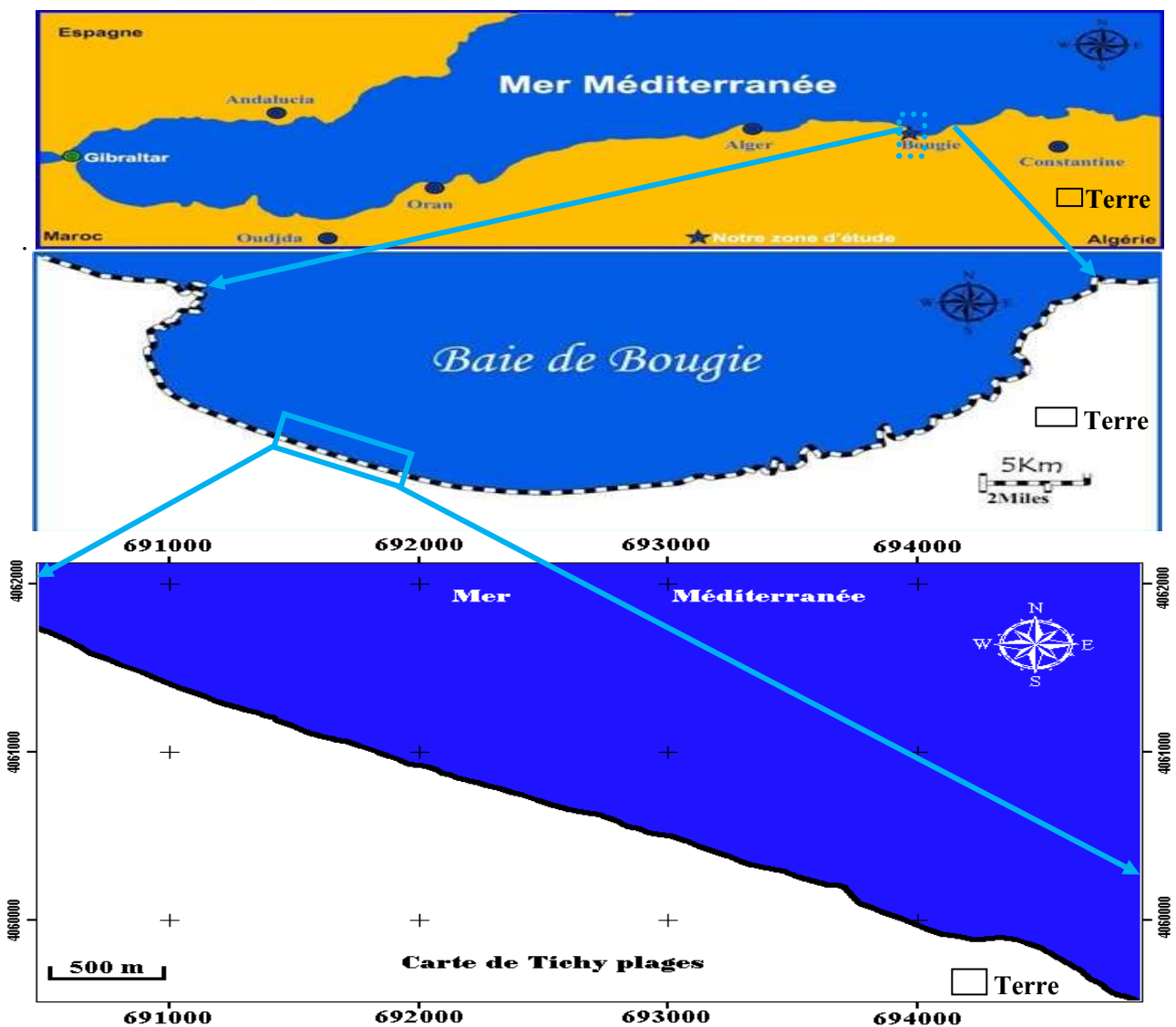


Fig. n°1 : Localisation de la zone d'étude

- Au nord par le plateau continental ;
- À l'ouest par l'Oued Oufalou (limite communale) ;
- À l'est par l'Oued Djemaâ (limite communale) ;
- Au sud par la limite de la forêt de Oued Djemâa qui passe par :
  - Le Village Mahoui, le Village Boussaumar et le Village de Larbia ;
  - La limite longeant l'Oued Djemâa.

### 2. Le contexte topo-morphologique :

Nous tenons d'abord à rappeler que le territoire de la région Tichy se caractérise par la prédominance d'une morphologie de montagnes, de piémonts et de plaines littorales qui relèvent de l'ensemble montagneux des Babors. À noter aussi que le territoire de la zone étudiée, sur le plan topographique présente trois reliefs différents, à savoir : la bande côtière, la zone de montagne et la vallée d'Oued Djemma (**voir annexe 1**).

#### 2.1. La bande Côtière:

Elle s'étend sur 9 Km à partir de l'oued Affalou jusqu'à Oued Djemaa et sur environ 2 Km de la plage jusqu'à Tizi Ahmed. Ce territoire est caractérisé par 2 reliefs bien distincts à savoir : la plaine et la montagne.

- A- La plaine** : où se sont concentrées toutes les constructions le long de la RN n°9, formant ainsi une ville linéaire mais étroite.
- B- La montagne** : qui est située au sud de la plaine, est caractérisée par un relief très accidenté où la densité humaine est moins importante que dans la plaine.

#### 2.2. La Zone de montagne

La zone de montagne est formée essentiellement de deux massifs, à savoir Adrar Hamou et Adrar N'Boudiab dont le point culminant est de 1268 m. Ces deux montagnes sont séparées par l'Oued Djemaa et la seule liaison entre elles se fait par le CW 23A.

#### 2.3. La Vallée d'Oued Djemaa

Cette zone est traversée en longueur par Oued Djemaa, elle a de grandes potentialités agricoles et naturelles (d'après CNL- Béjaïa).

C'est dans cette vallée que se localisent les différents hameaux et lieux dits de la commune.

En général, nous avons à faire une lithologie à faciès différents, il s'agit :

- Des sommets culminants correspondant aux époinements de calcaires jurassique tels que ;
- Djebel Adrar Boudiab et Djebel Bou Amrane.
- Les formations de marno-calcaires et de flychs profondément entaillées par les cours d'eau.
- Les faciès Flyscho-gréseux de l'oligocène présentant un relief nettement moins accusé et très affecté par l'érosion.
- La plaine est comblée par des alluvions anciennes et récentes comprenant des sables, graviers et galets avec un substratum constitué en général par les calcaires du crétaé.

### 3. Les contextes hydrologique et hydrogéologique:

Le réseau hydrographique est essentiellement intermittent et il est constitué de deux types d'oueds qui sont :

- A. Oueds principaux :** (Oued Djemaa et oued Zitouna) ils sont alimentés par de petits oueds à écoulement intermittent, ils prennent leurs sources dans les parties hautes des montagnes et ils s'orientent vers la mer. Plusieurs petits oueds et ravins y affluents.
- B. Les cours d'eau secondaires :** ils constituent la quasi-totalité du réseau hydrographique de Tichy, leurs importance du point de vue nombre est à l'origine du façonnement du relief de la commune.

### 4. Le contexte géologique:

La géologie de Tichy présente un contexte structural complexe qui est dominée par des chainages de formations allochtones à facies flysch, composées de grès et argiles à facies numidien et des argiles associées à des microconglomérats calcaires. Par ailleurs, on relève la présence de formations autochtones, composés de conglomérats hétérogéniques à facies argilo-marneux (**voir annexe 2**).

En général, nous avons à faire une lithologie à facies différents, il s'agit :

- Des sommets culminants correspondant aux époinçements de calcaires jurassique tels que ; Dj Adrar Boudiab et Dj Bou Amrane.
- Les formations de marno-calcaires et de flychs profondément entaillées par les cours d'eau.
- Les faciès Flyscho-gréseux de l'oligocène présentant un relief nettement moins accusé et très affecté par l'érosion.

### 5. Le contexte géomorphologique :

La géomorphologie est une discipline qui a pour objet l'étude, la description et l'explication des formes du relief terrestre, et les processus qui interviennent, spécialement ceux qui entraînent l'érosion, le transport et le dépôt des sédiments.

Quant à la géomorphologie côtière, elle vise à étudier la morphologie de la zone côtière et les processus qui entrent en jeu tels que les vagues, les courants et la marée et façonnent la côte.

Les formes côtières s'expriment par l'existence de grandes et belles plages ouvertes, notamment autour de l'embouchure de l'oued Soummam. Elles se traduisent aussi, par la présence de falaises plus ou moins élevées, soumises par vocation à l'érosion marine, participant ainsi à l'alimentation des plages limitrophes.

#### 5.1. Les plages :

Ces zones basses d'accumulations sont alimentées principalement par les apports d'origine continentale (sédiments allochtones) ou par les produits de l'érosion côtière (sédiments autochtones). La zone côtière de Tichy est constituée de cinq (5) belles plages de sable fin : Hammadites, Tichy stade, Tichy centre, Thassifith et Cité Bensaïd et Taghzouth, ayant respectivement des longueurs de 1.33 km, 1.0 km, 1.5 km, 800 m et 1.0 km.

## 6. Le contexte bathy-sédimentaire :

### 6.1. La carte bathymétrique :

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

La profondeur maximale de la baie de Béjaïa est d'environ 1000 m. Elle se singularise par un plateau peu étendu d'une largeur moyenne de 1.5 km et un glacis continental festonné par d'imposantes criques (Aokas, Béni Segual) d'où partent des vallées sous-marines. (MAZOUZ et HAMANA, 1994 in DJOUDER et SMAOUN, 2011).

Les résultats obtenus pour le levé bathymétrique réalisé durant le stage pratique du PFE, nous ont permis de réaliser une carte bathymétrique de la baie à l'aide du logiciel Surfer (AOUDJ et BOUAZIZ, 2014).

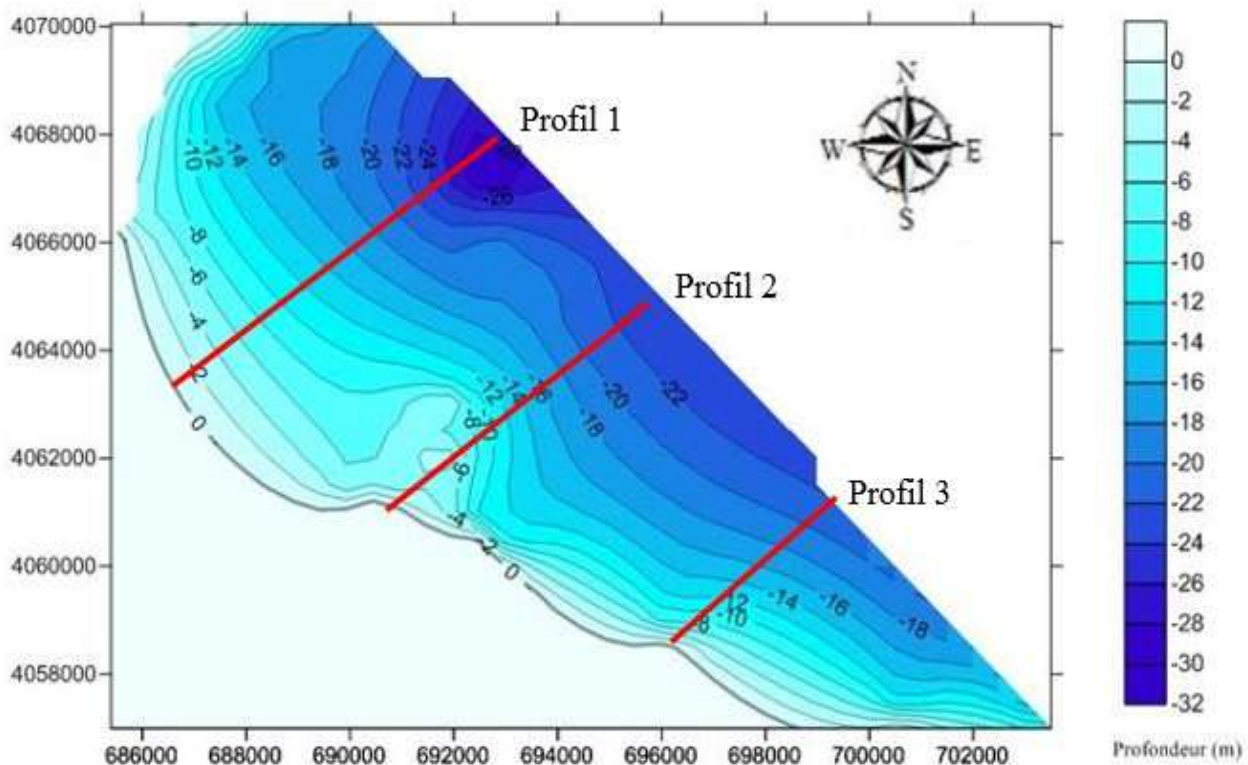


Fig. n°2 : Carte bathymétrique du littoral Est de Béjaïa, (AOUDJ et BOUAZIZ, 2014)

Au premier abord, la carte bathymétrique obtenue montre des isobathes plus ou moins régulières et parallèles à la côte. Les courbes bathymétriques, dans la partie sous-marine des communes littorales d'Aokas et Tichy, sont très rapprochées, ce qui traduit une pente abrupte. Par contre, du côté ouest les courbes sont un plus espacées d'où une pente douce.

#### 6.1.1. Réalisation des profils topographiques :

Partant de Cap Carbon à Cap Aokas, des profils perpendiculaires à la côte ont été tracés afin de cerner la morphologie sous-marine de la zone.

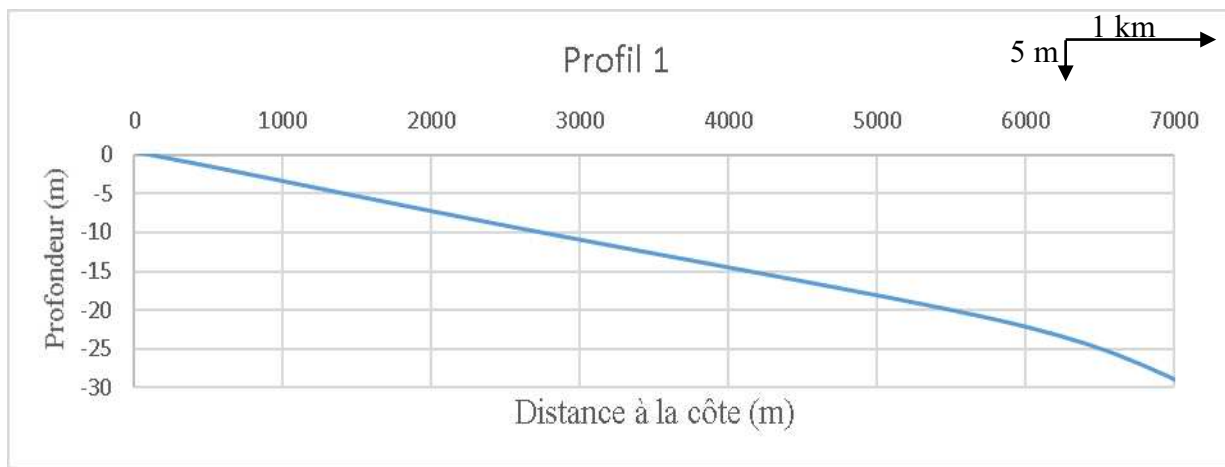
### 6.1.2. Interprétation des profils :

**Profil n°1 :** Le profil descend en pente douce jusqu'à 30 m de profondeur, le tracé est linéaire et régulier, ne présente aucune morphologie de type fosse ou barre sous-marines.

**Profil n°2 :** Le profil descend en pente raide jusqu'à une rupture de pente à une profondeur de -5 m, puis la pente disparaît sur une longueur de 700 m où nous remarquons la présence d'une fosse de lévigation. Ensuite vers -6 m de profondeur, la pente redevient abrupte.

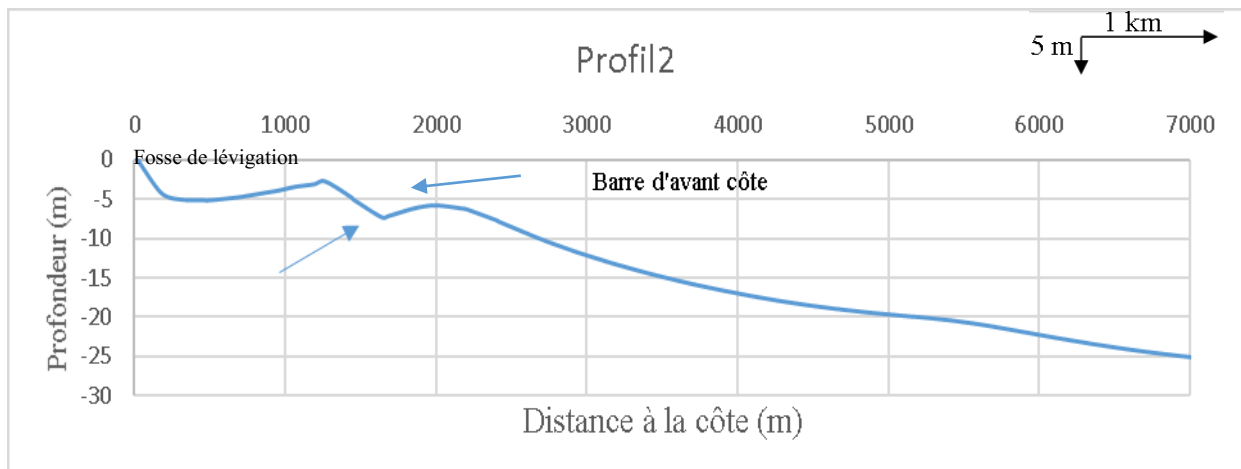
**Profil n°3 :** Le tracé de ce troisième profil est totalement opposé à celui du premier. Le profil descend en pente abrupte jusqu'à -25 m de profondeur, puis en pente douce.

#### Profil 1 :



**Fig.n°3 :** Profil bathymétrique n°1

#### Profil 2 :



**Fig.n°4 :** Profil bathymétrique n°2

#### Profil 3 :

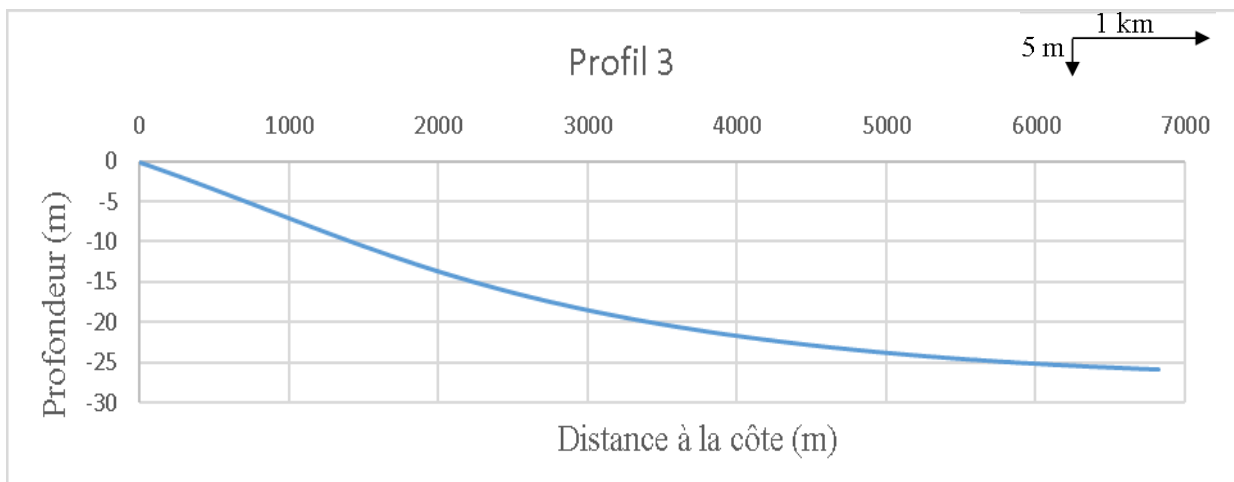


Fig.n°5: Profil bathymétrique n°3

## 6.2. Étude sédimentologique:

D'après Leclair (1972), la couverture sédimentaire dans la baie de Béjaïa est de nature essentiellement siliceuse et argileuse.

La distribution des sédiments est en fonction de la bathymétrie. En outre, elle est caractérisée par trois principaux types de faciès :

Sables et sablons siliceux rencontrés aux faibles profondeurs (0 – 20 m) et ce à partir de la ville de Béjaïa jusqu'à la rive Est de l'oued Agrioun, de plus une extension vers le large (40m) de ce faciès est observé particulièrement entre les embouchures des oueds Soummam et Djemââ.

Le faciès de boues silico-argileuses est au niveau de toute la baie, dominant entre 40 et 80 m de profondeur ;

A partir de 100 m de profondeur et plus les boues silico-argileuses et argilo-siliceuses sont retrouvées.

### 6.2.1. La répartition spatiale des dépôts sédimentaires :

Une étude sédimentaire d'un système littoral donné, nécessite d'effectuer une campagne sédimentologique afin de récolter des échantillons à analyser au laboratoire, et par la suite déduire la répartition spatiale et dynamique de ces mêmes dépôts sédimentaires.

Mais malheureusement dans notre cas, nous n'avons pas pu réaliser cette partie du travail, indépendamment de notre volonté, manque de moyens.

Et pour y remédier, nous exploiterons les résultats d'une étude réalisée par le Laboratoire d'Etude Maritime (L.E.M) en 1998, couvrant notre zone d'étude, de Cap Carbon à Cap Aokas (**voir annexe3**).

### 6.2.2. Répartition des pélites :

La répartition des pélites dans la baie de Béjaïa, suit un schéma classique généralement admis, à savoir une augmentation graduelle des teneurs en pélites de la côte vers le large.

Dans la frange côtière comprise entre 0 et 10 m de profondeur, les teneurs en pélites varient entre 0 et 10%, puis vont en augmentant vers le large pour atteindre des valeurs supérieures à 50%. A l'entrée du port et à l'embouchure de l'Oued Soummam, dès l'isobathe 10 m, les teneurs excèdent les 50%. Ce taux élevé est dû aux grandes quantités de particules fines transportées par l'oued Soummam et l'oued Seghir, ces particules sont transportées par les courants de retour, et peuvent à court terme se déposer dans des zones calmes.

### 6.2.3. La médiane granulométrique :

Entre Cap Carbon et Cap Aokas, la distribution spatiale du grain moyen est en décroissance graduelle de la côte vers le large. La taille des particules sur la frange côtière jusqu'à -5 m de profondeur, varie entre 200 et 500  $\mu\text{m}$ . Vers le large la médiane est aux alentours de 100  $\mu\text{m}$  (voir annexe3).

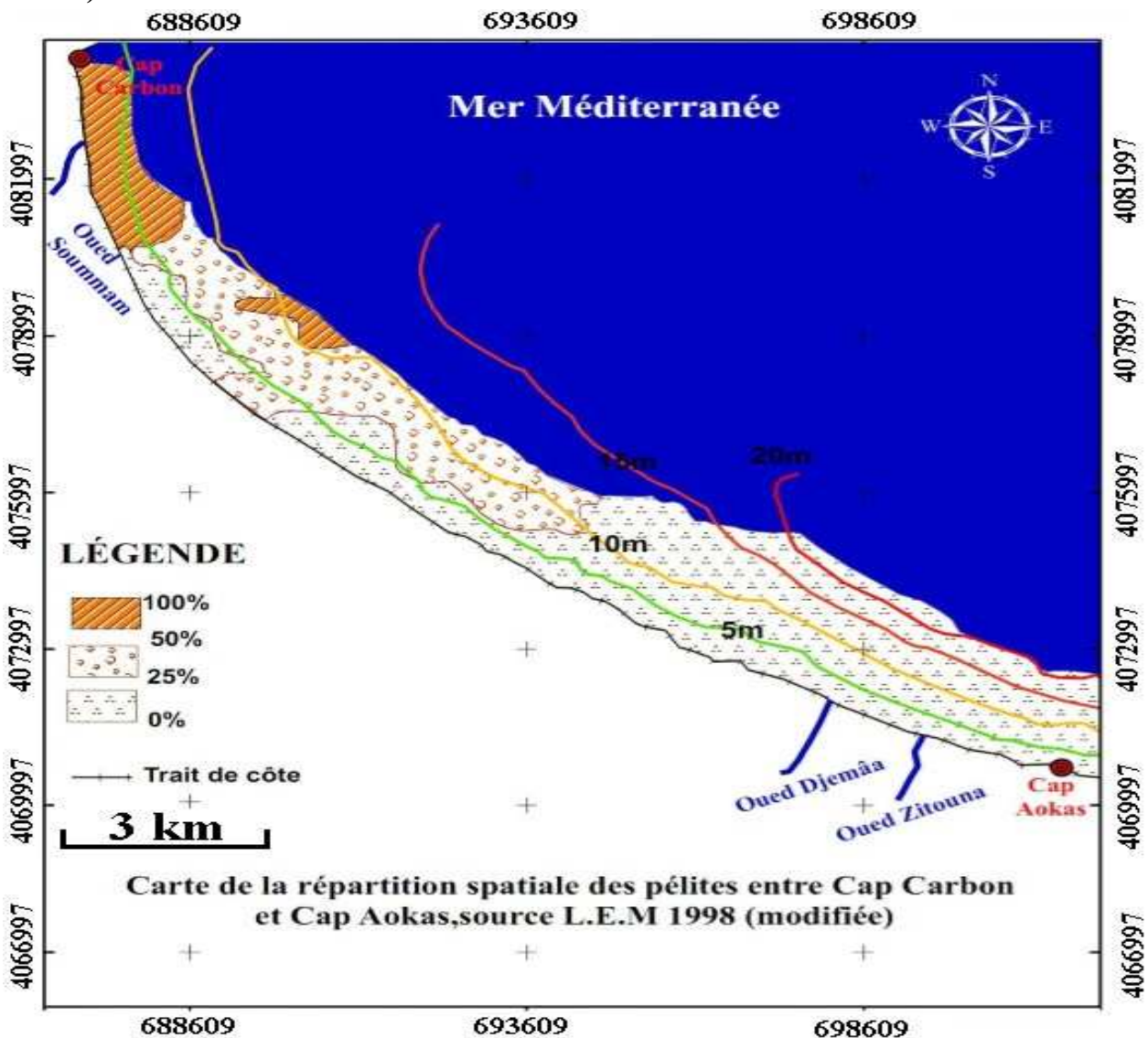


Fig. n°6 : Carte de la répartition spatiale des pélites entre Cap Carbon et Cap Aokas, (L.E.M, 1998), modifiée.

### 6.3. La dynamique sédimentaire dans la baie de Béjaïa:

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

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

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

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

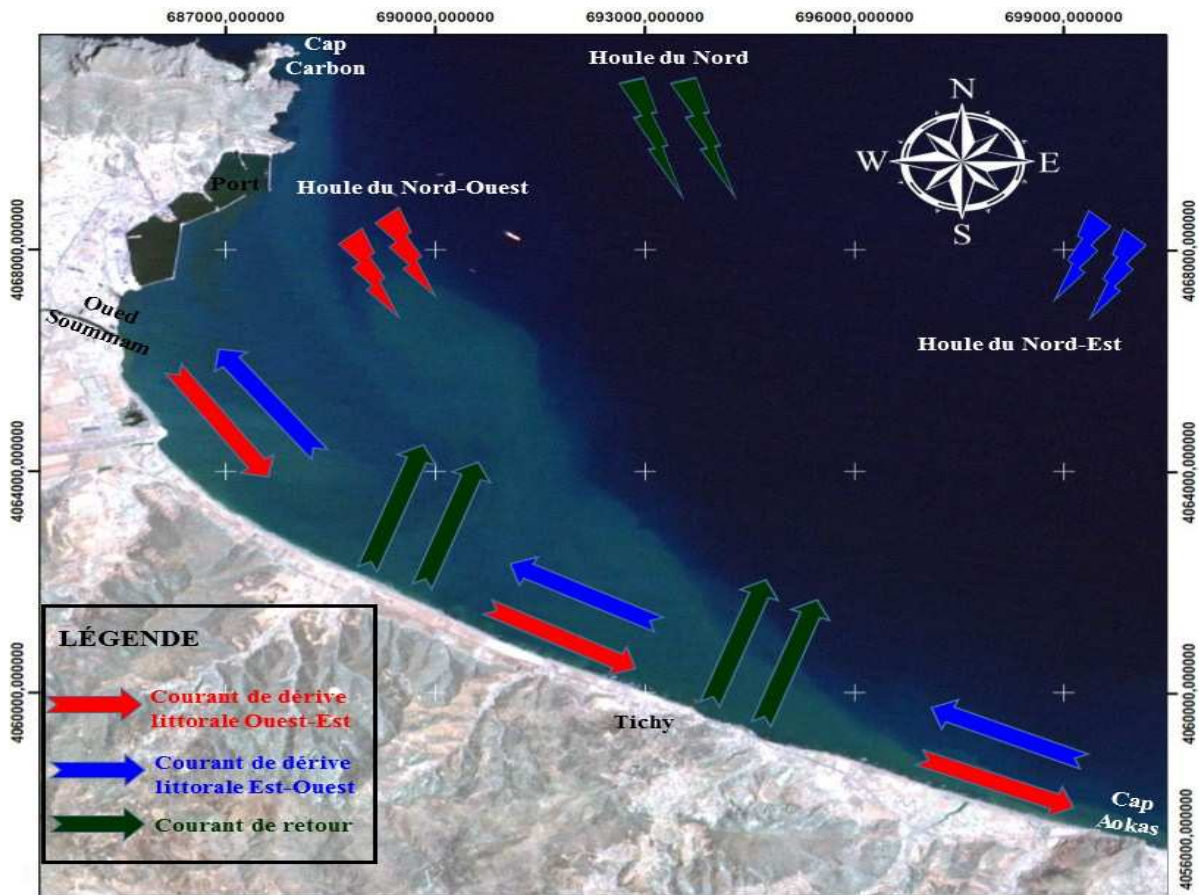


Fig. n°7 : Schéma probable de la dynamique sédimentaire entre Cap Carbon et Cap Aokas, (AOUDJ et BOUAZIZ, 2014)

**Chapitre II :**  
**SIMULATION DE LA RÉFRACTION DE LA**  
**HOULE À LA CÔTE**

**Introduction :**

La conception des cartes de propagation des houles exige une certaine base de données récente et continue dans le temps. Comme nous n'en disposons pas, nous nous sommes contentés des données du Summary of Synoptic Meteorological Observations (SSMO) et des données du LEM (1998).

Dans ce second chapitre, nous allons exposer les facteurs hydrodynamiques qui agissent sur notre zone d'étude, à savoir : les vents et les houles d'une part, et de l'autre nous exploiterons ces derniers afin d'appliquer le modèle de vagues SWAN (Simulating Waves Nearshore), pour arriver enfin à la présentation des différentes cartes produites par le modèle portant sur l'agitation de la houle à la côte en fonction des houles dominantes.

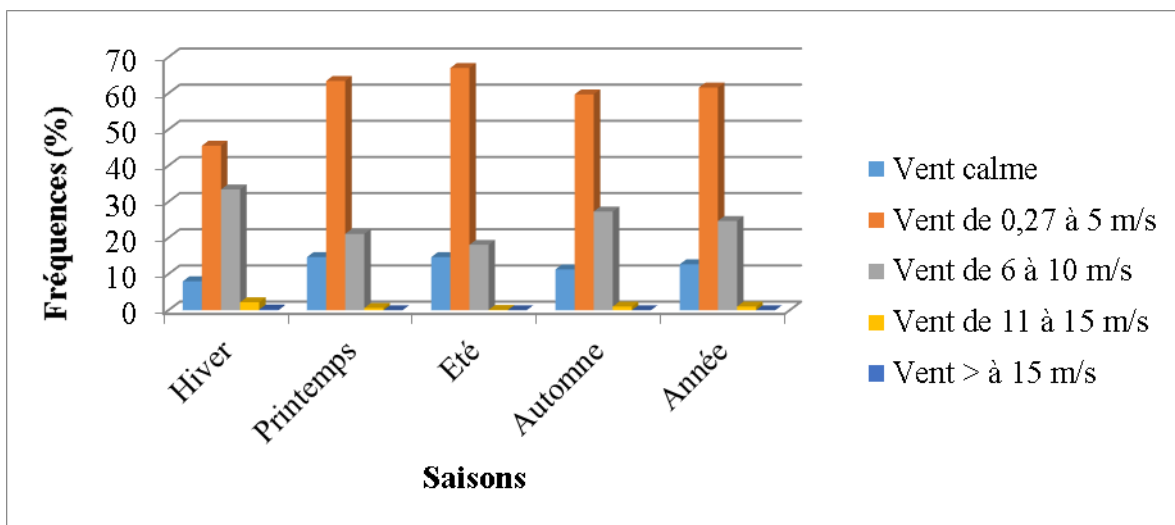
**1- Le contexte hydrodynamique :**

**1.1. Les vents :**

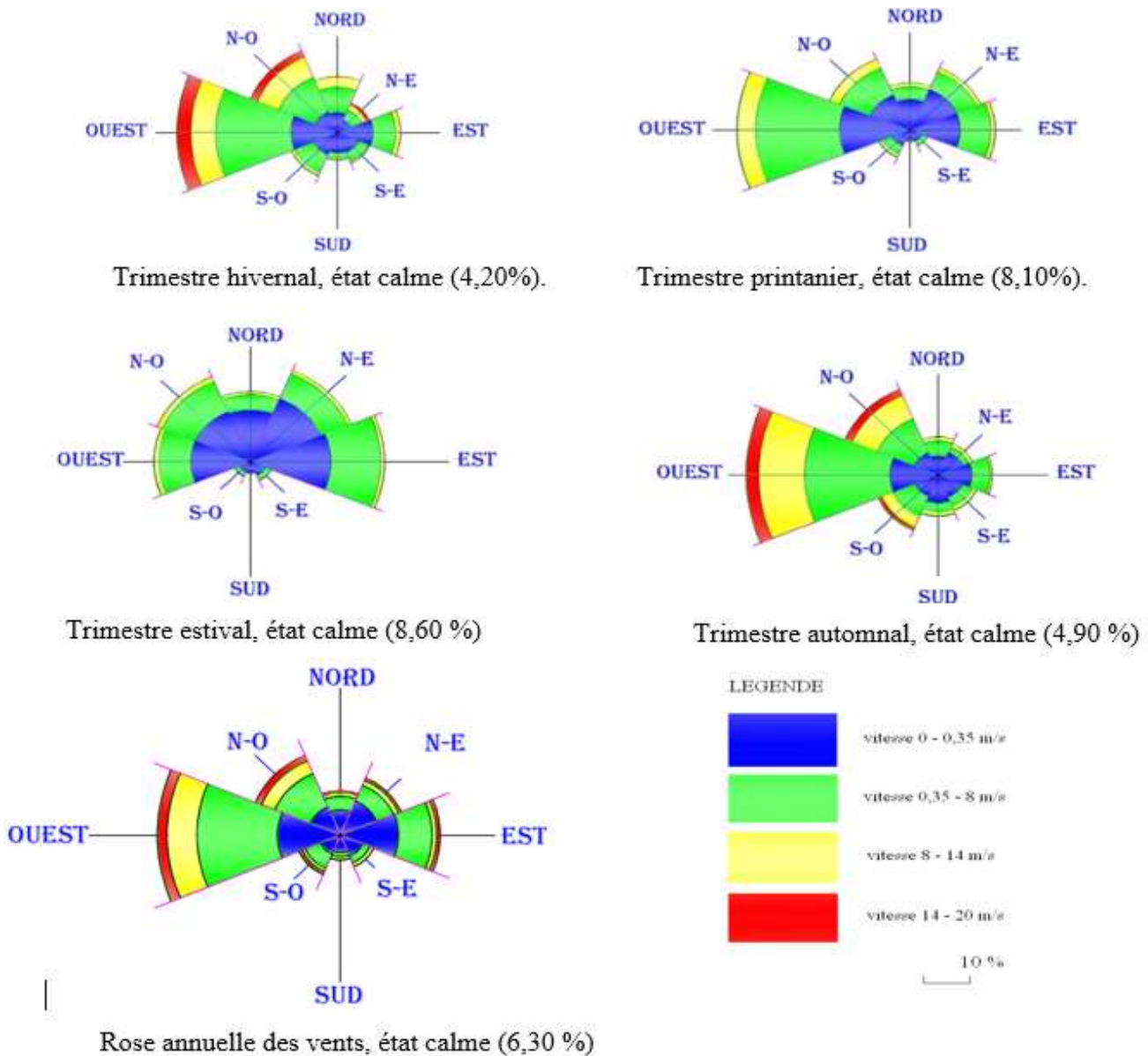
En effet, les vents du secteur Ouest sont canalisés par la vallée de la Soummam qui leur donne son orientation Sud-Ouest – Nord Est : c'est « le vent de la Soummam ».

Les données caractéristiques des vents sont fournies par l'United States of Naval Weather Service Command (U.S.N.W.S.C). D'après les fréquences d'apparition du vent par direction et par classe de vitesse pour chaque trimestre et pour toute l'année et selon les roses trimestrielles et annuelles des vents indiquées sur la (fig.9), on enregistre une prédominance des vents issus des directions W et NW avec des fréquences respectives de 29% et 7% pour les trois trimestres (hiver, printemps et automne).

Les directions N, E et NE sont aussi fréquentes mais avec des fréquences relativement faibles. Une grande partie des vents issus de ces directions ont des vitesses supérieures à 8 m/s. Pour le troisième trimestre (estival), les directions de vent suscitées existent toujours, mais avec une nette prédominance issus des directions E et NE avec des fréquences respectives de 31% et 22 %.



**Fig.8.** Fréquences des vents dans la région de Béjaïa, période (1970-2005), Source ONM.



**Fig.9** : Roses trimestrielles et annuelle des vents au large des côtes de Béjaïa (LEM, 1998)

Il ressort de l'histogramme précédent, ce qui suit :

- Les vents dominants dans la région avec une fréquence de 61,6% proviennent principalement du secteur Ouest en hiver, au printemps et en automne et du secteur Nord Est en été. Ces vents sont faibles, leur vitesse ne dépasse pas 0 à 5 m/s ;
- Les vents d'intensité de 6 à 10 m/s sont aussi fréquents (24,7%), ils sont dominants dans les mêmes directions que ci-dessus ;
- Les périodes calmes représentent les fréquences moyennes suivantes : hiver 8%, printemps 14,7%, été 14,6% et automne 11,3%.

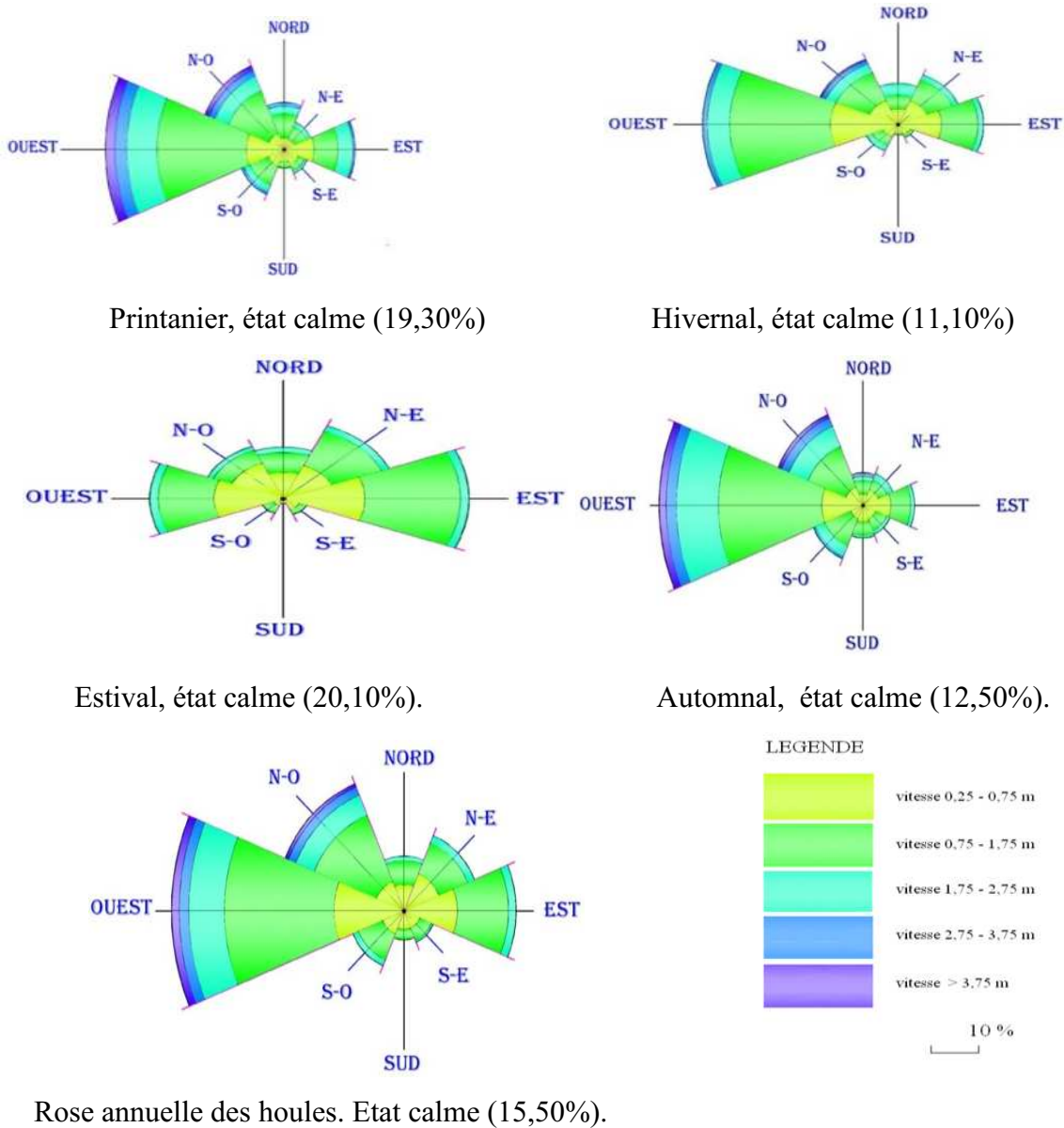
Au total, la fréquence des vents annuels se fait selon les directions dominantes suivantes:

- Sud-Ouest : 22,9% (abstraction faite par des vents calmes)
- Nord-est : 10,6% (abstraction faite par des vents calmes)
- Ouest: 9,2% (abstraction faite par des vents calmes).

## 1.2- Les houles

### 1.2.1- La houle au large

Les données de la houle au large sont celles de « SOMMERY OF SYNOPTIC METEOROLOGICAL OBSERVATION » (S.S.M.O, zone Béjaïa). Ces Données s'étalent sur une période de 8 ans (1963-1970).



**Fig. n°10** : Roses trimestrielles et annuelle des houles au large dans la région Est de l'Algérie, L.E.M 1998 (in DJOUDER et SEMAOUNE, 2011).

Une analyse statistique de ces données de base permet de définir les secteurs prédominants de la houle et leurs amplitudes respectives et de dresser ces roses trimestrielles et annuelles des houles au large des côtes Est-algériennes (**Fig.10**).

- Les houles de l'Ouest, de l'Est et du Nord-Ouest sont les plus fréquemment observées avec des fréquences de 40,1%, 29,20% et 20,40% respectivement ;
- Sur une phase annuelle, les houles d'Ouest sont prédominantes avec une fréquence de 40,1% ;
- Les houles des secteurs Nord et Nord-Est sont les moins observées avec des fréquences de 4,20% et 3,60% respectivement.

D'après ces résultats, les houles qu'on a suggérés pour notre application seront donc : Nord (360°), Nord-Est (45°) et Nord- Nord-Ouest (330°), avec des périodes de houles 6s et 8s.

## 2. Application du modèle SWAN :

### 2.1. Description du modèle SWAN :

SWAN (Simulating WAVes Nearshore) est un modèle d'onde numérique à 2D permettant d'estimer l'agitation des vagues à la côte tout en introduisant les différents paramètres qui agissent sur le site d'étude à savoir la direction du vent, la houle, la période...etc.

Le modèle est basé sur une équation dite WABE : "l'équation de balance d'action des vagues", définit par (STIVE *et al*, 2006) comme suit ;

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial c_x N}{\partial x} + \frac{\partial c_y N}{\partial y} + \frac{\partial c_\sigma N}{\partial \sigma} + \frac{\partial c_\theta N}{\partial \theta} = \frac{S}{\sigma}$$

Où:

N (σ, θ) = densité de l'action des vagues:

T = temps [s]

x = distance dans la direction x [m]

y = distance dans la direction y [m]

σ = fréquence relative [Hz] comme on l'observe dans un cadre de référence se déplaçant avec la vitesse du courant

θ = direction de la vague [degrés]

c<sub>x</sub>, c<sub>y</sub>, c<sub>σ</sub>, c<sub>θ</sub> = vitesses de propagations [m / s] pour respectivement x, y, σ et θ


S = source / puits terme en termes de densité d'énergie

(Génération par le vent, dissipation et non-linéaire onde interactions)

La densité de l'action N (σ, θ) est égale à la densité d'énergie divisée par la fréquence relative: N (σ, θ) = E (σ, θ) / σ.

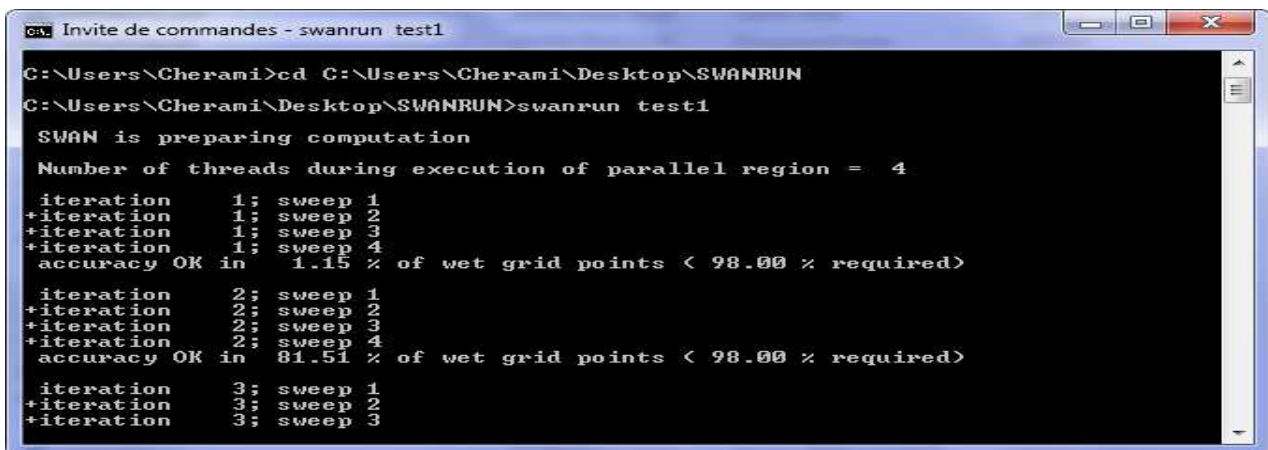
Le premier terme de l'équation représente le taux de variation locale de la densité avec le temps, le deuxième et le troisième terme représentent la surfabilité d'un ASR dans les propagations des vagues irrégulières de la densité dans l'espace d'action. Le quatrième terme représente le décalage de la fréquence relative due aux variations de la profondeur et les courants. Le cinquième terme représente le courant induit par la profondeur ainsi que la réfraction. Les expressions c<sub>x</sub>, c<sub>y</sub>, c<sub>σ</sub>, c<sub>θ</sub> sont prises de la théorie de l'onde linéaire.

## 2.2. Les étapes à suivre :

Pour commencer, le modèle exige un fichier d'entrée SWAN  sous le nom de "test1" comprenant en plus de l'algorithme, les données de bases qui sont : la délimitation de la zone d'étude (coordonnées géographiques en UTM), la hauteur de la houle, l'angle du vent, la période.

Cette étape est schématisée par une capture d'écran comprenant le logiciel Surfer à droite (1), le fichier SWAN à gauche (2) et au milieu la base de donnée commune qui relie les deux fenêtres (**voir annexe 4**).

En ouvrant l'application "swan", on insère : "swanrun test1" comme dans cette figure ;




```

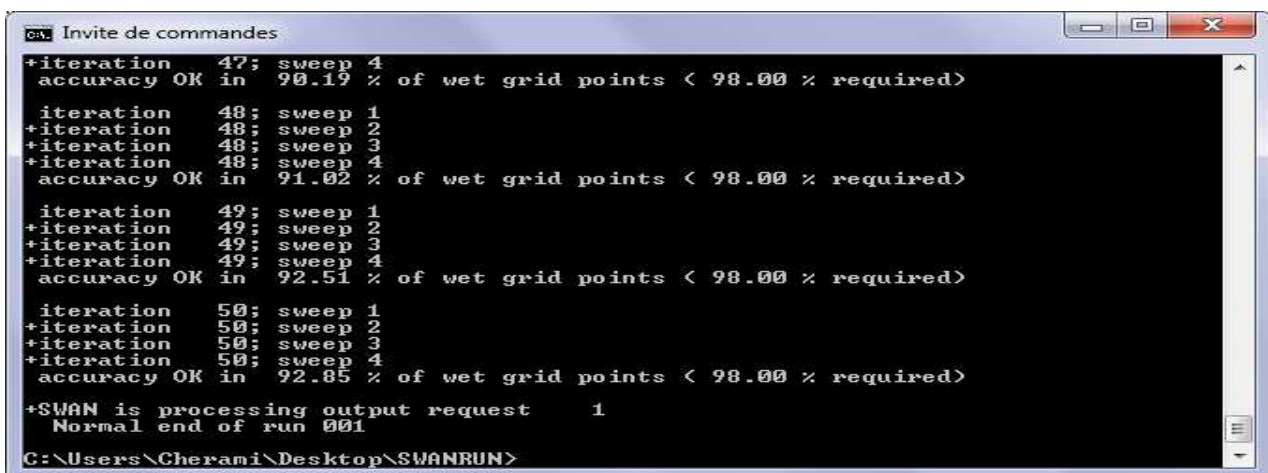
C:\Users\Cherami\Desktop\SWANRUN>swanrun test1

SWAN is preparing computation
Number of threads during execution of parallel region = 4
iteration      1; sweep 1
+iteration     1; sweep 2
+iteration     1; sweep 3
+iteration     1; sweep 4
accuracy OK in  1.15 % of wet grid points < 98.00 % required>
iteration      2; sweep 1
+iteration     2; sweep 2
+iteration     2; sweep 3
+iteration     2; sweep 4
accuracy OK in 81.51 % of wet grid points < 98.00 % required>
iteration      3; sweep 1
+iteration     3; sweep 2
+iteration     3; sweep 3

```

Fig. n°11 : Insertion du fichier "Input"

Après itération y aura ce fichier comme résultante,  qu'on pourra ouvrir à l'aide d'Excel et choisir les deux paramètres qui nous interesse à savoir : la hauteur significative de chaque point ainsi que la direction de propagation des vagues.



```

+iteration     47; sweep 4
accuracy OK in 90.19 % of wet grid points < 98.00 % required>
iteration     48; sweep 1
+iteration    48; sweep 2
+iteration    48; sweep 3
+iteration    48; sweep 4
accuracy OK in 91.02 % of wet grid points < 98.00 % required>
iteration     49; sweep 1
+iteration    49; sweep 2
+iteration    49; sweep 3
+iteration    49; sweep 4
accuracy OK in 92.51 % of wet grid points < 98.00 % required>
iteration     50; sweep 1
+iteration    50; sweep 2
+iteration    50; sweep 3
+iteration    50; sweep 4
accuracy OK in 92.85 % of wet grid points < 98.00 % required>
+SWAN is processing output request 1
Normal end of run 001
C:\Users\Cherami\Desktop\SWANRUN>

```

Fig. n°12 : Itération et conception du fichier "Output"

### 2.3. Compilation des GRID et cartographie :

#### 2.3.1. Aperçu du logiciel Surfer 11 :

Le logiciel "Surfer 11", permet de créer des grilles qui vont interpoler les données irrégulières de nos points X,Y,Z, afin de les ordonner. C'est à partir de ces grilles que l'on pourra créer plusieurs types de cartes : base map, contour map, 3D surface, vector et bien d'autres...

À l'aide du logiciel "Surfer 11", on a créé les couches suivantes: la bathymétrie, la houle significative et la direction de propagation des vagues.

Après la superposition de ces grilles on passe au traitement à l'aide du logiciel ArcGis 9.2, pour arriver à cartographier six (06) cartes suivantes :

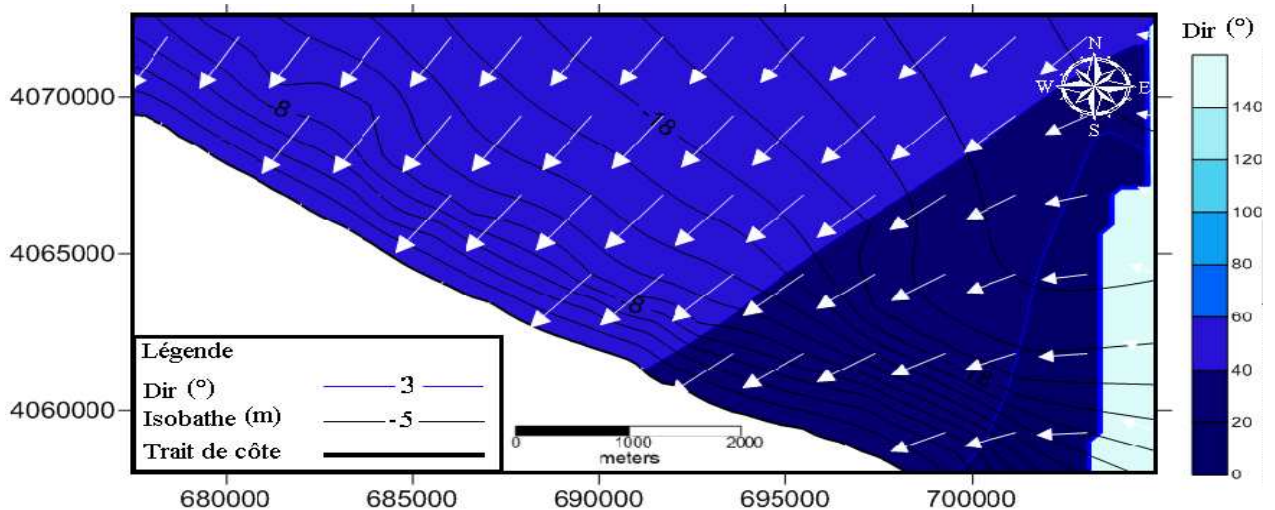


Fig. n°13 : Propagation des houles du Nord-Est (45°) vers la côte

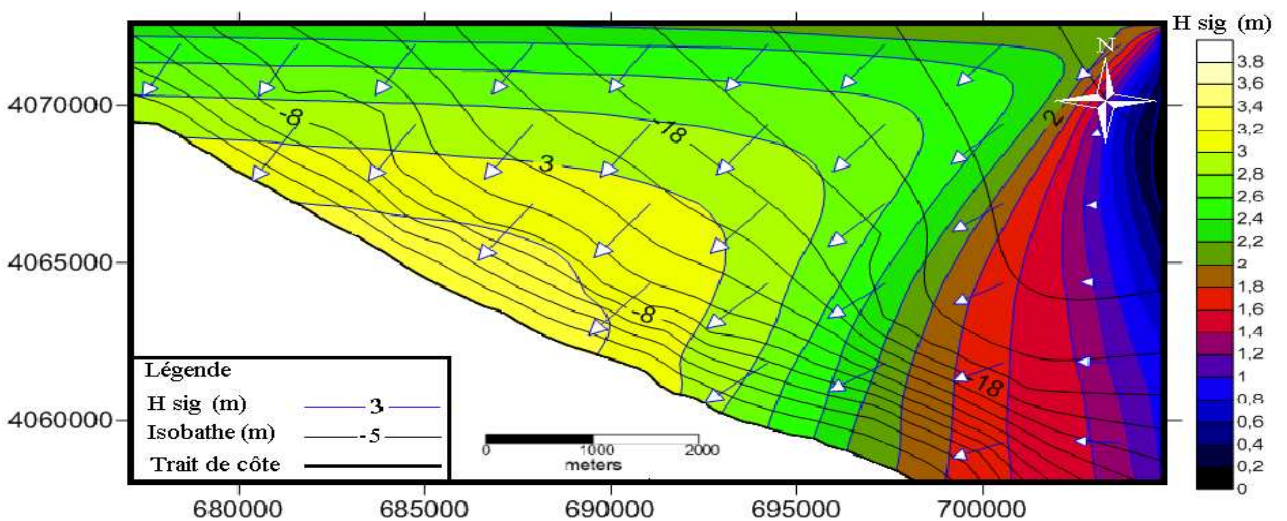


Fig. n°14 : Estimation des houles significatives du Nord-Est (45°) vers la côte

Les figures 13 et 14 représentent les résultats issus de l'application du programme SWAN pour une houle de (45°) avec une période de 8 secondes. La propagation se fait d'une façon presque perpendiculaire, le coefficient de réfraction ( $k_r$ ) est égal à 0,96 d'où ces houles atteignent le trait de côte sans qu'elles changent la direction. Pour les houles significatives, elles varient entre 1m et 4m et se répartissent d'une façon asymétrique et croissante du large par rapport à la diagonale perpendiculaire au trait de côte et atteint un maximum de 4m dans la partie centrale.

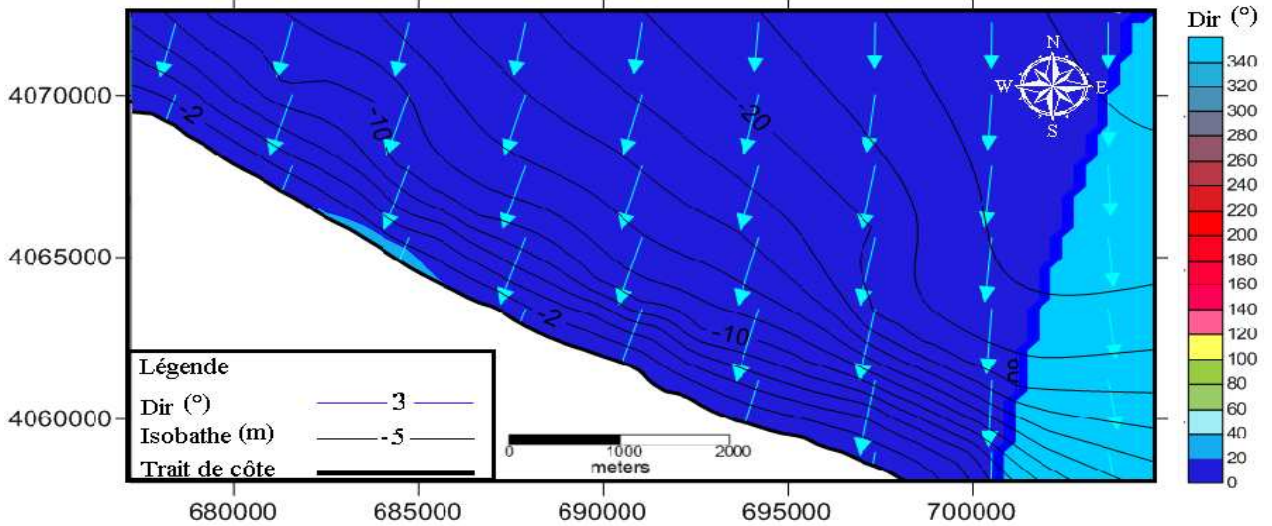


Fig. n°15 : Propagation des houles du Nord (360°) vers la côte

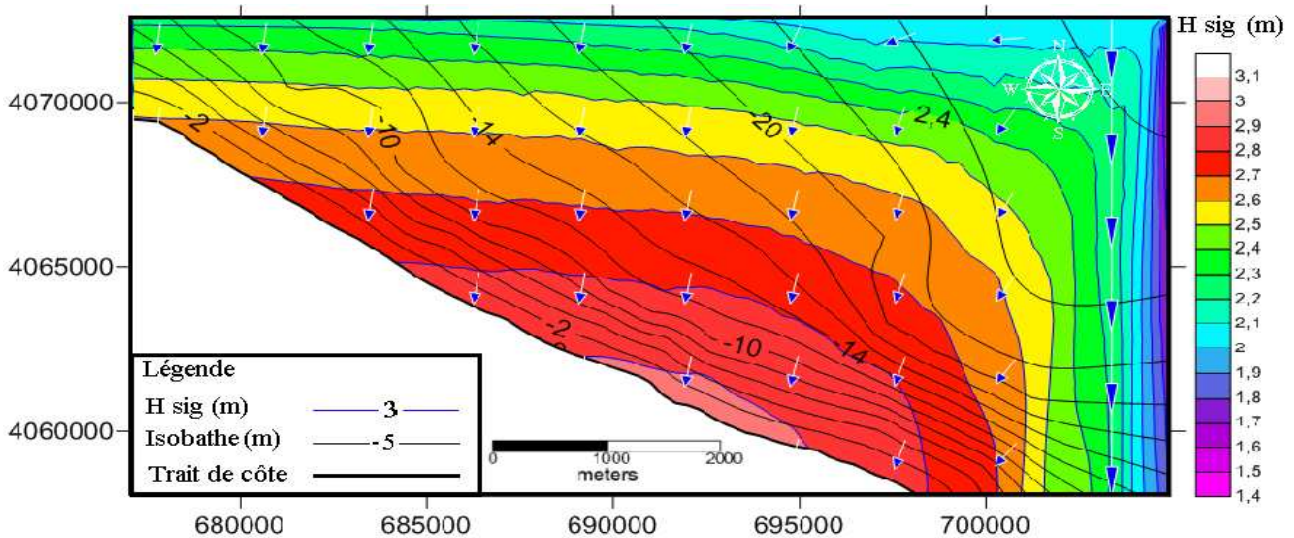


Fig. n°16 : Estimation des houles significatives du Nord (360°) vers la côte

Les figures 15 et 16 représentent les résultats issus de l'application de la réfraction pour une houle de (360°), avec une période de 8 secondes. La propagation se fait d'une façon frontale, le coefficient de réfraction ( $k_r$ ) est égal à 0,89, de ce fait ces houles atteignent le trait de côte sans qu'elles changent de direction. Pour les houles significatives, elles varient entre 1m et 3m et se répartissent d'une croissante du large à la côte et atteint un maximum de 3m dans la partie centrale.

Les figures 17 et 18 représentent les résultats issus de l'application de la réfraction pour une houle de (360°) avec une période de 8 secondes. La propagation se fait d'une façon oblique, le

coefficient de réfraction ( $k_r$ ) est égal à 0,80, de ce fait ces houles atteignent le trait de côte sans qu'elles changent de direction. Quant à la houle significative n'atteint pas pour la quasi-totalité de la zone la valeur de 2.5 m.

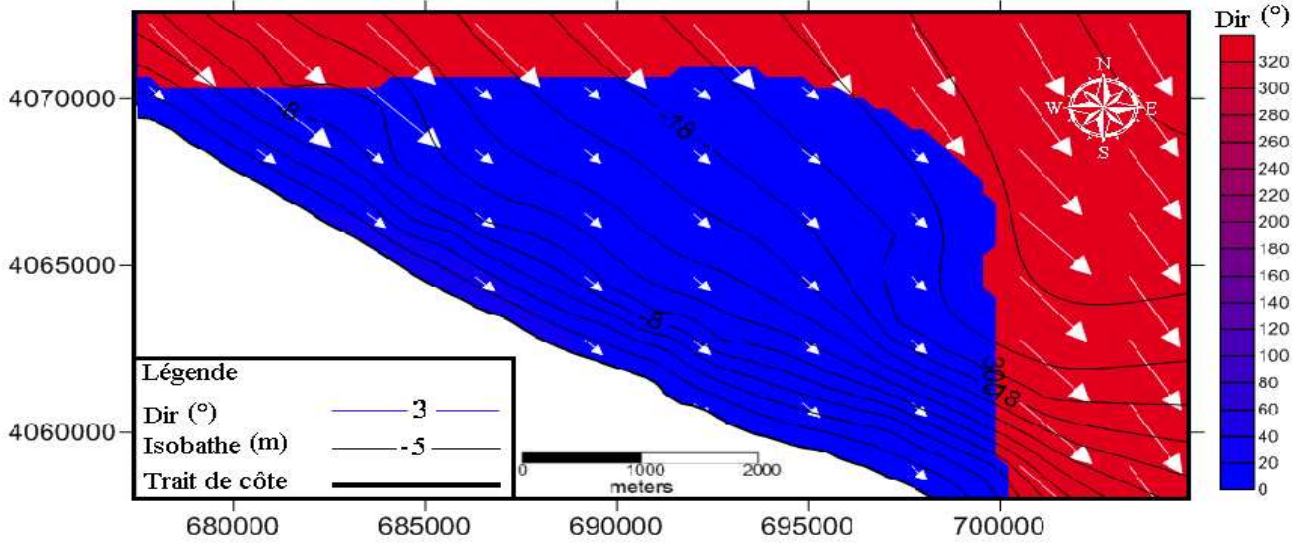


Fig. n°17 : Propagation des houles du Nord Nord-Ouest (330°) vers la côte

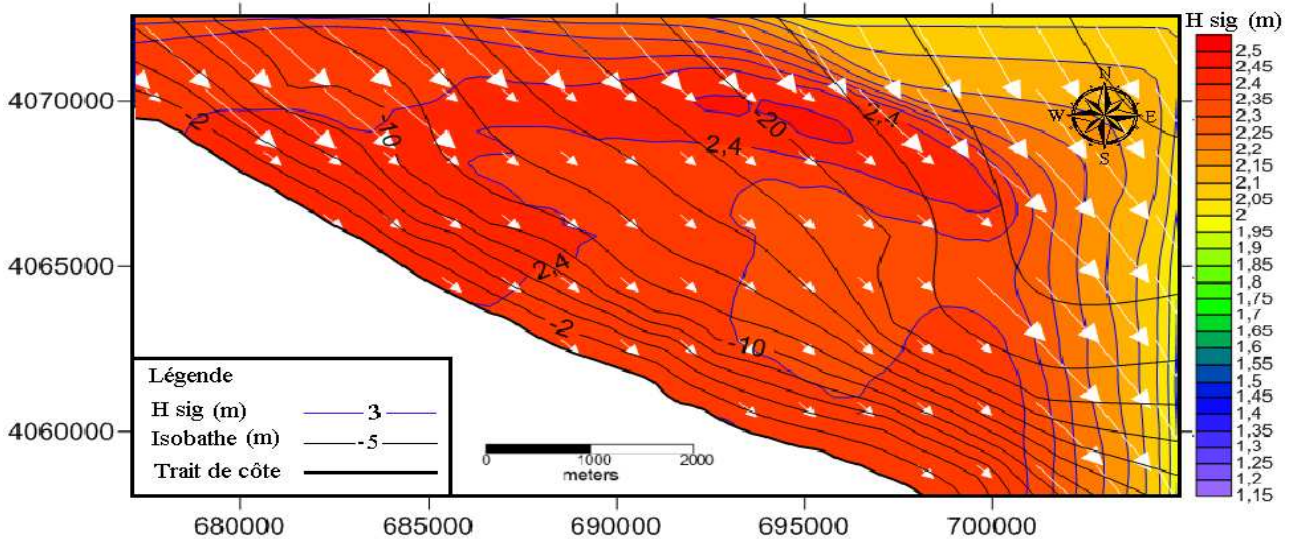


Fig. n°18 : Estimation des houles significatives du Nord Nord-Ouest (330°) vers la côte

### Conclusion:

Le modèle de vague SWAN a été implanté sur le domaine des plages de Tichy afin d'étudier et reproduire les variabilités spatio-temporelles des turbidités de cette zone. Une configuration de type réaliste aboutit à déduire que les résultats des simulations SWAN montrent une concordance avec les résultats de l'analyse de la réfraction des houles (par le LEM). En effet, la côte est atteinte beaucoup plus par la houle du Nord (45°) ce qui confirme le coefficient de réfraction de 0.96, aussi ces houles ne perdent pas d'énergie et atteignent la côte avec une houle significative la plus importante dans cette étude ( $\approx 4m$ ).

**Chapitre III :**  
**ÉVOLUTION DU TRAIT DE CÔTE**  
**DES PLAGES DE TICHY**

## Introduction :

Les conditions climatiques excellentes de Béjaïa et la stabilité économique et sociale du pays, ont généré une affluence massive des touristes qui désirent profiter de la culture, du paysage et des plages Boujiotes. À l'instar de ce qui est arrivé autrefois dans d'autres pays, la pression touristique a donné lieu à la construction de tout un ensemble d'infrastructures sur le littoral (ports de plaisance, hôtels...) qui ont modifié la dynamique naturelle du littoral et produit de graves problèmes d'érosion tout au long de la côte.

L'expansion touristique et une prise de conscience collective ont fait de la compréhension de l'évolution du littoral une priorité en termes d'aménagement côtier. Une protection efficace des plages contre l'érosion marine nécessite une compréhension des processus physiques qui interagissent dans la zone littorale, et des différentes échelles spatio-temporelles correspondantes.

Ces dernières décennies, de nombreuses approches ont été développées pour tenter de prédire l'évolution morphodynamique des plages sableuses, parmi elles nous abordons une approche incluant les SIG et l'imagerie satellitaire. Nous avons appliqué cette démarche sur le linéaire côtier de Tichy plages qui s'étale sur environ 5 km, sur une période de 10 ans, de 2004 et 2014.

### 1. Échelle spatio-temporelle de l'évolution morphologique des systèmes côtiers :

En fonction de l'échelle de temps à laquelle il est étudié, le comportement morphodynamique d'un système côtier peut être très variable. A chaque échelle de temps est associée une échelle spatiale fonction de l'amplitude volumique des changements morphologiques mis en jeu. Dans le cas d'un système côtier, l'existence d'une relation linéaire entre l'amplitude des évolutions spatiales du système et l'échelle temporelle associée peut être supposée (**DE VRIEND, 1991** in **DJOUDER et SMAOUN, 2011**). Il découle de cette relation une hiérarchisation spatio-temporelle des processus dynamiques qui contrôlent l'évolution de la zone côtière (Fig 19) (**KROON, 1994**, in **DJOUDER et SMAOUN, 2011**).

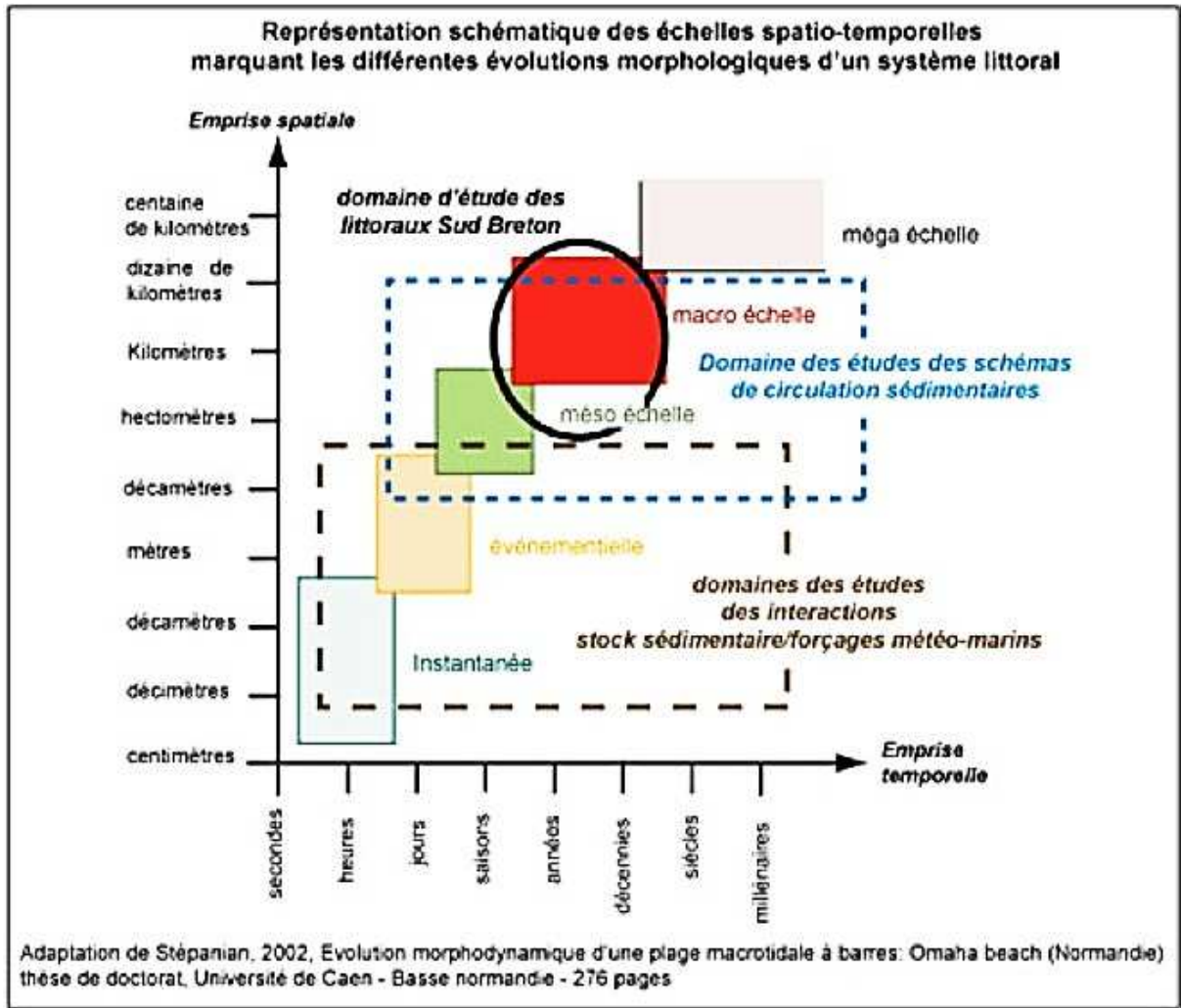
Selon la nomenclature de **DE VRIEND**, on peut en particulier distinguer les échelles suivantes:

**La micro-échelle ou échelle des processus** qui concerne les processus physiques, constitutifs de la houle, des courants ou du transport sédimentaire, et agissant à une échelle plus courte que celle du comportement morphodynamique correspondant.

**La méso-échelle ou échelle dynamique** qui concerne le comportement morphodynamique dû à l'interaction entre les processus physiques et la topographie. Elle permet de dater, entre autre, la propagation de corps sédimentaires ou encore la migration des barres.

**La macro-échelle ou échelle de tendance** qui concerne les tendances ayant lieu à une échelle de temps plus longue que celle des comportements morphodynamiques primaires. Ces tendances peuvent être dues aux variations saisonnières de comportement ou à l'évolution

progressive des forçages extérieurs (évolution du marnage, élévation du niveau moyen de la mer).



**Fig. 19** : Représentation des différentes échelles spatio-temporelles associées à l'analyse en géomorphologie littorale (d'après les travaux de COWELL et THOM, 1994 in PIAN, 2010).

## 2. Mesure et analyse de l'évolution du trait de côte des plages de Tichy

### 2.1. Récolte des données :

Nous avons pu nous procurer cinq (05) images satellitaires à l'aide de Google Earth, qui est un logiciel SIG, et cela sur une période allant de 2004 jusqu'à 2014.

D'après la hiérarchisation spatio-temporelle représentée par la figure 19, il s'agira bien d'une méso-échelle ; une dizaine d'années (10 ans) et quelques kilomètres (5Km).

### 2.2. Moyens et procédure :

Pour étudier l'évolution du trait de côte du littoral Est de Béjaïa, nous avons utilisé le logiciel ArcGis 9.2.

### 2.2.1. Aperçu du logiciel ArcGis 9.2 :

ArcGIS est l'un des logiciels SIG les plus utilisés. Ce logiciel offre de nombreuses potentialités pour la manipulation, la gestion, l'analyse et l'édition des données spatiales.

Différentes couches d'informations spatiales peuvent être manipulées offrant la possibilité d'analyser une ou plusieurs couches sous le contrôle des autres. Le seul lien entre ces différentes couches est le lien spatial, c'est-à-dire, l'appartenance au même espace géographique et ayant le même système de coordonnées. (SOUDANI, 2006 in ASBAI, 2013).

Le logiciel ArcGIS 9.2 comprend trois applications principales : ArcCatalog, ArcMap, et ArcToolbox.

**ArcCatalog** : est un explorateur de données tabulaires et cartographiques offrant des outils de gestion et d'organisation analogues à ceux offerts par les systèmes d'exploitation comme WINDOWS ou DOS (copier, renommer, effacer, créer des icônes, etc.). Il est vivement conseillé d'utiliser ArcCatalog pour effacer les fichiers car ces fichiers sont accompagnés d'autres fichiers que l'explorateur de Windows, s'il est utilisé, ne permet pas de les effacer automatiquement. ArcCatalog permet aussi de visualiser les données tabulaires et des couches géographiques ainsi qu'une exploration des différents thèmes qui les constituent.

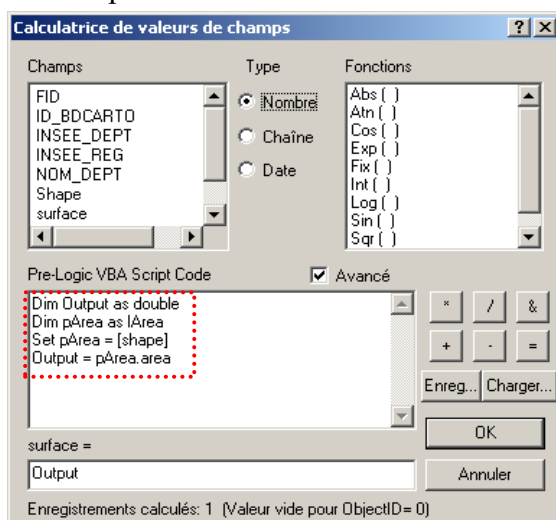
**ArcMap** : est l'application fondamentale du logiciel ArcGIS. Elle contient une boîte à outils, organisés sous forme de modules indépendants (extensions), permettant de gérer, manipuler, analyser et éditer les différentes couches d'informations de la base de données.

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

### 2.2.2. Calculer les surfaces avec ArcGis 9.2 :

Pour calculer des surfaces dans ArcGIS 9.2 :

Créer un champ surface, puis dans la table attributaire cliquer gauche sur ce champs, choisir « calculer les valeurs », cocher la case « avancé », puis dans Pre-Logic VBA Script Code, écrire le script suivant :



```
Dim Output as double
Dim pArea as IArea
Set pArea = [shape]
Output = pArea.area
```

En dessous de l'intitulé "surface=", écrire la variable correspondante, dans notre cas il s'agit de Output.

Et là, les valeurs de surface seront calculées automatiquement pour tous les objets de la classe d'entité.

Fig.n°20 : Calcul des surfaces sous ArcMap 9.2

2.2.3. Procédure :

Sous ArcCatalog, nous avons créé quatre (05) couches "layers" pour chaque année.

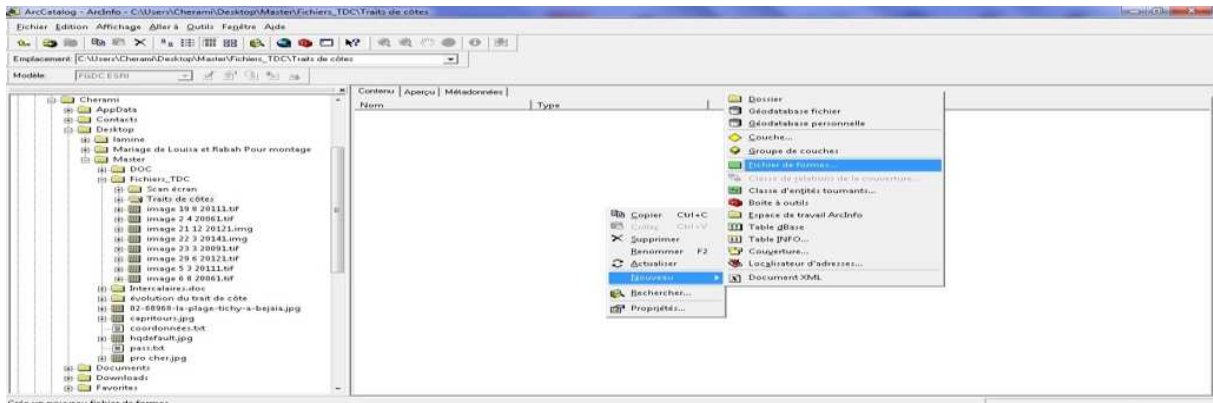


Fig.n°21 : Création des couches sous ArcMap 9.2

Puis, nous les avons géoréférencées sous le système de coordonnées horizontales projetées: Nord\_Sahara\_1959\_UTM\_Zone\_31N.

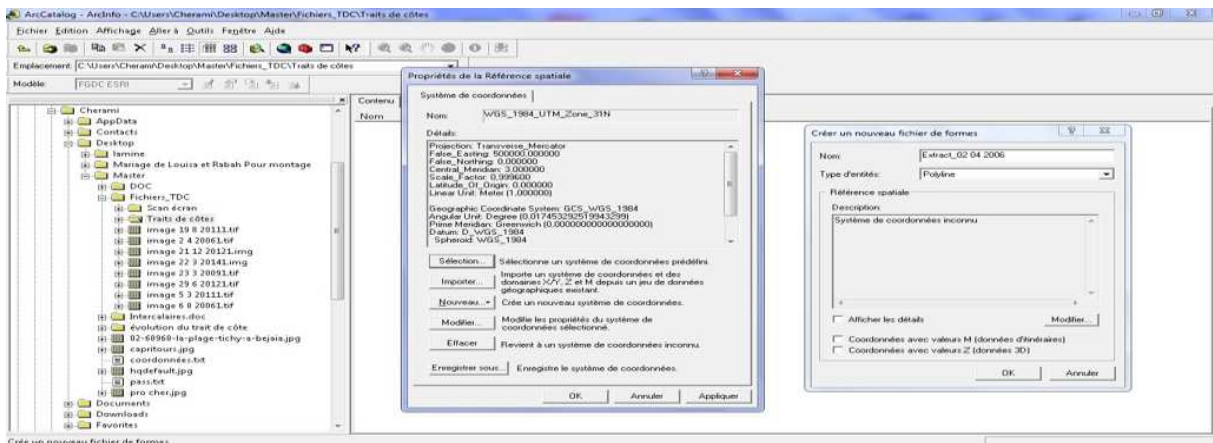


Fig.n°22 : Géoréférencement des couches sous ArcMap 9.2

A l'aide d'ArcMap, nous avons pu digitaliser les traits de côte des cinq cartes (2004, 2006,2009, 2012 et 2014).

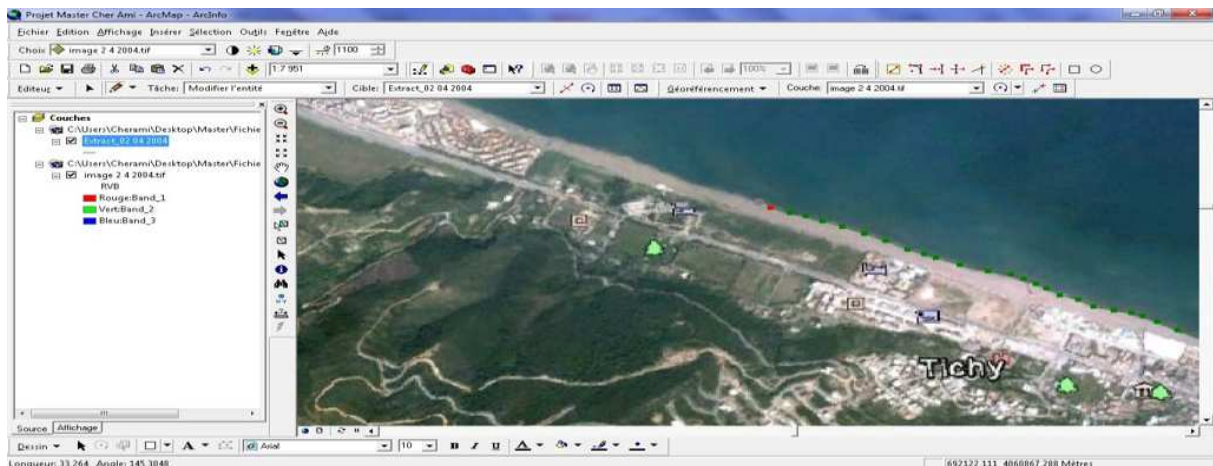


Fig.n°23 : Digitalisation du trait de côte sous ArcMap 9.2

Afin d'obtenir les taux d'érosion et d'accrétion, nous avons rajouté des transects (au nombre de 52) ayant 500 m de longueur, équidistants de 100 m et perpendiculaires par rapport à la ligne de base, qui est parallèle au tracé de 2004 et la distance entre les deux et de 100 m

Une autre couche, sous le nom "*évolution.shp*", a été créé dans le but de réunir et superposer les tracés des traits de côte issus de la digitalisation deux à deux.

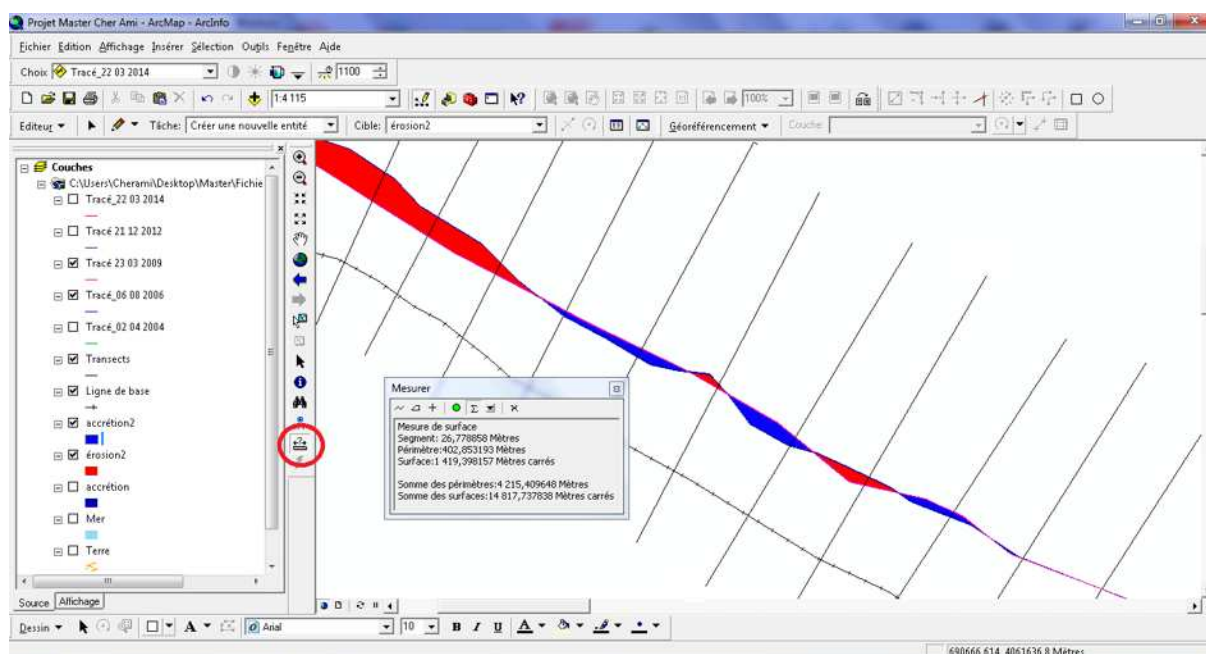


Fig.n°24 : Mesure de surface par la règle numérique sous ArcMap 9.2

À l'aide de la règle numérique, nous avons obtenu les différentes surfaces des polygones, représentant les surfaces d'érosion et d'accumulation, issues lors de la superposition des cinq traits de côte. Les résultats sont portés sur le tableau ci-dessous :

### 3. Résultats et interprétation

Tab n°01 : Bilan des taux de surface d'érosion et d'accumulation du trait de côte de Tichy plages entre 2004 et 2014

Les périodes	Taux d'érosion (*10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> )	Taux d'accrétion (*10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> )	Moyenne (érosion/accrétion) (* 10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> )	Taux moyen annuel (* 10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> /an)
2004-2006	13,06411	22,25614	(+) 9,19203	(+) 3,93944252
2006-2009	25,32587	14,81774	(-) 10,50814	(-) 4,067665299
2009-2012	27,90109	27,57472	(-) 0,32637	(-) 0,1186804135
2012-2014	110,46319	0,471591019	(-) 109,99160	(-) 87,99327935
2004-2014	176,75426	65,12019	(-) 111,63407	(-) 11,25721746

D'après le tableau ci-dessus, le bilan général de l'état d'évolution des surfaces est estimé à une perte de **111 634,07 m<sup>2</sup>**, durant une période de 10 ans, soit **(-) 11 257,21746 m<sup>2</sup>/an**.

L'analyse du tableau N°01 et de l'histogramme suivant montrent d'une façon synthétique, que dans notre zone d'étude l'érosion a pris l'avantage sur l'engraissement.

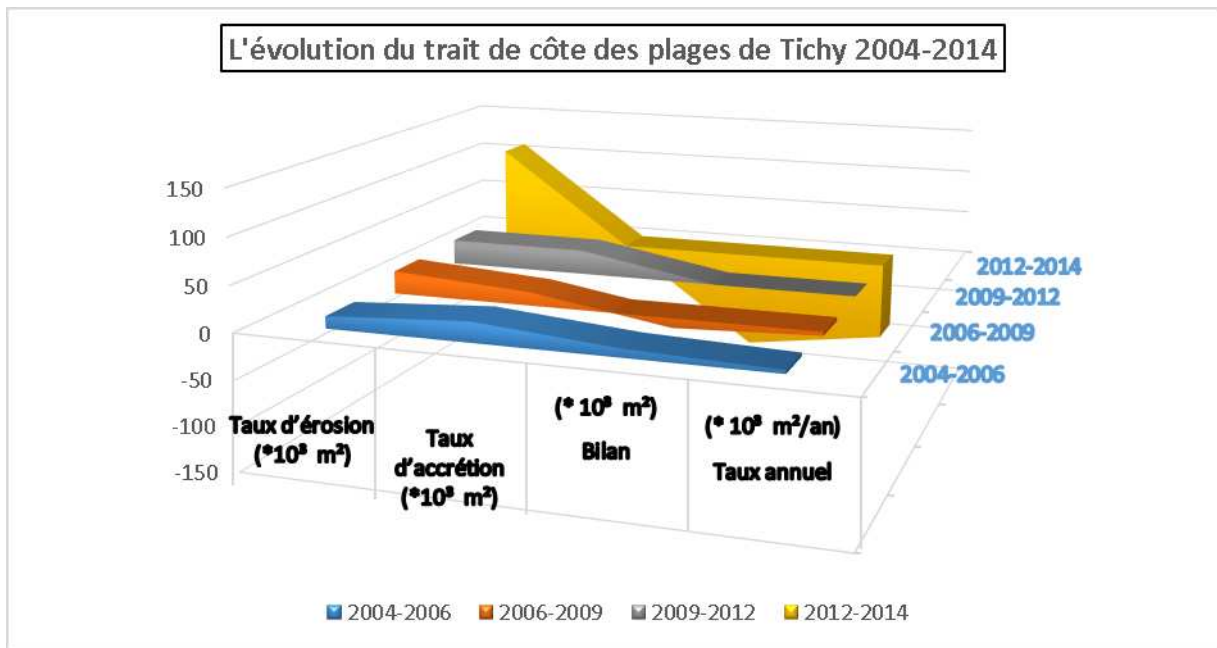


Fig. n°25 : Diagramme de l'évolution annuelle de la ligne de côte de Tichy

Le diagramme ci-dessus exprime les différents taux d'érosion interannuels estimés en moyenne, dont le taux minimum est de  $(-0,118 \cdot 10^3 \text{ m}^2/\text{an})$  durant une période de trois ans (2009-2012) d'une part. D'autre part le taux maximum  $(-8,799 \cdot 10^3 \text{ m}^2/\text{an})$  s'étale sur une période de deux ans (2012-2014). À citer l'unique accumulation de  $(3,939 \cdot 10^3 \text{ m}^2/\text{an})$  ayant lieu durant la période (2004-2006) qui a pris fin depuis.

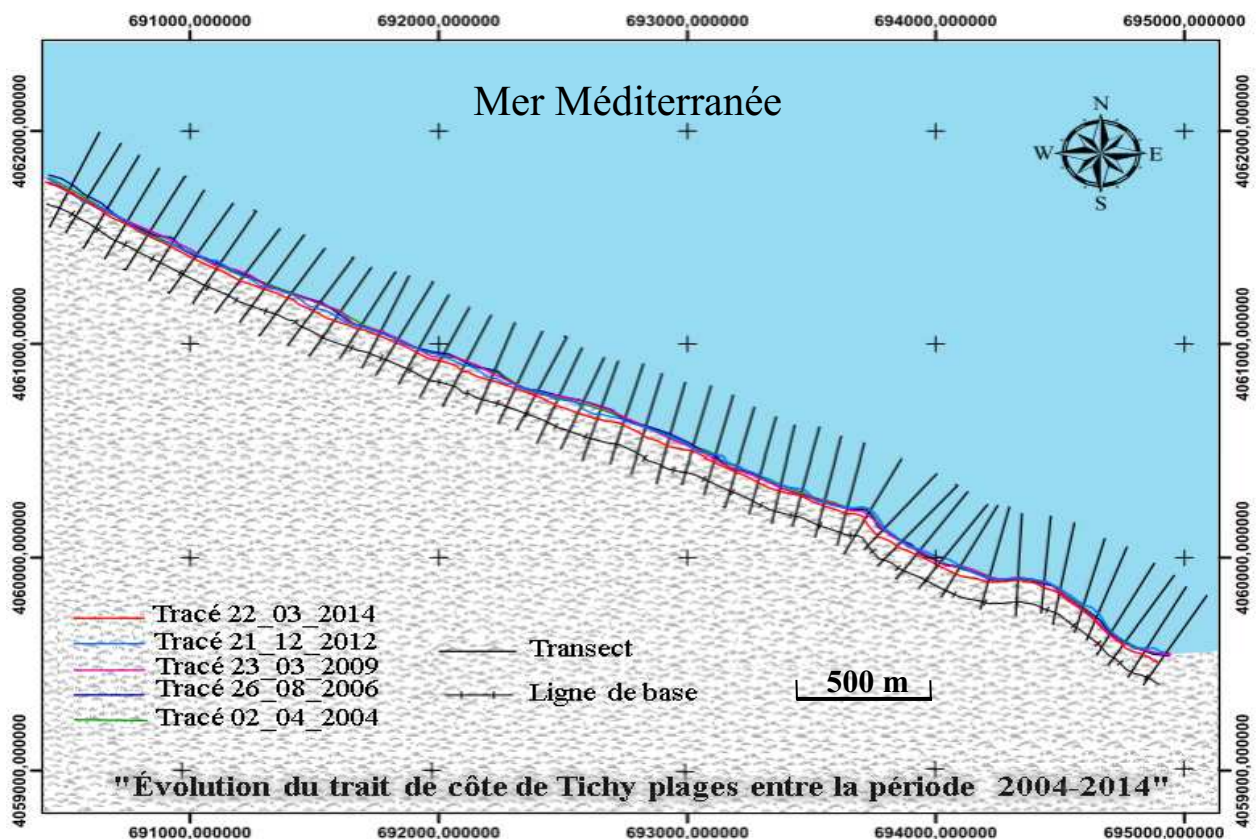


Fig. n° 26 : Carte de l'évolution historique du trait de côte de Tichy plages entre 2004 et 2014.

En effet, toutes les plages de Tichy présentent une récession nettement supérieure comparée à l'accrétion.

Et pour bien montrer les différents points de calcul de ce recul, on a mesuré cette distance par rapport à chaque transect au nombre de 52 représentés dans le tableau suivant :

Tab n°02: Distances de recul du trait de côte en fonction des transects

N° Trns	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Dist (m)	11,75	9,35	11,52	7,17	9,31	13,6	17,91	20,7	25,30	26,84	29,85	39,67	26,53
N° Trns	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Dist (m)	29,58	18,9	15,91	18,8	35,4	42,1	43,36	22,2	26,08	36,88	48,27	46,10	35,02
N° Trns	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Dist (m)	47,97	49,5	51,07	21,8	24,7	28,9	29,51	30,4	37,90	17,40	35,08	31,06	47,16
N° Trns	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
Dist (m)	20,95	18,1	32,10	23,6	5,38	19,0	22,09	18,2	15,97	13,00	24,81	20,82	41,65

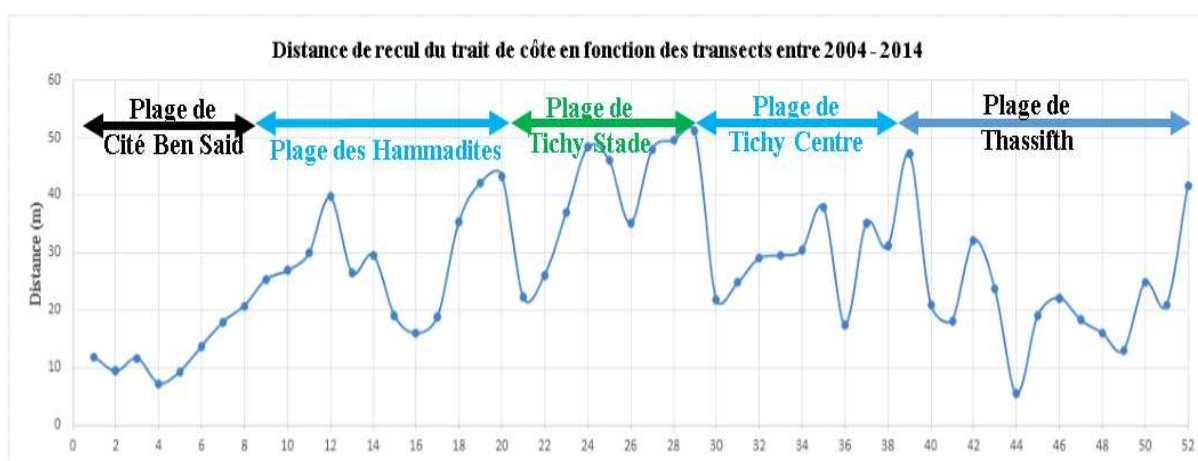


Fig. n° 27 : Diagramme des Distances de recul par rapport à chaque transect

La figure précédente représente le diagramme des distances de recul par rapport à chaque transect. Le recul est élevé et atteint son maximum à la plage de Tichy stade (-60m) durant la dernière décennie et le minimum est marqué à (-5m) au niveau des plages de Thassifh et de Cité Ben Saïd.

### Conclusion:

En effet, l'évolution du trait de côte des plages de Tichy est marquée par une érosion très intense au niveau de la plage de Tichy centre, notamment la disparition de la plage de Thassifh. Ceci pourrait bien être expliqué par des facteurs régissant la dynamique sédimentaire de la zone et les facteurs anthropiques.

Ainsi, la méthode mise en place repose sur une combinaison d'analyse spatiale, rendue possible à partir des fonctionnalités analytiques proposées par les SIG. Bien qu'essentiellement qualitative, un des atouts essentiels de cette démarche méthodologique réside dans les possibilités de mettre en relation, à l'échelle des systèmes littoraux et en prenant en compte la totalité des linéaires côtiers, des évolutions géomorphologiques représentées par les variations du trait de côte avec les caractéristiques des contraintes exercées sur la côte.

**Chapitre IV :**  
**PORPOSITION DE SOLUTION DE**  
**PROTECTION (GIZC)**

**Introduction :**

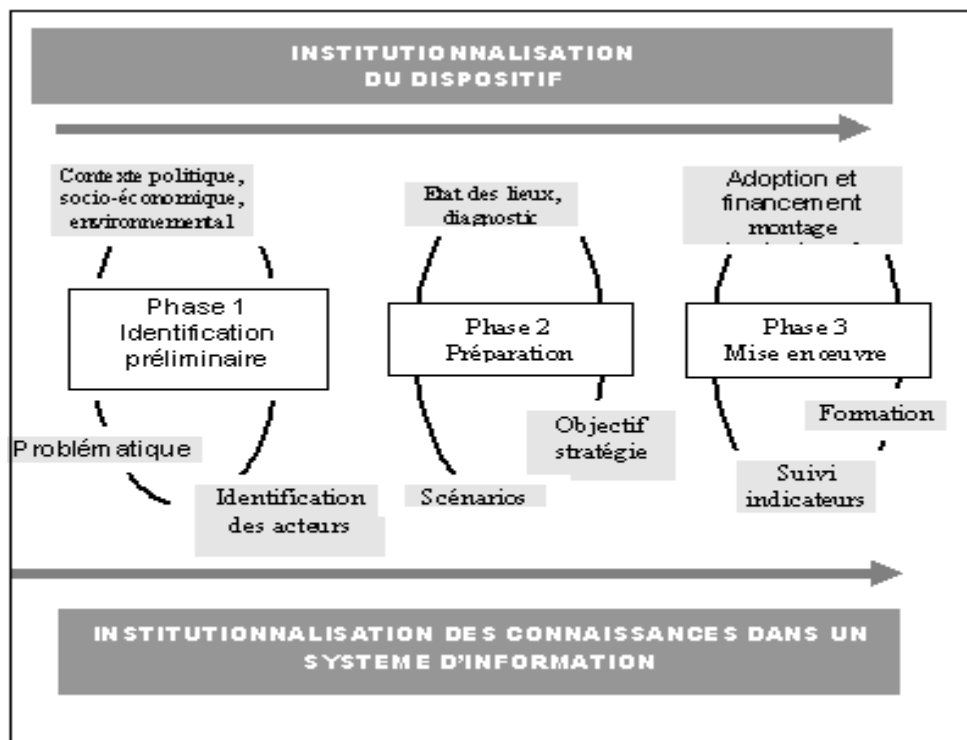
Le linéaire côtier de Tichy plages recule de plus en plus, et des fois même il y'a disparition de ses belles plages. Pour y remédier, on ne va pas se contenter de « la seule solution », tout en étant « ponctuel », par une mise en place des brise-lames immergés pour garder leur aspect esthétique. Or, il faut verser dans la durabilité pour mieux cibler le futur souhaitable d'où la proposition d'une GIZC.

Dans ce chapitre, nous allons voir un aperçu général sur ce que signifie la GIZC, comment elle doit être mise en œuvre, par qui, avec quels moyens à fin de « freiner » cette érosion qui entrave les plages en général et celles de Tichy en particulier.

**1. GIZC, principe et mise en œuvre :**

Vu la complexité du système littoral, il est très difficile de donner une définition plénière de la GIZC. *“La GIZC implique une manière de penser le territoire et d'agir sur lui en favorisant un développement harmonieux et reposant sur le maintien d'un équilibre dynamique à long terme entre les ressources du milieu et leur usage par les sociétés humaines.”* (M. LE TIXERANT, 2004).

Le principe de la GIZC est d'associer, des acteurs multiples autour d'un projet commun dans le but de partager un diagnostic sur la situation d'un territoire, puis de définir de manière concertée les objectifs à atteindre et, enfin, de conduire les actions nécessaires.



**Fig. n°28 :** Présentation simplifiée du processus de Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC) (d'après COI – UNESCO, 2001 in ROUSSEL, 2006)

L'intégration implique de poursuivre simultanément plusieurs objectifs, éventuellement de nature différente, parfois contradictoires, souvent non hiérarchisés.

Elle impose notamment de prendre en compte :

- Tous les *secteurs d'activités*, économiques ou non, dès lors qu'ils utilisent l'espace ou les ressources marines, ou qu'ils impactent le milieu marin et littoral ;
- Les différentes *échelles de temps*, puisque la gestion vise des objectifs à long terme, à travers des actions naturellement à court ou moyen terme ;
- Tous les *acteurs* concernés : États, collectivités littorales, acteurs économiques, citoyens, experts.

D'après le schéma précédent la mise en œuvre de la GIZC se résume sur les étapes suivantes :

(i) l'identification des problèmes ; (ii) l'analyse et programmation des actions en parallèle de l'évaluation des stratégies de gestion ; (iii) la définition d'un document cadre détaillé ; (iv) et enfin, la mise en œuvre.

La prise de conscience de la complexité du processus s'est d'abord traduite par d'importants efforts d'intégration de l'information. Ainsi, la Figure 2 présente la structure systémique du système d'information littoral élaboré en appui à la politique de gestion intégrée de l'érosion mise en œuvre par le Département de l'Hérault (Richard, 2005). Ce cadre fonctionnel permet, dans l'esprit de la GIZC, d'organiser la collecte et la synthèse des données pour l'évaluation des politiques de gestion de l'érosion côtière.

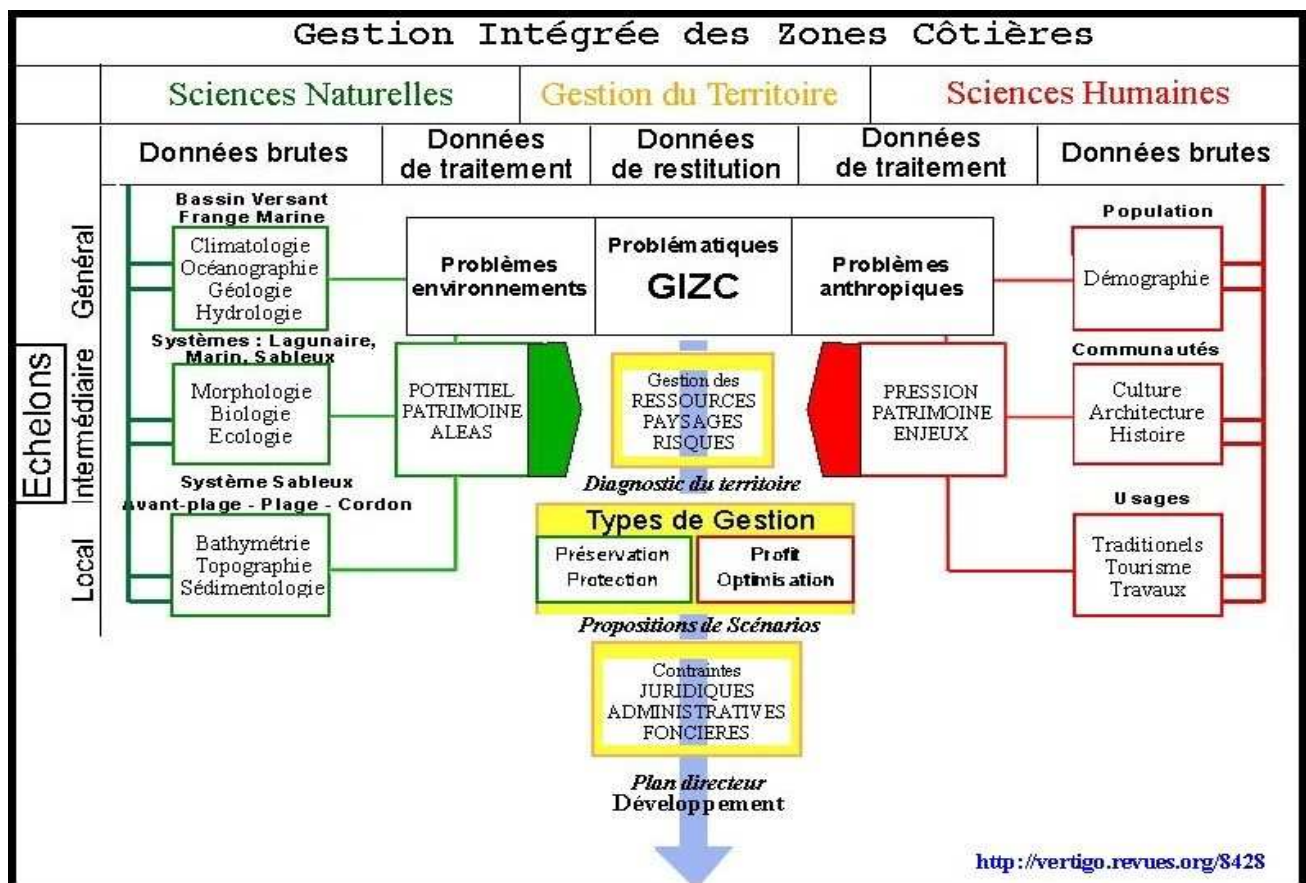


Fig. n°29 : Présentation systémique des facteurs à prendre en compte pour une gestion de l'érosion en termes de GIZC. (Source : RICHARD, 2005 in ROUSSEL *et al*, 2006)

En se référant à des données antérieures, le littoral Béjaoui connaît une érosion très importante, voire disparition de quelques plages (Bougie plage, plage de Sidi Ali Lebhar et plage de Thassifth el Marssa). Cela confirme que la frange côtière de Béjaïa demeure l'exemple numéro un (01) d'érosion des plages à travers tout le littoral Algérien.

Toute l'unité physiographique est concernée en vue de délimiter cette zone, il s'agit bien de la Baie de Béjaïa. Cette dernière est comprise entre deux départements administratives, qui sont : Béjaïa et Jijel et qui comprennent les neuf communes littorales suivantes : Béjaïa, Boukhelifa, Tichy, Aokas, Souk El Tennine, Melbou, Ziama Mansouriah, El Aouana et Jijel.

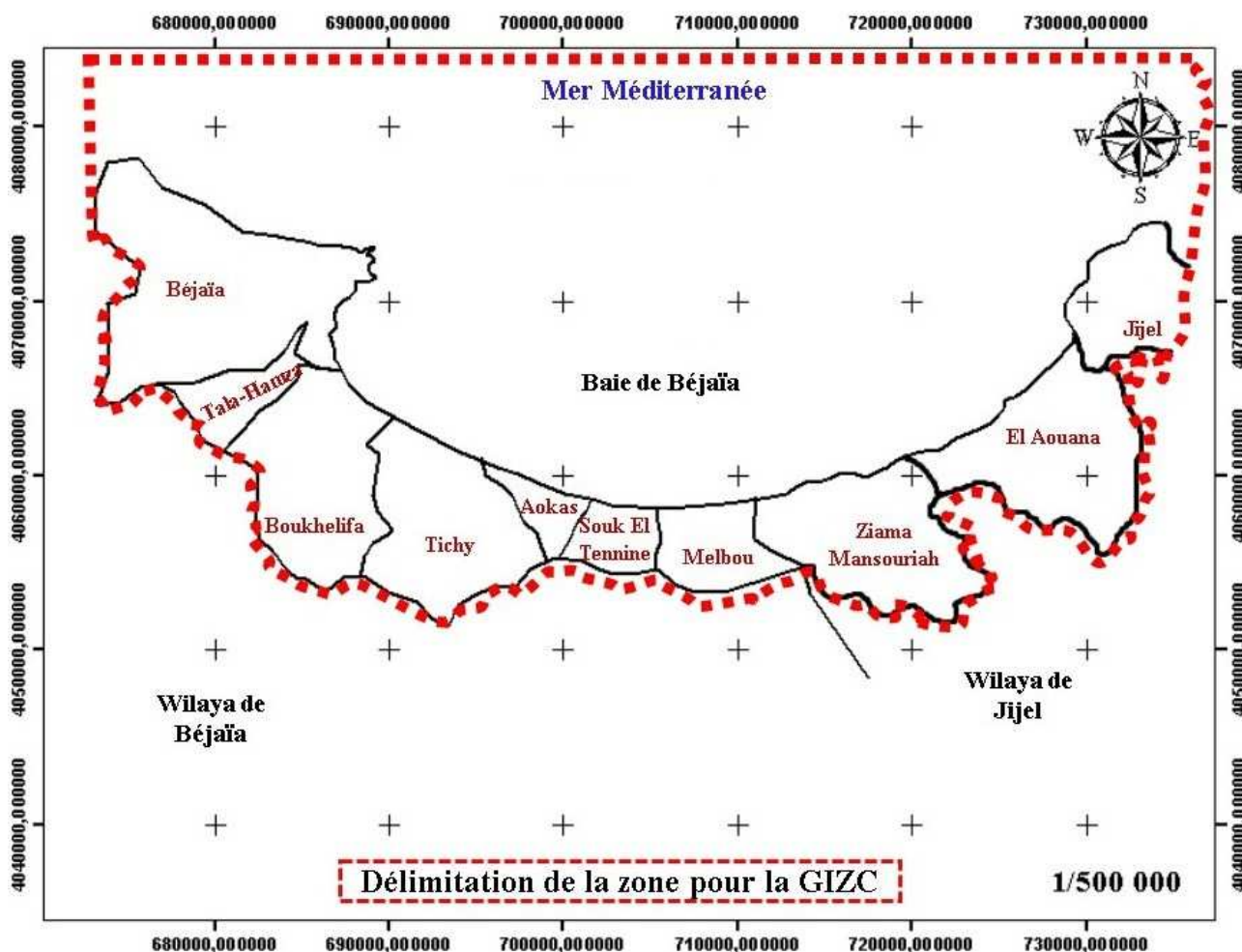


Fig. n°30 : Délimitation de la zone d'étude proposée pour une GIZC

## 2. Les acteurs :

Ils sont nombreux, n'ayant pas le même intérêt et agissant à différentes échelles, mais confrontés à un même problème, vont progressivement construire une représentation commune de la réalité tout en lui donnant un sens, fixant des objectifs et adaptant des solutions et les mettre en œuvre collectivement, à citer ;

- Les décideurs : fondés du pouvoir des deux wilayas (Béjaïa et Jijel) ;
- Les représentants : associations ou coopérations ;

-Les usagers : habitants ou usagers.

Ces trois intervenants auront à se réunir au tour d'une table organisé dans plusieurs ateliers, en fonction de l'état d'avancement du projet proposé d'où la démarche participative.

### 3. Les indicateurs :

Les indicateurs de durabilité peuvent indiquer le niveau de durabilité dans le passé et le présent, ainsi que dans le futur, conformément à certaines hypothèses de changement et d'évolution, tout en répondant à deux exigences qui sont : la pertinence et la fiabilité.

Les indicateurs que nous aurons à traiter dans notre cas, sont :

- Nombre de touristes/habitant
- Indices touristiques \*Nb de baigneurs/jours
  - \*Nb de nuitées/linéaire côtier
  - \*Pop saisonnière/pop permanente
- Quantité d'engrais par hectare de SAU
- Superficie totale des ZET
- SAU par habitant
- Foncier agricole perdu pour cause d'urbanisation
- Emploi agricole/emploi total
- Emploi de la pêche/emploi total de la zone
- Dépenses publiques annuelles en matière de protection des sites sensibles ou protégés
- Production halieutique et aquacole annuelle
- Recul du trait de côte (Plages)

### Conclusion :

L'érosion côtière continue à sévir au niveau des plages de Tichy, d'une part il y a les causes hydrodynamiques et climatiques et d'autre part il y'a l'homme avec son désir incessant d'occuper le littoral.

Pour freiner le phénomène que subit la région côtière de Tichy, la solution qui pourrait être envisagée serait d'implanté des ouvrages de protection sur un site donné. Mais par la suite nous créerons un autre déséquilibre à un autre endroit.

Mais la solution la plus adéquate est d'agir tout en préservant l'unité physiographique, et cela n'est possible qu'en appliquant la GIZC, avec la collaboration des deux wilayas littorales, Béjaïa et Jijel.

## **CONCLUSION GÉNÉRALE**

Durant ce travail de Master, nous avons lié l'aspect théorique et l'aspect pratique des logiciels SIG, pour notre cas c'était le logiciel ArcGis 9.2.

Nous avons appliqué le logiciel ArcGis 9.2 sur les côtes de Béjaïa, plus précisément sur les côtes de Tichy plages. Le but était d'étudier et de mettre en place une cartographie de la zone, afin d'assimiler l'ampleur des dégâts causés par la remontée des eaux.

Afin de mener à bien cette mission et de répondre à la problématique, nous avons départagé notre travail en trois parties :

Le première partie consistait à simuler la propagation des vagues venant de trois directions différents avec estimation de la hauteur de la houle significative à la côte et ce, à l'aide du logiciel SWAN. Les résultats obtenus montrent une concordance avec les résultats de l'analyse de la réfraction des houles. En effet, la côte est atteinte beaucoup plus par la houle du Nord ( $45^\circ$ ) ce qui confirme le coefficient de réfraction de 0.96.

La seconde partie consistait à la mise en place d'un SIG afin d'évaluer l'évolution historique et morphodynamique côtière à une moyenne-échelle spatio-temporelle entre la période 2004-2014. En effet, le suivi de l'évolution de cette portion du littoral algérien a fait ressortir que la récession des plages est un phénomène ancien, il met en évidence une action néfaste et successive de faits météorologiques, hydrodynamiques et humains. Cette érosion ne s'est pas atténuée au fil du temps, bien au contraire, elle a continué à sévir en fonçant encore plus notre littoral dans une déroute dramatiquement incontrôlable.

Toutefois, d'une manière générale, l'évolution des systèmes côtiers est marquée par une forte variabilité spatio-temporelle : l'importance relative et la localisation des processus conduisant au recul et à l'avancée du trait de côte, au sein d'un même système, selon les pas de temps.

Enfin, la dernière partie avait pour but de proposer la GIZC comme moyen de protection, pour lutter contre cette « fastidieuse érosion » pour le long terme.

Pour conclure, on dira que l'approche systémique doit prendre le dessus sur les approches sectorielles et tendanciennes, en promulguant une GIZC en sa qualité de catalyseur d'un développement durable des espaces littoraux en général et celui de Béjaïa en particulier.

L'élaboration de ce travail nous a permis, d'une part, d'approfondir nos connaissances et le savoir-faire acquis durant les cinq (05) années de notre formation à l'ENSSMAL, et d'autre part, de préparer notre intégration à la recherche scientifique dans ce domaine.

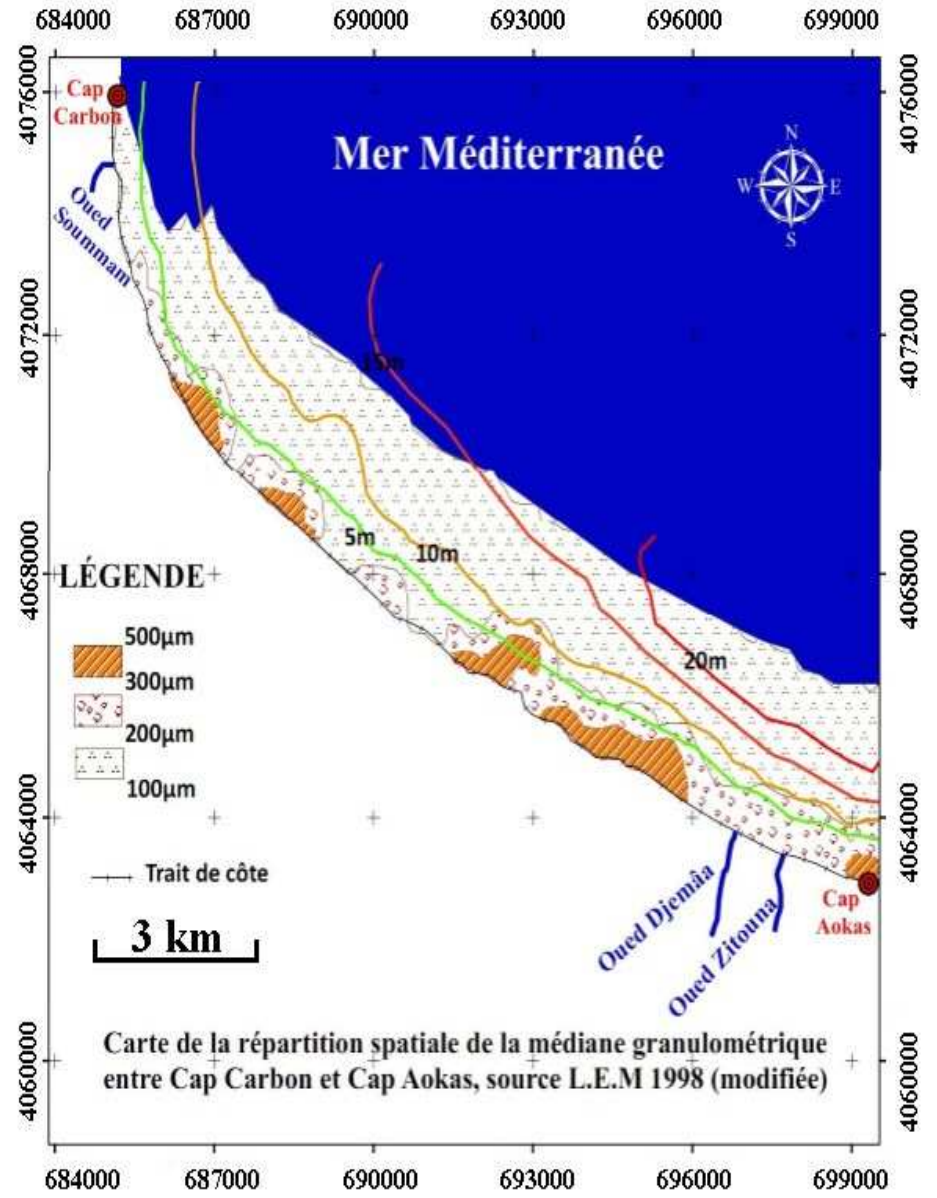
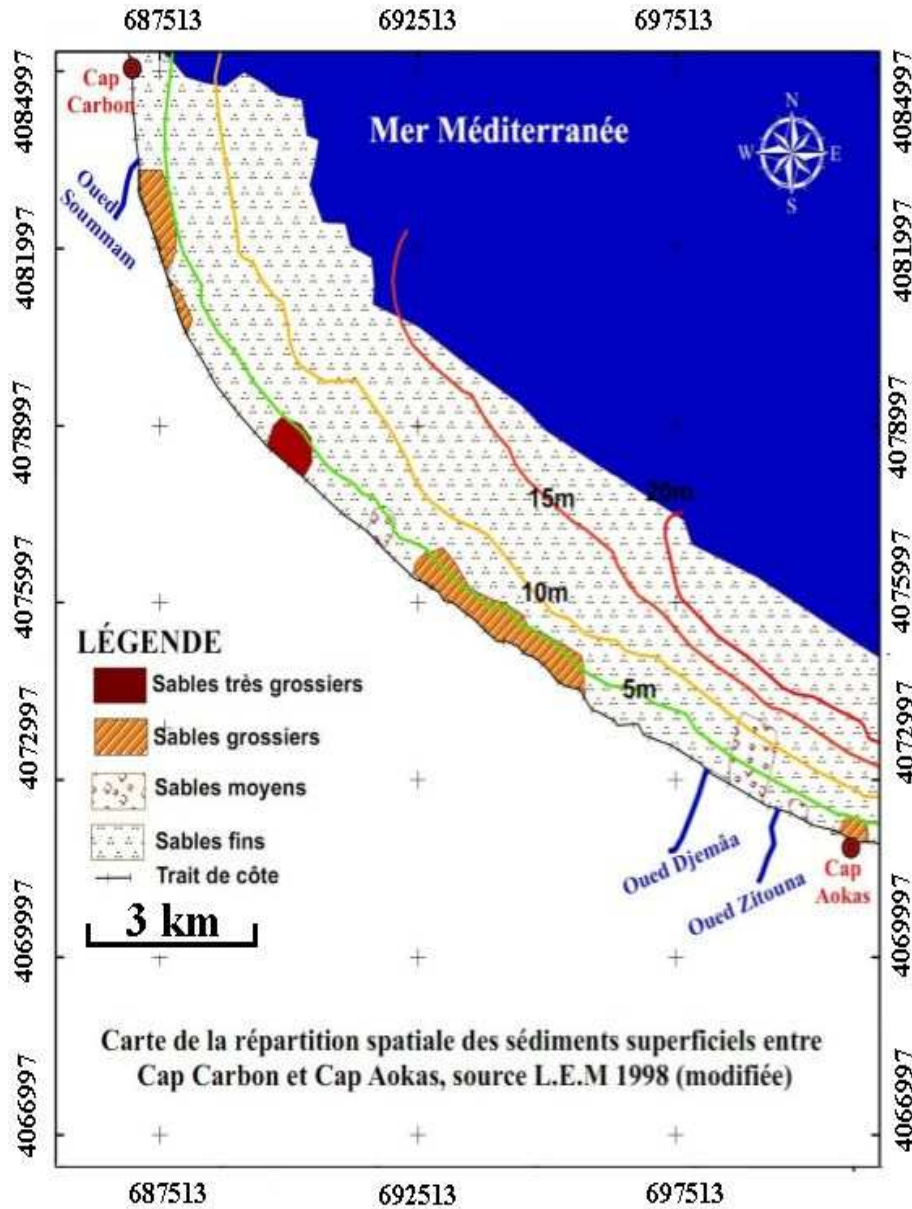
Quant aux résultats obtenus lors de ce projet de Master, ils ont donné lieu à une plateforme de bases de données très récentes qui pourront être utiles lors d'une conception d'ouvrage ou bien une étude future de la zone.

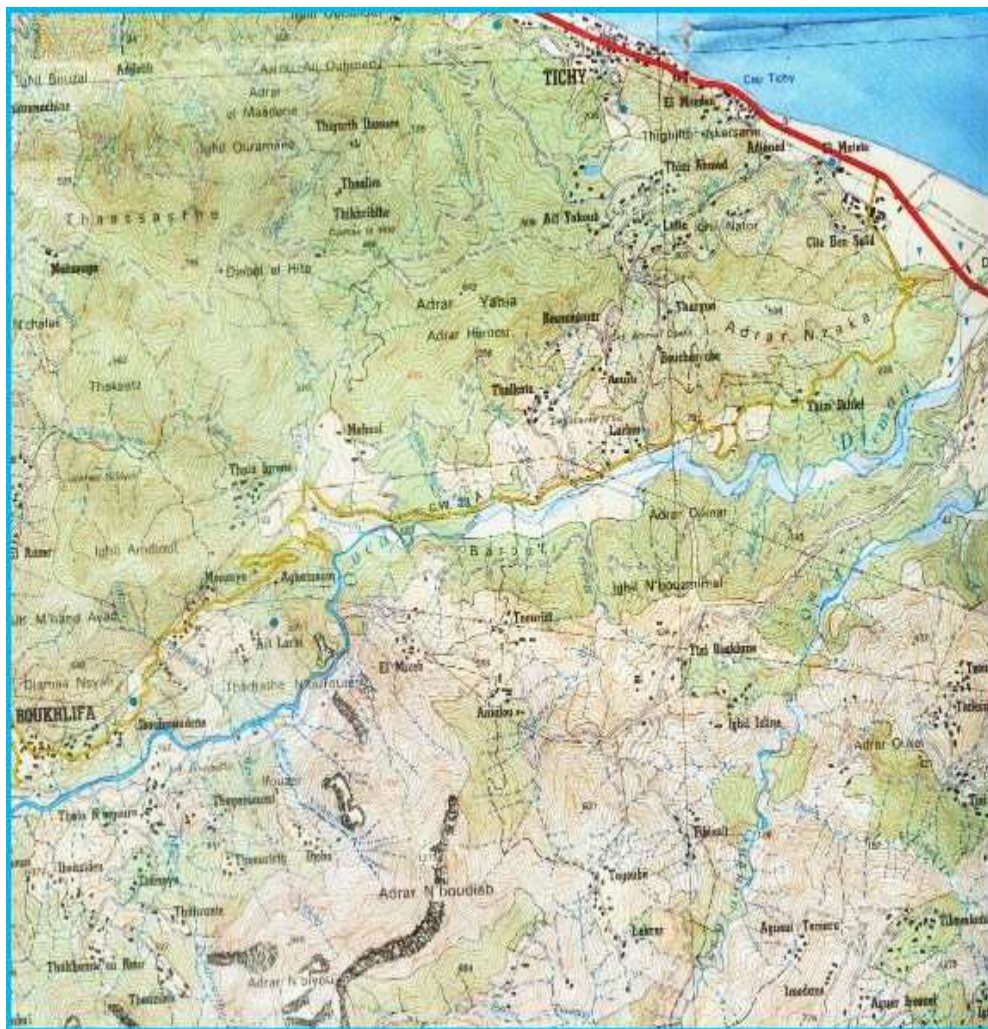
## **RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- 1) **AOUJ C., BOUAZIZ T. (2014).** *Fonctionnement et dynamique morpho-sédimentaires du littoral Est de Béjaïa*. Mémoire d'ingénieur, ENSSMAL, Alger.
- 2) **ASBAI R. (2013).** *Les étapes de la conception et la modélisation d'une base de données SIG sur le littoral, cas du littoral centre*. Mémoire d'Ingénieur, ENSSMAL, Alger.
- 3) **BENKORTBI C. (1998).** *Évolution du trait de côte à Bougie plage*. Mémoire d'Ingénieur, ISMAL, Alger.
- 4) **BERNI C. (2011).** *Processus de mobilisation et de transport des sédiments dans la zone de déferlement*. Thèse de Doctorat, Université de Grenoble
- 5) **BRIERE C. (2009).** *Étude de l'hydrodynamique d'une zone côtière anthropisée : l'embouchure de l'Adour et les plages adjacentes d'Anglet*. Thèse de Doctorat, Université de Pau et des Pays de l'Adour, France.
- 6) **DEHOUCK A. (2008).** *Morphodynamique des plages sableuses de la mer d'Iroise (Finistère), France*.
- 7) **DJOUDE F., SMAOUN A. (2010).** *Variation historique de la ligne de rivage et érosion côtière dans la partie Ouest du golfe de Béjaïa*. Mémoire d'Ingénieur, USTHB, Alger.
- 8) **DJOUDE F., SMAOUN A. (2011).** *Évaluation de la vulnérabilité à l'élévation du niveau de la mer dans la partie Ouest du golfe de Béjaïa, entre Cap Carbon et Cap Aokas*. Mémoire de Master, USTHB, Alger.
- 9) **FAYE IBM. (2010).** *Dynamique du trait de côte sur les littoraux sableux de la Mauritanie à la Guinée-Bissau (Afrique de l'Ouest) : Approches régionale et locale par pho-interprétation, traitement d'images et analyse de cartes anciennes » Volume I*. Thèse de Doctorat, Université de Bretagne occidentale, France.
- 10) **GHANEM T., OUARET N. (2010).** *Bassin versant de l'oued Amizour : étude de stabilité de terrain*. Mémoire d'ingénieur, USTHB, Alger.
- 11) **HAOUAM H., KHALEM K. (2001).** *Protection du littoral de la région de Béjaïa (piste de l'aéroport)*. Mémoire d'Ingénieur, USTHB, Alger.
- 12) **KECIR M. (2013).** *Évaluation de l'état de mise en œuvre de la loi 02-02 du 5 Février 2002 relative à la protection et à la valorisation littorale dans la wilaya de Béjaïa*. Mémoire de Master, ENSSMAL, Alger.
- 13) **LARID M. (1992).** *Cours d'aménagement du littoral I [S Éd]*.
- 14) **LECLAIRE, 1972.** *Sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares (pré-continent Algérien)*. Muséum national d'histoire naturelle de Paris, France.
- 15) **LE TIXERANT M. (2004).** *Dynamique des activités humaines en mer côtière : Application à la Mer d'Iroise*. Laboratoire GEOMER (LETG UMR 6554 CNRS), Institut Universitaire Européen de la Mer. Thèse de Doctorat en Géographie, Université de Bretagne Occidentale, 4 juin 2004.

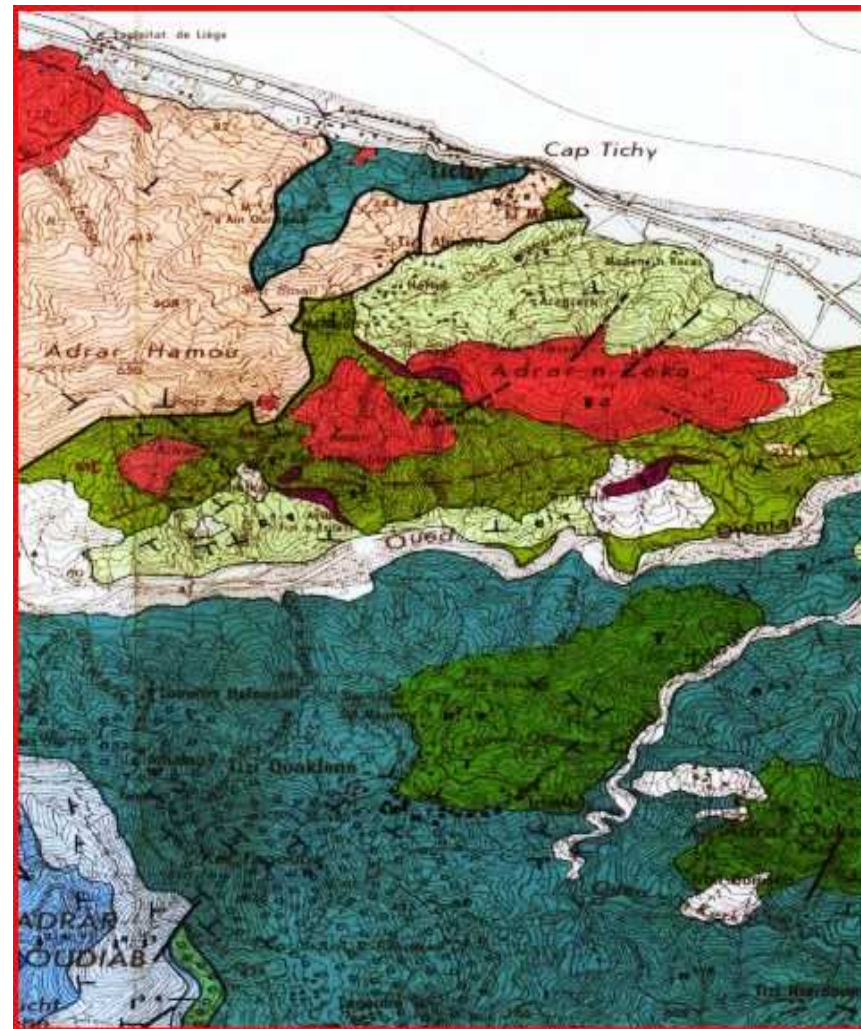
- 16) **MASPATAUD A. (2011).** *Impacts des tempêtes sur la morphodynamique du profil côtier en milieu macrotidal.* Thèse de Doctorat, Université du Littoral Côte d'Opale, France.
- 17) **MEZOUAR K. (2009).** *Étude comparative entre les méthodes de protection des deux littoraux Algérien et Roumain.* Thèse de Doctorat, Université Technique de construction de Bucarest, Roumanie.
- 18) **Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement, (2010).** *La gestion du trait de côte.* Édition Quae, France.
- 19) **MOUZOURI M., IZRI Z. (2011).** *Évaluation et morphodynamique de la plaine de Saidia (littoral méditerranéen du Nord-Est du Maroc) durant la période 1958 – 2006.* Bulletin de l'Institut Scientifique, section Science de la terre, n°33, Rabat, Maroc.
- 20) **PASKOFF R. (1998).** *Côtes en danger.* Édition L'Harmattan, Paris, France.
- 21) **PIAN S. (2010).** *Analyse multiscalaire et multifactorielle de l'évolution et du comportement géomorphologique des systèmes côtiers sud bretons.* Thèse de Doctorat. Université de Rennes 2 Haute Bretagne, France.
- 22) **PINOT J-P. (2010).** *La gestion du littoral, Tome 1 : Littoraux tempérés : côtes rocheuses et sableuses.* Institut océanographique, Paris, France.
- 23) **ROUSSEL S., REY-VALETTE H. (2006).** *L'évaluation des dimensions territoriale et institutionnelle du développement durable : Le cas des politiques de Gestion Intégrée des Zones Côtières.* Édition Vertigo. France.
- 24) **ROUSSEL et al. (2006).** *L'apport de la gestion intégrée des zones côtières (GIZC) à la gestion de l'érosion côtière : intérêt et exemple en Méditerranée française.* Édition Vertigo. France.
- 25) **SABATIER F. (2001).** *Fonctionnement et dynamique morpho-sédimentaire du littoral du delta du Rhône.* Thèse de Doctorat. Université d'Aix-Marseille III, France.
- 26) **STEPANIAN A. (2002).** *Évolution morphodynamique d'une plage macrotidale à barres : Omaha Beach (Normandie).* Thèse de Doctorat, Université de Caen, France.
- 27) **TESSIER C. (2006).** *Caractérisation et dynamique des turbidités en zone côtière: l'exemple de la région marine Bretagne Sud.* Thèse de Doctorat, Université de BORDEAUX1, France.
- 28) **VALDAS B. (2011).** *Géomorphologie dynamique.* Édition Armand Colin. France.

## **ANNEXES**





**Fig.** : Extrait topographique de la commune de Tichy ;  
Feuille de Béjaia « NJ\_31\_VI\_3 Ouest » au 1/50 000  
**Source ANRH**



**Fig.** : Carte géologique d'Oued Amizour au 1/50 000  
**Source ANRH**

test1.swn - Bloc-notes

```

Fichier Edition Format Affichage ?
PROJ 'grille' '001'
$
MODE STAT
COORDINATES CART
SET level=0.5 NAUTICAL
$
CGRID REG 673686.684 4058029.925 0 31267.513 14532.344 99 46 CIR 36 0.03 0.3 24
$
INPGRID 673686.684 4058029.925 0 99 46 315.8334 315.9205 EXCVAL -999.0000
READINP BOTTOM 1.0 'bathybaie.txt' 3 0 FREE
$
$BOUN SHAPE JONSWAP 3.30 PEAK DSPR DEGREES
BOUN SIDE N CON PAR 2 6 360 27
$BOUN SIDE E CON PAR 2 6 0 27
$BOUN SIDE W CON PAR 2 6 0 27
WIND 19.2 45
$OFF QUAD
$OFF WCAP
QUAD
WCAP
GEN3 KOM 2.36E-05 3.02E-03 AGROW 0.0015
BREA
FRICTION JONSWAP
SETUP
$
$***** OUTPUT REQUEST *****
$
frame 'RI' 673686.684 4058029.925 0 31267.513 14532.344 99 46
table 'RI' head 'resultatsbaie' xp yp hs dir dep vel tdir force transp steepness wlen ubot per
$
TEST 0,0
COMPUTE
STOP
    
```

Grid Data - C:\Users\Cherami\Desktop\SWANRUN\bathytichymodif...

Data Columns (97 data points)

X: Column A Filter Data... View Data Statistics

Y: Column B

Z: Column C

Gridding Method: Kriging Advanced Options... Cross Validate...

Output Grid File: C:\Users\Cherami\Desktop\SWANRUN\bathytichymodified.grd

Grid Line Geometry

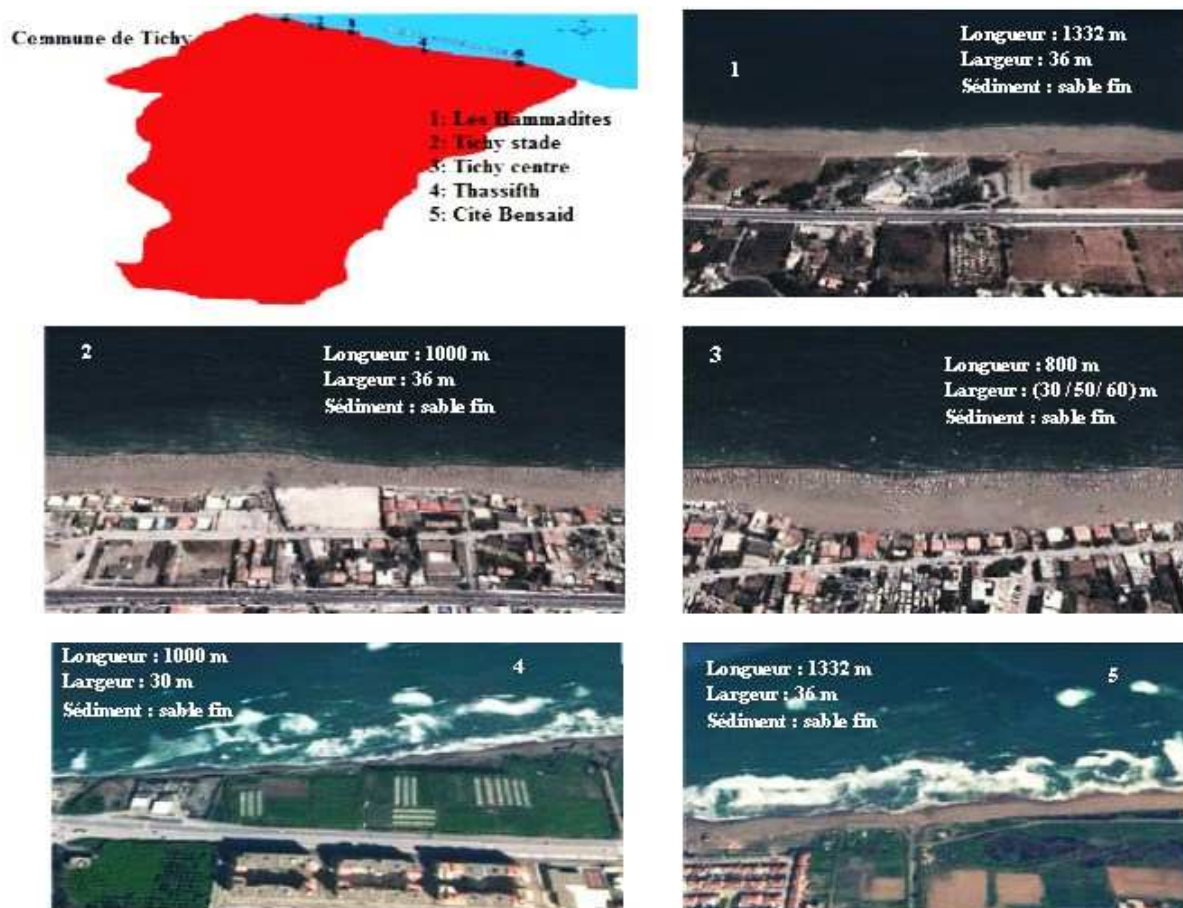
	Minimum	Maximum	Spacing	# of Nodes
X Direction:	673686.684	704954.197	315.8334646	100
Y Direction:	4058029.925	4072562.269	315.9205217	47

Blank grid outside convex hull of data

2 1

Create a grid from irregularly spaced XYZ data

"Préparation du fichier SWAN" (AOUDJ, 2014)



**Fig :** Récapitulatif des plages de Tichy

**Tab :** Les résultats de l'étude de la réfraction de la houle

Direction en degrés	Période (s)	Coefficient de réfraction ( $K_r$ ) à -15m	Direction de la houle ( $\alpha$ ) à -15m
N 360°	6	0,89	N 005°
N 360°	8	0,89	N 001°
N 360°	10	0,91	N 010°
N 045°	6	0,89	N 045°
N 045°	8	0,96	N 046°
N 045°	10	0,96	N 046°
N 330°	6	0,80	N 342°
N 330°	8	0,67	N 350°
N 330°	10	0,63	N 357°

Source : L.E.M 1998.

**AOUDJ Cherif**

## **Évolution morpho-dynamique du littoral-Est de Béjaïa**

### **-Cas de Tichy plages-**

57 pages, 37 figures et 03 tableaux

#### **Résumé :**

Le littoral Est de Béjaïa est un milieu fragile, où des enjeux industriels (CEVITAL) et économiques (activités portuaires et tourisme balnéaire) accompagnent une concentration démographique importante. Cet environnement côtier, fortement anthropisé, est confronté depuis plusieurs décennies à un double problème. Les plages présentent une tendance continue à s'éroder voire à disparaître (Club hippique et Thassifth)...

De nombreux aménagements côtiers ont été réalisés par le passé afin de lutter contre ces deux phénomènes, mais ne se révèlent que partiellement efficaces. Dans ce contexte, les travaux au cours de ce mémoire ont permis d'améliorer l'état de connaissances du comportement morpho-dynamique de la frange côtière de Tichy, par l'observation et la mise au point du SIG (Système d'information Géographique)...

L'analyse des impacts physiques a montré que deux types principaux d'effets potentiels affecteraient cet espace côtier :

- Une accélération de l'érosion côtière. Certaines plages ont fortement reculé et d'autres risqueraient de disparaître au cours des prochaines décennies.
- Tous ces impacts auront probablement des incidences sur la biodiversité et les nombreux écosystèmes de ce littoral, ainsi que sur les activités socio-économiques de la région.

Pour mettre fin à cette "fastidieuse" érosion par une vision durable à long terme, une collaboration en vue d'une démarche participative entre les acteurs des deux wilayas littorales, Béjaïa et Jijel est nécessaire.

#### **Mots-clés :**

– ArcGis – Bathymétrie – Béjaïa – Érosion – GIZC – Littoral Est de Béjaïa – Plages sableuses – Protection – SIG – Surfer – SWAN — Tichy — Trait de côte.

#### **Rubrique de classement:**

Aménagement du littoral.

#### **JURY:**

Présidente : Mme .la Maîtresse Assistante A MEHDID .S.

Examineur : M .le Maitre de Conférences A GUERFI S.

Promoteur : M .le Maitre de Conférences B MEZOUAR K.