

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**INSTITUT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AMENAGEMENT DU LITTORAL**

**« I . S . M . A . L »**

**Mémoire du projet de fin d'études pour l'obtention  
du diplôme d'ingénieur d'état**

**en**

**Aménagement du littoral et protection de l'environnement**

**Thème**

**DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE DANS LA ZONE DE DEFERLEMENT DE LA HOULE  
APPLICATION DU MODELE MATHEMATIQUE VECTORIEL DE :  
MC LAREN ET BOWLES DEVELOPPE PAR GAO ET COLLINS  
ENTRE LE PORT DE JIJEL ET OUED JEN JEN**

Réalisé par :

**M. GHEZALI FAROUK.**

Le jury :

M. SEMROUD.R	Professeur	Président
M <sup>me</sup> . HOCINI.N	Chargé de recherche	Examinatrice
M. GUETTOUCHE..M.S	Maître de conférences	Examineur
M. ZIANI.M <sup>ed</sup> .EL KADI	Chargé de cours	Co-Promoteur
M. BOUTIBA.M	Chargé de cours	Promoteur

Promotion 2004

# Sommaire

## **Introduction**

## **Chapitre I : Généralités**

<b>1.1. Situation géographique.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. Géologie.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2.1. Terrains métamorphiques.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2.2. Terrains sédimentaires.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2.2.1. Les terrains du secondaire.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2.2.2. Les trains du tertiaire.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2.2.3. Les terrains du quaternaire.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3. Géomorphologie.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3.1. Partie continentale.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3.2. Partie sous-marine.....</b>	<b>8</b>
<b>1.5. Données climatiques et écoulements de surface.....</b>	<b>10</b>
<b>1.5.1. Les données climatiques.....</b>	<b>10</b>
<b>1.5.1.1. La pluviométrie.....</b>	<b>10</b>
<b>1.5.1.2. La température.....</b>	<b>12</b>
<b>1.5.1.3. Relation température-précipitation.....</b>	<b>13</b>
<b>1.5.2. Les écoulements de surface.....</b>	<b>14</b>
<b>1.5.2.1. Les Données du L.C.H.F.....</b>	<b>15</b>
<b>1.5.2.2. Les données deA.R.N.H.....</b>	<b>16</b>

## **Chapitre II : Données hydrodynamiques**

<b>2.1. Hydrodynamisme.....</b>	<b>19</b>
<b>2.1.1 Les vents.....</b>	<b>19</b>
<b>2.1.2. Les houles.....</b>	<b>21</b>
<b>2.1.2.1. Les données de L'O.N.S.M.....</b>	<b>24</b>

2.1.2.2. Relation hauteur significative et Période significative.....	26
2.1.3. Les courants.....	28
2.1.3.1. Les courants généraux.....	28
2.1.3.2. Les courants de retour.....	28
2.1.3.3. Les courants de dérive littorale.....	29
2.1.4. La marée.....	29

## **Chapitre III : Dynamique sédimentaire**

3.1. Approche de la dynamique sédimentaire par la granulométrie.....	30
3.1.1. Les indices granulométriques.....	30
3.1.1.1. La taille moyenne.....	31
3.1.1.2. L'indice de classement.....	31
3.1.1.3. L'indice d'asymétrie.....	32
3.1.2. Interprétation des résultats.....	32
3.2. Répartition des carbonates.....	33
3.3. La bathymétrie de la zone d'étude.....	36
3.4. La quantification du transit littoral.....	39
3.4.1. Rappel des principales formules de transports sédimentaires utilisées.....	39
3.4.1.1. La formule de C.E.R.C.....	39
3.4.1.2. La formule de VAN-RIJN.....	40
3.4.1.3. la formule de KAMPHUIS.....	41
3.4.2. Résultats obtenus.....	42
3.4.3. Interprétation des résultats.....	43

## **Chapitre IV : Modélisation des transports sédimentaires résiduels entre Jijel et le port de Jen-Jen.**

4.1. Applications de la modélisation du transport sédimentaire.....	45
4.1.1. Application du modèle.....	45
4.1.2. Principes du modèle de MC Laren (1985).....	45
4.1.3. Méthodologie de la technique de traitement de Gao et Collins 1994.....	48

4.2. Interprétation des résultats obtenus.....	51
4.3. Conclusion générale.....	57

## **Bibliographie**

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 01</b> : Situation géographique de la région de Jijel.....	5
<b>Figure 02</b> : Carte de positionnement des stations de prélèvements.....	6
<b>Figure 03</b> : Carte géologique de la région de Jijel.....	7
<b>Figure 04</b> : Carte bathymétrique de la baie de Jijel.....	9
<b>Figure 06</b> : Moyennes mensuelles des précipitations enregistrées à la station de Jijel, pour la période allant de 1992-2002.(O.N.M).....	11
<b>Figure 07</b> : Répartition saisonnière des pluies dans la région de Jijel (1992-2002).....	11
<b>Figure 08</b> : Moyennes mensuelles des températures en (°C), station de Jijel (1992-2002).....	12
<b>Figure 09</b> : Diagramme ombro-thermique de Gaussen Station de Jijel (1982-1997).....	13
<b>Figure 10</b> : Volumes mensuels des débits liquides et solides des différents Oueds de la région..	15
<b>Figure 11</b> : Moyennes annuelles des débits solides et liquides de oue EL-Kebir.....	18
<b>Figure 12</b> : Moyennes annuelles des débits liquides et solides du oued Djen Djen.....	18
<b>Figure 13</b> : Roses trimestrielles et annuelle des vents (S.S.M.O).....	20
<b>Figure 14</b> : Roses trimestrielles et annuelle des houles (S.S.M.O).....	23
<b>Figure 15</b> : Moyenne des enregistrements des Hs et Tz durant l'année 2000.....	25
<b>Figure 16</b> : Moyenne mensuelles de Hs et Tz pour l'année 2001.....	25
<b>Figure 17</b> : Corrélation Hs – Tz pendant l'année 2000.....	27
<b>Figure 18</b> : Corrélation Hs – Tz pendant l'année 2001.....	27
<b>Figure 19</b> : profils bathymétriques des radiales 4 et 7 de la zone étudiée.....	37
<b>Figure 20</b> : Carte bathymétrique de la zone d'étude.....	38
<b>Figure 21</b> : Carte des vecteurs tendances.....	53
<b>Figure 22</b> : Carte des vecteurs résultants.....	54
<b>Figure 23</b> : Carte des vecteurs adjoints.....	55
<b>Figure 24</b> : Carte des vecteurs transports.....	56

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 01</b> : Moyennes mensuelles des précipitations à la station de Jijel (1992-2002).....	10
<b>Tableau 02</b> : Caractéristiques des oueds de la région.....	14
<b>Tableau 03</b> : Débits liquides et solides des différents oueds.....	15
<b>Tableau 04</b> : Moyennes annuelles des apports liquides et solides de oued Jen-Jen.....	16
<b>Tableau 05</b> : Moyennes annuelles des apports liquides et solides de oued EL-Kebir.....	17
<b>Tableau 06</b> : Fréquences mensuelles des houles durant la période allant de 1963 à 1970.....	22
<b>Tableau 07</b> : Moyennes mensuelles de Hs et Tz (2000-2001).....	24
<b>Tableau 08</b> : Le code S des états de la mer.....	26
<b>Tableau 09</b> : Valeurs des indices granulométriques des 32 stations dans la zone d'étude.....	34
<b>Tableau 10</b> : Teneurs en CaCO <sub>3</sub> dans le sédiment.....	35
<b>Tableau 11</b> : Fréquences d'apparition des houles par direction et par période.....	42
<b>Tableau 12</b> : Transit littoral annuel selon la formule de KAMPHUIS et al (1986).....	42
<b>Tableau 13</b> : Transit littoral annuel selon la formule du C.E.R.C (1973).....	43
<b>Tableau 14</b> : Résultats du transport sédimentaire résiduel.....	52

## Introduction

On a toujours essayé de mieux comprendre le transport sédimentaire, aussi bien sur le haut de la plage que dans les petits fonds. Plusieurs travaux ont été effectués afin d'améliorer les connaissances sur les flux sédimentaires.

Certains auteurs ont démontré grâce à l'utilisation d'instruments de mesure dans la zone littorale, que les courants contrôlent la sédimentation sur l'avant côte et la plage, particulièrement pendant les tempêtes accompagnées de sur cotes. (Morton, 1981 ; Snedden et al., 1988, Niedoroda et al., 1984 ; Wright et al., 1991 ; Héquette et Hill, 1993 ; Keen et al., 1993 ; Pilkey et al., 1993 ; Xu et Wright, 1998).

La zone côtière des petits fonds entre la plage et l'avant côte externe (environ -20 m) est une zone critique où s'opèrent les échanges sédimentaires essentiels à la stabilité des côtes meubles.

C'est par cette zone que transitent les sédiments aussi bien en provenance du large, que cheminant le long du rivage. Les apports fluviaux et l'érosion des côtes libèrent aussi des sédiments qui vont au large en passant par cette zone.

La question essentielle motivant cette étude est de se voir comment la dynamique des sédiments s'opère dans cette zone critique.

Pour ce faire, nous appliquerons un modèle mathématique vectoriel développé par Gao et Collins 1994 afin de connaître les facteurs qui participent dans la dynamique côtière, dans un milieu où les processus dynamiques sont générés aussi bien par la houle que par les courants.

Ce rapport propose d'étudier la dynamique des petits fonds sur l'une des zones de la baie de Jijel plus précisément entre le port de Jen-Jen et Jijel ville. Pour mener à terme cette étude nous avons effectué des mesures bathymétriques et un échantillonnage des sédiments superficiels analysés en suite au laboratoire.

Ce modèle mathématique d'analyse des déplacements des sables proposée par Gao et Collins 1994 est utilisé fréquemment par les sédimentologistes afin d'interpréter le transport des sédiments.

Le choix de cette méthode, a été motivé par le fait qu'elle tente d'apporter des réponses au déplacement des sables en se basant sur les critères de mobilité de divers paramètres granulométriques (taille moyenne  $T_m$ , indice de classement  $\Phi_t$ , indice d'asymétrie  $Sk_t$ ).

Pour atteindre notre objectif, nous avons structuré notre mémoire selon deux approches :

- Une analyse générale, qui place la côte Jijelienne dans son contexte morphologique et hydrodynamique régional. Ceci nous permettra de mieux comprendre la morphodynamique côtière de la zone étudiée.
- L'étude des phénomènes hydrodynamiques et des mouvements sédimentaires par l'application d'un modèle G.S.T.A (*grain size trend analyses*) développé par Gao et Collins, permettra de mieux comprendre le schéma des mouvements sédimentaires le long de la zone étudiée.

## 1.1. Situation géographique

La Wilaya de Jijel se situe à 360 Km à l'Est d'Alger. Elle est limitée à l'Ouest par la Wilaya de Bejaia, à l'Est par la Wilaya de Skikda, au Sud par la Wilaya de Mila et au Nord par la méditerranée Figure 1.

Notre zone d'étude constitue la partie occidentale de la baie de Jijel, elle est située entre le port de Jijel à l'ouest et Oued Djendjen à l'Est. Elle s'étend entre les longitudes 5.77° Est et 5.87° Est. Figure 2

## 1.2. Géologie

La région de Jijel fait partie des massifs métamorphiques Kabyles qui appartient aux montagnes plissées caractérisant le littoral méditerranéen.

Du point de vue lithologique, deux catégories de terrains sont distingués : métamorphiques et sédimentaires Figure 3.

### 1.2.1. Terrains métamorphiques

Ce sont les terrains primaires constitués de :

- Schistes satinés bleus à lentilles de quartz.
- Phyllades.
- Calcaires cristallins et pegmatites.
- Séricitoschistes.
- Quartzo Phyllade chloriteux gneissique. (DJELLIT, 1987)

### 1.2.2. Les terrains sédimentaires

#### 1.2.2.1. Les terrains du secondaire

On distingue dans ces terrains :

- a-/ Le trias** : se présente sous forme d'un complexe gypso-salin bariolé auquel s'ajoutent des conglomérats poudingues ou galets.
- b-/ Le crétaé** : constitué essentiellement de calcaires à silex (phtanites).

### 1.2.2.2. Les terrains du tertiaire

On distingue :

**a-/ Le numidien** : qui correspond à l'éocène oligocène terminal,

il est constitué de grés intercalés d'argiles.

**b-/ Le burdigalien ou miocène inférieur** : il est composé de mames

gris bleues dans lesquelles on trouve parfois des récurrences de grés.

**c-/ Le Pontien ou miocène supérieur** : il est formé par des cailloutis,

galets, argiles et poudingues d'origine continentale.

**d-/ Le néogène sahélien ou miocène terminal** : il est constitué de

mames bleues.

### 1.2.2.3. Les terrains du quaternaire

La majorité des terrains quaternaires sont formés d'alluvions et de dunes. Les alluvions les plus anciennes forment les terrasses, les vallées et les cônes de déjections. Les alluvions récentes sont creusées par les actuels oueds, elles sont constituées de graviers, galets, conglomérats et de sables.

Les dunes anciennes sont constituées de sables fins souvent consolidés et limoneux. Les dunes actuelles bordent la mer, elles sont formées de sable grossier parfois consolidé.

## 1.3. Géomorphologie

### 1.3.1. Partie continentale

La région de Jijel est structurée en chaînons orientés Sud Nord séparés entre eux par les oueds. Cette région est caractérisée par un relief montagneux très escarpé. En allant de l'Est vers l'ouest la largeur de la plage diminue de quelques dizaines de mètres à quelque mètres, un cordon dunaire s'étend sur cette immense plage, ces dunes sont assez basses entre Jijel et oued Djen Djen puis augmentent progressivement de 15 à 20 m jusqu'au oued EL-Kebir.

Une coupure de ce cordon est marquée au niveau de l'éperon de Mou Adenène et de Mohamed Aourer par une portion rocheuse puis, reprend jusqu'à oued Zhour.

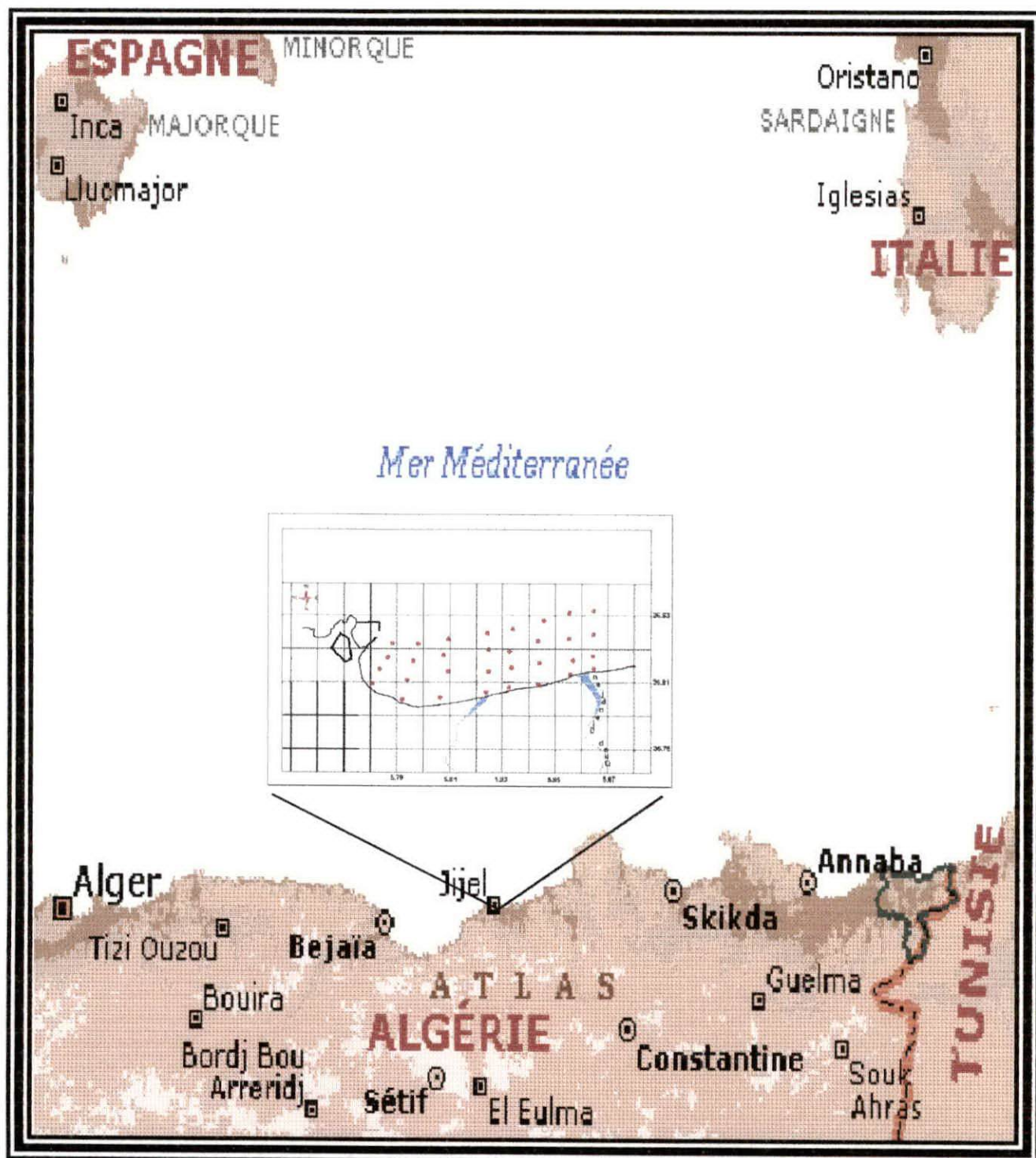


Figure 1 : Situation géographique de la région de Jijel

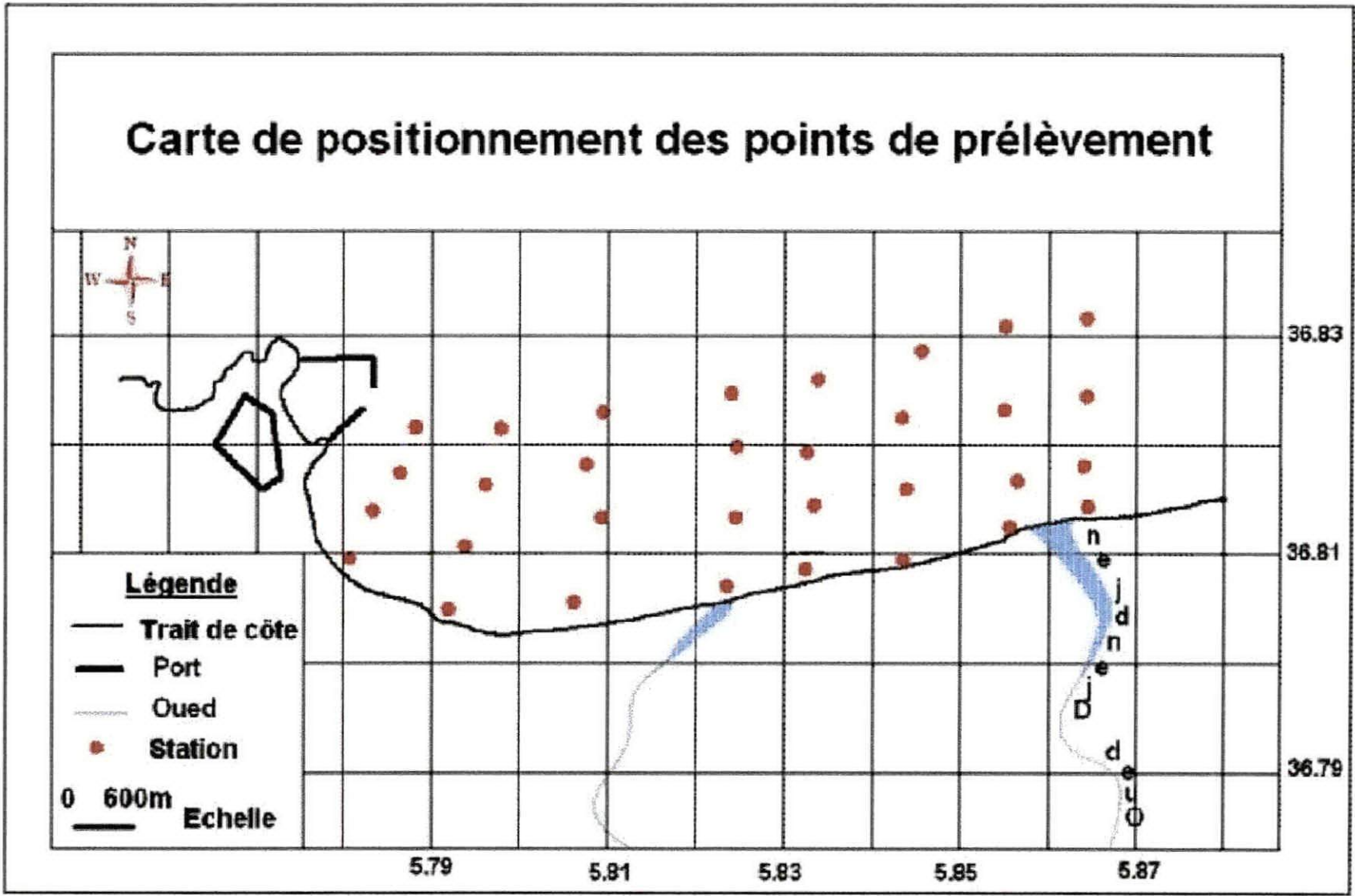


Figure 2 : Carte de positionnement des stations de prélèvements

# CARTE GEOLOGIQUE DE LA REGION DE JIJEL

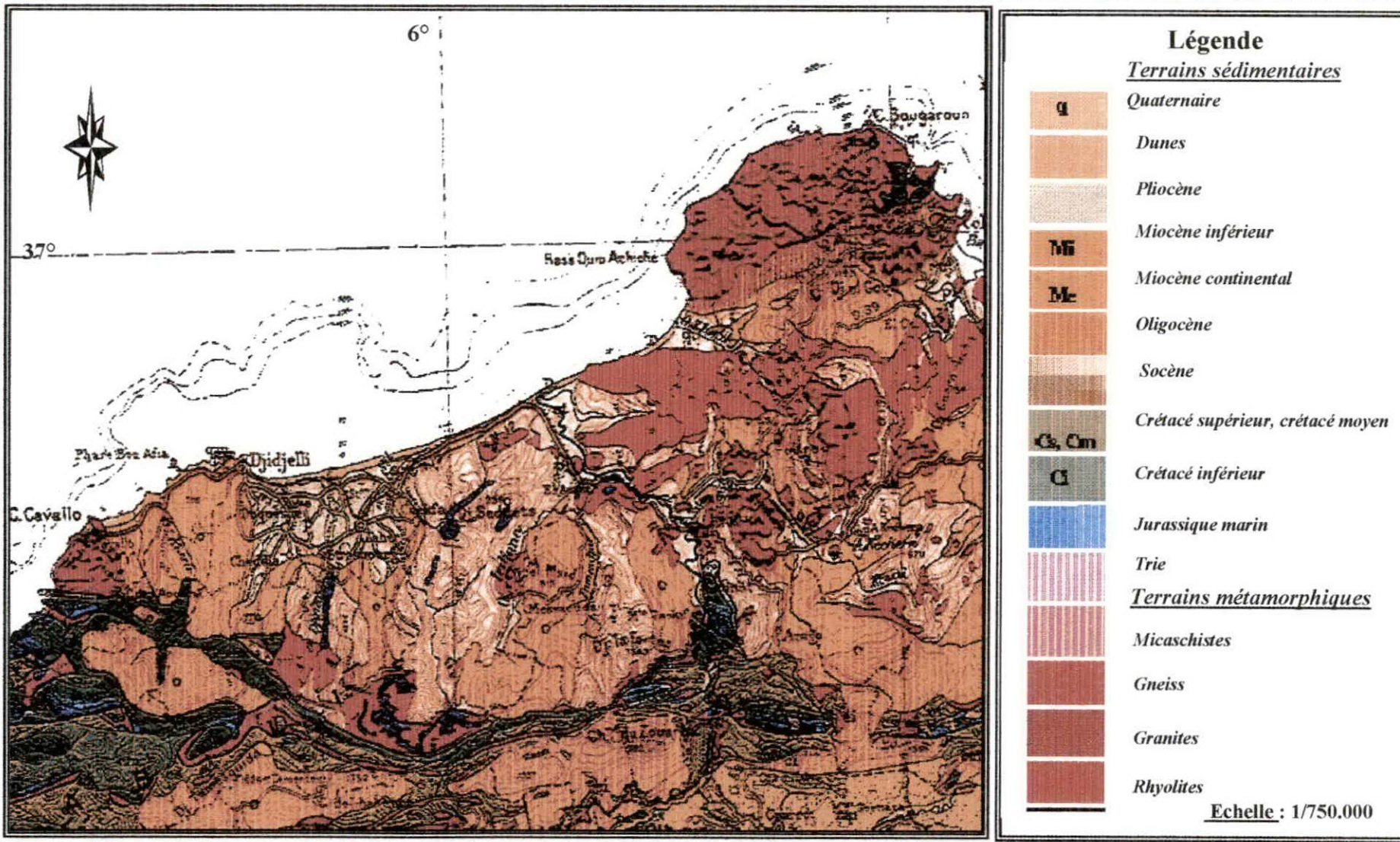


Figure 3 : Carte géologique de la région de Jijel.

Source : Carte géologique de l'Algérie  
Échelle 1/500000

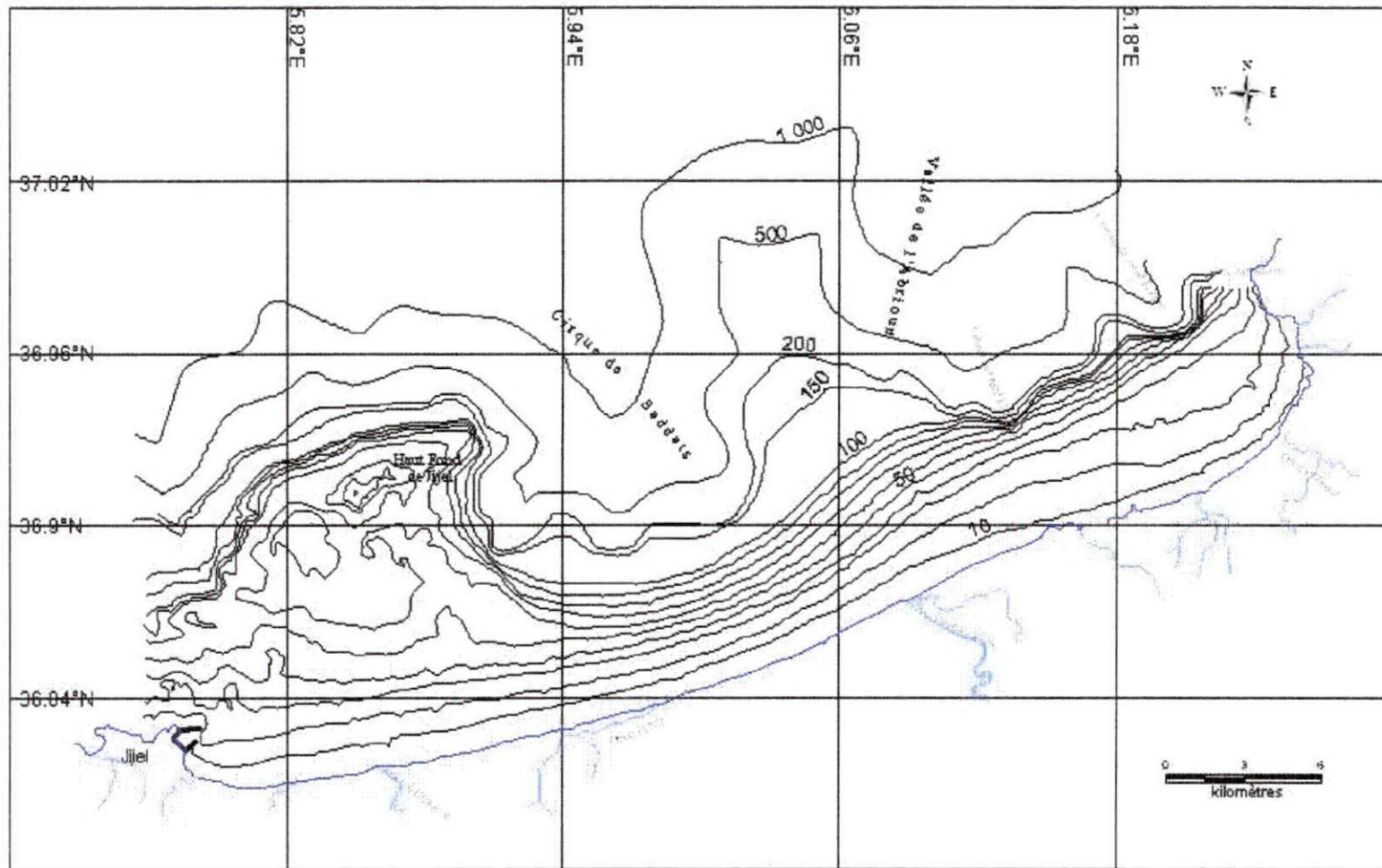
### 1.3.2. Partie sous-marine

Le littoral Algérien s'étend sur 1200 Km, il est constitué par la succession de golfs et de baies séparées par des caps . L'orientation est sensiblement W,SW -E,NE d'Oran à Alger et E -W entre Alger et les confins Algéro - tunisiens . Au-delà de la ligne du rivage, l'extension du plateau continental est très variable d'Est en Ouest (LECLAIRE ,1972).

Le plateau continental de la baie de Jijel descend en plan doucement incliné depuis la côte jusqu'au rebord continental avec une pente moyenne régulière de 2.3°.

Il est caractérisé par un relief très tourmenté et échancré dans sa partie Ouest, son maximum d'extension est de 12 Km au Nord-Est de l'ancien port de Jijel, et sa largeur moyenne est de l'ordre de 7 Km dans partie médiane, il se réduit vers l'Est où il atteint 1 Km de large sous forme d'une banquette sous-marine (cap Bougarouni). Figure4

Cette partie sous-marine est caractérisée aussi par d'importantes vallées sous-marines qui creusent la pente continentale, des cirques actuellement immergés qui collectent l'ancien oued EL-Kebir et d'autres formes tel que le canyon de oued Zhour localisé à 4.5 Km au large.



**LEGENDE :**

Isobathe	Port
Trait de côte	Oued

Source : L-Leclair 1972

Figure 4 : Carte bathymétrique de la baie de Jijel.

## 1.5. Données climatiques et écoulements de surface

### 1.5.1. Les données climatiques

#### 1.5.1.1. La pluviométrie

Le caractère des précipitations est un facteur déterminant dans l'érosion hydrique et le transport du matériel érodé.

La région de Jijel est l'une des localités les plus arrosées de l'Algérie elle bénéficie d'un climat méditerranéen appartenant à l'étage sub-humide.

Selon les mesures de précipitation mensuelles (tableau 1) enregistrées par L'office national de météorologie (O.N.M) le nombre de jours pluvieux par an dans cette région est de 111 jours avec une pluviométrie de l'ordre de 1200 mm/an.

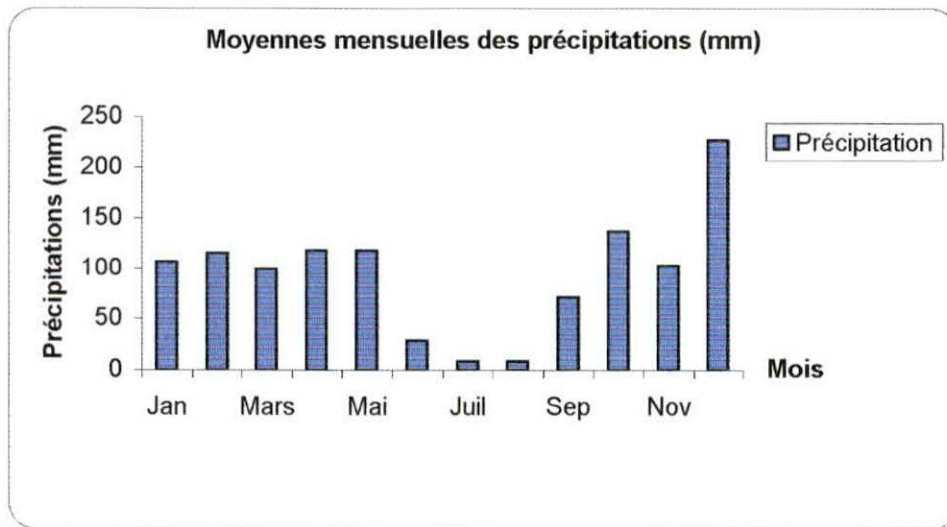
Tableau 1 : Moyennes mensuelles des précipitations à la station de Jijel (1992-2002)

Mois	Jan	fev	mars	avril	mai	juin	juillet	Août	sep	oct	nov	dec
Précipitation (mm)	107	115.4	99.5	118.4	117.9	28	8.2	8.1	70.51	136.6	102.4	226.7

Source : O.N.M

L'histogramme (figure6) dressé à partir des données consignées dans le tableau ci-dessus, fait ressortir que :

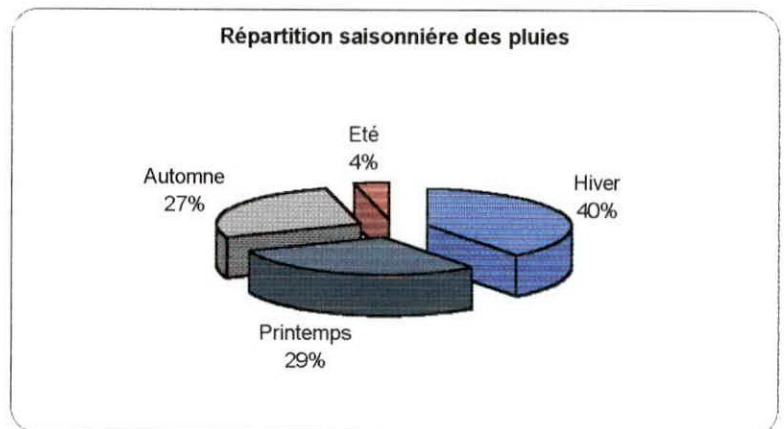
- Le mois de décembre reste le mois le plus pluvieux avec une moyenne mensuelle de 227 mm.
- Les faibles moyennes de précipitations sont enregistrées au mois d'août avec une tranche d'eau qui ne dépasse pas 8 mm.



**Figure 6** : Moyennes mensuelles des précipitations enregistrées à la station de Jijel, pour la période allant de 1992-2002.(O.N.M)

Le régime saisonnier des précipitations nous montre l'inégalité de la répartition des pluies dans le cycle annuel car l'hiver est la saison la plus pluvieuse avec 40% (figure 7) et la saison la plus sèche est l'été avec 4%.

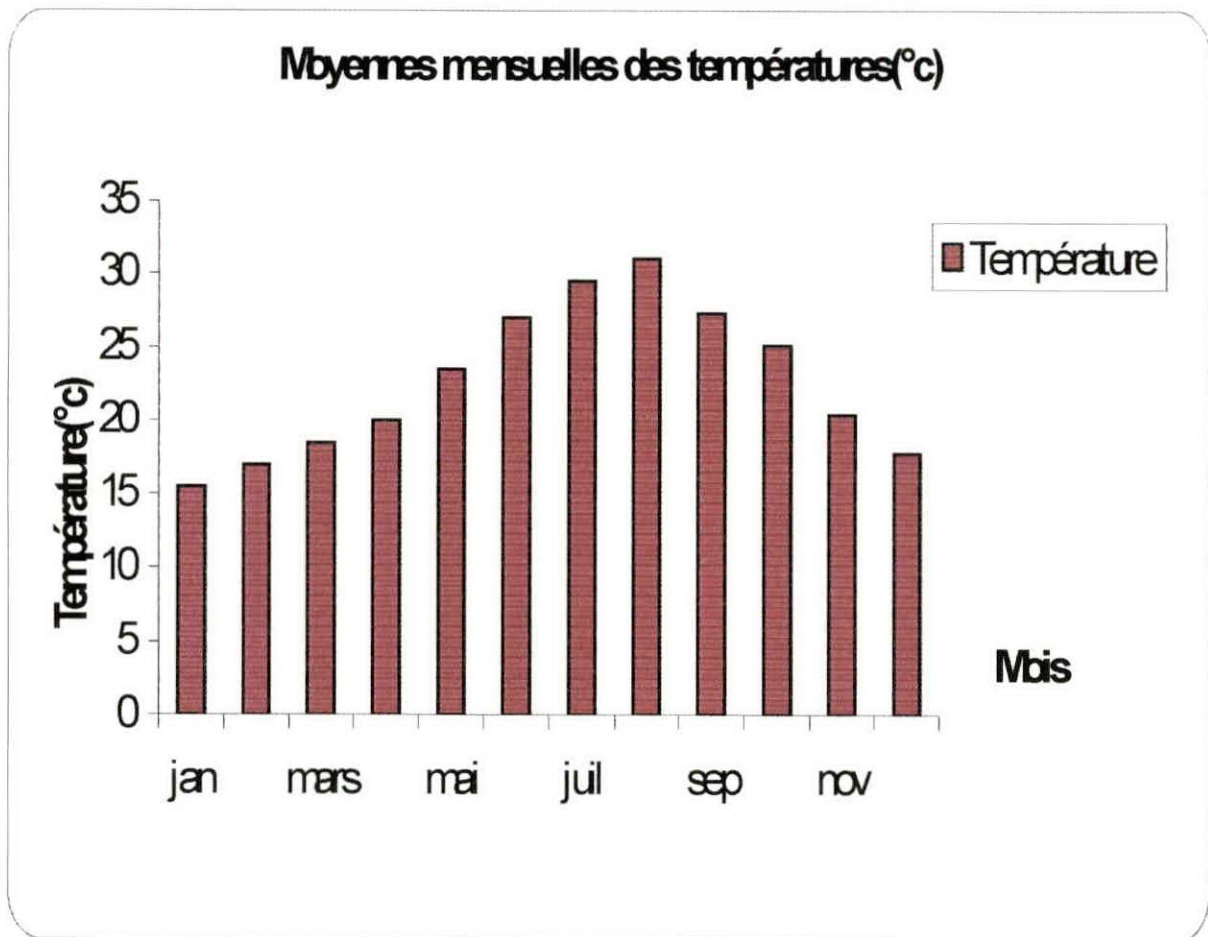
Saison	pourcentages
Hiver	40%
Printemps	29%
Eté	4%
automne	27%



**Figure 7** : Répartition saisonnière des pluies dans la région de Jijel (1992-2002)

### 1.5.1.2. Les températures

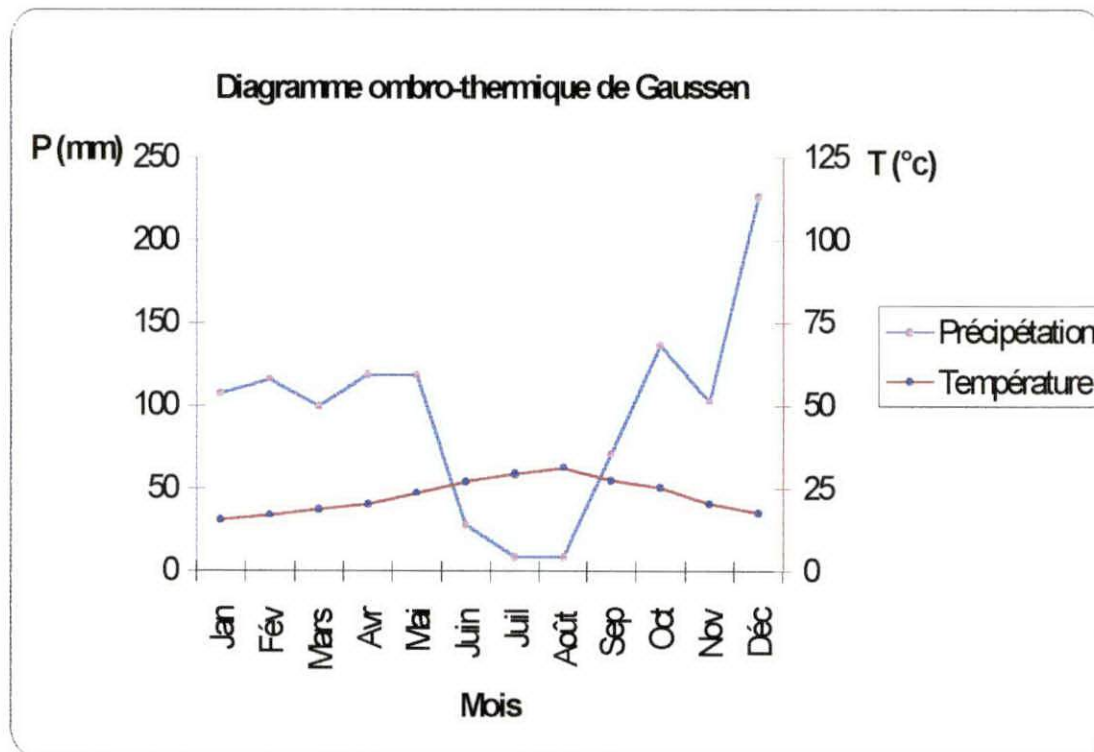
L'histogramme, (figure 8) réalisé à partir des données de températures enregistrées par l'O.N.M, montre que les températures à la station de Jijel ne dépassent pas la barre de 40°C et ne descendent par sous le seuil de 0°C. Le maximum enregistré est de 30°C en mois d'Août et le minimum est de 14°C en mois de Janvier.



**Figure 8** : Moyennes mensuelles des températures en (°C),  
station de Jijel (1992-2002)

### 1.5.1.3. Relation température - précipitation

La courbe ombro-thermique de la station de Jijel associe sur le même graphique les températures et les précipitations. L'échelle choisie correspond à une hauteur de précipitation double des températures. Le choix de cette échelle permet de définir un mois sec lorsque  $P$  est inférieur à  $2T$ , c'est-à-dire lorsque la courbe des températures passe au-dessus de celle des précipitations (figure9).



**Figure 9** : Diagramme ombro thermique de Gaussen : Station de Jijel (1982-1997)

Ce graphique met en évidence deux périodes bien distinctes :

- Une période humide, qui s'étale sur une période de six mois, allant du mois d'octobre au mois d'avril.
- Une période de quatre mois biologiquement sèche qui s'échelonne de mai à septembre.

### 1.5.2. Les écoulements de surface

Le réseau hydrographique de la région de Jijel est dense, il comprend d'ouest en est : Oued EL Mencha, oued Nil, oued Jen-Jen, et oued El Kebir. Figure 4

Ces oueds ont leurs tracés perpendiculaires à la côte favorisant l'écoulement dans la mer.

Ils se caractérisent tous par l'alternance des périodes d'étiages et des crues soudaines et rapides.

Le tableau 2 résume les caractéristiques hydrographiques des principaux oueds de la région.

**Tableau 2** : Caractéristiques des oueds de la région.

	Position géographique	Composition	Superficie du bassin versant	Apport moyen en eau
EL-Mencha	Ouest de la baie	-formation pliocène -gré - argiles côtières	391 km <sup>2</sup>	290 M m <sup>3</sup> /an
Djen Djen	Ouest port de Djen Djen	- schistes métamorphiques -calcaires jurassiques	525 km <sup>2</sup>	420 M m <sup>3</sup> /an
Nil	Centre de la baie	- schistes métamorphiques -formation argilosableuses du pliocène	135 km <sup>2</sup>	14 M m <sup>3</sup> /an
EL-Kebir	Est de la baie	/	8000 km <sup>2</sup>	750 M m <sup>3</sup> /an

Les données des débits solides et liquides des différents oueds qui drainent les bassins versants de la baie proviennent de deux sources :

- Les données fournies par le laboratoire central d'hydraulique de France (L.C.H.F).

- Les données de l'agence nationale des ressources hydriques (A.N.R.H) qui couvrent la période allant de 1983 à 1993.

### 1.5.2.1. Les données du L.C.H.F

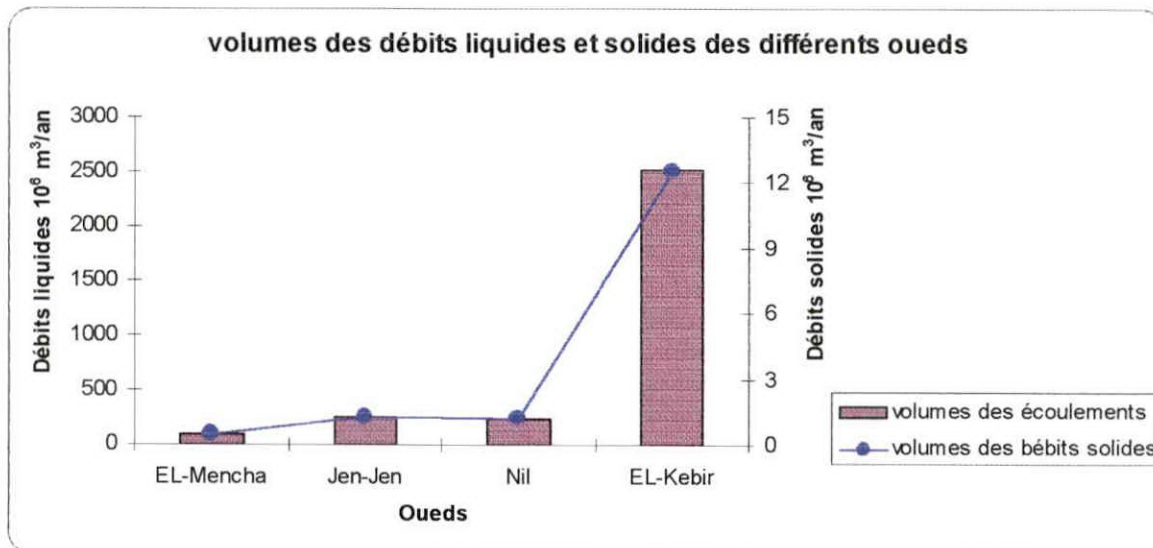
Les mesures effectuées par L.C.H.F sur les différents oueds de la région sont consignées dans le tableau qui suit.

**Tableau 3** : Débits liquides et solides des différents oueds.

	EL-Mencha	Djen Djen	Ni	EL-Kebir	Total (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /an)
Volume des écoulements	100	250	230	2520	3100
Volumes des débits solides	0.5	1.25	1.15	12.5	15.4

Source : L.C.H.F

L'histogramme dressé à partir de ces résultats montre, que la baie reçoit un volume total d'eau de 3100 millions de mètres cubes, charriant un volume total de 15.4 millions de mètres cubes par an de sédiments. Le principal pourvoyeur en eau et en sédiments reste l'oued EL Kebir avec un volume d'eau de 2520 M m<sup>3</sup>/an et 12.5 M m<sup>3</sup>/an de sédiment. Figure 10



**Figure 10** : Volumes mensuels des débits liquides et solides des différents Oueds de la région

### 1.5.2.2. Les données de A.N.R.H

Les mesures hydrométriques réalisées par l'A.N.R.H ont touchées essentiellement les deux principaux oueds de la baie à savoir oued Jen-Jen et oued EL Kebir : les données recueillis sont obtenues au niveau de deux stations de jaugeages limitrophes au site étudié :

- La station hydrométrique oued Missa : pour l'oued Jen-Jen.
- La station hydrométrique d'EL Ancer : pour oued EL Kebir.

Les données recueillies s'étalent sur une décennie allant de 1983 à 1993.Elles sont figurées dans les tableaux 4 et 5 qui suit.

**Tableau 4 : Moyennes annuelles des apports liquides et solides de oued Jen-Jen**

Années	Moyennes annuelles des débits liquides (m <sup>3</sup> /s)	Moyennes annuelles des débits solides (10 <sup>-3</sup> kg/s)
1983	7.825	50.76
1984	16.75	118.49
1985	3.715	10.59
1986	5.549	40.38
1987	2.257	9.86
1988	4.173	15.45
1989	1.102	2.97
1990	5.469	30.42
1991	3.017	28.26
1992	2.75	10.25
1993	1.960	3.87

Les apports liquides et solides sont très variables tels qu'ils apparaissent aux niveaux de deux stations de jaugeages. La série de données traduit un écoulement global en millions de m<sup>3</sup> très important avec une moyenne de 847.93 millions de m<sup>3</sup> pour l'oued EL Kebir.

La variabilité interannuelle est très importante, elle varie de 1 à 8 soit de 8 millions de m<sup>3</sup> à 2188.8 millions de m<sup>3</sup> pour l'oued EL Kebir et 154.27 millions de m<sup>3</sup> par an à 520.99 millions de m<sup>3</sup> par an pour oued Jen-Jen.

Ces constatations confirment que les régimes annuelles des oueds reste largement tributaire du régime pluviométrique.

**Tableau 5 : Moyennes annuelles des apports liquides et solides de oued EL-Kebir**

	Moyennes annuelles des débits liquides (m <sup>3</sup> /s)	Moyennes annuelles des débits solides (10 <sup>-3</sup> kg/s)
1983	35.31	344.68
1984	70.37	692.7
1985	22.99	184.69
1986	32.11	221.87
1987	9.52	37.51
1988	17.01	131.56
1989	8.47	147.5
1990	46.14	635.27
1991	23.2	193.62
1992	20.19	48.72
1993	13.53	27.76

Source : A.R.N.H

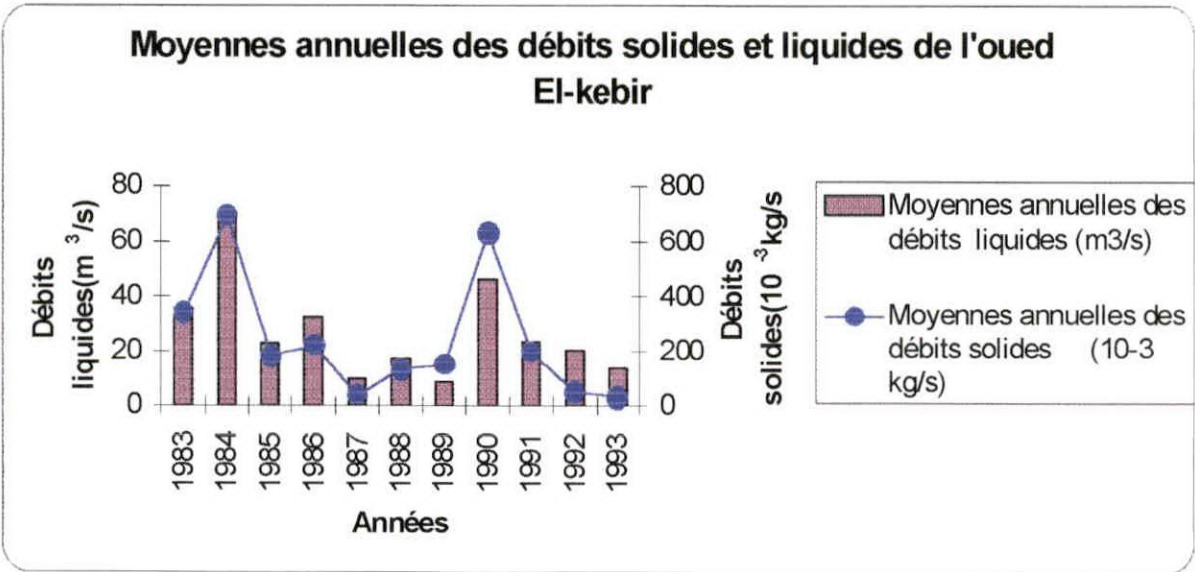


Figure 11 : Moyennes annuelles des débits solides et liquides de oue El-Kebir

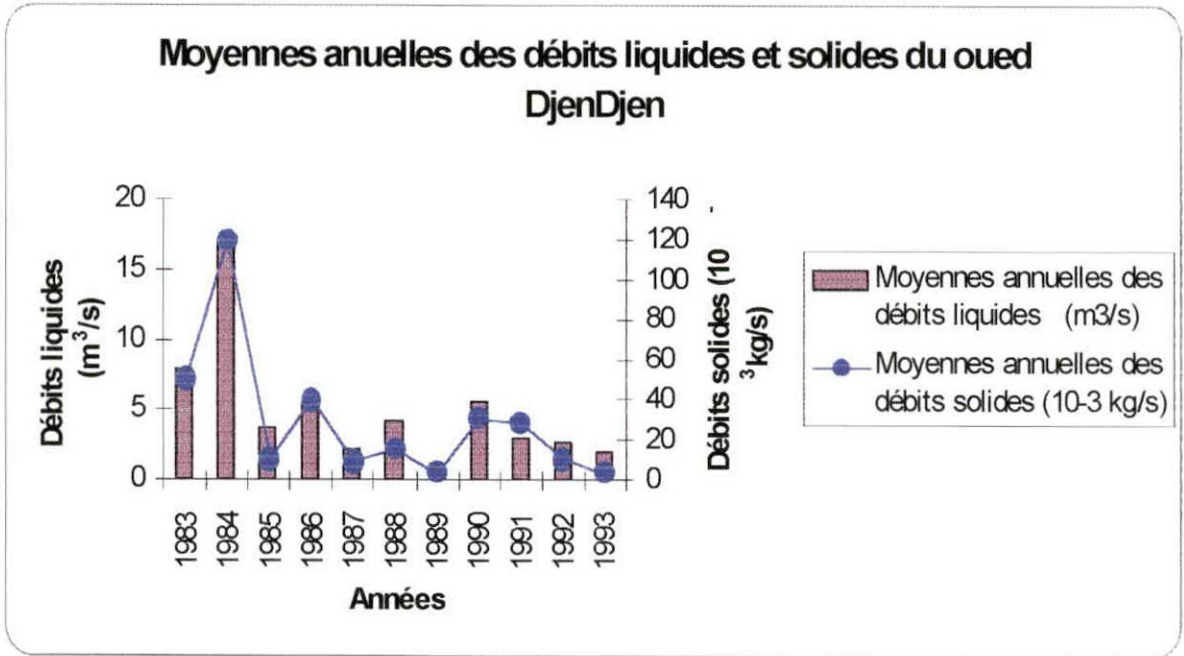


Figure 12 : Moyennes annuelles des débits liquides et solides du oued Djen Djen

## 2.1. Hydrodynamisme

Dans ce chapitre qui est fondamental pour notre étude, nous allons étudier les principaux facteurs qui commandent la dynamique sédimentaire à l'avant plage du site d'étude.

### 2.1.1 Les vents

Le vent est la composante horizontale du déplacement d'une masse d'air par rapport au sol. Il est caractérisé par sa vitesse (exprimés en noeuds ou en m/s) et sa direction PEDELABORDE (1971).

Généralisant un cisaillement à la surface de la mer, le vent pousse les masses d'eau dans sa direction autrement dit, ils sont générateurs de houles et de courants superficiels.

La connaissance des régimes de vent, et plus généralement, des événements météorologique au large de la côte Jijélienne est essentielle pour la caractérisation des vagues qu'ils peuvent générer.

Les données de vents, traitées dans ce chapitre proviennent des observations faites au large des côtes est Algériennes par l'*U.S. Naval Weather Service Command* (USNWSC). Ces observations s'échelonnent sur une période de 8 ans allant de 1963 à 1970.

Le traitement statistique de ces données, publiées dans le *Summary of Synoptic Meteorological Observation* (SSMO) ; a permis l'élaboration de roses trimestrielles et annuelle des vents au large des côtes Jijéliennes (figure 13).

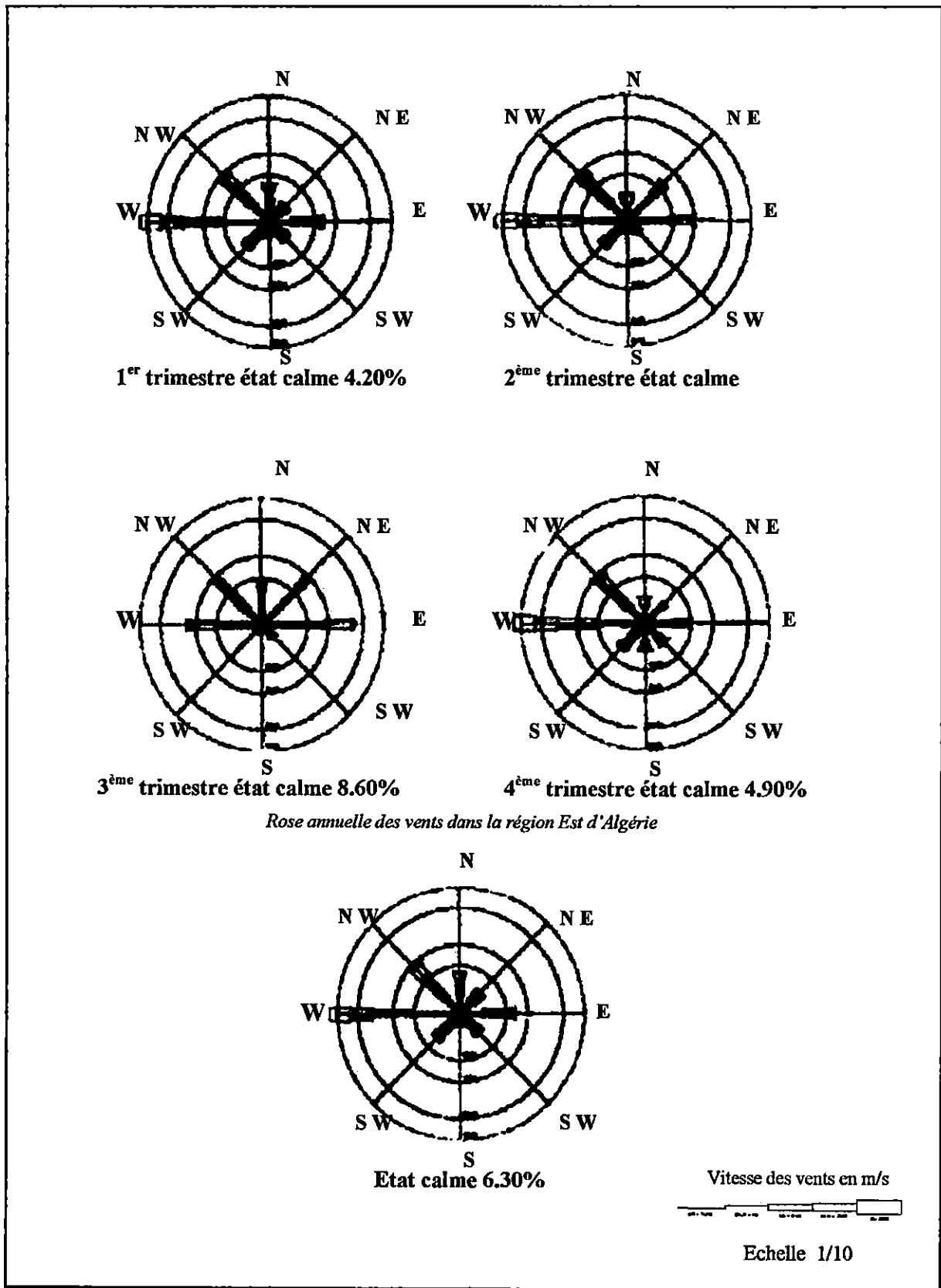


Figure 13 : Roses trimestrielles et annuelle des vents (S.S.M.O).

Un regard sur ces roses nous a permis de déceler deux périodes :

- La première période qui va d'octobre à avril, est caractérisée par la prédominance des vents qui proviennent du 4<sup>ème</sup> quadrant avec des fréquences qui varient entre 15 et 31%.  
Les vitesses des vents enregistrées avoisinent les 14 m/s.
- La seconde période qui s'échelonne du mois de mai à septembre, est caractérisée à son tour par la prédominance des vents de direction Est et Nord-Est avec des fréquences très élevées de 32.5 % pendant le mois de juillet et août. Les vitesses moyennes enregistrées restent faibles et ne dépassent pas le seuil de 7m/s.

La rose annuelle fait apparaître les trois directions préférentielles des vents dominants. Ces vents proviennent essentiellement d'Ouest, Est et Nord Est avec des fréquences respectivement de 22%, 18%, 17%.

### 2.1.2. Les houles

On appelle houle, une suite indéfinie d'ondulation parallèles, presque identiques, qui se propagent de façon sensiblement uniforme vers le rivage. (BONNE FILLE, 1992).

La houle générée par les vents est un facteur essentiel dans la détermination du volume de sédiment déplacé parallèlement à la côte (transit littoral) d'une part et d'autre part pour connaître le sens du transport sédimentaire résultant.

L'analyse des régimes de houles, dans la région de Jijel est effectuée à partir des données de l'*USNWSC*, publiées dans le S.S.M.O, qui donne des observations enregistrées au large des côtes Est Algérienne pour la période allant de 1963 à 1970.

Le traitement des données regroupées dans le (tableau 6) nous a permis d'établir des roses trimestrielles et annuelle des houles (figure 14).

**Tableau 6 : Fréquences mensuelles des houles au large des côtes Est Algériennes durant la période allant de 1963 à 1970.**

Mois	Nord %	Nord-Est %	Est %	Ouest %	Nord- Ouest %
Janvier	11.5	7.2	16.4	30.8	14.0
Février	8.4	6.0	12.4	39.6	14.5
Mars	8.5	5.5	12.9	35.5	20.4
Avril	6.4	8.8	15.2	39.4	18.6
Mai	8.6	15.9	17.3	31.7	13.1
Juin	10.1	15.3	19.5	30.1	14.6
Juillet	12.3	19.8	22.5	20.1	17.1
Août	12.4	19.9	24.9	18.5	16.9
Septembre	12.0	14.2	29.2	17.7	15.8
Octobre	8.2	11.0	19.0	30.4	11.1
Novembre	4.2	3.6	7.9	40.1	19.6
décembre	6.7	4.5	6.0	38.6	19.2
Total	9.10	10.97	16.85	31.04	16.24

Source :S.S.M.O

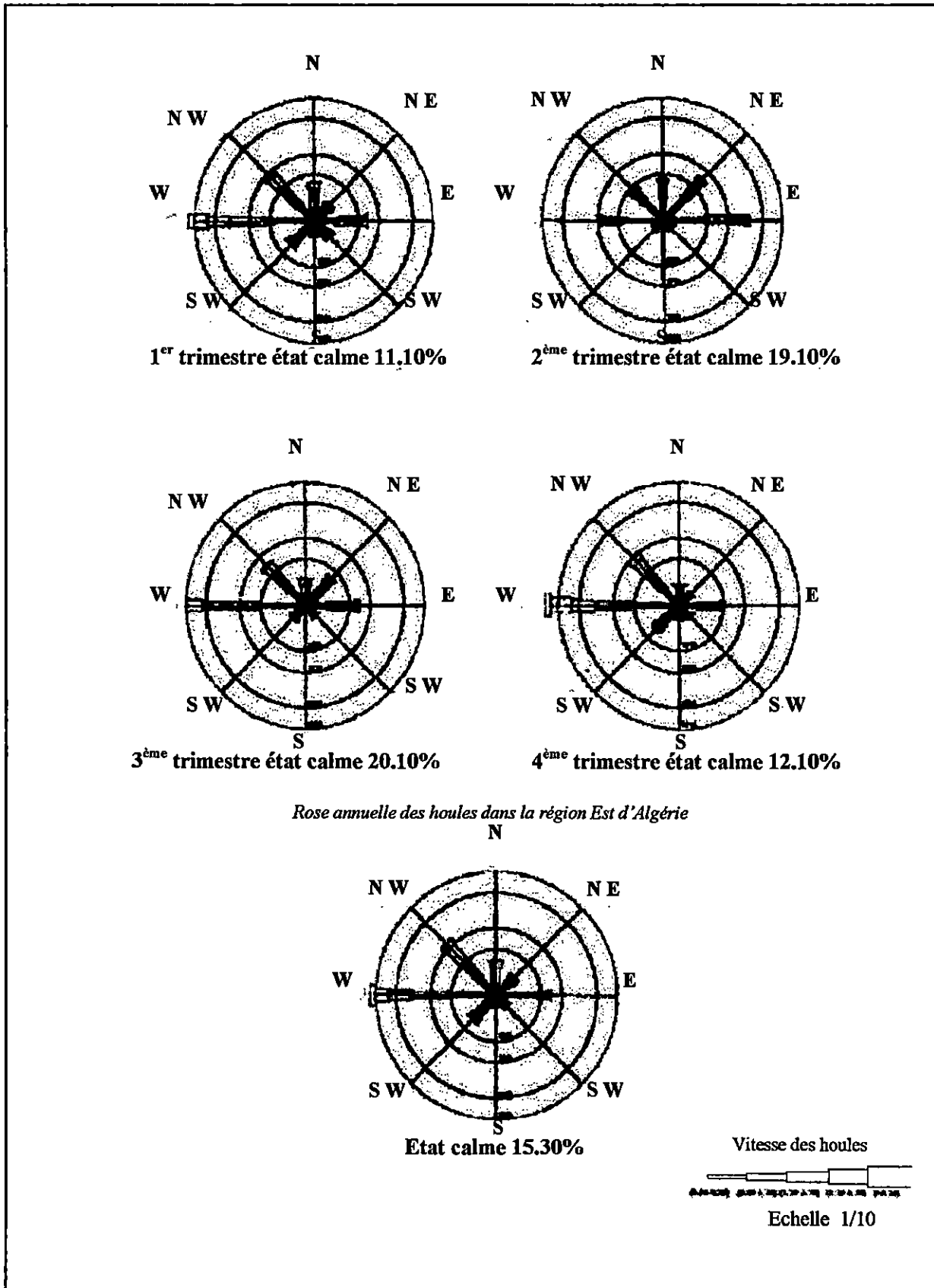


Figure 14 : Roses trimestrielles et annuelle des houles (S.S.M.O).

L'observation des roses trimestrielles fait apparaître deux périodes une hivernale et l'autre estivale.

➤ Durant la période hivernale les houles proviennent essentiellement du quatrième quadrant et principalement des secteurs Ouest et Nord-Ouest, avec des fréquences respectives de 34.5 % et 15.5 %. Les amplitudes associées à ces direction varient entre 0.75 m et 3.75 m.

Pour les houles les plus fréquentes l'amplitude varie entre 0.75 m et 1.75 m.

➤ La période estivale se caractérise, par la présence d'e trois secteurs prédominants, le secteur Ouest, Est et Nord Est avec des fréquences respectives de 23 %, 18 % et 12.2 %.

Les houles du secteur Nord Ouest restent faibles, leurs fréquences restent inférieures à 5 %.

### 2.1.2.1. Les données de L'O.N.S.M

Les enregistrements réguliers de l'amplitude et de la période des houles au large du cap Ras EL Afia ont été obtenus à la bouée non directionnelle (DATAWELL) durant les années 2000 et 2001.

Les résultats obtenus après dépouillement des enregistrements sont regroupés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 7 : Moyennes mensuelles de Hs et Tz (2000-2001).**

Enregistrement	Hauteur significative (cm)	Période significative (seconde)	Terme descriptif
02.2000	158.47	5.5	Agitée
03.2000	142.65	5.6	Agitée
04.2000	209.85	5.2	Agitée
05.2000	55.45	4.1	Peu agitée
10.2000	71.20	4.5	Peu agitée
11.2000	139.67	5.1	Agitée
12.2000	112.16	4.77	Peu agitée
01.2001	124.20	5.1	Peu agitée
02.2001	163.27	5.9	Agitée
03.2001	135.30	5.1	Agitée
04.2001	193.65	6.2	Agitée

## Pour l'année 2000

La hauteur significative  $H_s$  des houles atteint ces valeurs les plus élevées entre le mois de novembre et le mois d'avril avec des amplitudes qui varient de 125cm à 250cm pour des périodes de 5s à 6s. Les valeurs minimales de  $H_s$  sont enregistrées entre le mois de mars et celui d'octobre avec une amplitude qui varie entre 50cm et 125 cm pour des périodes de 4 à 5s. Figure 15

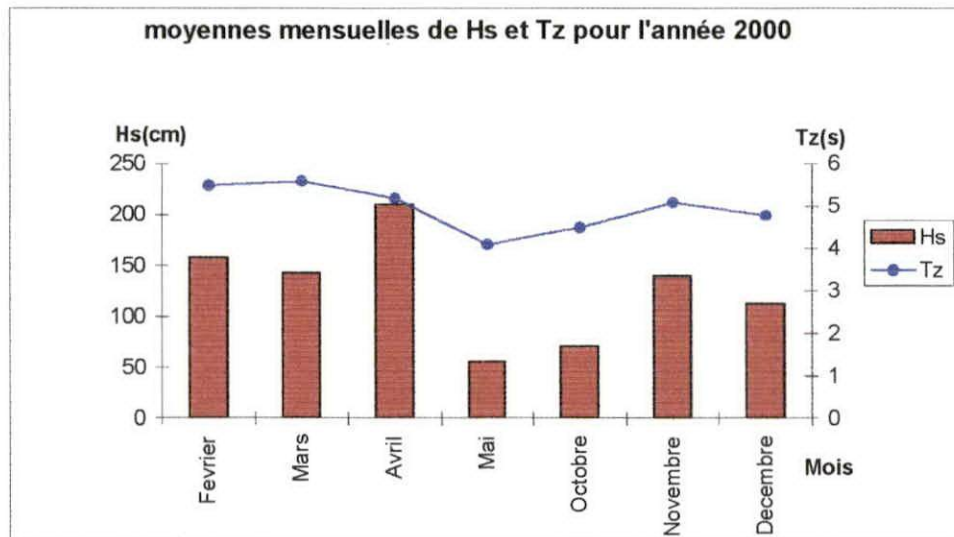


Figure 15 : Moyenne des enregistrements des  $H_s$  et  $T_z$  durant l'année 2000.

## Pour l'année 2001

Pour l'enregistrement des mois janvier, février mars et avril la hauteur significative varie entre 125 cm à 250 cm pour les périodes respectives de 5s et 6s.

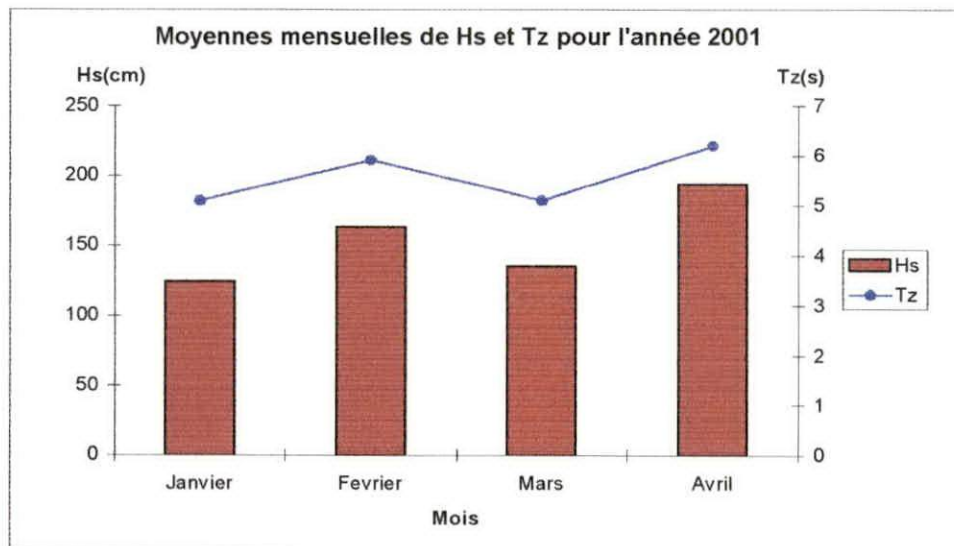


Figure 16 : Moyenne mensuelles de  $H_s$  et  $T_z$  pour l'année 2001

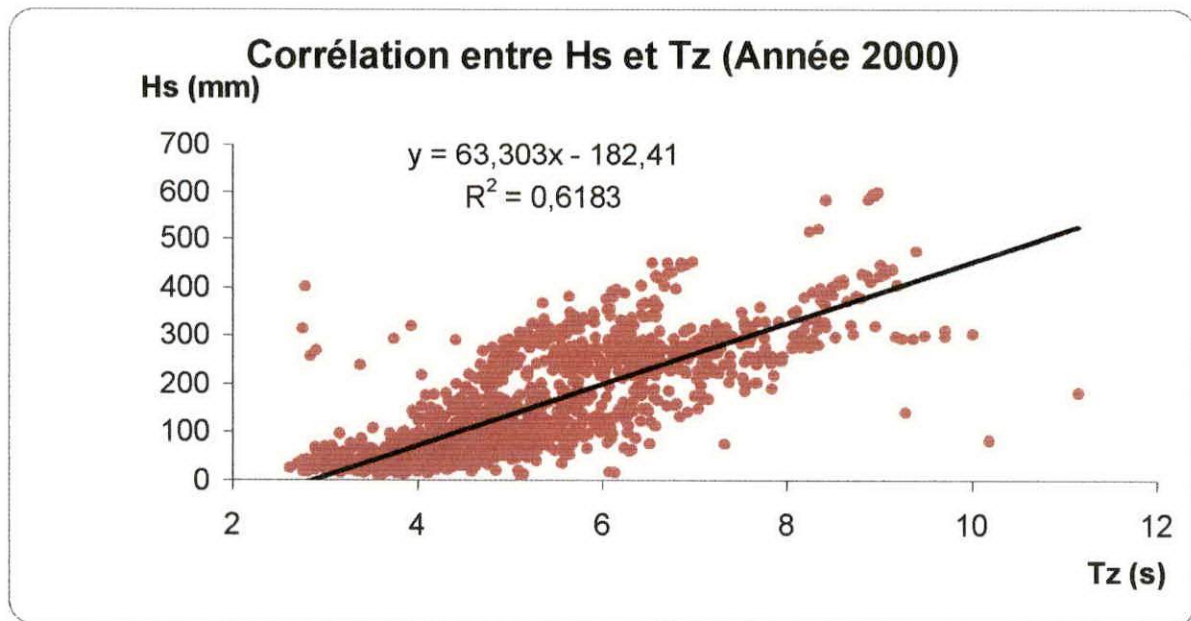
**Tableau 8 : Le code S des états de la mer.**

N° du code	Terme descriptif	Hauteur des vagues (cm)
0	Calme	0
1	Calme (ridée)	0.0 - 10
2	Belle	10 - 50
3	Peu agitée	50 - 125
4	Agitée	125 - 250
5	Forte	250 - 400
6	Très forte	400 - 600
7	Grosse	600 - 900
8	Très grosse	900 - 1400
9	Enorme	Dépassant 1400

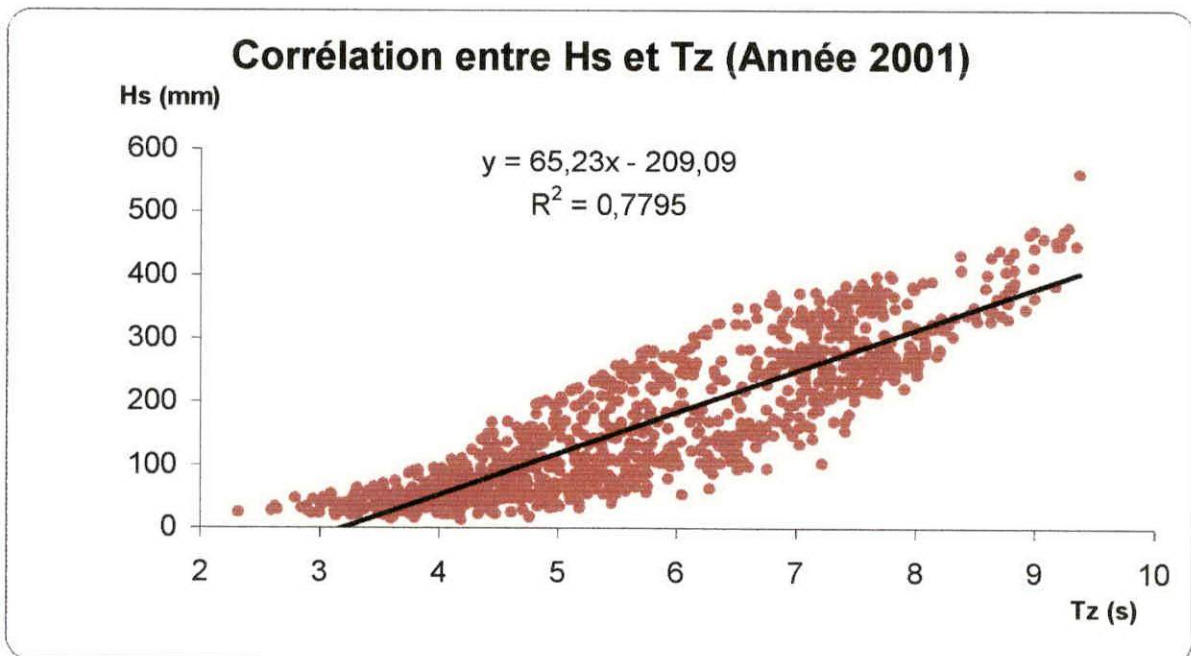
### 2.1.2.2. Relation hauteur significative ( $H_s$ ) et période significative ( $T_z$ )

Le traitement statistique des données brutes de l'O.N.S.M nous a permis d'établir une corrélation entre les hauteurs significatives et les périodes significatives pour les années 2000 et 2001 figure 17 et 18.

On analysant les deux figures, on remarque que tous les points se situent à proximité du coefficient angulaire positif. On peut dire donc qu'il y a une bonne corrélation entre  $H_s$  et  $T_z$ .



**Figure 17** : Corrélation Hs – Tz pendant l'année 2000



**Figure 18** : Corrélation Hs – Tz pendant l'année 2001

### 2.1.3. Les courants

Les courants marins transportent les matériaux solides et modèlent les fonds sous marins. Les côtes Algériennes sont caractérisées par des courants faibles, résultent d'un écoulement des eaux atlantique à travers le détroit de Gibraltar. Leur action dépend de :

- Leur intensité.
- Leur gradient  $d_v / d_z$  au voisinage du fond.

#### 2.1.3.1. Les courants généraux

Les recherches de Millot 1985 effectuées sur la dynamique des eaux atlantiques dans le bassin Algérien montre que les courants se déplacent de l'Ouest vers l'Est en décrivant des tourbillons de 100 Km de diamètre et de 200 m d'épaisseur dans la couche de surface.

En période hivernale ce courant reste près des côtes jusqu'au méridien  $0^\circ$  allant vers l'Est, il s'étale en direction du large, une branche secondaire se détache et s'incurve vers le fond dans la partie orientale de la baie et semble donner naissance à contre courant atlantique (Ouest-Est) et tend à rejoindre la branche atlantique dans la partie occidentale de la baie.

Formant ainsi une branche à mouvement tourbillonnaire. La vitesse de ce courant varie entre 0.5 et 2.5 nœuds

#### 2.1.3.2. Les courants de retour

Sont perpendiculaires à la côte, leur action est très limitée, ils assurent le retour vers le large d'une quantité sensible de sédiments à partir du déferlement de la houle contre la ligne de rivage (OTTMANN 1965).

Dans la baie de Jijel, les courants de retour sont produits par les houles frontales venant du Nord et Nord-Ouest, ces courants interviennent dans le transport des sédiments perpendiculairement à la côte.

### 2.1.3.3. Les courants de dérive littorale

La dérive littorale est présente lorsque la houle atteint la côte avec une certaine obliquité, la vitesse de courant est maximale pour un angle d'incidence de  $50^\circ$  à  $60^\circ$  (LARRAS 1957). Lorsque la houle est oblique le jet de rive se fera dans la direction de la propagation, par contre le retrait des eaux se fera dans le sens de la pente de la plage. OTTMANN (1965).

En baie de Jijel, l'analyse des résultats obtenus par le laboratoire central hydraulique Français (L.C.H.F) montre que :

- Pour les régimes de vent de secteur Ouest les courants ont une tendance générale à porter vers l'Est.
- Pour les vents de secteur Est, les trajectoires des courants sont portés à l'Ouest soit à l'Est, soit vers la côte.
- Les courants de secteur Nord ont été enregistrés le plus souvent, pendant des périodes où la direction des vents était instable.

### 2.1.4. La marée

La marée est un phénomène périodique prévisible, elle engendre des variations connues dans le niveau de l'eau.

La marée méditerranéenne notamment celle rencontrée sur les côtes Algériennes est très faible et ne dépasse que rarement 30 cm de marnage avec des périodes de 24 heures et de 12 heures.

Le nivellement général d'Algérie (N.G.A) est de 34 cm par rapport au zéro hydrographique (Z.H) 0.00 m et le niveau moyen est  $\pm 10$  Cm par rapport au Z.H.

### 3.1. Approche de la dynamique sédimentaire par la granulométrie

L'analyse granulométrique nous permet de connaître la répartition fréquentielle de la taille des particules qui composent le stock sédimentaire d'une part et de définir les paramètres de la dynamique (mouvement) des sédiments (zone d'engraissement, zone de démaigrissement et le sens du transport) d'autre part.

Dans ce qui suit nous allons faire une approche de la dynamique sédimentaire par une méthode classique qui repose essentiellement sur les indices granulométriques classiques ; La taille moyenne ( $T_m$ ), l'indice de classement ( $\Phi_i$ ) et l'indice d'asymétrie ( $Sk_i$ ).

Pour ce faire, nous avons réalisé une campagne à bord du navire IBTACIM durant la période de Juillet 2003. Au total, 32 échantillons de sédiments ont été prélevés dans la couche superficielle située entre 0 et -20 mètres de profondeurs.

Les échantillons ont été prélevés depuis notre embarcation à l'aide d'une petite benne (VanVeen).

Les sédiments prélevés ont subis différents traitements et une analyse en laboratoire de l'ISMAL, par tamisage. Les résultats obtenus nous ont permis de tracer des courbes cumulatives, sur lesquelles nous avons calculé les indices granulométriques :

#### 3.1.1. Les indices granulométriques

Durant ces dernières décennies plusieurs auteurs INMAN(1949), PETIJONH(1949), HARRIS(1959), VISHER(1969), KEEN et al(1993), YU et WRIGHT(1998), ont mis en évidence les relations qui relient la dynamique sédimentaire et sa texture, c'est-à-dire, l'existence d'une relation entre la taille des particules et les facteurs hydrodynamiques contemporains.

Les indices granulométriques descriptifs obtenus de l'analyse granulométrique sont utilisés pour expliquer la répartition spatiale des textures et par la suite de faire une corrélation avec les processus de mise en place. Ces indices granulométriques sont calculés par la méthode des moments statistiques qui prend en compte l'ensemble de la distribution granulométrique, Boogs(1987). Ils comportent :

### 3.1.1.1. La taille moyenne ( $T_m$ )

Il donne une bonne idée de l'éventail granulométrique moyen d'un échantillon.

$$T_m = \sum f \times \frac{m}{n}$$

De : 0 à 1 (Phi) : sable grossier (SG).

1 à 2 (Phi) : sable moyenne (SM).

2 à 3 (Phi) : sable fin (SF).

3 à 4 (Phi) : sable très fin (STF).

Avec :

f = le pourcentage du points de chaque classe de taille.

m = midpoint, qui est la moyenne de chaque classe de taille.

n = égale a 100 si on ne perd pas de grain.

### 3.1.1.2. L'indice de classement $\Phi_1$

Il indique la dispersion des tailles par rapport à la moyenne de l'échantillon.

$$\Phi_1 = \sqrt{\sum f \times \left( \frac{(m - T_m)^2}{100} \right)}$$

Ces indices nous renseignent sur l'importance du tri lors du transport et de la sédimentation.

Suivant les valeurs obtenues de ( $\Phi_1$ ) le sédiment sera classé comme suite.

0.00 <  $\Phi_1$  < 0.35 : très bien classé (Tbc).

0.35 <  $\Phi_1$  < 0.50 : bien classé (bc).

0.50 <  $\Phi_1$  < 0.71 : assez bien classé (abc).

0.71 <  $\Phi_1$  < 1.00 : moyennement classé (Mc).

1.00 <  $\Phi_1$  < 2.00 : médiocrement classé (mc).

2.00 <  $\Phi_1$  < 4.00 : très mal classé (tmc).

11/11/11

11/11/11

11/11/11

11/11/11

11/11/11

11/11/11

11/11/11

11/11/11

11/11/11

11/11/11

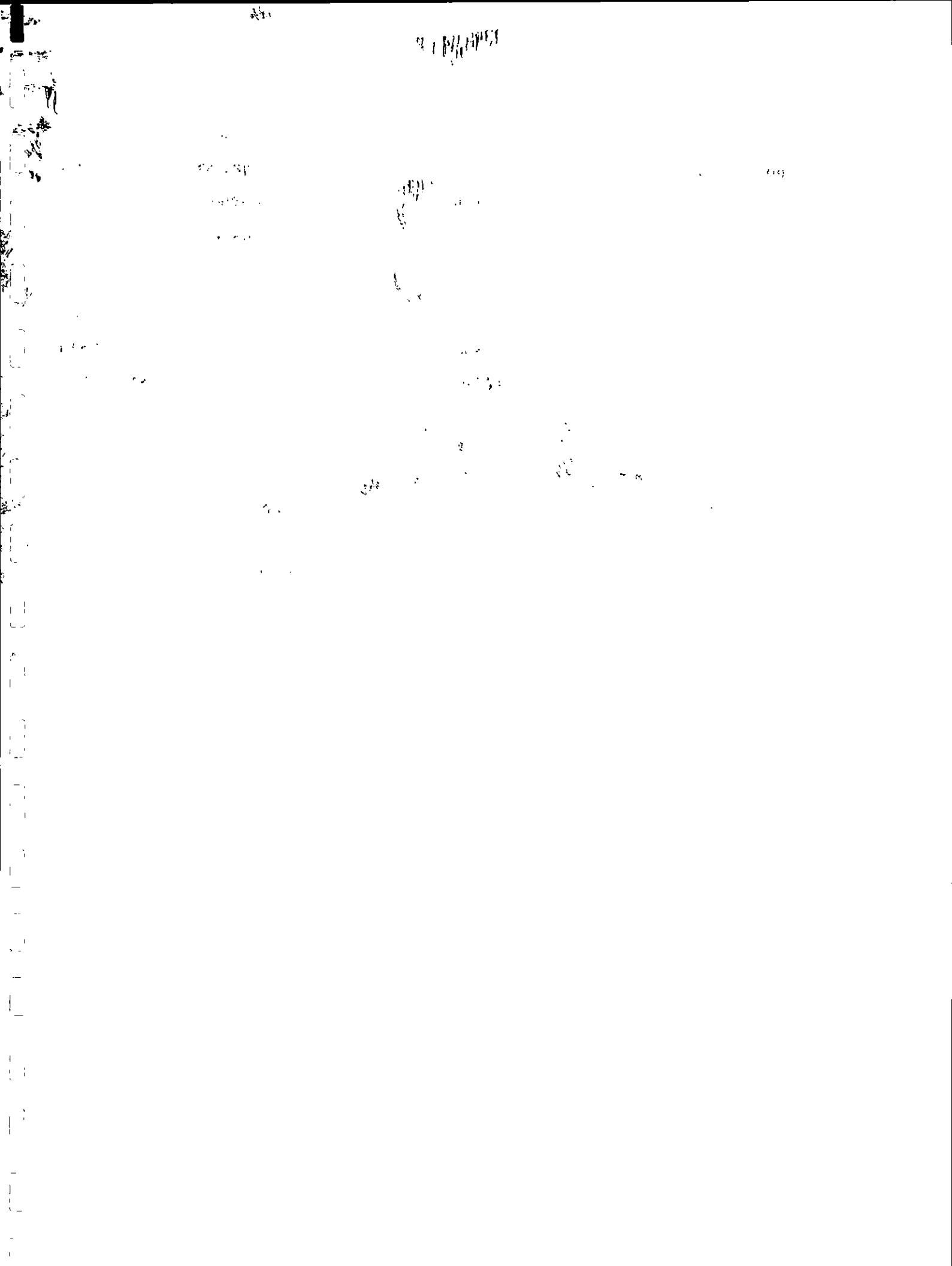
11/11/11

11/11/11

11/11/11

11/11/11

11/11/11



### 3.1.1.3. L'indice d'asymétrie $S_{k_i}$

Il indique la prépondérance, ou non, de particules fines (valeurs positives) ou grossières (valeurs négatives) par rapport à la moyenne de l'échantillon.

$$S_{k_i} = \left[ \sum f \times \frac{(m - T_m)^3}{100} \right] \times \Phi_i$$

D'après Igonine et Mossiakine. In Chamley (1987). Le  $S_{k_i}$  varie comme suit :

+1.00 >  $S_{k_i}$  > +0.30 : forte asymétrie vers les petites taille (favpt).

+0.30 >  $S_{k_i}$  > +0.10 : asymétrie vers les petites taille (avpt).

+0.10 >  $S_{k_i}$  > -0.10 : asymétrie granulométrique de l'échantillon (agE).

-0.10 >  $S_{k_i}$  > -0.30 : asymétrie vers les grandes taille (avgt).

-0.30 >  $S_{k_i}$  > -1.00 : forte asymétrie vers les grandes taille (favgt).

### 3.1.2. Interprétation des résultats

#### La taille moyenne ( $T_m$ )

Le grain moyen est l'expression de la force d'un courant (vent, eau) capable d'avoir mis en mouvement l'essentiel d'un sédiment. Chamley (1987) et Moutzaris (1991), trouvent que la vitesse de mise en place du grain dans l'eau et grain moyen ont qualitativement la même distribution à travers la zone côtière.

Sur les fonds de la zone Ouest de la baie de Jijel les valeurs, de la taille moyenne rencontrées oscillent entre 2 et 4 en échelle de  $\Phi$  (phi), tableau 9.

Ces valeurs dénotent de présence d'une texture sableuse formée essentiellement par des sables fins et très fins.

#### L'indice de classement ( $\Phi_1$ )

Sur les fonds marins de la côte qui s'étend entre la ville de Jijel et l'embouchure de l'oued Jen-Jen, les valeurs rencontrées varient entre 0.4 et 0.7, elles traduisent un bon classement du sédiment. Tableau 9

## L'indice d'asymétrie $S_{k_i}$

Dans la zone d'étude les valeurs de l'indice d'asymétrie obtenues sont relativement élevées, elles varient entre -0.97 et 0.84 en échelle de phi. Les valeurs négatives rencontrées par endroit tableau sont dues à un tri sélectif des sédiments grossiers.

D'après Igonine et Messiakine in Boutiba 1996, dans le terme d'énergies des agents de transports, l'apophyse négative signifie que la vitesse du courant de mise en place et pour une longue durée avait une vitesse supérieure à la vitesse moyenne.

### 3.2. Répartition des carbonates

Le dosage des carbonates dans les sédiments fins a été réalisé, au calcimètre de BERNARD. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 10. L'analyse de ces résultats montre :

- En générale les teneurs en carbonates des sédiments sont peu élevées, elles varient entre 27 et 33 %.
- Ceci s'explique par le fait des courants engendrés par les houles déferlantes et qui empêchent la sédimentation des particules fines riche en  $\text{CaCO}_3$ .

**Tableau 9** : Valeurs des indices granulométriques des 32 stations dans la zone d'étude.

Station	$\Phi_t$	Ski	TM
1	0,74 Mc	0,63 favpt	3,08 STF
2	0,71 abc	-1,09 favgt	3,09 STF
3	0,50 bc	0,62 favgt	3,02 STF
4	0,52 abc	-0,93 favgt	2,53 SF
5	0,41 bc	-0,97 favgt	2,54 SF
6	0,43 bc	0,70 favgt	2,80 SF
7	0,58 abc	1,21 favgt	3,10 STF
8	0,46 bc	0,84 favgt	3,15 STF
9	0,46 bc	0,77 favgt	3,29 STF
10	0,43 bc	0,67 favgt	3,24 STF
11	0,45 bc	1,26 favgt	2,90 SF
12	0,45 bc	-1,19 favgt	2,55 SF
13	0,45 bc	-0,51 favgt	2,49 SF
14	0,71 abc	1,62 favgt	2,83 SF
15	0,44 bc	0,86 favgt	3,07 STF
16	0,39 bc	0,78 favgt	3,22 STF
17	0,44 bc	2,27 favgt	3,31 STF
18	0,50 bc	1,05 favgt	3,04 STF
19	0,44 bc	-0,24 avgt	2,44 SF
20	0,41 bc	0,15 avpt	2,67 SF
21	0,49 bc	-0,51 favgt	2,11 SF
22	0,49 bc	-0,17avgt	2,45 SF
23	0,44 bc	0,84 favgt	3,10 STF
24	0,38 bc	1,81 favgt	3,00 SF
25	0,45 bc	1,34 favgt	3,09 STF
26	0,59 abc	0,61 favgt	3,10 STF
27	0,38 bc	1,00 favgt	2,41 SF
28	0,52 abc	-0,33 favgt	2,38 SF
29	0,40 bc	0,44 favgt	2,69 SF
30	0,47 bc	0,35 favgt	2,54 SF
31	0,50 abc	0,39 favgt	3,04 STF
32	0,45 bc	0,85 favgt	3,05 STF

Tableau 10 : teneurs en CaCO<sub>3</sub> dans le sédiment

station	v initial (ml)	v final (ml)	%CaCO <sub>3</sub>
1	7	56	37,69
2	6,5	52,5	35,38
3	6	47	31,54
4	6	52,5	35,77
5	7,5	57,5	38,46
6	7	53	35,38
7	6,5	49	32,69
8	7,5	50	32,69
9	6	45	30,00
10	6,5	49,5	33,08
11	6	50	33,85
12	7,5	52,5	34,62
13	7	55	36,92
14	6,5	50	33,46
15	7	50	33,08
16	8	50	32,31
17	7	46	30,00
18	8	51	33,08
19	6,5	51,5	34,62
20	7,5	57	38,08
21	6	50	33,85
22	7	48	31,54
23	7,5	49,5	32,31
24	6	49	33,08
25	8	51	33,08
26	8	52,5	34,23
27	7,5	57,5	38,46
28	7,5	55	36,54
29	6	42	27,69
30	7,5	52	34,23
31	7,5	52	34,23
32	7,5	48	31,15

### 3.3. La bathymétrie de la zone d'étude

Pour analyser la morphologie des fonds dynamiques de notre zone d'étude, nous avons réalisé une campagne bathymétrique, pendant l'été 2003, à bord du navire Ibtacim.

Au total 8 profils bathymétriques ont été réalisés, selon 8 radiales espacées d'environ 1000m (figure 5). Les profils bathymétriques ont été obtenus à l'échosondeur de 50 à 200 kHz de fréquence. Le positionnement a été effectué à l'aide d'un GPS.

Le dépouillement des écho grammes obtenus nous a permis de dresser sur un PC une carte bathymétrique à l'échelle 1/500 (figure 20).

L'analyse de cette carte fait ressortir les constatations qui suivent :

- La bathymétrie est régulière, la pente est très douce. L'isobathe de -20 mètres se trouve en général à une distance de 2 Km à partir du trait de côte.
- La présence de barres d'avant côte par des profondeurs de -5 mètres (figure 19). ces barres d'avant côtes succèdent à des fosses de lévigation de -7 mètres de profondeurs.

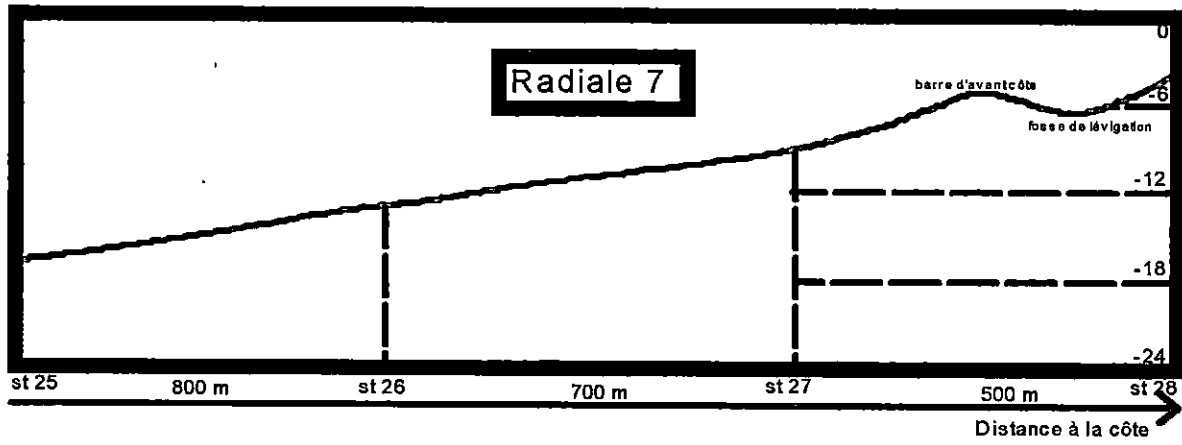
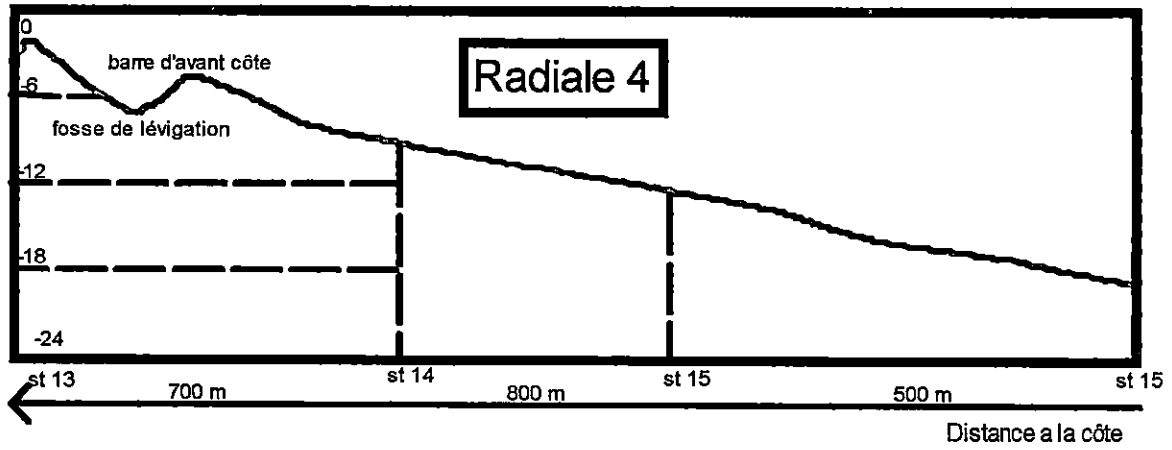


Figure19 : profils bathymétriques des radiales 4 et 7 de la zone étudiée.

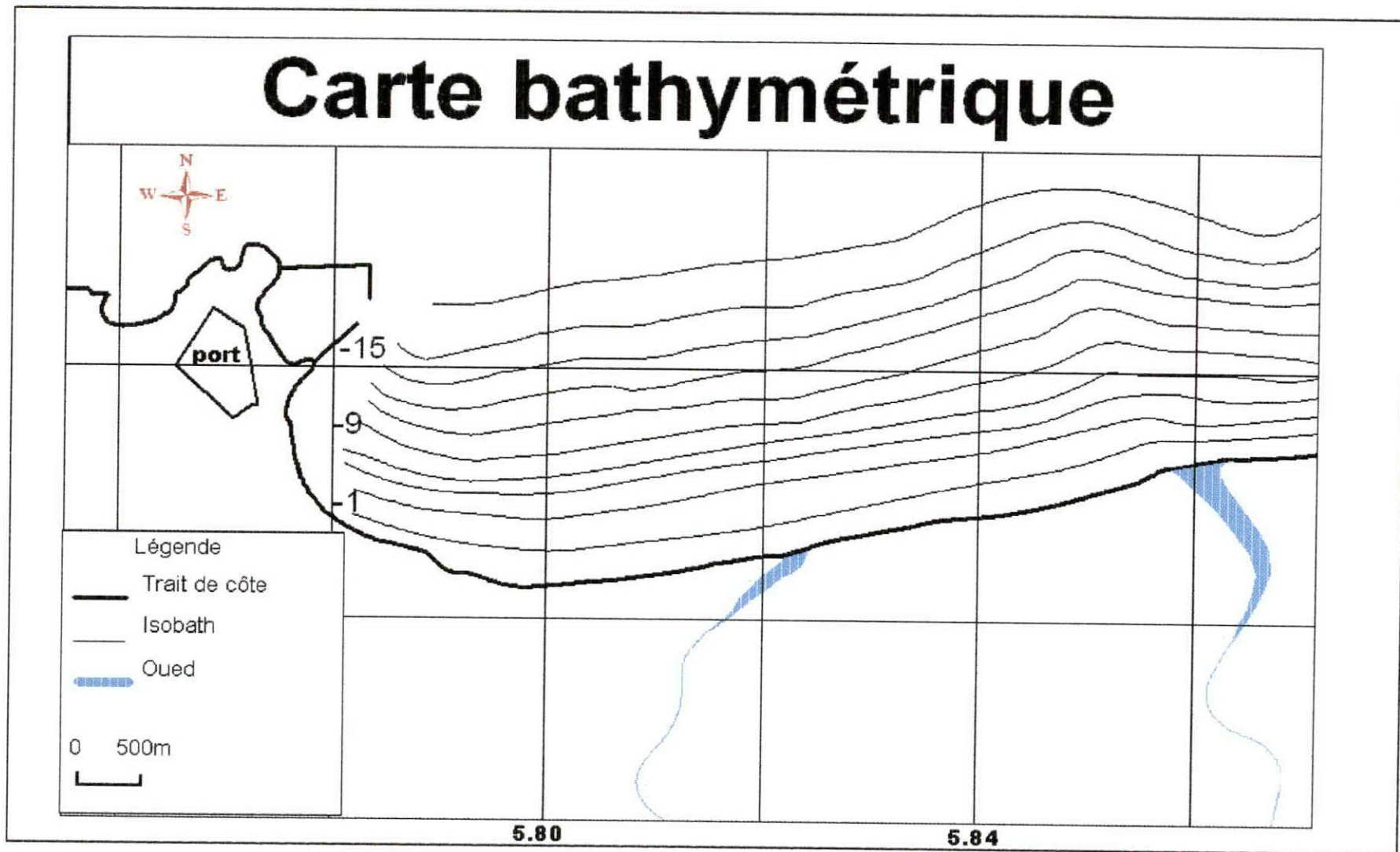


Figure 20 : Carte bathymétrique de la zone d'étude

### 3.4. La quantification du transit littoral

Durant ces dernières décennies plusieurs formules de transport sédimentaires dans la zone de déferlement de la houle ont été développées.

L.C.H.F(1973), C.E.R.C(1973), KAMPHIS et al(1986) et VAN-RIJN(1990).

Les plus souvent les formules de transport sont nées de travaux réalisés en laboratoire, ne prenant en compte que les houles qui se propageant dans le même sens que les courants.

#### 3.4.1. Rappel des principales formules de transports sédimentaires utilisées

##### 3.4.1.1. La formule de C.E.R.C

Cette formule purement empirique, s'applique pour des côtes rectilignes avec des pentes régulières, elle se base sur le bilan énergétique transféré à la côte par les houles. Cette formule s'énonce :

$$Q = 0.025.H_{br}.n_{br}.C_{br}(\sin 2\theta_{br})$$

$Q$  : Sédiment transporté parallèlement à la côte en  $m^3/an$ .

$H_{br}$  : Hauteur de la houle significative à la ligne de déferlement.

$n_{br}$  : Coefficient relatif a la ligne de déferlement.

$\theta_{br}$  : Angle d'incidence de la houle au niveau de la ligne de déferlement ( $^\circ$ ).

Si on prend :

$$n_{br}=(g.h_{br})=1 \quad \text{et} \quad y_{br}=H_{br}/h$$

$h_{br}$  : profondeur de l'eau dans la zone de déferlement.

L'équation devient :

$$Q = 0.07.y_{br}^{-0.5}.H_{br}^{2.5}(\sin 2\theta_{br})$$

Le tableau 13 regroupe les résultats du transport sédimentaire calculé par un logiciel informatique en utilisant la formule ci-dessus.

### 3.4.1.2. Formule de VAN-RIJN

Cette formule se vent plus complète que celle de L.C.H.F. elle donne le transite sédimentaire total qui est la somme des transports par charriage ( $Q_c$ ) ( saltation et roulement) et par suspension ( $Q_s$ )

$$Q_t = Q_c + Q_s$$

Où :

$Q_t$ : transport total.

$Q_c$ : transport par charriage.

$Q_s$ : transport par suspension.

Le transport par charriage  $Q_c$  est donné par.

$$Q_c = 0.25U \times D_{50} \times T^{1.5}/D_*^{0.3}$$

$T$  : paramètre de cisaillement sur le fond.

$D_*$  : diamètre adimensionnel.

Le transport par suspension  $Q_s$  est donné par.

$$Q_s = (F_c + F_h)U \times H \times Ca$$

Où :

$F_c$  et  $F_h$  : facteurs de correction relatifs au courants et houles.

$Ca$  : concentration a un niveau de référence.

Le transport total est évalué comme la somme vectorielle des transports liés à la houle et au courant.

L'application de cette formule exige des moyens matériels importants pour l'estimation in-situ d'un certain nombre de paramètres. Ce qui a rendu son application difficile dans notre zone d'étude.

### 3.4.1.3. La formule de KAMPHUIS

Développé par KAMPHUIS en 1986. Cette formule s'énonce comme suit :

$$\frac{Q}{\left(\frac{\int_w H^3}{T}\right)} = 0.006 \times \varepsilon \times \left(\frac{H}{D_{50}}\right) \sin(2\theta_0)$$

On obtient :

$$S = \frac{Q}{[(1 - P) \times \int_s]}$$

Où :

S : Quantité des sédiments transportée parallèlement à la côte (m<sup>3</sup>/an).

Q : Quantité des sédiments transportée parallèlement à la côte (m<sup>3</sup>/s).

D<sub>50</sub> : Diamètre moyen des grains.

P : Porosité.

H : Hauteur de la houle.

T : Période.

∫<sub>s</sub> : Masse volumique du grain solide.

∫<sub>w</sub> : Masse volumique de l'eau de mer.

θ<sub>0</sub> : Angle d'incidence de la houle au large.

ε : 0.575

L'évaluation des transports sédimentaires a été conduite pour toute les direction de houle qui sollicite la zone d'étude.

Pour chaque direction le calcul a été effectué pour quatre combinaisons de hauteurs de houles et périodes. Tableau 11

Comme mentionné dans les tableaux 11 tous les transports sont multipliés par les fréquences des houles regroupées dans le tableau 12

Les transports vers l'Ouest sont précédés par un signe négatif.

**Tableau 11** : Fréquences d'apparition des houles par direction et par période

Hauteur de la houle(m)	Période en(s)	O%	ONO%	NO%	NNO%	N%	NNE%	NE%
1.2	6	14.25	6.60	6.60	3.30	3.30	3.65	3.65
2.2	8	4.39	2.32	2.32	0.60	0.60	0.43	0.43
3.0	9	1.07	0.88	0.88	0.05	0.05	0.09	0.09
4.5	11	0.73	0.37	0.37	0.05	0.05	0.03	0.03

### 3.4.2. Les résultats obtenus

Les résultats des différents calculs du transport littoral sont regroupés dans les tableaux 12 Et 13 Suivants.

**Tableau 12** : Transit littoral annuel selon la formule de KAMPHUIS et al (1986).

Directions compas	$\Theta_0(^{\circ})$	T=6s	T=8s	T=9s	T=11s	Total en $m^3$ /an
270	-9	-29315	-74782	-53272	-50084	-207453
299.5	-31.5	-35974	-5244	-16188	-1742	-59148
315	-54	-30740	-89933	-99312	-72442	-292427
337.5	-76.5	-4100	-6188	-1501	-6196	-17965
360	81	2163	3272	791	3265	9491
22.5	58	15062	14768	8997	12385	51212
45	36	20608	20206	12310	16946	70070
Total $m^3$ /an	—	-62296	-137881	-148175	-97868	-446220

**Tableau 13:** transite littoral annuel selon la formule du C.E.R.C (1973).

Directions compas	$\theta_0$	T=6s	T=8s	T=9s	T=11 s	Total (m <sup>3</sup> /an)
O 270°	-23	-150562	-684200	-1466782	-4041121	-6342665
O 280°	-3	-189506	-853352	-1846328	-5086825	-7976011
ONO 290°	-43	-93243	-423775	-908678	-2503534	-3929230
ONO 300°	-53	-86585	-393556	-851863	-2347027	-3679031
NO 310°	-63	-69548	-316158	-678210	-1868623	-2932539
NO 320°	-73	-44156	-198869	-430828	-1187063	-1860916
NNO 330°	-83	-7958	-36193	-78467	-216209	-338827
NNO 340°	88	1796	8092	17556	48376	75820
N 350°	78	15021	67654	146612	403967	633254
N 360°	68	28756	130733	280491	772826	1212806
N 10°	58	39732	180605	387376	1067298	1675011
NNE 20°	48	50938	229383	496438	1367760	2144519
NNE 30°	38	51087	230050	497777	1371432	2150346
NE 40°	28	44452	200165	433048	1193086	1870751
NE 50°	18	31797	144489	309737	853349	1339372
Total (m <sup>3</sup> /an)	/	-377979	-1714932	-3692121	-107172308	-15957340

### 3.4.3. Interprétation des résultats

Il ressort de l'analyse des deux tableaux 12 et 13 qu'il y a un transit littoral net vers l'Ouest d'environ : 446220 m<sup>3</sup>/an pour KAMPHUIS et 15957340 m<sup>3</sup>/an pour le C.E.R.C. Les valeurs du transit littoral net obtenu par l'application de la formule du C.E.R.C sont très élevées ; selon KOMAR (1987) l'explication de ces valeurs élevées réside dans la valeur de la constante K qui reste trop élevée.

La comparaison des deux tableau fait ressortir les constatations suivantes :

- Les quantités du transit littoral net calculées par la formule du C.E.R.C (1973) demeurent trop élevées par rapport à celles obtenues par la formule de KAMPHUIS (1986).

Cette importante disparité des résultats trouve son explication dans la valeur de la constante  $K$  prise pour le calcul qui reste trop élevée et qui ne peut être déterminée avec exactitude à cause du caractère empirique de l'équation.

## 4.1. Applications de la modélisation du transport sédimentaire

### 4.1.1. Application du modèle

Plusieurs études ont démontré que la taille des grains tend à diminuer dans le sens du transport des sédiments, des grains plus fins sont remarqués à l'aval du transport Pettijhon et al, (1972) Mc Cave, 1978 ; Nordstrom, (1989).

Il est cependant possible d'observer une augmentation de la taille du sédiment dans le sens du transport lorsque l'intensité du courant augmente dans la même direction Mc laren et al, (1985).

Dans tous les cas, le classement des sédiments s'améliore dans le sens du transport en raison d'un tri sélectif du matériel qui s'opère sous l'action des processus de transport, on se basant sur ces principes, Gao et Collins 1994 ont développé une technique de détermination du sens du transport qui repose sur la variation spatiale des trois paramètres granulométriques ( $\Phi$ ,  $S_{k_i}$ ,  $T_m$ ).

### 4.1.2. Principe du modèle de MC Laren (1985)

Cette méthode a pour but d'établir un modèle résiduel des directions de transport sédimentaire linéaire dans un environnement délimité. En se basant sur l'assemblage des différents indices granulométriques Mc Laren propose d'étudier :

- La moyenne  $T_m$  (taille moyenne).
- Le sorting  $\sigma^2$  (indice de classement).
- Le skewness (indice d'asymétrie).

Ces paramètres sont exprimés en phi ( $\Phi$ ).

Pour le calcul des trois paramètres nous avons utilisé la méthode des moments Boggs (1987). MC Laren propose les hypothèses suivantes pour l'explication de sa méthode :

- le dépôt est le produit d'une seule source sédimentaire.
- La probabilité de mouvement d'un grain fin est plus grande qu'un grain grossier.
- Il est peu probable qu'un grain grossier se dépose qu'un grain fin.
- Le sorting (indice de classement) diminue au cours du transport.

De cela la combinaison des deux autres facteurs (taille moyenne, indice d'asymétrie) amène à envisager trois cas possibles d'évolution entre le point source et le point dépôt.

Donc le sédiment peut devenir :

- Plus fin avec asymétrie plus négative.
- Plus fin avec asymétrie positive.
- Plus grossier avec asymétrie plus négative.

En 1985 MC Laren et Bowls remarquent que les sédiments transportés d'un site primaire (source) à un site secondaire (dépôt) subies des modifications dans leurs textures granulométriques.

Ils améliorent donc la méthode en proposant une formule capable de décrire les variations granulométriques d'un sédiment stock source à un sédiment stock dépôt.

$$X ( s ) = \frac{1}{K} \frac{d_2}{d_1}$$

X(s) : fonction de transfert

d<sub>1</sub> : caractéristiques granulométriques du site d<sub>1</sub> (stock source).

d<sub>2</sub> : caractéristiques granulométriques du site d<sub>2</sub> (stock dépôt).

K : coefficient empirique.

Cette fonction transfert X(s) définit la probabilité pour qu'un grain d'une classe granulométrique soit érodé et transféré.

Cas 1 :  $\sigma_2^2 < \sigma_1^2$  ;  $Tm_2 > Tm_1$  ;  $SK_2 < SK_1$

Cas 2 :  $\sigma_2^2 < \sigma_1^2$  ;  $Tm_2 < Tm_1$  ;  $SK_2 > SK_1$

Pour identifier les cas réel parmi les bruit de fond dû à la répartition granulométrique aléatoire, Mc Laren et Bowls utilisent le Z-test mis au point par Spiegel en 1961.

Ce teste statistique permet de savoir s'il y a transport ou non le long d'une ligne qui possède plusieurs sites différents.

Pour bien définir ce teste nous prenons un exemple d'une ligne qui possède deux sites  $d_1$  et  $d_2$ .

$$N = \frac{n^2 - n}{2}$$

N : possibilités de couples de site.

n : nombre de site.

$$N = \frac{2^2 - 2}{2} = 1$$

Un seul couple possible ;  $d_1$  vers  $d_2$  ou bien  $d_2$  vers  $d_1$ .

Les deux chercheurs comparent les paramètres granulométriques ( $\sigma$ ,  $T_m$ ,  $SK$ ) d'un couple, 8 cas de figures peuvent se produire :

1.  $\sigma_2^2 < \sigma_1^2$  ;  $T_{m2} > T_{m1}$  ;  $SK_2 < SK_1$
2.  $\sigma_2^2 < \sigma_1^2$  ;  $T_{m2} < T_{m1}$  ;  $SK_2 > SK_1$
3.  $\sigma_2^2 > \sigma_1^2$  ;  $T_{m2} < T_{m1}$  ;  $SK_2 > SK_1$
4.  $\sigma_2^2 > \sigma_1^2$  ;  $T_{m2} > T_{m1}$  ;  $SK_2 < SK_1$
5.  $\sigma_2^2 < \sigma_1^2$  ;  $T_{m2} > T_{m1}$  ;  $SK_2 > SK_1$
6.  $\sigma_2^2 < \sigma_1^2$  ;  $T_{m2} < T_{m1}$  ;  $SK_2 < SK_1$
7.  $\sigma_2^2 > \sigma_1^2$  ;  $T_{m2} > T_{m1}$  ;  $SK_2 > SK_1$
8.  $\sigma_2^2 > \sigma_1^2$  ;  $T_{m2} < T_{m1}$  ;  $SK_2 < SK_1$

Pour prouver qu'il y a transport le long de la ligne d'échantillonnage il faut que sa probabilité soit supérieur à 0.125 (chaque cas à une chance sur 8 d'avoir lieu  $P=0.125$ ).

Pour que le transport soit représentatif il faut que :

$$Z = \left[ \frac{(X - NP)}{\sqrt{NPq}} \right] > 2.33$$

X : nombre de couples représentant une direction de transport particulier.

N : nombre totale de couples.

P= 0.125 et q = 1-p

Mc Laren et Bowles remarquent que si N (nombre total de couples)  $\geq 30$  c'est-à-dire qu'il faut une séquence d'échantillonnage de huit sites minimum.

#### 4.1.3. Méthodologie de la technique de traitement de Gao et Collins 1994

En se basant sur le principe de la méthode de Mc Laren, Gao & Collins proposent un modèle de transport sédimentaire spatial plus représentatif dans les étapes sont les suivantes :

##### 1<sup>er</sup> Etape

Cette étape consiste à calculer les indices granulométriques en unités de (Phi) par la méthode des moments proposée plus haut, BOGGS (1987).

- $\Phi_1 = \sqrt{\sum f \times (m - T_m)^2 / 100}$
- $Sk_f = \left( \sum f \times (m - T_m)^3 / 100 \right) \times \Phi_1$
- $T_m = \sum f \times m / n$

##### 2<sup>eme</sup> Etape

Une distance critique ( $D_{cr}$ ) doit en suite être déterminée entre les échantillons.

Il s'agit de la distance maximale qui existe entre deux échantillons voisins en prenant en compte l'ensemble des échantillons prélevés, cette distance permettra à la suite de distinguer les échantillons qui seront considérés comme voisins lors des étapes ultérieures.

Si la distance entre deux échantillons est inférieure à ( $D_{\alpha}$ ), les deux sites seront alors considérés comme voisins et seront considérés lors de l'étape suivante.

### 3<sup>ème</sup> Etape

Cette étape permet de déterminer si il y a transport potentiel entre deux points d'échantillonnage donnés (point <a> et point <b>). Puisque trois paramètres sont utilisés ( $\Phi_i$ ,  $S_{k_i}$ ,  $T_m$ ), huit cas de figure peuvent être rencontrés :

Cas	d	é	f	i	n	i	t	i	o	n	
1	$T_{m a}$	>	$T_{m b}$	;	$\Phi_{l a}$	<	$\Phi_{l b}$	;	$S_{k i a}$	<	$S_{k i b}$
2	$T_{m a}$	<	$T_{m b}$	;	$\Phi_{l a}$	<	$\Phi_{l b}$	;	$S_{k i a}$	>	$S_{k i b}$
3	$T_{m a}$	<	$T_{m b}$	;	$\Phi_{l a}$	>	$\Phi_{l b}$	;	$S_{k i a}$	>	$S_{k i b}$
4	$T_{m a}$	>	$T_{m b}$	;	$\Phi_{l a}$	>	$\Phi_{l b}$	;	$S_{k i a}$	<	$S_{k i b}$
5	$T_{m a}$	>	$T_{m b}$	;	$\Phi_{l a}$	<	$\Phi_{l b}$	;	$S_{k i a}$	>	$S_{k i b}$
6	$T_{m a}$	>	$T_{m b}$	;	$\Phi_{l a}$	<	$\Phi_{l b}$	;	$S_{k i a}$	<	$S_{k i b}$
7	$T_{m a}$	>	$T_{m b}$	;	$\Phi_{l a}$	>	$\Phi_{l b}$	;	$S_{k i a}$	<	$S_{k i b}$
8	$T_{m a}$	<	$T_{m b}$	;	$\Phi_{l a}$	>	$\Phi_{l b}$	;	$S_{k i a}$	>	$S_{k i b}$

Rappellent que :

- $T_m$  = la taille moyenne.
- $\Phi_i$  = indice de classement.
- $S_{k_i}$  = indice d'asymétrie.
- <a> et <b> représentent deux échantillons voisins.

D'après Gao et Collins 1994, on observe généralement une amélioration du tri dans le sens du transport, il faut donc que l'indice de tri diminue à partir de l'amont du transport.

Les cas 1 et 2 représentent donc les cas où il y aurait transport du point <b> vers le point <a>.

Il faut également que les autres indices dépendent au condition de 1<sup>er</sup> et 2<sup>nd</sup> cas.

#### 4<sup>ème</sup> Etape

Cette étape consiste à esquisser une première carte vectorielle à partir des échantillons qui dépendent au 1<sup>er</sup> et 2<sup>nd</sup> cas.

Tous les vecteurs ont alors la même longueur car il n'est pas à ce stade d'analyse de déterminer une indication plus au moins forte d'un transport à l'aide des trois indices granulométriques utilisés.

#### 5<sup>ème</sup> Etape

Pour résoudre le problème des vecteurs qui ont une origine commune, nous appliquons la formule suivante :

$$\vec{R}(x, y) = \sum_i^n \vec{r}(x, y)_i$$

Afin d'avoir pour chaque point un seul vecteur, nous devons sommer les vecteurs qui ont une seule origine pour n'en obtenir qu'un seul.

#### 6<sup>ème</sup> Etape

Cette étape est dite averaging, elle consiste à moyenner les vecteurs afin d'épurer notre carte vectorielle des « bruit de fond ». Il arrive parfois que nous constatons des anomalies directionnelles au niveau des vecteurs qui seraient dues à un bruit qu'il faut éliminer. Cette étape permet aussi, aux autres sites sans vecteurs qui ne dépendent pas aux cas 1 et 2 de leur allouer des vecteurs et cela sera suivant leurs voisinage (*adjoining site*).

Pour chaque point, nous additionnons les vecteurs attribués à chaque points situé à une distance inférieure à la distance critique de la seconde étape qu'il faut recalculer encore. Nous divisons ensuite la somme des vecteurs par le nombre de point voisin ayant un vecteur non nul + 1.

Cette étape se résume dans la formule mathématique suivante :

$$\vec{R}_{av}(x, y) = \frac{1}{k+1} \left[ \vec{r}(x, y)_i + \sum_l^k \vec{R}_j \right]$$

Avec :

- $\overrightarrow{R}_k$  = nombre total des sites voisins ayant impérativement un vecteur.  
 $\overrightarrow{R}_j$  = les vecteurs voisins.  
 $r(x,y)_i$  = les vecteurs des points sélectionnés.

### 7<sup>eme</sup> Etape

Cette étape n'est utilisée dans notre carte vectorielle filtrée cependant, elle est intéressante pour fiabiliser le résultat car on peut, grâce à cette dernière étape, se débarrasser des vecteurs qui ont des petits modules.

$$L = \sum_l^N \left| \overrightarrow{R}_k(x, y) \right|$$

## 4.2. Interprétation des résultats obtenus

L'application du modèle de Gao et Collins à notre site d'étude, nous a permis d'obtenir un certain nombre de cartes vectorielles. Figures 19, 20, 21 et 22.

L'examen de la carte des vecteurs résiduels des transports sédimentaires figure 22, montre clairement qu'il n'existe pas une direction privilégiée des transports sédimentaires.

Les mouvements sédimentaires dans cette portion de la côte sont très complexes, trois zones de dynamiques sédimentaires s'individualisent nettement entre la ville de Jijel et l'embouchure de l'oued Mencha. Les mouvements sédimentaires ont tendance à évoluer selon une cellule littorale.

- Devant l'embouchure de l'oued Mencha. Les mouvements sédimentaires ont tendance à suivre la même direction et qui portent vers le Nord.

- Devant l'embouchure de l'oued Jen-Jen ; nous identifions une autre cellule littorale où les mouvements sédimentaires évoluent à l'intérieur d'une même zone.

Tableau 14 : Résultats du transport sédimentaire résiduel.

<b>couples</b>	<b>TM</b>	<b><math>\Phi_1</math></b>	<b>ski</b>	<b>direction du transport</b>
1	3,08	0,74	0,63	1 vers 2
2	3,09	0,71	-1,09	
1	3,08	0,74	0,63	1 vers 8
8	3,15	0,46	0,84	
2	3,09	0,71	-1,09	2 vers 3
3	3,02	0,50	0,62	
7	3,10	0,58	1,21	7 vers 8
8	3,15	0,46	0,84	
8	3,15	0,46	0,84	8 vers 10
10	3,24	0,43	0,67	
10	3,24	0,43	0,67	11 vers 10
11	2,90	0,45	1,26	
14	2,83	0,71	1,62	14 vers 15
15	3,07	0,44	0,86	
15	3,07	0,44	0,86	15 vers 16
16	3,22	0,39	0,78	
15	3,07	0,44	0,86	18 vers 15
18	3,04	0,50	1,05	
18	3,04	0,50	1,05	18 vers 23
23	3,10	0,44	0,84	
23	3,10	0,44	0,84	23 vers 24
24	3,00	0,38	1,81	
24	3,00	0,38	1,81	25 vers 24
25	3,09	0,45	1,34	
25	3,09	0,45	1,34	26 vers 25
26	3,10	0,59	0,61	
26	3,10	0,59	0,61	26 vers 27
27	2,41	0,38	1,00	
27	2,41	0,38	1,00	29 vers 27
29	2,69	0,40	0,44	

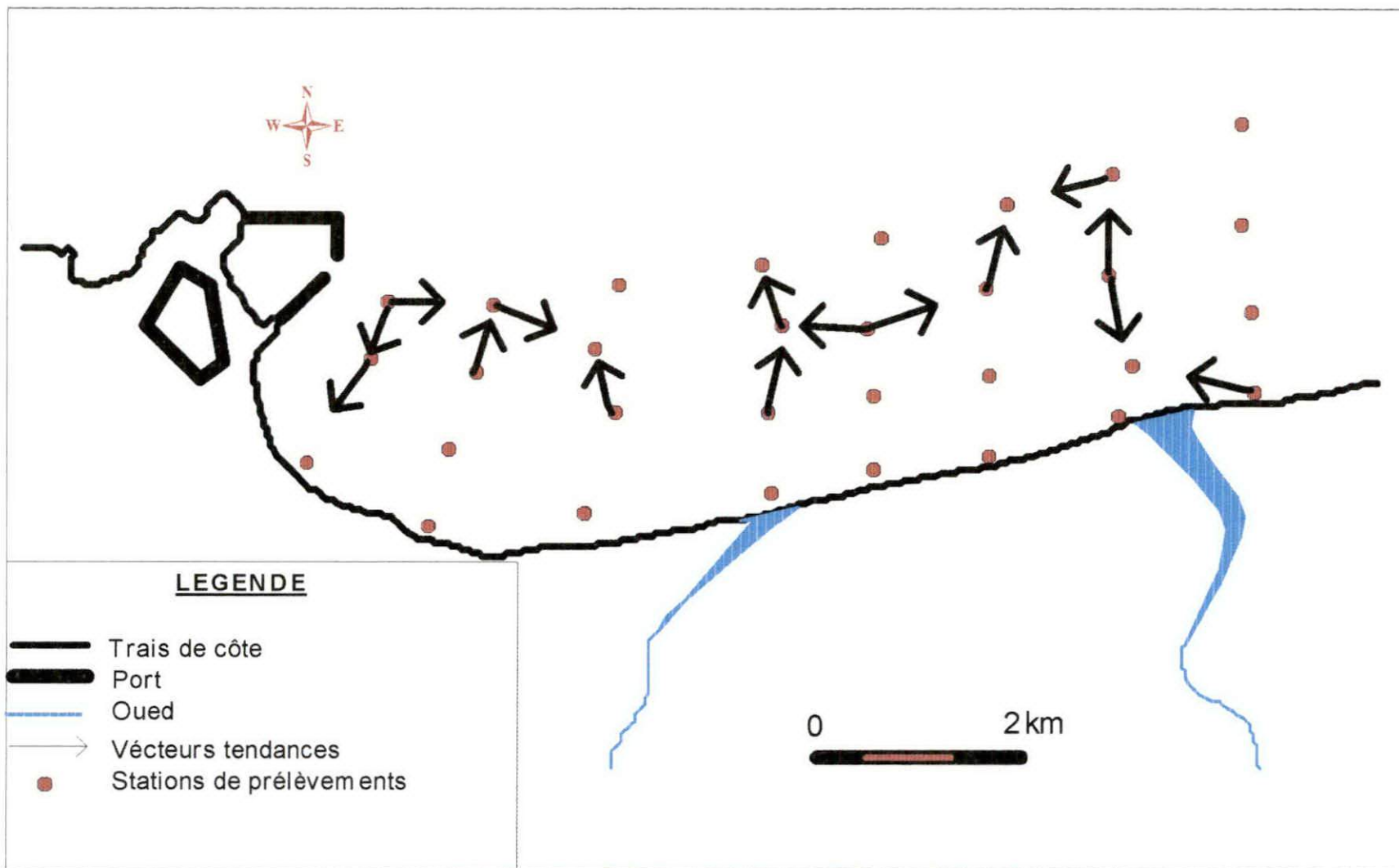
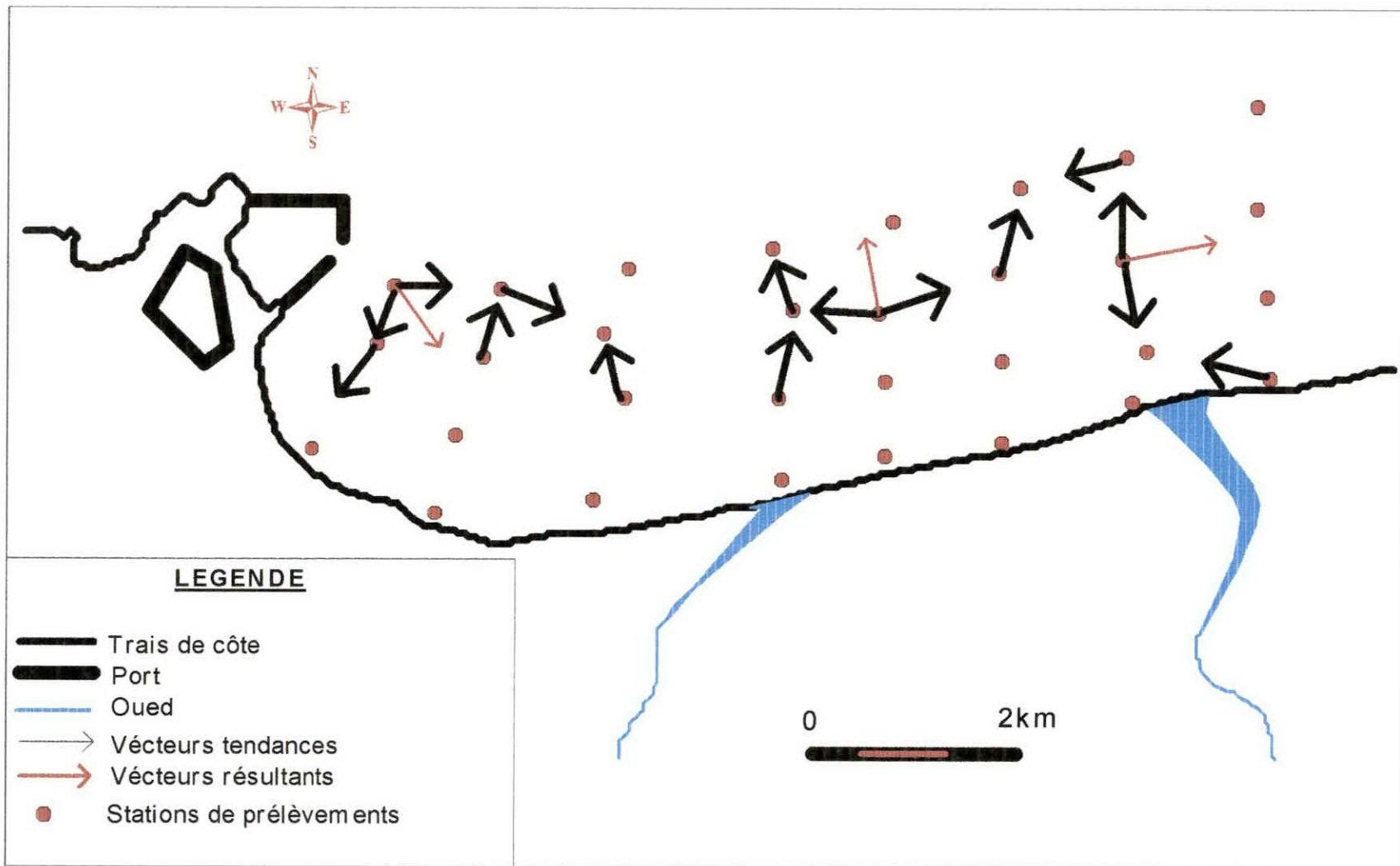
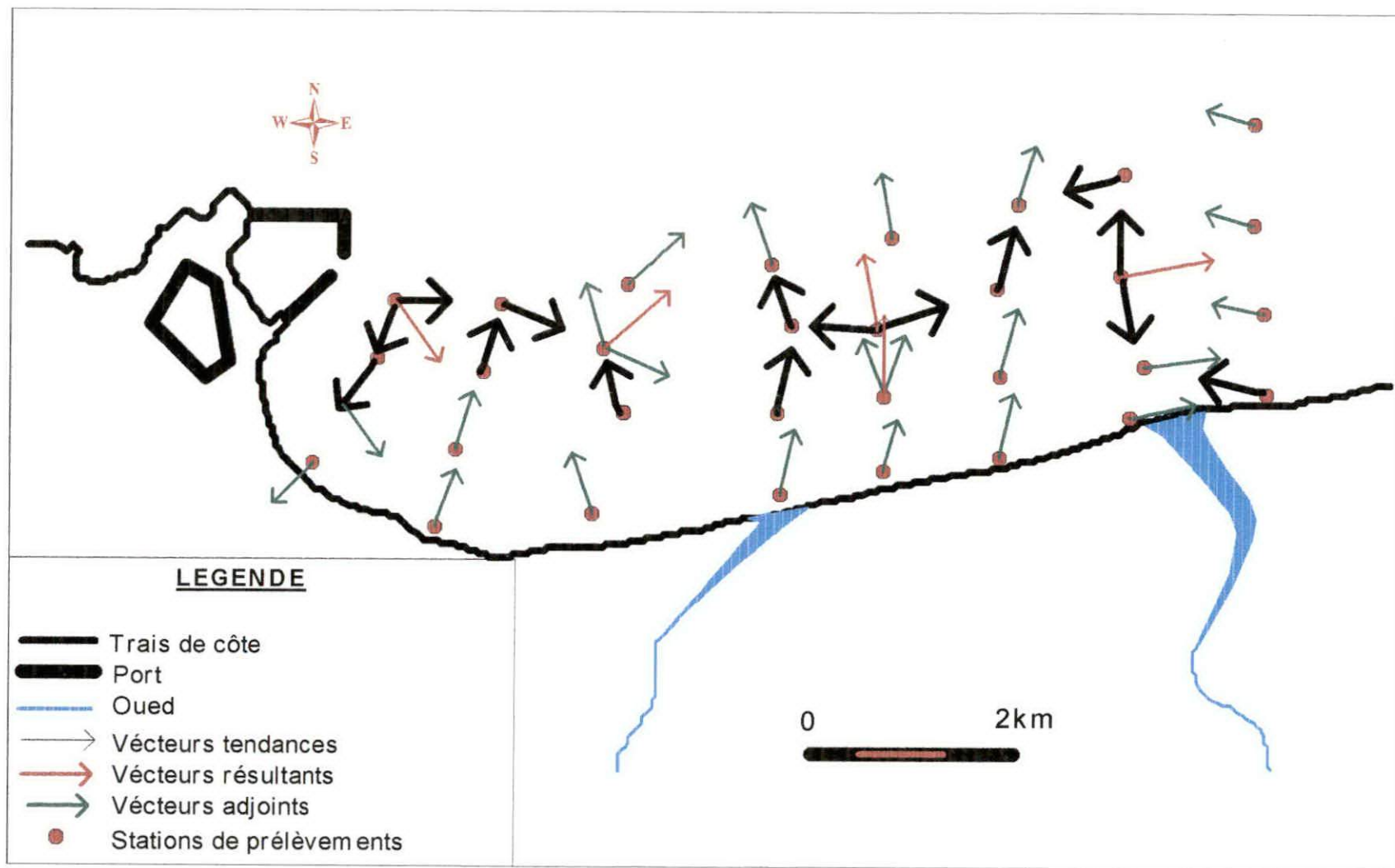


Figure 21 : Carte des vecteurs tendances.



**Figure 22 :** Carte des vecteurs résultants.



**Figure 23 :** Carte des vécteurs adjoints.

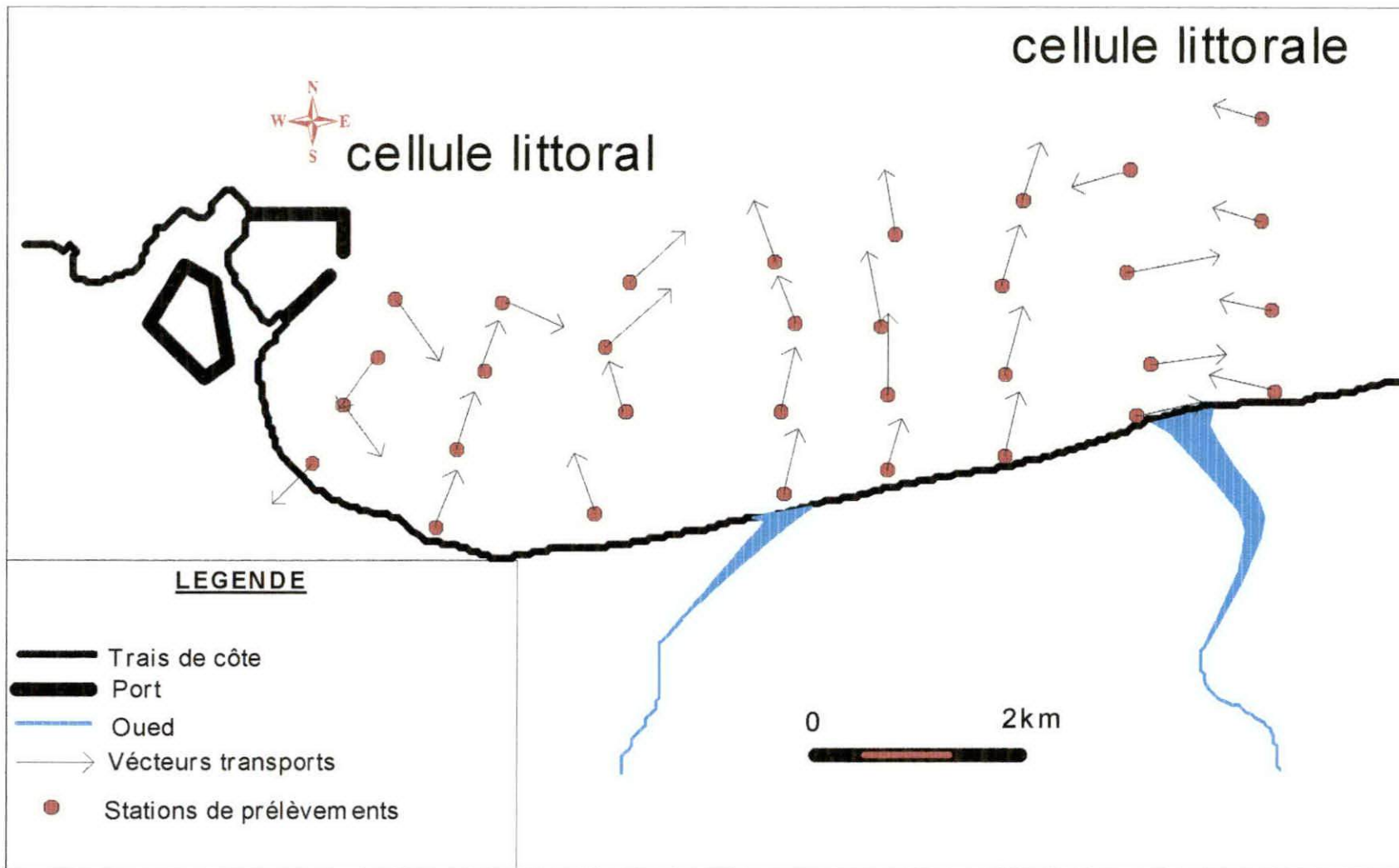


Figure 24 : Carte des vécteurs transports.

### 4.3. Conclusion générale

La baie de Jijel, du fait de sa position géographique et sa configuration présente des caractéristiques très complexes.

La présence de haut fond au large atténue considérablement les houles en provenance du secteur Nord-Ouest et Ouest. En fait, la modélisation de la propagation des houles jusqu'à la côte montre que le tracé de la côte Jijelienne est essentiel pour expliquer l'existence d'une circulation sédimentaire long shore induite par des courants de houle.

Nos recherches sur le terrain nous ont permis de souligner que les transports sédimentaires le long de la côte s'effectuent :

- Soit par charriage sous l'action dominante des courants de houles dans la zone de déferlement de la houle.
- Soit en suspension sous l'action de houles longues dans la zone de déferlement.

Compte tenu du climat hydrodynamique qui règne en général sur la côte Ouest de la baie de Jijel, les transports par charriage seront entièrement dominants.

Le travail de modélisation réalisé, nous a permis de préciser le schéma global de la circulation sédimentaire. La présence de cellules littorale (hydro sédimentaire) à l'avant plage, se trouve confirmer par des indices granulométriques témoignent de mouvement de sable.

## Bibliographie

- Bonnfile.M, 1992** : Cours d'hydraulique maritime, 3<sup>eme</sup> édition. Edition Masson, Paris : 208 P.
- Boggs.JR, 1987** : Principles of sedimentology and stratigraphy.  
Menillpublishingcompany. A bell et Howell company collumbus  
Toronto, Melbourne.
- Gao et Collins.M.B, 1994** : Analysis of grain size trends for defining sediment transport, Pathways. Journal of Coastal research: P 01-10-70-78.
- Chamley.H, 1987** : Base de sédimentologie. Edition Dunord, Paris : 175 P.
- Djellit.H, 1987** : Evolution tectonometamorphique du socle Kabyle et polarité de mise en place des nappes de flushs en petite Kabylie occidentale. Thèse de doctorat en science de la terre. Univ. Paris XI.
- Escourrou.G, 1978** : Climatologie pratique. Edition Masson, Paris : P 48-50.
- Kamphuis.JK, 2000** : Introduction to coastal engineering and management. Edition World scientific publishing : 437 P.
- Leclaire.L, 1972** : La sédimentologie holocène sur le versant méridional du bassin Algéroboléares précontinent, série C tome 24. Edition Meseume national Paris : 397 P.
- Le Hir.P et Silv docinto.R, 2001** : Vagues et marées, les mouvements de l'eau.  
Programe csientifique Seine-Aval. Iferner : 32 P.
- McLaren.P et Bowles.D, 1985** : The effects of sediment transport on grain size distribution. Journal of sedimentology petrology :  
P 55-457-470.
- Ottmann.F, 1965** : Introduction à la géologie marine et littoral. Edition Masson, Paris : 259 P.
- Pettijhon et al, 1972** : Sand and sandstone. New York. Super-Verlag : 618 P.

## Mémoires et rapports

**Aours.S, Serghma.A, 2000** : Etude des caractères sédimentologiques et géotechniques des sédiments superficiels de la baie de Jijel. Ing d'état en aménagement du littoral, ISMAL : 105 P.

**Azibi.A, Boumezerane.A, 2001** : Contribution à l'étude de la dynamique sédimentaire le long de la côte Jijelienne (Est-Algerie). Ing d'état en aménagement du littoral. ISMAL : 101 P.

**Beloucif.N, Lazib.M<sup>ed</sup>** : Dynamique sédimentaire dans la zone de déferlement de la houle : application du modèle mathématique vectoriel de Mc Laren et Bowles, baie de Jijel : Ing d'état en aménagement du littoral. ISMAL : 100 P.

**Ibarik.K, Ferdj.K** : Contribution à l'étude morph-sédimentologique de la côte Jijelienne (Est-Algerie). Ing d'état en aménagement du littoral. ISMAL : 93 P.

- Laboratoire des études maritimes L.E.M : Etude de l'impact de la houle sur la sédimentologie 1<sup>ère</sup> tranche (mission 3).
- Agence nationale des ressources hydriques (A.N.R.H).
- Direction technique du port de Jen-Jen : service des travaux maritimes ; données océanographique.
- Laboratoire central de l'hydraulique français (L.C.H.F).
- Office national de météorologie (O.N.M).
- Office national de signalisation maritime (O.N.S.M).