

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Minister de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME  
D'INGENIEUR EN SCIENCES DE LA MER

Spécialité : AMENAGEMENT DU LITTORAL

Sujet :

**Approche intégrée d'un littoral sableux spécifique  
dans le Cadre du 'Plan GIZC de Réghaia'**

Présenté par:

- LAICHI Amar
- ZOUAGHI Madjida

Soutenu le 14/07/2012 devant le jury suivant :

<b>Mr. GUERFILM</b>	Maître de conférences (ENSSMAL)	<b>Président</b>
<b>Mr. LARID.M</b>	Maître de conférences (ENSSMAL)	<b>Promoteur</b>
<b>Mr. HEMDANE.Y</b>	Maître de conférences (ENSSMAL)	<b>Examineur</b>

**Promotion: (2012)**

# Remerciements

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude au bon dieu de nous avoir donné la force pour réaliser ce modeste travail.

Nous remercions particulièrement notre promoteur **Mr. LARID.M** maître de conférences chargé de cours de l'ENSSMAL qui nous a encadré pendant la période de la réalisation de ce travail. Sa disponibilité, malgré ses responsabilités administratives, ses orientations nous ont permis de mener à merveille ce travail.

Nous tenons à remercier également **Mr. GUERFI.M** maître de conférences chargé de cours de l'ENSSMAL d'avoir accepté de présider le jury de cette soutenance.

Nos remerciements s'adressent à **Mr. HAMDENE.Y** chargé de cours de l'ENSSMAL pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Nos sincères remerciements à l'ensemble des ingénieurs et techniciens des laboratoires de l'ENSSMAL, le personnel de la bibliothèque et en particulier Fatima et Cherif.

Nous sommes reconnaissant à tous nos enseignants qui ont contribué à notre formation et à toute personne qui nous 'a appris une lettre ou une phrase, qu'ils trouvent ici un petit fruit de leurs sueurs.

# **Dédicaces**

**Amar**

***Je dédie ce modeste travail***

***A mes chers parents, Kaddour et Malika  
que dieu les protège***

***A mes aimables frères et mes sœurs***

***A mon adorable petit frère Akram***

***A tous mes amis de l'ENSSMAL (les ENSSMALIENS) sans exception et surtout  
les aménagistes (Promotion 2012)***

***À toutes les personnes qui m'ont soutenu et encouragé  
tout au long de ma vie  
À vous tous qui m'aimez***

# Dédicaces

**Madjida**

*Je dédie le fruit de mes années d'étude et ce travail aux êtres*

*qui me sont les plus chers :*

*A la mémoire de mes grands parents ; DADDY MOHAMED, MAMMAY  
ZAKIA qui me manquent ... j'aurais aimé que vous soyez à mes côtés*

*A ma fierté ; mes parents :*

*A la femme la plus chère dans ma vie ; ma MERE, je te remercie pour ta patience,  
ton amour et tes sacrifices....*

*A l'homme de ma vie, et mon premier exemple; mon PAPA, merci pour ta douceur  
et ton soutien et les sacrifices que tu as fait pour moi....*

*Que Dieu vous protège*

*A ma sœur ; MERIOUNA merci pour ton soutien et ta patience*

*A mes frères ; MAADI et HASSEN*

*A SYDI et NAIMA.*

*A mes tatas et mes oncles*

*A tous mes camarades de l'ENSSMAL, à moi et à mon binôme, à mes amies ;  
NINA, MARKI, MIMI, NADOU, SABI, NABILA, ZAHRA et SOUAD*

*A tous ceux que je n'ai pas mentionnés, je ne vous ai pas oubliés.....MERCI*

# Sommaire

## Sommaire

<b>Introduction</b> .....	<b>01</b>
<b>Chapitre I: Le cadre générale</b>	
<b>1. Situation géographique de la zone d'étude</b> .....	<b>02</b>
<b>2. Les données climatiques</b> .....	<b>03</b>
2.1. La Température .....	<b>03</b>
2.2. La Pluviométrie .....	<b>04</b>
2.3. Le Diagramme ombrothermique de BAGNOUL et GAUSSEN .....	<b>05</b>
2.4. L'évaporation .....	<b>05</b>
2.5. Les Vents .....	<b>06</b>
<b>3. Aperçu hydrographique</b> .....	<b>06</b>
<b>4. Le contexte géologique</b> .....	<b>07</b>
<b>5. Topographie</b> .....	<b>07</b>
<b>6. Pédologie</b> .....	<b>07</b>
<b>7. la couverture sédimentaire meuble sur le plateau continental</b> .....	<b>09</b>
7.1. Les sédiments calcaires .....	<b>09</b>
7.2. Les sédiments siliceux.....	<b>09</b>
7.3. Les sédiments argileux .....	<b>09</b>
<b>8. Caractéristiques écologiques</b> .....	<b>10</b>
- Le milieu marin .....	<b>10</b>
- Le maquis .....	<b>11</b>
- Le marais .....	<b>11</b>
- Le plan d'eau libre.....	<b>12</b>
- Le cordon dunaire.....	<b>12</b>
<b>9. Equipements et autres aspects socio-économiques</b> .....	<b>13</b>
9.1. Le centre Cynégétique de Réghaïa(CCR) .....	<b>13</b>
9.2. La station d'épuration de Réghaïa .....	<b>13</b>
9.3. Les activités industrielles .....	<b>13</b>
9.4. Le tourisme.....	<b>14</b>
9.5. L'agriculture.....	<b>14</b>
9.6. Population et agglomération urbaine.....	<b>15</b>
<b>Chapitre II : Présentation du projet GIZC</b>	
<b>1. Le fondement du « Plan de gestion de Réghaïa »</b> .....	<b>16</b>
<b>2. Le contexte</b> .....	<b>16</b>
<b>3. Contenu et structuration</b> .....	<b>17</b>
3.1. Les activités thématiques.....	<b>17</b>
3.2. Les activités transversales .....	<b>17</b>
<b>4. Aspects méthodologiques</b> .....	<b>18</b>
<b>Chapitre III: Le littoral sableux</b>	
<b>1. Généralités sur la plage El Kaddous</b> .....	<b>19</b>
1.1. Présentation .....	<b>19</b>
1.2. Localisation et situation géographique.....	<b>19</b>
<b>2. Etat de lieu de la commune de Heroua :Occupation et pression humaine</b> .....	<b>20</b>

## Sommaire

2.1.	Occupation agricole.....	20
2.2.	Typologie de l'habitat.....	20
2.3.	Les équipements de la commune.....	21
2.4.	Zone littorale. ....	21
<b>3.</b>	<b>Cadre océanographique</b> .....	<b>23</b>
3.1.	La houle.....	23
3.2.	Plan des vagues .....	26
3.3.	Les courants.....	26
□	Le courant côtier de retour .....	26
□	Les courants de la dérive littorale.....	26
3.4.	La marée .....	27
<b>4.</b>	<b>La bathymétrie</b> .....	<b>27</b>
<b>5.</b>	<b>Evolution du trait de côte</b> .....	<b>28</b>
<b>6.</b>	<b>Synthèse sur les variations de trait de côte (1972-2011)</b> .....	<b>30</b>
<b>7.</b>	<b>Etude sédimentologique</b> .....	<b>31</b>
7.1.	Analyse granulométrique.....	32
7.2.	Mode opératoire de l'analyse granulométrique .....	32
7.3.	Traitement des données .....	32
7.4.	Les indices granulométriques .....	32
7.5.	Résultats et interprétation de l'analyse granulométrique .....	34
7.5.1.	Résultat de l'analyse granulométrique .....	34
7.5.2.	Interprétation des résultats de l'analyse granulométrique .....	35
7.5.3.	Interprétation de la carte des médianes.....	38
7.5.4.	Interprétation des indices granulométriques.....	38
7.5.5.	Résultats de l'analyse de la fraction péloïdiques.....	39
<b>8.</b>	<b>La dunes bordière</b> .....	<b>41</b>
<b>9.</b>	<b>Le rôle des dunes littorales</b> .....	<b>42</b>
<b>10.</b>	<b>Description de la dune d'El Kaddous</b> .....	<b>42</b>
10.1.	Etat ancien .....	42
10.2.	Etat actuel .....	42

### Chapitre IV: Etude de la faisabilité d'un aménagement intégré

<b>1.</b>	<b>Les principes d'aménagement</b> .....	<b>45</b>
<b>2.</b>	<b>L'alimentation artificielle de plage El Kaddous.</b> .....	<b>45</b>
2.1.	Les principes de rechargement. ....	46
2.2.	Les conditions de rechargement .....	46
2.3.	Les étapes de rechargement.....	47
2.3.1.	Le site de rechargement.....	47
2.3.2.	Les paramètres de rechargement .....	48
2.3.3.	Calcul du volume de rechargement .....	48
2.3.4.	Vérification de la stabilité de remblai.....	53
2.3.5.	Calcul du volume réel de rechargement .....	55
2.4.	Estimation du volume de rechargement périodique .....	57
<b>3.</b>	<b>Les contraintes de rechargement</b> .....	<b>58</b>
<b>4.</b>	<b>Disposition d'un brise-lame</b> .....	<b>58</b>
4.1.	L'objectif du brise-lame .....	58

## Sommaire

4.2.	Dimensionnement.....	59
4.2.1.	Longueur de l'ouvrage par rapport à la côte.....	59
4.2.2.	Hauteur de la houle au pied de l'ouvrage .....	60
4.2.3.	La hauteur de brise lame.....	61
4.2.4.	La largeur de la berme de brise-lame .....	61
4.2.5.	Stabilités des ouvrages de protection.....	62
<b>5.</b>	<b>L'impact du brise-lame.....</b>	<b>63</b>
<b>6.</b>	<b>Restauration et conservation de la dune bordière.....</b>	<b>63</b>
	<b>Conclusion.....</b>	<b>67</b>

## Liste des abréviations

---

**ANRH:** Agence Nationale des **R**essources **H**ydrauliques.

**ONM:** Office National **M**étéorologique.

**CCR:** Centre **C**ynégétique **R**éghaia.

**LEM:** Laboratoire des **E**tudes **M**aritimes.

**DGF:** Direction **G**énérale des **F**orets.

**A.N.A.T:** Agence Nationale d'**A**ménagement du **T**ourisme.

**INCT:** Institut National de **C**artographie et de la **T**éledétection.

**ONS :** Office national de statistique.

**PAC:** Plan d'**A**ménagement **C**ôtier.

**A.F.N.O.R :** Association Française de Normalisation.

**APPL :** Agence nationale de protection et de promotion de littoral.

**SHOM :** Service hydraulique et océanographique de la marine.

**C.E.R.C:** Coastal Engineering Research Center.

**L.C.H.F:** Laboratoire Central Hydraulique de France.

**ZET:** Zone d'**E**xtension **T**ouristique.

## Liste des figures

---

<b>Figure 1:</b> Situation géographique de la zone d'étude (Source carte topographie d'Alger 1 /25000).	<b>2</b>
<b>Figure 2:</b> Histogramme de température moyenne mensuelle (mm) de la zone de Réghaia.	<b>3</b>
<b>Figure 3:</b> Histogramme des moyennes mensuelles de précipitations de la région de Reghaia (1972-2004) selon les données de l'ANRH.	<b>4</b>
<b>Figure 4:</b> Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN appliqué au site d'étude.	<b>5</b>
<b>Figure 5:</b> Variation de l'ETP selon Pennam Station de Dar El Beida Période entre 2001 et 2004.	<b>5</b>
<b>Figure 6:</b> Réseau hydrographique. (Établie et modifié à partir du document.	<b>6</b>
<b>Figure 7:</b> Carte géologique de la région d'étude (Tirée et modifiée à partir de la carte géologique d'Alger 1/50 000.1904).	<b>8</b>
<b>Figure 8:</b> Carte modifiée des formations sédimentaires sur le plateau continental de la grande baie de Zemmouri (LECLAIRE 1972).	<b>9</b>
<b>Figure 9:</b> Situation géographique de la plage El Kaddous (Source APPL).	<b>20</b>
<b>Figure 10:</b> Occupation de la plage El Kaddous (Fond de carte réalisé à partir de la carte topographique 1/25 000, Alger NJ-31-IV-14 Ouest, 1987. Actualisée à partir de l'image satellitaire Google Earth).	<b>22</b>
<b>Figure 11:</b> Distribution et localisation des points de mesures des houles et de vent dans la méditerranée (cercle rouge indique la localisation du point de mesure pour notre site d'étude).	<b>23</b>
<b>Figure 12:</b> Rose annuelle des vagues (calme 31,17%).	<b>24</b>
<b>Figure 13:</b> Rose d'été (calme 46,47%).	<b>24</b>
<b>Figure 14:</b> Rose de printemps (39,57%).	<b>25</b>
<b>Figure 15:</b> Rose d'automne (calme 39,02%).	<b>25</b>
<b>Figure 16:</b> Rose d'hiver (calme 31,84%).	<b>25</b>
<b>Figure 17:</b> Carte bathymétrie la zone d'étude.	<b>27</b>
<b>Figure 18:</b> Localisation des transects de mesure (fond de carte, photographie aérienne 1972).	<b>28</b>
<b>Figure 19:</b> Evolution de trait de côte (1972,1980 ,2003 ,2011).	<b>29</b>
<b>Figure 20:</b> Localisation des stations de prélèvement de sédiment.	<b>31</b>
<b>Figure 21:</b> Carte de répartition des médianes au niveau de la plage aérienne d'El Kaddous (Fond de la carte ,une image satellitaire de Google Earth 2012).	<b>36</b>
<b>Figure 22:</b> Faisceau des courbes granulométriques de la plage El Kaddous.	<b>36</b>
<b>Figure 23:</b> Histogramme unimodale.	<b>37</b>
<b>Figure 24:</b> Histogramme bimodale.	<b>37</b>
<b>Figure 25:</b> Exemple d'histogramme plurimodal.	<b>38</b>
<b>Figure 26:</b> Relation entre l'indice de classement et la médiane.	<b>39</b>
<b>Figure 27:</b> Relation entre le coefficient d'asymétrie et la médiane.	<b>39</b>
<b>Figure 28:</b> Histogramme de distribution des taux des pélites.	<b>40</b>
<b>Figure 29:</b> Carte de répartition des fractions pélique au niveau de la plage aérienne d'El Kaddous (Fond de la carte, une image satellitaire de Google Earth 2012).	<b>40</b>
<b>Figure 30:</b> Système dunaire.	<b>41</b>
<b>Figure 31:</b> Formation d'une dune bordière.	<b>41</b>

## Liste des figures

---

<b>Figure 32:</b> Vue satellitaire du cordon dunaire du site El Kaddous.	<b>43</b>
<b>Figure 33:</b> La zone de rechargement (Source Google Earth2012).	<b>47</b>
<b>Figure 34:</b> Illustration de la zone de rechargement.	<b>48</b>
<b>Figure 35:</b> Positionnement des profils de mesure de plage El Kaddous.	<b>49</b>
<b>Figure 36:</b> Profil de rechargement P1.	<b>50</b>
<b>Figure 37:</b> Profil de rechargement P2.	<b>51</b>
<b>Figure 38:</b> Profil de rechargement P3.	<b>52</b>
<b>Figure 39:</b> courbe granulométrique d'échantillon naturel	<b>54</b>
<b>Figure 40:</b> Histogramme d'échantillon naturel	<b>54</b>
<b>Figure 41:</b> Courbe granulométrique d'échantillon d'apport	<b>54</b>
<b>Figure 42:</b> Histogramme d'échantillon d'apport	<b>54</b>
<b>Figure 43:</b> Isolignes du facteur d'apport d'entretien Rj (James,1975).	<b>57</b>
<b>Figure 44:</b> Isolignes du facteur entretien Rj(JAMES ,1975 in SPM 1977).	<b>58</b>
<b>Figure 45:</b> Hauteur maximale de déferlement en fonction de la profondeur en pied de l'ouvrage (D'après Waggel, 1972).	<b>61</b>
<b>Figure 46:</b> Plan de brise-lame immergé proposé pour plage El Kaddous.	<b>62</b>
<b>Figure 47:</b> Profil de musoir du brise-lame proposé pour plage El Kaddous.	<b>63</b>
<b>Figure 48:</b> Illustration du plan d'aménagement du littoral sableux d'El Kaddous.	<b>66</b>

## Liste des photos

---

<b>Photo 1:</b> L'île Bounetah (Aguelli).	<b>10</b>
<b>Photo 2:</b> Herbier de Posidonia oceanica.	<b>10</b>
<b>Photo 3:</b> Banc d'oursin.	<b>10</b>
<b>Photo 4:</b> Maquis boisé.	<b>11</b>
<b>Photo 5:</b> Intérieur du maquis Groupement à Tamarix.	<b>11</b>
<b>Photo 6:</b> Ecosystème marécage.	<b>11</b>
<b>Photo 7:</b> Lac de Reghaia.	<b>12</b>
<b>Photo 8:</b> Ecosystème dunaire.	<b>12</b>
<b>Photo 9:</b> Le Centre Cynégétique de Réghaïa.	<b>13</b>
<b>Photo 10:</b> Zone industrielle coté Reghaia.	<b>14</b>
<b>Photo 11:</b> Zone industrielle coté Rouïba.	<b>14</b>
<b>Photo 12:</b> Terrain agricole (Partie centrale).	<b>14</b>
<b>Photo 13:</b> Terrain agricole ( Plateau ).	<b>14</b>
<b>Photo 14:</b> Terrain agricole (partie Est).	<b>15</b>
<b>Photo 15:</b> Terrain agricole (Partie Ouest).	<b>15</b>
<b>Photo 16:</b> Habitations rurales.	<b>16</b>
<b>Photo 17:</b> Agglomération cotière.	<b>16</b>
<b>Photo 18:</b> Hôtel à la cour de reconstruction.	<b>22</b>
<b>Photo 19:</b> Deux unités de sécurité(Gendarmerie et protection civile).	<b>22</b>
<b>Photo 20:</b> Restaurant et cafeteria.	<b>23</b>
<b>Photo 21:</b> Douche plus vestiaire.	<b>23</b>
<b>Photo 22:</b> Végétation de la dune bordière (Plage El Kaddous, 2012).	<b>44</b>
<b>Photo 23:</b> pratique du pâturage anarchique (plage El Kaddous, 2012).	<b>44</b>
<b>Photo 24:</b> Plantation d'oyat sur dune littorale (Source internet).	<b>64</b>
<b>Photo 25:</b> Cloturage des dunes par les ganivelles (Source internet).	<b>65</b>
<b>Photo 26:</b> La pratique de pâturage sur la dune.	<b>65</b>
<b>Photo 27:</b> Sentier dunaire (Source internet).	<b>65</b>

## Liste des tableaux

---

<b>Tableau 1:</b> Température moyennes mensuelles (mm) de la zone de Réghaia.	<b>3</b>
<b>Tableau 2:</b> Précipitations moyennes mensuelles (mm) de la zone de Réghaia.	<b>4</b>
<b>Tableau 3:</b> Côtes atteintes en fonction des précipitations.	<b>7</b>
<b>Tableau 4:</b> Evolution démographique de Heraoua (Source : ONS).	<b>16</b>
<b>Tableau 5:</b> Evolution démographique de Ain Taya (Source : ONS).	<b>16</b>
<b>Tableau 6:</b> Evolution de trait de côte (1972,1980 ,2003 ,2011).	<b>31</b>
<b>Tableau 7:</b> Evolution de la superficie de plage El Kaddous (BOUAKLINE.S 2009)	<b>31</b>
<b>Tableau 8:</b> Diamètres des grains et appellations correspondants à la norme française (Source: AFNOR.1994).	<b>34</b>
<b>Tableau 9:</b> Valeurs des différents indices granulométriques et des quartiles.	<b>36</b>
<b>Tableau 10:</b> Les indices des échantillons.	<b>39</b>
<b>Tableau 11:</b> Teneurs des pélites.	<b>40</b>
<b>Tableau 12:</b> Relations entre les médianes et les écarts types des matériaux naturels et des matériaux d'apport (Source SPM, 1977).	<b>55</b>
<b>Tableau 13:</b> Résultat de calcul de dimensionnement de brise-lame.	<b>64</b>

# **Introduction**

## Introduction générale

---

La zone côtière est un espace fragile et très sollicité, qui se caractérise par des équilibres écologiques et paysages complexes, qui sont soumis à de nombreux risques: la pression démographique, la croissance des zones urbaines, associée à une expansion rapide de l'industrie et du tourisme et à une exploitation intensive des ressources marines. Cela a suscité une prise de conscience de la communauté internationale concernant le développement durable de ces espaces et leurs ressources naturelles.

Le littoral est aussi un lieu où se cristallisent des logiques concurrentes, voire même antagonistes, d'un côté, les activités qui utilisent l'espace, de l'autre côté.

Aujourd'hui les côtes sableuses constituent l'attraction favorite des gens, surtout en période estivale, pour se reposer ou se divertir. Ces plages qui sont un patrimoine à préserver connaissent d'importants problèmes d'érosion (Paskoff, 1984).

La zone côtière sableuse du site d'El Kaddous est l'un des littoraux les plus attractifs dans le littoral algérois, avec un linéaire de 1885m et de 50m de largeur suivie à l'intérieur des terres par un cordon dunaire et le lac de Reghaia, et son alentour forestier qui a été classée mondialement en 2003 suivant la convention de RAMSAR, a fait l'objet de grande convoitise de tourisme et surtout pendant l'été.

La plage El Kaddous et sa dune bordière subissent une dégradation importante traduite par un recul de trait de côte et un démaigrissement de la plage et de la dune bordière.

Le but de notre mémoire est la contribution à une approche intégrée d'aménagement et de protection d'une zone sableuse (Plage et la dune) du littoral d'El Kaddous inscrite dans le périmètre de la ZET de Ain Chorb et faisant partie de la région concernée par le 'plan GIZC de Réghaia'.

Le travail de notre mémoire se repartit en quatre chapitres afin d'arriver à nos objectifs :

- Le premier chapitre consiste à mettre en évidence le cadre général de la zone d'étude.
- Le deuxième chapitre est destiné à la présentation de projet GIZC de Reghaia qui comprend une zone sableuse attenante aux deux communes Heraoua et Reghaia.
- Le troisième chapitre est consacré à l'étude de plage El Kaddous et sa dune bordière (Description de l'état de lieu, étude de variation de trait de côte, étude sédimentologique).
- Dans le quatrième chapitre on va conclure avec une étude de faisabilité d'un aménagement intégré du site.

# **Chapitre I**

## **Cadre général**

## 1. Situation géographique de la zone d'étude

La zone côtière sableuse étudiée (plage du Kaddous) est située à 30 km à l'est d'Alger à la limite nord-est de la plaine de la Mitidja et à 14 km de Boumerdes ( Figure n°1 ) Elle s'incruste dans la zone littorale de Réghaia, et s'étend sur un espace sensible d'une superficie de 881 Hectares compris entre Les longitudes  $3^{\circ} 18' 30''$  et  $3^{\circ} 21' 30''$  Est ; latitude  $36^{\circ} 45'$  et  $36^{\circ} 48'$  Nord. Cette région côtière bio-stratégique, en tant que zone humide d'importance écologique de dimension internationale (inscrite dans la liste des sites RAMSAR) est bordée :

- Au nord par la Mer Méditerranée.
- Au sud par la route nationale 24 reliant Alger à Constantine.
- A l'est par la ville de Boudouaou.
- A l'ouest par la ville d'Aïn Taya.



**Figure 1:** Situation géographique de la zone d'étude (Source Google Earth).

**2. Les données climatiques**

Globalement la région de Réghaia présente des conditions météorologiques représentatives du contexte climatique du type méditerranéen.

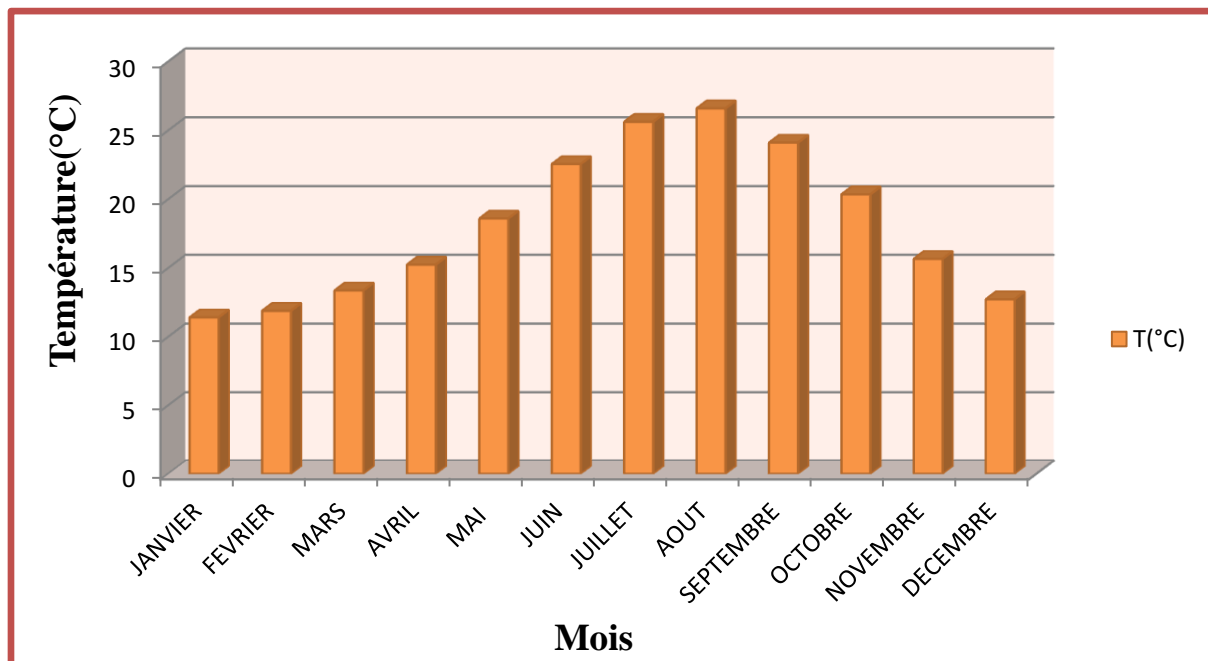
**2.1. La Température**

Selon les données de la station de Dar El Beida pendant la période de 1970 à 2009 on relève :

- une température moyenne annuelle de l'ordre de 18°C ;
- Une température moyenne minimale variant de 6 à 10°C durant la période hivernale et de 13 à 21 °C pour la période estivale.
- Une température moyenne maximale comprise entre 24 et 33°C durant les étés.
- Des hivers aux températures moyennes relativement basses, comprises entre 12 et 15 °C.

**Tableau 1:** Température moyennes mensuelles (mm) de la zone de Réghaia (1970-2004):Source ANRH.

MOIS	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUIL	AOUT	SEP	OCT	NOV	DEC	Année
T(°C) moyenne	11,46	11,87	13,34	15,21	18,55	22,51	25,58	26,58	24,09	20,29	15,65	12,70	18,15



**Figure 2 :** Histogramme de température moyenne mensuelle (mm) de la zone de Réghaia (1971-2004) Source ANRH.

**2.2. La Pluviométrie**

La pluviométrie traduit en général l’alternance de deux saisons distinctes : une saison estivale chaude et sèche, et une saison hivernale froide et humide.

Les données de précipitation acquises au niveau de l’ANRH pour la station de Reghaia, couvrent une période de 32 ans allant de 1972 à 2004.

L’analyse statistique de es données a permis de réaliser les histogrammes des moyennes des précipitations (figure n°3).

A partir de ces histogrammes nous constatons que plus de 80 %des pluies sont enregistrées entre les mois octobre et celui d’avril, et plus de 55% des précipitations moyennes annuelles sont enregistrées dans les mois de novembre, décembre, janvier, et février (tableau2)

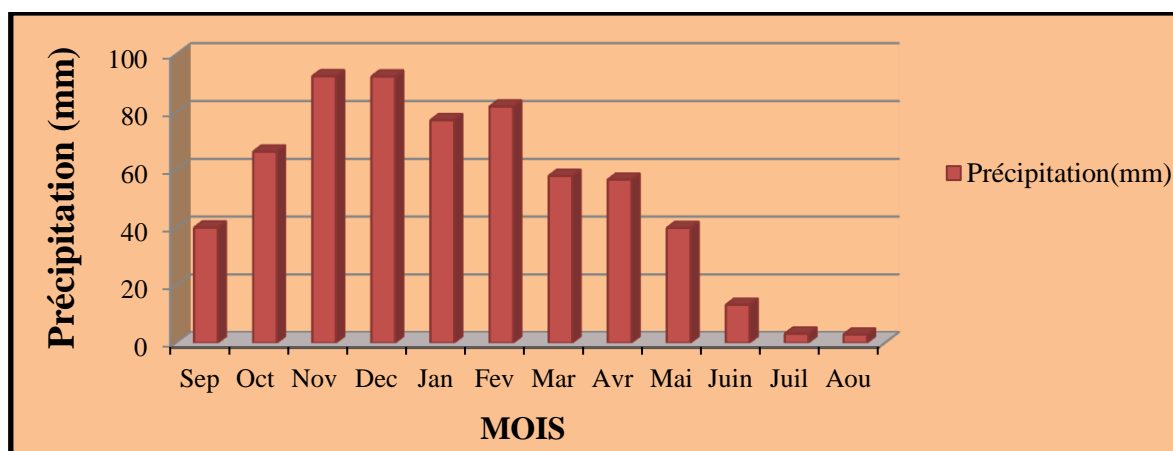
**Tableau 2 :** Précipitations moyennes mensuelles (mm) de la zone de Réghaia (1972-2004):  
Source ANRH

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Année
Pluie (mm)	39,3	66,2	92,3	92,2	77,1	81,8	57,8	56,5	39,8	13,2	3,2	2,9	51 ,90

La distribution des pluies maximales journalières observées dans les différentes stations montre l’importance de l’intensité des averses. Les valeurs atteintes de 152 mm/24H en octobre 1973 dans la région de Réghaia.

Le nombre de jours de pluie par an varie de 100 jours (années humides) à 47 jours (années sèches).

Le nombre moyen de jours pluvieux est de l'ordre de 71 jours dont 45 jours répartis durant la période octobre à février.



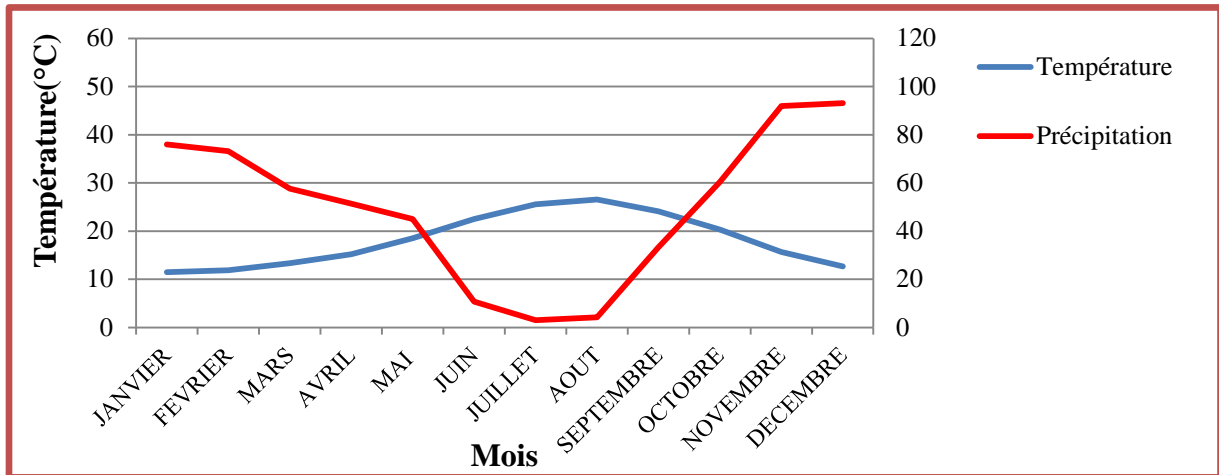
**Figure 3 :** Histogramme des moyennes mensuelles des précipitations de la région de Reghaia (1972-2004) selon les données de l’ANRH.

Les orages sont fréquents, surtout en hiver et en automne avec en moyenne 23.3 jours/an.

**2.3. Le Diagramme ombrothermique de BAGNOUL et GAUSSEN**

Ce diagramme permet de distinguer et de quantifier la période sèche et la période humide dans l'année. Le diagramme est conçu de telle sorte que  $P \leq 2T$ .

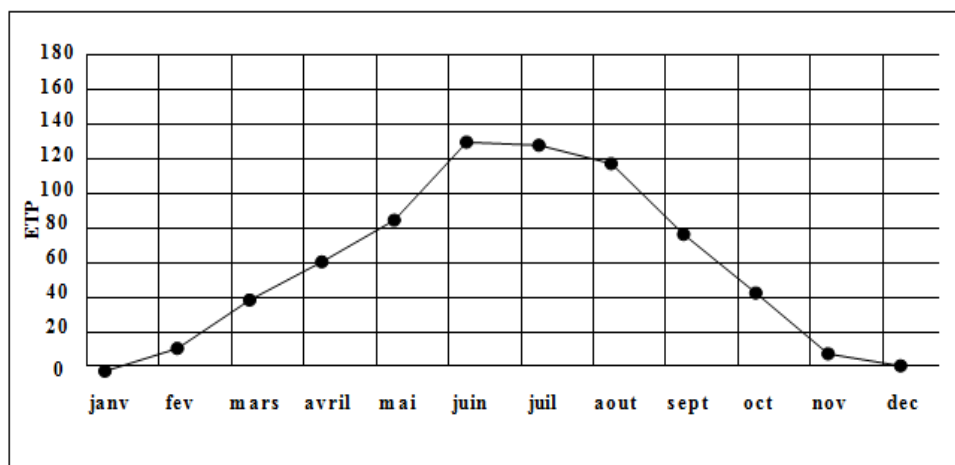
A partir le diagramme ombrothermique (Figure n° 4) on constate que notre site d'étude est caractérisé par un étage bioclimatique subhumide à hiver doux et relativement pluvieux. Le climat de la zone d'étude est de type méditerranéen caractérisé par une saison humide de 7 mois et une période sèche de 5 mois correspondant à la saison estivale.



**Figure 4:** Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN appliqué au site d'étude.

**2.4. L'évaporation**

L'évapotranspiration potentielle (ETP) mensuelle estimée en utilisant la formule de Pennam (ONM, 2005) montre de fortes valeurs d'ETP pendant la saison estivale (mai à septembre) allant de 100 à 160 mm. Les valeurs annuelles d'ETP calculées correspondent à la valeur de 1000mm rapportée dans la bibliographie (Boukhara, 1991). Les variations d'ETP mensuelles sont illustrées par la figure ci-dessous.



**Figure 5 :** Variation de l'ETP selon Pennam Station de Dar El Beida Période entre 2001 et 2004.

**2.5. Les Vents**

Ils sont d’habitude faibles à modérés, la direction prédominante est de Nord-Ouest. Le sirocco souffle en moyenne 5 jours par an.

**3. Aperçu hydrographique**

La zone étudiée est alimentée par les nappes phréatiques à l’origine de la formation du marais de Réghaïa, les précipitations et des cours d’eau, avec principalement l’Oued Réghaïa, dont la superficie du bassin versant est de 75km<sup>2</sup> dont une part de 25km<sup>2</sup> est constituée par un territoire montagneux, le reste est une plaine inclinée vers la mer. Cet Oued est lui-même attenant à deux affluents à savoir Oued Guesbai et Oued Berraba. Deux autres oueds secondaires font aussi partie du réseau hydrographique local :

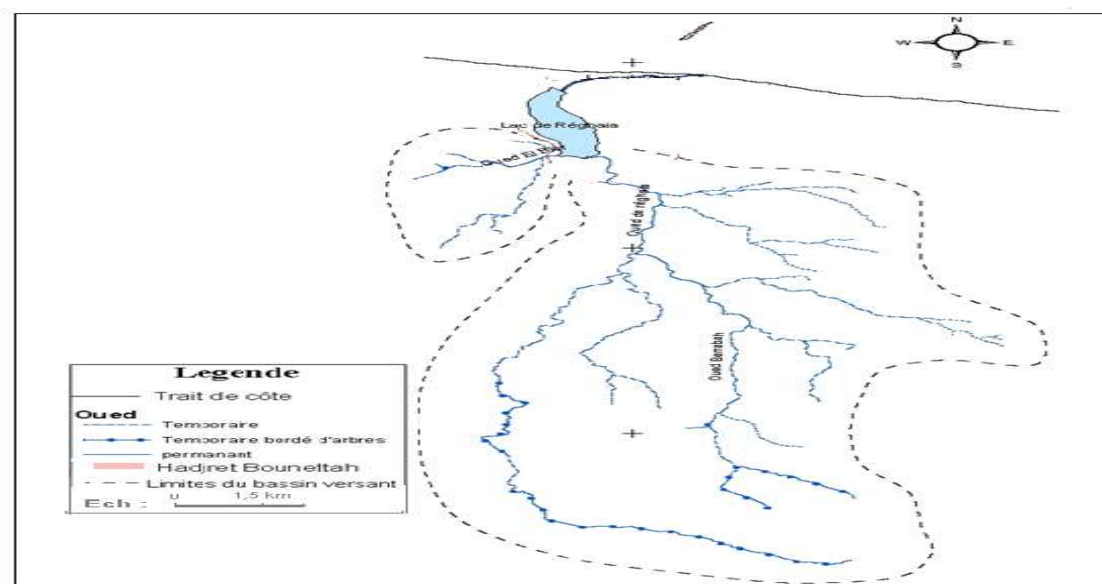
- **L’Oued El Biar** : sa longueur est de 4075 mètres et son bassin versant de 20 km<sup>2</sup>. Cet oued prend naissance aux environs de la zone industrielle Rouïba-Réghaïa et traverse en grande partie des champs avant de se déverser au niveau du lac.
- **L’Oued Boureah** : c’est un affluent d’oued El Hamiz qui draine les eaux de ruissellement des terres agricoles de la Mitidja Nord Est. La superficie de son bassin versant est de 20km<sup>2</sup>.

Quant au lac, le volume de sa retenue est présenté dans le tableau n° 3.

**Tableau 3 : Côtes atteintes en fonction des précipitations**

Côte (m)	Surface (km <sup>2</sup> )	Volume (hm <sup>3</sup> )
2	1.30	2.0
3	1.262	3.3
4	1.364	4.8
5	1.500	5.2

La côte actuelle qui mesure 3 mètres correspond à un volume de 3.3 hectomètres cubes, elle représente la réserve en eau possible du lac.



**Figure 6 : Réseau hydrographique. (Établie et modifié à partir du document source – Chaalal – 2006)**

#### 4. Le contexte géologique

Notre zone d'étude, située au Nord Est de la plaine de la Mitidja (Figure n°7), se caractérise par un synclinal néogène de dépôts fins du miocène et du plio-quadernaire (Rivoirrad, 1952). Cette formation géologique est passée par un plissement puis un remblaiement (Mutin, 1977).

Les Principaux faciès géologiques sont de type alluvionnaire et marécageux, ceux datant du quadernaire récent et actuel se composent de dépôts marins et lacustres, d'alluvions récents caillouteux et limoneux, de dunes consolidées, de lumachelles à pétoncles, de poudingues et de grès marins, de sable argileux et d'alluvions anciens datant du quadernaire.

#### 5. Topographie

La topographie de la zone d'étude est formée de quatre plateaux à configuration variée :

- ❖ **Plateau Ouest** : situé dans la commune de Heraoua, constitué de falaises à pente plus ou moins abrupte, aboutissant à la plage.
- ❖ **Plateau Est** : aboutissant à la plage de Réghaïa, une falaise le séparant de la plage.
- ❖ **Plateau Sud** : formé de terrasses se terminant au sud de l'oued Réghaïa par des marécages.
- ❖ **Plateau central** : constitué par la zone de l'oued Réghaïa et formé par deux mini-bassins versants, l'un à l'est où se trouvent les domaines agricoles Saidani et Ali Khodja, et l'autre à l'ouest où se trouvent le domaine agricole Boudhane et le douar Ain El Kahla.

#### 6. Pédologie

La zone littorale de Réghaïa présente un sol à tendance sablo-limoneuse, par contre la partie centrale, caractérisée par une terre fertile à tendance argileuse, est constituée par des sols bruns méditerranéens et des sols rouges brunifiés.

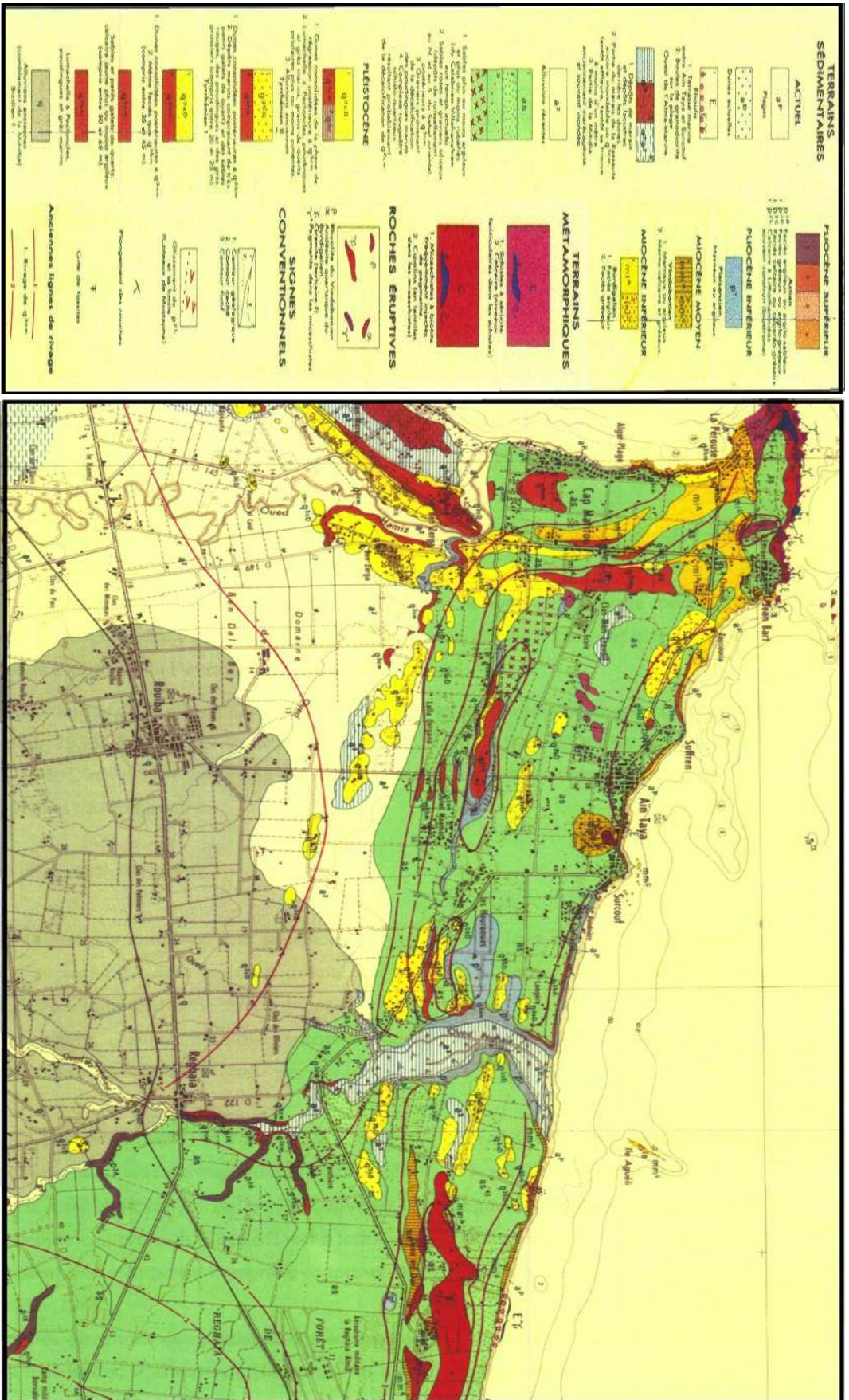


Figure 7 : Carte géologique de la région d'étude (Tirée et modifiée à partir de la carte géologique d'Alger 1/50 000.1904)

L'échelle : 0  1Km

**7. la couverture sédimentaire meuble sur le plateau continental.**

Au niveau de la baie de Zemmouri dont le quel se situe notre zone d'étude (Figure n°8), on trouve une couverture sédimentaire très diversifiée où ils se répartissent comme suites :

**7.1. Les sédiments calcaires**

De type sable, gravier et de vase calcaire, le long des îles Sandja à Agueli ces substratums affleurent en plusieurs points sont constitués autant de « fonds vifs » sur lesquels se

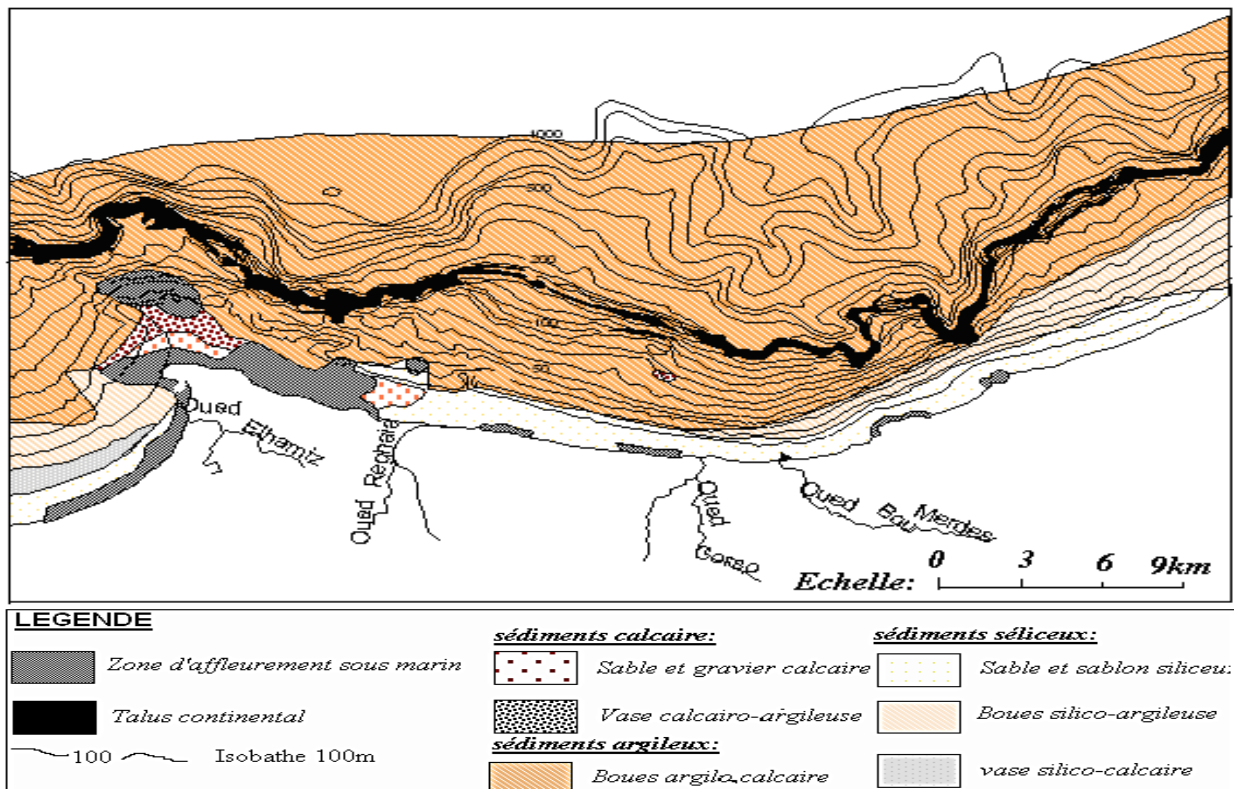
développent des algues calcaires encroûtantes, des bryozoaires, des gastéropodes et des lamellibranches. Les débris calcaires de cette biocénose s'accumulent sur place ou à proximité immédiate en formant des sables et graviers calcaires.

**7.2. Les sédiments siliceux**

De cap Matifou à cap Djanet, la frange sablonneuse contourne les pointes rocheuses au niveau du Rocher Noir et cap Blanc Ces sables sont tantôt grossiers, tantôt fins, de couleur grise à gris brunâtre. Ces sables deviennent très fins et roux en bordure des dunes de Réghaia et beaucoup plus grossiers devant les falaises mio-plio-quadernaire de Suffren et Surcouf. et les boues silico-argileuses se trouvent des avant plages et des sédiments du large.

**7.3. Les sédiments argileux**

Ce sont des sédiments très fins et peu importants et même inexistants. Les boues argilo-siliceuses couvrent le rebord et le début de talus continental et contiennent de 40% à 50% d'argiles. Ces boues s'enrichissent en calcaire ; débris de bryozoaires, de coquilles d'oursins fouisseurs et de foraminifères.



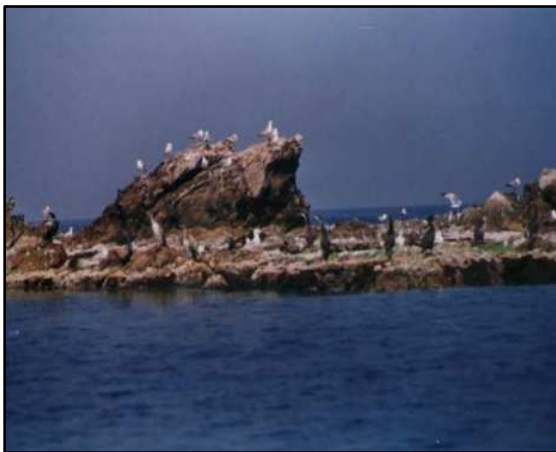
**Figure 8:** Carte modifiée des formations sédimentaires sur le plateau continental de la grande baie de Zemmouri (LECLAIRE, 1972).

## 8. Caractéristiques écologiques

Le site est composé de plusieurs sous-systèmes écologiques qui lui confèrent un rôle bio-stratégique et qui lui permettent la persistance d'une biodiversité remarquable:

### - Le milieu marin

La partie marine est surtout remarquable par l'îlot Aguelli (Bounetotah) d'une superficie de 212 mètres carrés entre l'embouchure du lac de Reghaia et le large et qui se dresse à environ 1 Km du rivage. Ce petit îlot représente un 'écosystème marin de grande biodiversité en flore (*Posidonia oceanica*) et en faune. Il présente une valeur particulière par son rôle de frayère pour de nombreuses espèces sous-marines comme (*Asteriscus maritimus* et *Altheae officinalis*), et de site de nidification et de repos pour certains oiseaux rares tels que le Grand Cormoran et le *Goeland Leucophaea* l'ornithofaune migratrice. (PAC zone côtière Algéroise - 2005).



**Photo1 :** L'île Bounetah (Aguelli).



**Photo 2 :** Herbier de *Posidonia oceanica*.



**Photo 3:** Banc d'oursin.

### - Le maquis

Il est représenté par quelques vestiges de l'ancien maquis à Oleo-lentisque composé d'*Olea europaea*, *Pistacia lentiscus*, *Crataegus monogyna*, *Rubus ulmifolius*, *Smilax aspera* et *Hedera helix* (Fiche descriptive des zones humides Ramsar mai 2003, DGF)



**Photo 4** : Maquis boisé



**Photo 5** : Intérieur du maquis  
Groupement à Tamarix.

### - Le marais

Milieu intermédiaire entre le pré et le lac, joue un rôle important pour contenir et régler les crues des oueds, ainsi que pour préserver certaines espèces qui, comme les hérons et l'avocette *Recurvirostra avocetta* ou le canard colvert *Anas platyrhynchos*, voire la Sarcelle marbrée *Marmaroneta angustirostris* et la Talève sultane *Porphyrio porphyrio* nichent ici. (Fiche descriptive des zones humides Ramsar mai 2003, DGF)



**Photo 6**: Ecosystème marécage.

### - Le plan d'eau libre

C'est un lac permanent d'eau douce d'une superficie de plus de 75 hectares. Entre la digue du lac et le cordon dunaire, se présente le marais, avec une végétation spécifique et diversifiée.



**Photo 7** : Lac de Reghaia.

### - Le cordon dunaire

Barrière naturelle entre la mer et le marais, il est composé de dunes stabilisées et recouvertes de groupements à *Pancratium maritimum*, *Lotus creticus*, *Ammophila arenaria* et *Chamaerops humilis*. Cette végétation se développe en bandes étroites le long de la côte, elle arrête et fixe le sable en formant une barrière qui ferme l'embouchure de l'oued Réghaïa.



**Photo 8** : Ecosystème dunaire

## 9. Equipements et autres Aspects socio-économiques

### 9.1. Le centre Cynégétique de Réghaïa(CCR)

Le Centre Cynégétique (créé le 8 janvier 1983 – par décret 83/75) est un établissement public à caractère administratif doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière. Ses missions sont :

- La production des espèces cynégétiques ou exotiques en vue d'enrichir le patrimoine national.
- La promotion et le développement de l'activité cynégétique par la sélection des espèces cynégétiques locales.
- L'introduction de nouvelles espèces et leur acclimatation.
- La participation à l'organisation des lâchers et le suivi des espèces dans le milieu naturel pour tirer les conséquences sur l'acclimatation.



**Photo 9 :** Le Centre Cynégétique de Réghaïa.

### 9.2. La station d'épuration de Réghaïa

Cette station est destinée à prendre en charge le traitement des eaux usées de la partie Est de la Wilaya. Elle fait actuellement l'objet d'un programme de réhabilitation.

### 9.3. Les activités industrielles

La zone humide de Réghaïa est située à proximité d'un pôle industriel important (Rouiba-Réghaïa).

La zone industrielle de Rouïba – Réghaïa couvre une surface important d'ordre 1000 hectares et elle représente plus de 95% de l'industrie de la région. On dénombre 421 unités industrielles, notamment représentées par l'agro-alimentaire (70 unités), les matériaux de construction (46 unités), la transformation des métaux (105 unités), les cuirs et textiles (78 unités). Ce pôle industriel représente une véritable menace pour la qualité de l'eau et de paysages ainsi l'équilibre écologique de région.



**Photo 10** : Zone industrielle coté Reghaia.



**Photo11** : Zone industrielle coté Rouïba.

#### 9.4. Le tourisme

Le site possède de remarquables potentialités naturelles pour la mise en valeur touristique. Il existe des grandes plages propres, de bonne qualité bactériologique, un marais qui s'étend sur une superficie de 150 ha et d'autres écosystèmes (marin, lacustre forestier et agricole) avec des habitats remarquables pour les espèces avifaunes. C'est donc un potentiel important pour le développement de l'éco-tourisme. En plus de sa trop grande fréquentation pendant la période estivale, cette zone est également visitée le reste de l'année par de nombreuses familles pour la détente et les loisirs en plein air.

#### 9.5. L'agriculture

Dans la région d'étude, l'agriculture est une activité économique source de revenus pour une bonne partie de la population. La totalité des terres sont irriguée à partir des eaux du lac de Réghaia (1200 hectares). Dans les 2 communes de Réghaia et de Heraoua, les superficies par spéculation sont de l'ordre de 124 hectares d'agrumes, 143 hectares de vignes, 800hectares de maraichage (dont 30% sont irrigué à partir du lac) et 12 hectares de plasticulture. L'élevage est une pratique courante dans la zone (Bovins, ovins et caprins).



**Photo 12:** Terrain agricole (Partie centrale).



**Photo 13:** Terrain agricole (Plateau).



**Photo 14 :** Terrain agricole (partie Est).



**Photo15 :** Terrain agricole (Partie Ouest).

### 9.6. Population et agglomération urbaine.

La zone d'étude subit les retombées de la croissance urbaine des agglomérations avoisinantes comme celles de :

- la commune de Heraoua, qui couvre une superficie de 1250hectares. Elle possède une agglomération secondaire: Ain el kahla à part le chef-lieu. La population de Heraoua, qui était de 11.552 habitants en 1987, passe à 27.565 habitants en 2008. soit une densité de 2120 habitants par km<sup>2</sup> (source ONS-RGPH, 2008).

**Tableau 4:** évolution démographique de Heraoua (Source : ONS).

Commune	Population			
	1977	1987	1998	2008
Heraoua	9 100	11 552	18167	27565

- La commune de Ain Taya s'étend sur une superficie de 955 ha soit presque 10 km<sup>2</sup> dont 598 ha sont des terres agricoles et selon le (RGPH de 2008) la population totale de la commune est estimée à 34.501 habitants. Soit une densité de 3450 Hab/Km<sup>2</sup> , Concentrée le plus au niveau de l'agglomération chef-lieu.

**Tableau 5:** évolution démographique de Ain Taya (Source : ONS).

Commune	Population			
	1977	1987	1998	2008
Ain Taya	16 900	21 602	29515	34501

La pression démographique s'est traduite dans l'espace par la prolifération de bidonvilles caractérisés par une urbanisation anarchique et spontanée, réalisée au coup par coup. La

superficie du tissu urbain a considérablement augmenté aux dépens de secteur non urbanisable et particulièrement sur des terres agricoles fertiles. Cette situation engendre des pollutions notamment pour les déchets solides. Aucune installation de traitement n'existe dans la zone d'étude. Celle-ci est parsemée de dépotoirs formant des monticules altérant le paysage.



**Photo 16:** Habitations rurales.



**Photo 17:** Agglomération cotière.

# **Chapitre II**

## **Présentation du Projet GIZC**

La zone côtière sableuse, qui est le thème central de notre mémoire, fait partie d'une région attenante aux deux communes de Réghaia et de Heraoua. Ces dernières sont actuellement l'objet d'un plan de Gestion Intégrée (GIZC). Nous rappelons que c'est pour contribuer à l'élaboration de ce plan que nous proposons notre travail sur la plage du Kaddous et de sa dune bordière. Il est donc utile de présenter succinctement, dans le cadre de ce deuxième chapitre, l'esprit, le contexte, le contenu, et les objectifs de ce Plan GIZC.

### **1. Le fondement du « Plan de gestion de Réghaia »**

La Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC) se présente comme une démarche innovante, sensée prendre en charge la problématique de valorisation et de protection du milieu côtier et de ses ressources. Elle est définie comme « ... Un Processus dynamique qui réunit gouvernement et société, sciences et décideurs, intérêts publics et privé, en vue de la protection et du développement des systèmes et ressources côtières..... Ce processus vise à optimiser les choix à long terme privilégiant les ressources et leur usage raisonné et raisonnable ..... » (Cicin – Sain, Knecht - 1998).

C'est pour cela que l'élaboration et l'engagement d'un plan de gestion intégrée pour les zones côtières (GIZC) doivent s'appuyer sur une démarche participative raisonnée et cohérente, le projet du plan de GIZC de Reghaia s'inscrit dans cette approche.

### **2. Le contexte**

Le Protocole GIZC, relatif à la Gestion Intégrée des Zones Côtières, signé à Madrid le 21 Janvier 2008, est un document essentiel de référence pour la préparation et l'application de plan de développement pour les zones côtières en Méditerranée. Par son objet et ses dispositions il contribue à la protection de l'environnement marin et de la région côtière en Méditerranée. Il permet aux pays de cette région d'engager une gestion pour le développement durable du milieu et des ressources côtières. Il suggère une approche hiérarchisée entre une stratégie GIZC à l'échelle de la méditerranée, des stratégies nationales que les différents pays doivent engager et des projets opérationnels à des échelles plus ou moins réduites. C'est dans ce contexte général que le CAR/PAP, en accord avec le gouvernement algérien (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement) en s'associant avec une équipe locale d'experts, engage la préparation du plan côtier de Réghaia.

Ce projet pilote se fonde sur l'esprit et la lettre du protocole de Madrid, notamment sur les dispositions relatives aux objectifs et aux principes généraux de la GIZC (article 5 et 6), aux stratégies méditerranéenne et nationales GIZC, ainsi qu'à l'élaboration de programmes côtiers (articles 17 et 18).

La zone côtière de Réghaia est un espace représentatif de la problématique environnement – développement. Son intégration dans l'aire métropolitaine algéroise en croissance accélérée, l'importance de son patrimoine naturel bio stratégique (classement RAMSAR) et les menaces qui l'encourent, (pressions sectorielles, multiplicité des intervenants), sont

autant de facteurs qui expliquent les enjeux à la fois écologiques et socio-économique en présence.

### **3. Contenu et structuration**

Selon les indications du rapport du cadrage le processus d'élaboration du Plan Côtier de Réghaia s'appuie sur deux types d'activités :

#### **3.1. Les activités thématiques**

- Patrimoine naturel et biodiversité terrestres
- Biodiversité marine
- Urbanisation et artificialisation des sols
- Activités socio- économiques
- Ressources en eau et pollution hydrique
- Pollution détritique.

#### **3.2. Les activités transversales**

- Durabilité et processus GIZC
- SIG et Cartographie
- Changements climatiques(Pm)

### **4. Aspects méthodologiques**

Tel que les principes généraux du protocole GIZC le préconisent, l'approche dans le cadre du plan de gestion de Réghaia doit être globale, cohérente et opérationnelle.

Pour cela elle doit :

- promouvoir un contexte de concertation, d'échange, de partage et de convergence de points de vue, entre les multiples acteurs et intervenants
- Anticiper l'évolution future sur la base d'une vision territoriale commune
- Prendre en compte l'ensemble des questions importantes pour garantir la durabilité de l'écosystème et de ses ressources
- Promouvoir un programme d'actions Co construit sur la base d'une coordination et d'une coopération inter sectorielle et institutionnelle et d'une démarche résolument participative.

L'élaboration du plan côtier de Réghaia se déroulera en plusieurs étapes qui s'étalent de la préparation jusqu'à la production d'un plan d'actions intégrées.

# **Chapitre III**

## **Le littoral sableux**

La plage et la dune bordière du Kaddous en tant que zone côtière sableuse, constituent un espace important qu'il convient de valoriser et de protéger durablement, dans le cadre du plan de gestion Intégrée engagé par les pouvoirs publics pour les deux communes côtières de Réghaia et de Heraoua. Dans ce chapitre nous tenterons de contribuer à la reconnaissance du contexte naturel et anthropique dans lequel évolue ce littoral sableux. Cette étape sur l'état des lieux est un préalable à la réflexion que nous mènerons par la suite (3<sup>e</sup> chapitre) à propos d'une démarche de protection intégrée au plan GIZC en question.

## **1. Généralités sur la plage El Kaddous**

### **1.1. Présentation**

La zone côtière de Heraoua a été classée zone d'extension touristique, elle englobe une diversité paysagère composée par le forêt d'El Kaddous qui s'est développée sur les berges Ouest du grand lac de Réghaia, les falaises mortes qui représentent l'ancien rivage de nature argilo-sableuse et qui risquent des glissements en planche à cause de l'inondabilité des terres agricoles limitrophes. La plage El Kaddous, l'une des plus belles plages de la wilaya d'Alger et qui a conservé un peu de sa nature, est limitée à l'arrière par une dune bordière dans sa partie Est qui est menacée par le pillage et le piétinement qui la fragilise. Tous ces risques menacent cet espace, et méritent d'être examinés dans le but de trouver des solutions, qui permettront un développement durable et harmonieux avec l'activité touristique.

### **1.2. Localisation et situation géographique.**

La plage El Kaddous fait partie du territoire communal de Heraoua qui dépend administrativement de la circonscription de Rouïba. Elle est située au Nord-est de Heraoua à la limite de la commune de Réghaia.

La plage est limitée :

- A l'Est** par l'embouchure de l'oued Réghaia (Commune de Réghaia)
- A l'Ouest** par les falaises de Surcouf (Déca plage) (Commune de Ain Taya)
- Au Nord** par la mer Méditerranée.
- Au Sud** par le lac de Réghaia.

Elle est distante de 30 km à l'Est du centre d'Alger et de 14 Km de la ville de Boumerdes, et de 4 Km du centre-ville de Réghaia. Elle occupe une longueur de 1850 m et une largeur moyenne de 50 m.

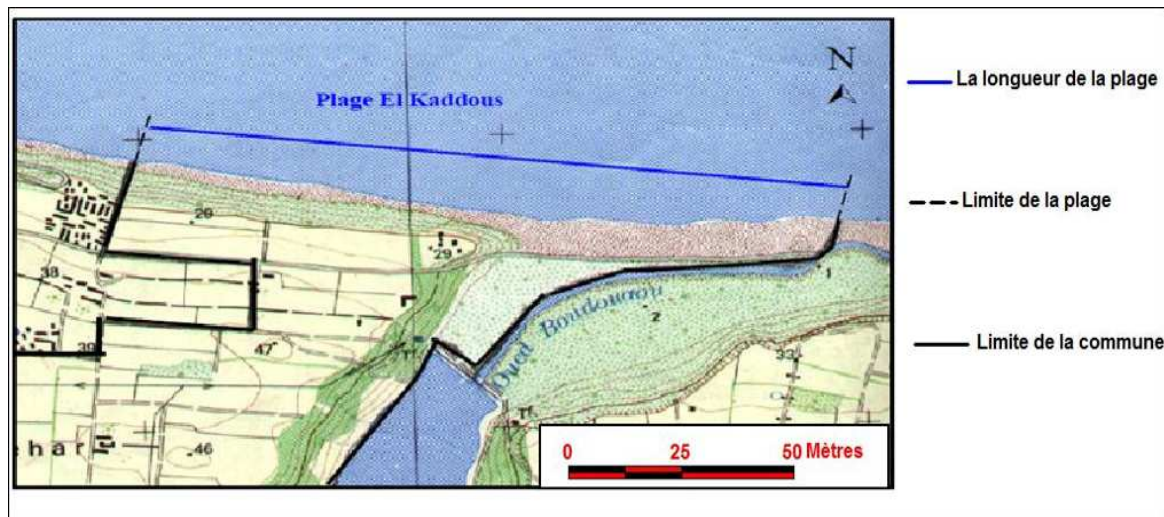


Figure 9 : Situation géographique de la plage El Kaddous (Source APPL).

## 2. Etat de lieu de la commune de Heraoua : Occupation et pression humaine.

Le littoral sableux étudié est partie prenante du territoire communal de Heraoua et de ce fait il subit les retombées de sa dynamique socio spatiale. C'est pour cela qu'il est utile de faire une reconnaissance de l'état de lieux de cette commune.

### 2.1. Occupation agricole

La commune de Heraoua l'une des communes à vocation agricole où son secteur couvre le territoire compris entre la limite communale et le périmètre urbain, sa superficie est de 729,68ha, ce qui correspond à 60% de sa surface totale, les cultures les plus dominants sont le maraichère, l'arboriculture et le reste de la surface se répartit entre la culture de céréale, fourragère et la plasti-culture.

### 2.2. Typologie de l'habitat

La commune de Heraoua est constituée de quatre noyaux urbains importants : le chef-lieu au centre, Ouled Maamar à l'Ouest, Ain El Kahla et Braidia à l'Est. Ces noyaux urbains sont caractérisés par une multitude de formes d'habitats qui occupent essentiellement l'axe urbain représenté par la route nationale n°24, les principaux types d'habitat sont représentés par :

- Un noyau colonial composé du chef-lieu, Ouled Maamar et les agglomérations de Ain El Kahla, il totalise une superficie de 107 ha environ, ce qui correspond à 8.3% de la surface communale.
- Des nouvelles extensions développés principalement à l'Est sous formes de lotissements au niveau de Braidia, de Ain El Kahla et de Ouled Maamar, d'habitat semi collectif à Ouled Maamar et Ain El Kahla (Coopératives immobilières) et d'habitat précaire illicite à Haouch El Roua et à Ain El Kahla qui s'élargissent chaque année au profit des terres agricoles ou à urbanisation future d'où l'épuisement des espaces fonciers de la commune.

**2.3. Les équipements de la commune.**

La commune s'est dotée de certains aménagements socio-économiques parmi lesquelles on peut citer :

- Une zone d'équipement composé d'un stade, d'une mosquée, d'un centre de jeunesse, de la gendarmerie nationale, d'un centre de santé et des écoles sont concentrées au Chef-lieu. Néanmoins on note un manque d'équipements tel que la protection civile, et un siège APC car le présent siège occupe une grande partie du centre de santé. On remarque la présence de quelques unités industrielles (Remelec, limonaderie Dalal) qui n'ont aucune raison de se greffer aux tissus urbains ou de s'installer sur des terres agricoles à haut rendement.
- Une zone d'extension touristique équipée d'un bar restaurant (Sentouhi), un camp de toile El Nedjma qui n'a pas servi à l'accueil des vacanciers ces dernières années et présentent aussi des paysages fabuleux : Dunes bordières, grandes plages d'El Kaddous, les falaises argilo-sableuses et le lac de Reghaia ce qui donne à cette zone une diversité paysagère où une richesse faunistique et floristique s'est adaptée et s'est installée.
- Les espaces publics sont représentés par : un seul jardin public près du siège de l'APC qui sert aussi d'un boulo-drome et le maquis d'El Kaddous près du camp de toile qui a bénéficié d'un éclaircissement pour servir à la détente et à des petites randonnées.

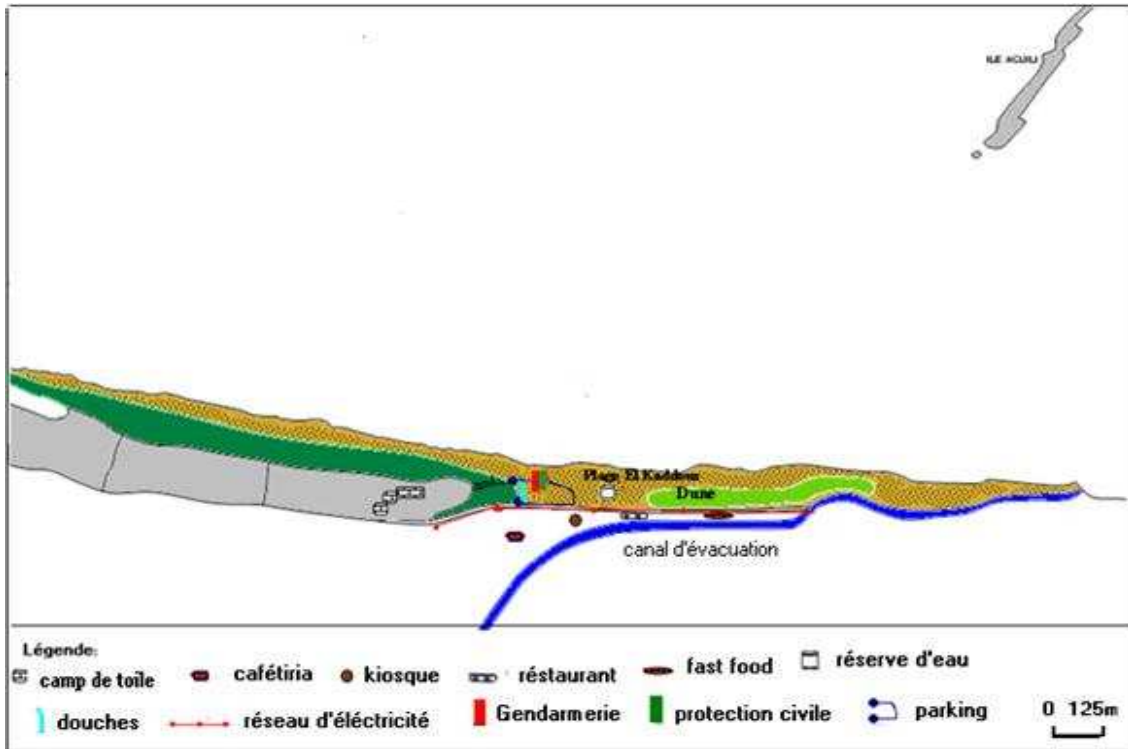
**2.4. Zone littorale.**

La zone côtière de Heraoua a été classée zone d'extension touristique, elle renferme une diversité paysagère composée par la plage El Kaddous qui s'est développée sur une les berges Ouest du grand lac de Reghaia. On distingue aussi des falaises mortes qui représentent un ancien rivage.

La plage El Kaddous l'une des belles plages algéroises subit une forte fréquentation pendant la période estivale. Elle a enregistré jusqu'à 23 125 baigneurs.

Cette plage est dotée de certains équipements (Figure n°10) pour l'accueil et la sécurité des baigneurs parmi lesquels on cite:

- Un hôtel en cours de reconstruction. (Photo n°18).
- La plage marque la présence de deux unités de sécurité ; Gendarmerie nationale et protection civile (Photo n°19).
- Quelques unités de service : petite restaurant, une cafétéria, douche, vestiaire, kiosque. (Photo n°20 ,21).
- Un parking de voitures.
- Un réserve d'eau au centre de la plage.
- Un réseau d'électricité le long de la route à usage domestique.



**Figure 10:** Occupation de sol de la plage El Kaddous (Fond de carte réalisé à partir de la carte topographique 1/25 000, Alger NJ-31-IV-14 Ouest, 1987. Actualisée à partir de l'image satellitaire Google Earth)



**Photo 18 :** Hôtel en cours de reconstruction.



**Photo 19 :** Deux unités de sécurité (Gendarmerie et protection civile).



Photo 20 : Restaurant et cafeteria



Photo 21 : Douche plus vestiaire

### 3. Cadre océanographique

#### 3.1. La houle

La houle est définie par (Guilcher. A, 1974) comme un système de vagues plus ou moins réguliers, dans lequel la hauteur est relativement faible par rapport à la longueur d'onde et qui se propage dans la mer hors de la présence du vent qui en a été la cause initiale.

La connaissance des caractéristiques de la houle (direction, amplitude, période ...) permettent de comprendre les phénomènes qui se produisent dans la zone de déferlement et les déplacements induits.

Des données en mer de vague ont été extraites à partir du « **WIND AND WAVES ATLAS OF THE MEDITERRANEE** » éditée en avril 2004.

Les données en mer de secteur de compartiment d'Alger sont disponibles au point de la coordonnée 37 °N et 3°E, qui a une profondeur environ de 2500 m (Figure n°11).



**Figure 11** : Distribution et localisation des points de mesures des houles et de vent dans la méditerranée (cercle rouge indique la localisation du point de mesuré pour notre site d'étude). « **In MEDATLAS 2004** »

Au large des côtes de notre zone d'étude, la rose annuelle des houles (Figure n°12), montre que les agitations qui touchent la cote proviennent des secteurs Ouest, Nord – Ouest , Nord et Nord-Est.

Les houles les plus fréquentes sont issues des secteurs Ouest (270° N) et Nord-est (60°N) avec des fréquences respectives de 12% ET 19% et des amplitudes maximales < 1,5m.

Les fortes agitations avec des amplitudes supérieures à 3m sont moins fréquentes et proviennent essentiellement des secteurs Ouest et Nord-ouest (BOAKLINE.S, 2009).

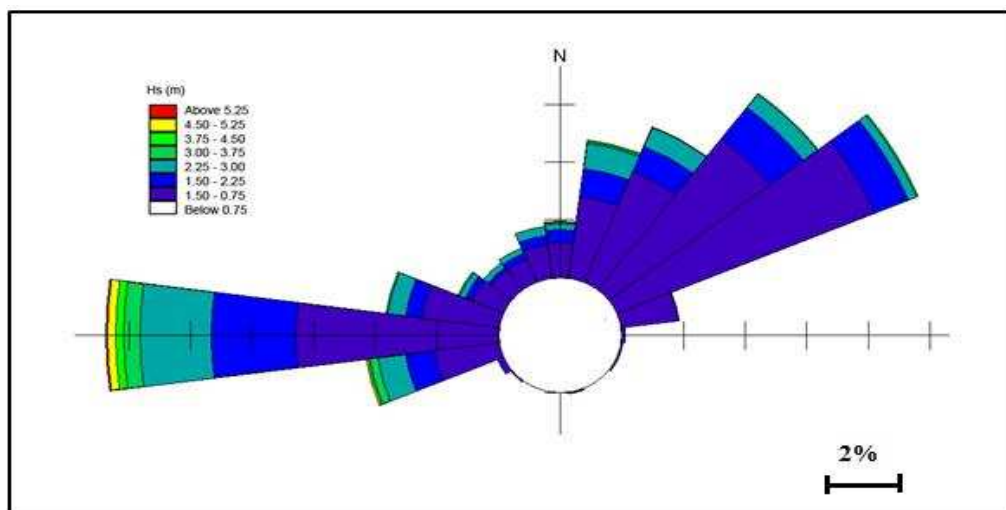


Figure 12 : Rose annuelle des houles (calme 31,17%).

Sur un point de vue saisonnier l'interprétation des roses trimestrielles est comme suite : Les fortes agitations marines, dont la hauteur significative est supérieure à 2,5, se rencontrent surtout pendant les deux saisons automnale et hivernale.

En saison estivale (Figure n°13) les agitations sont moins fréquentes, les houles dominantes arrivent essentiellement du secteur Nord-Est (N60°) .l'amplitude maximale de ces houles ne dépasse pas en générale 1,75m.

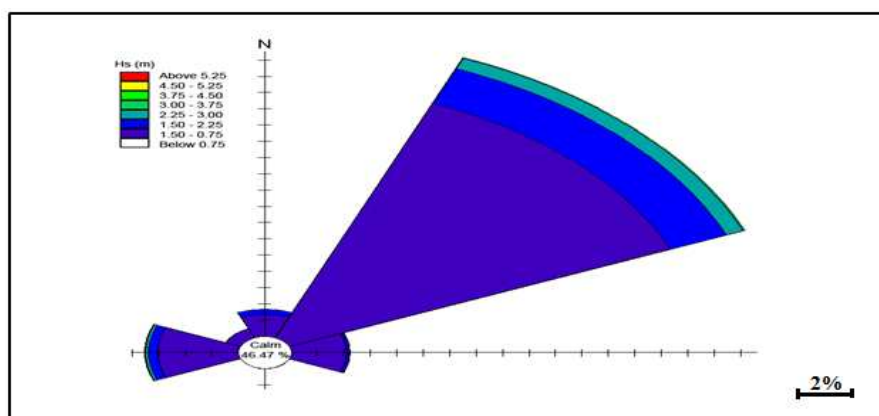


Figure 13 : Rose d'été des houles (calme 46,47%).

En automne et au printemps, les perturbations marines sont issues des secteurs Ouest (N270°) et Nord-Est (N60°).les amplitudes significatives enregistrées varient entre 0,75m et 3m.

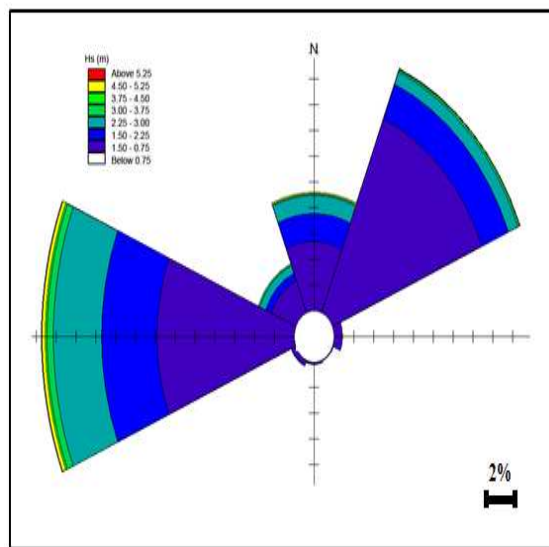
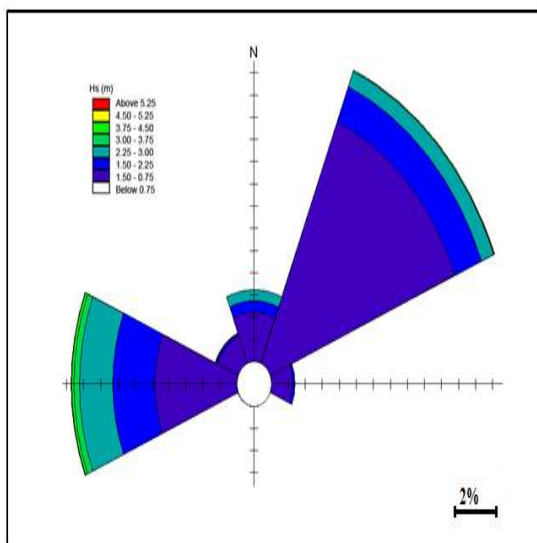


Figure 14 : Rose de printemps des houles (39,57%).

Figure 15 : Rose d'automne des houles (calme39, 02).

Durant la période hivernale (Figure n°16), les agitations marines arrivent du premier quadrant et quatrième quadrant avec trois directions essentielles, l'Ouest (N270°), le Nord (N00°) et le Nord -Est (N60°).les fortes agitations marines avec des amplitudes supérieures à 3m sont moins fréquentes 2 à 4% et proviennent essentiellement du secteur Ouest.

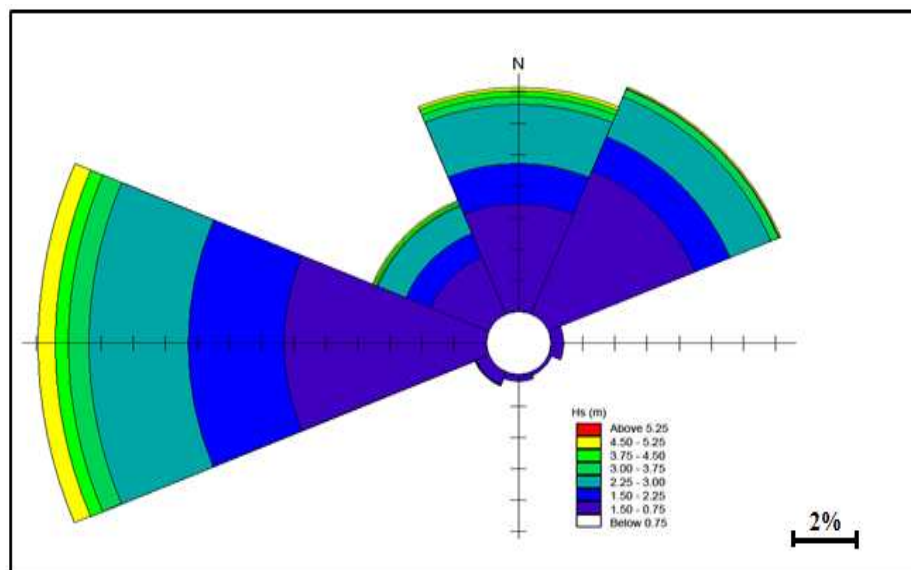


Figure 16 : Rose d'hiver des houles (calme 31,84%).

### 3.2. Plan des vagues

Les plans de vague de la région côtière dans laquelle s'incruste la plage El Kaddous, répondent aux trois régimes des houles provenant des directions Nord, Nord-Est et Nord-Ouest.

- Les houles Nord : Ce sont les houles les plus touchantes de plage El Kaddous ; elles entraînent de forte déperdition des sédiments vers le large, elles causent des dérives littoral Ouest-Est, les orthogonales sont peu réfractées.
- Les houles Nord-Est : elles apparaissent lors des tempêtes printanières elles arrivent plage El Kaddous en provoquant des courant de retours dans le sens opposés.
- Les houles Nord-Ouest : houles hivernales, elles sont les plus énergétiques et arrivent à la cote avec une obliquité de 15 à 20°, ces houles engendrent une dérive littoral Est-Ouest.

### 3.3. Les courants.

Les courants jouent un rôle très important dans le transport sédimentaire et participent dans l'évolution de la morphologie côtière. Par conséquent, ils peuvent donner naissance aussi bien à des ensablements qu'à des déficits sédimentaires. Il existe plusieurs types de courants qui peuvent atteindre notre zone d'étude (plage El Kaddous), parmi lesquels on va citer :

#### ❖ Le courant côtier de retour :

Participe activement à l'érosion côtière de la zone d'étude, c'est le courant compensateur sur le fond qui s'effectue en direction du large résultant du retour des masses d'eau déployées par la houle sur la côte. Leur effet est remarquable surtout par mauvais temps généralement en hiver.

#### ❖ Les courants de la dérive littorale :

Lorsque la houle arrive à la côte avec une incidence oblique. Elle donne naissance à un courant de dérive littoral, la vitesse de celui-ci est maximale pour un angle d'incidence de 50° à 60°.

Ce courant parallèle au rivage, qui se manifeste dans la zone de déferlement des vagues, joue un rôle essentiel dans le déplacement des sédiments le long de la côte et dans l'alimentation des plages en sable et en galet.

Ces courants sont dominant à l'Est de notre zone d'étude, ils prennent la direction Ouest –Est, engendrés par les houles Nord-Est et Nord –Ouest, tandis que vers l'ouest, ils sont repartis uniformément, engendre uniquement par les houles Nordet Nord-Ouest (AINAS et DRICI, 2006).

### 3.4. La marée

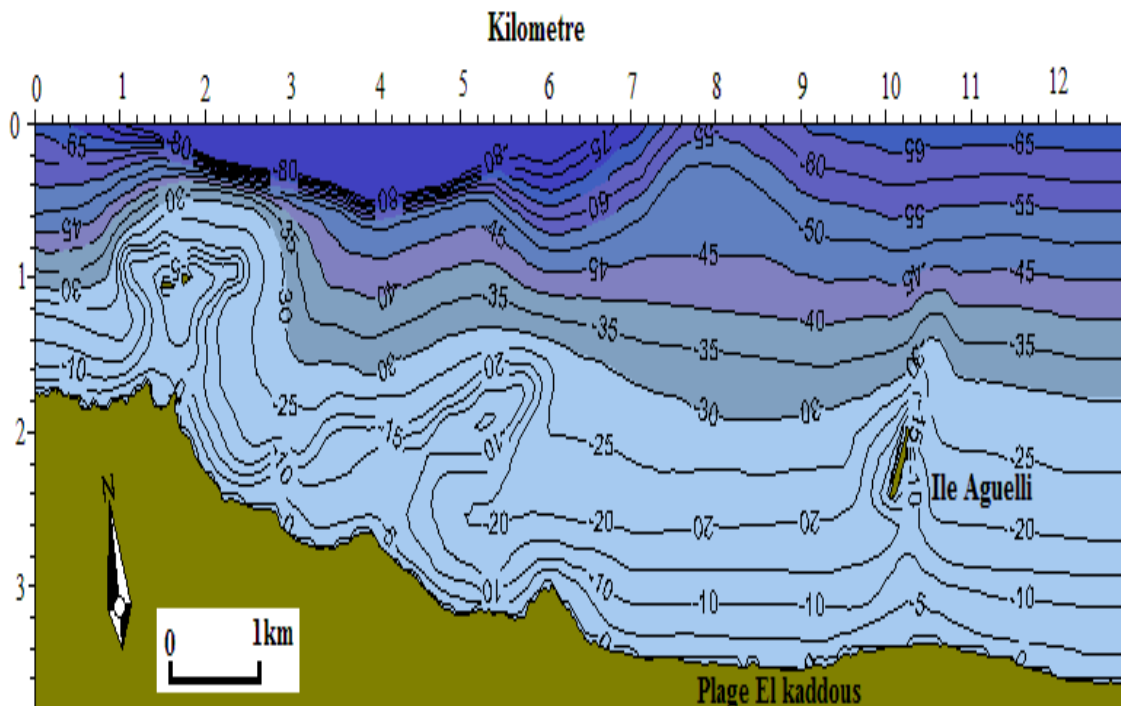
Bien que la marée soit faible sur la côte Algérienne, elle dépasse rarement les 35cm avec des périodes d'environ 12h à 24h, et que notre littoral soit de type microtidal, il est recommandé de prendre en considération ce marnage surtout que notre zone d'étude (plage El kaddous) est caractérisée par une pente douce, ce qui conduit à une amplification des phénomènes d'inondation.

### 4. La bathymétrie

La carte bathymétrique constitue un document fondamental, et nécessaire pour reconnaître et interpréter la morphologie des profondeurs sous-marine.

En s'appuyant sur la carte bathymétrie réalisée par le projet AMIS pour connaître la morphologie sous-marine de la portion de la cote étudiée, il résulte :

- Des isobathes parallèles au rivage dont leur quasi –totalité Est qui représentent le plateau continental qui plus ou moins étroit sur plus de 5km en moyenne au large.
- Des isobathes qui se resserrent sur une distance de 1200 m en moyenne ,mettent en évidence une rupture de pente qui représente le talus continental.



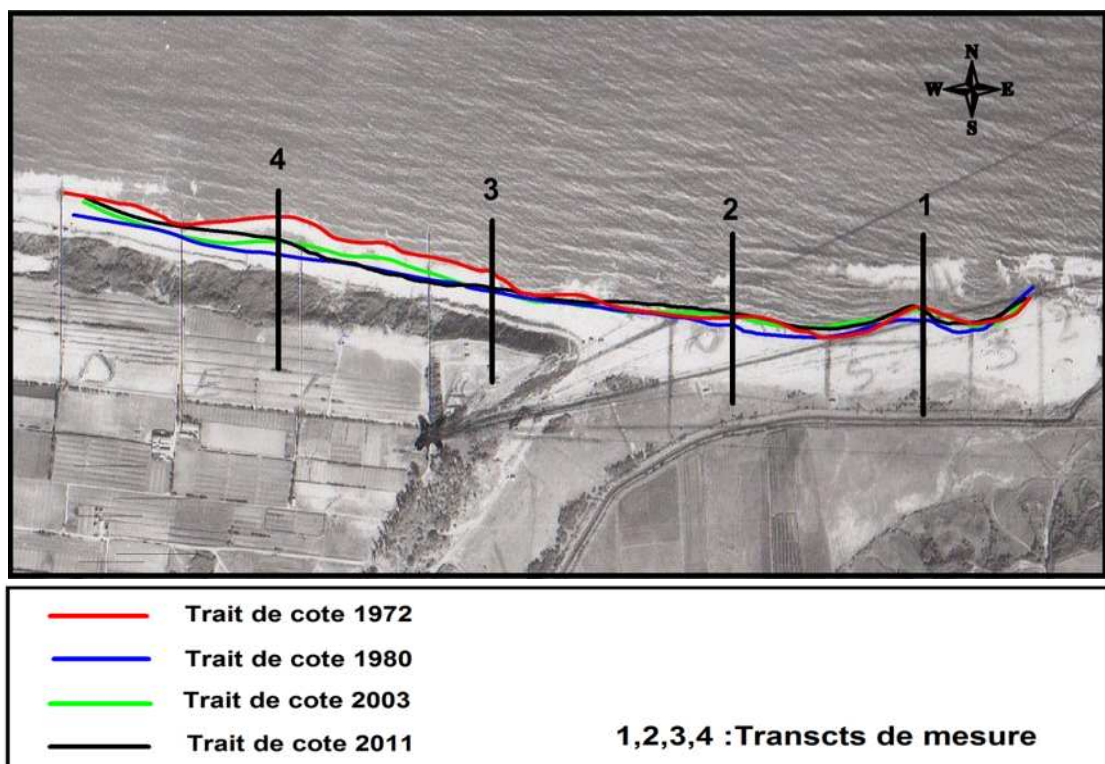
**Figure 17:** Carte bathymétrie la zone d'étude (Levés réalisés en aout 2007, source projet AMIS, 2007).

## 5. Evolution du trait de côte

Les côtes évoluent par érosion et sédimentation. Ces phénomènes s'expliquent d'abord par le jeu des vagues et des marées ainsi que par celui des courants qu'elles engendrent. Les espaces littoraux subissent aussi des transformations en raison de l'intervention d'agents morphogéniques qui ne leur sont pas propres, comme le vent, les eaux de ruissellement et d'infiltration, le gel, mais dont l'efficacité peut se manifester, voire être accrue, au contact de la terre et de la mer.

A cette interface se manifestent également des processus physiques et physico-chimiques dont la portée ne doit pas être négligée, tout comme celle des actions biologiques de destruction et de construction. Finalement, il ne faut pas oublier que l'homme, en s'appuyant sur des moyens techniques de plus en plus performants, est devenu, volontairement mais aussi involontairement, un agent essentiel dans l'évolution de beaucoup de rivages marins (Paskoff, 2003).

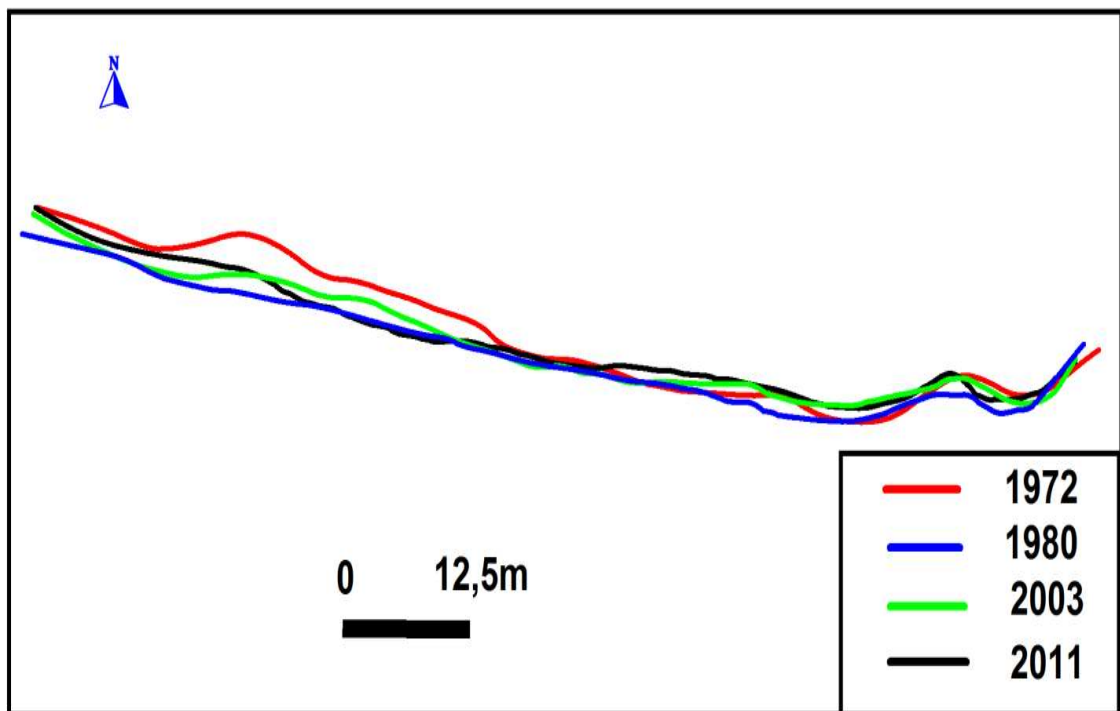
Concernant notre site d'étude, L'analyse diachronique de l'évolution du littoral sableux d'El Kaddous repose sur la comparaison de trois photographies aériennes prises en 1972, 1980 et 2003 plus une image satellitaire 2011 prise à partir Google Earth, notre travail consiste à faire superposer les quatre photos, et ceci se fait à l'aide du logiciel Map Info qui a réglé l'échelle.



**Figure 18:** Localisation des transects de mesure de plage El Kaddous (Fond de carte, photographie aerienn 1972).

Le résultat obtenu est comme suit :

- Entre 1959 et 1972, le rivage de la plage a connu un avancement de 5 à 40m, soit un taux net de 0,20 à 2,70 m /an (BOAKLINE.S, 2009).
- Entre 1972 et 1980 la plage El Kaddous a connu un dégraissement, la valeur moyenne de ce recul du trait de côte est de l'ordre de 24,25m soit une vitesse nette annuelle de 3,02 m/an
- 1980 à 2003 la plage a subi un engraissement général, la valeur moyenne de cet avancé du trait de côte varie entre 10 à 14m soit une vitesse annuelle de 0,76 et 1,07 m/an.
- 2003 à 2011, la plage a reculé 13m au moyenne, soit une vitesse de 1,12 m /an.
- Entre 1972 à 2011, généralement dans cette période la plage a connu un recul de rivage, ce recul cependant n'est pas régulier le long de la plage, les vitesses moyennes annuelles enregistrées pendant cette période varient entre 0,28 et 1,10 m/an.



**Figure 19** : Evolution de trait de côte de plage El Kaddous (1972,1980 ,2003 ,2011).

**Tableau 6 :** Evolution de trait de côte (1972,1980 ,2003 ,2011).

Périodes	1972-1980				1980-2003				2003-2011				1972-2011			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Transects																
Déplacement (m)	21,5	10	17	40,2	18	19,6	0	20	0	0	7,5	4	3,6	8,1	24,3	39,4
Tendance	-	-	-	-	+	+	+	+			+	-	+	-	-	-
Vitesse (m/an)	2,6	1,2	2,1	5,02	0,78	0,85	0	0,86	0	0	0,93	0,5	0,092	0,20	0,62	1,01
Vitesse moyenne (m/a)	<b>-2,75</b>				<b>+ 0,62</b>				<b>+ 0,10</b>				<b>-0,34</b>			

**Tableau 7:** Evolution de la superficie de plage El Kaddous (BOUAKLINE.S, 2009).

ANNEE	1959	1972	1999	2008
<b>La superficie (m<sup>2</sup>)</b>	<b>244700</b>	<b>25300</b>	<b>186600</b>	<b>149700</b>

## 6. Synthèse sur les variations de trait de côte (1972-2011).

L'érosion de rivage de plage El Kaddous pendant la période étudiée peut être due à deux facteurs principaux, l'un naturel et l'autre anthropique :

**A-** Les causes naturelles peuvent se traduire par :

- **Les houles :** les effets répétés et cumulés des tempêtes elles provoquent des pertes des sédiments dans le sens du profil vers le large.  
Plage El Kaddous est très exposée aux houles du Nord, elles provoquent de fortes déperditions vers le large des sédiments arrachés à la plage.
- hausse relative de niveau de la mer (0,2/100ans en méditerranée)

- **La pénurie des stocks sédimentaires :** D'après les travaux de laboratoire d'études maritimes en 1994, le transit sédimentaire littoral qui alimente la zone côtière dont le sens est l'Est vers l'Ouest se caractérise par un faible apport sédimentaire, soit 30 000 m<sup>3</sup>/ an (LEM - 1994). Ceci contribue aussi au recul observé du trait de côte.

**B-** Les causes naturelles se résument en :

- **L'extraction de sable :** la Plage El Kaddous et sa dune bordière connaissent un prélèvement de sable d'une manière abusive et illégale, cette extraction a contribué sensiblement à un déséquilibre écologique et entraîne appauvrissement de la plage.
- **Modification de bassin versant :** se résume par l'urbanisation anarchique et l'occupation irraisonnée des rives du bassin de Reghaia, plus la construction de digue du lac qui a retenu les apports de oued de Reghaia, qui est constitué l'un des des principaux sources qui alimentent la plage en terme de sédiment.
- **La pollution :** Essentiellement la pollution par les déchets solides abandonnés par l'homme dans l'eau ou sur la plage qui constitue un facteur majeur qui aggrave aussi l'érosion du site et surtout durant la période estivale.

## 7. Etude sédimentologique

Les prélèvements ont été effectués manuellement, lors de la sortie du 21 mai 2012, en nombre de treize échantillons repartis en cinq radiales. Chaque échantillon a été mis dans un sac en plastique avec une étiquette qui comprend le numéro de la station.



**Figure 20:** Localisation des stations de prélèvement de sédiment de plage El Kaddous.

**7.1. Analyse granulométrique**

La granulométrie consiste à évaluer le pourcentage de la masse totale correspondant à la dimension de particules. (Rivière, 1977).

Une fois les échantillons nécessaires aux déroulements des travaux obtenus, ces derniers sont traités et classés au laboratoire, déposés dans des boîtes de pétries libellées, sur lesquelles, on utilisera pour chaque analyse, la quantité de sédiments nécessaire.

**7.2. Mode opératoire de l'analyse granulométrique**

Pour l'étude granulométrique, les échantillons (une fois décongelés) séjournent 24h à l'étuve à 105°C, puis sont pesés avant d'être lavés à l'eau douce sur un tamis de maille 50µm, et ensuite à nouveau séchés à l'étuve à 105°C pendant 24h, et sont pesés une nouvelle fois.

Cette manipulation permet d'estimer le taux de pélites (particules de taille inférieure à 50µm) par différence entre le poids sec avant lavage et le poids sec après lavage.

A la suite, le sédiment, une fois lavé et séché, passe sur une colonne composé d'une série de tamis de norme AFNOR superposés par ordre décroissant comme suivant : 2000, 800µm, 630µm, 500µm, 400µm, 315µm, 250µm, 200µm, 160µm, 125µm, 100µm, 80µm, 63µm, 50µm, 40µm. à 80 µm pendant 10minutes.

Chaque fraction obtenue est ensuite pesée avec une balance de précision.

**7.3. Traitement des données**

A partir des masses cumulées sont calculés les pourcentages cumulés puis pondérés. Des courbes cumulatives ont été établies propres à chaque station, sur du papier semi logarithmique

- En abscisse logarithmique les diamètres des particules du sédiment.
- En ordonnée le pourcentage pondéral des refus cumulés inférieur à une taille donnée.

Cela nous permettra de comparer les échantillons et de déterminer graphiquement les différents paramètres grâce auxquels nous calculerons les indices granulométriques.

**7.4. Les indices granulométriques****a. Le mode**

Le mode est le diamètre du tamis qui correspond à la fraction sédimentaire dominante dans un même échantillon.

Rivière (1977) distingue trois courbes :

- 1-unimodale : qui représente une dominance d'un seul stock sédimentaire.
- 2-bimodale : qui représente la dominance de deux stocks sédimentaires.

3-plurimodale : qui représente la dominance de plusieurs stocks sédimentaires.

#### b. la médiane (50)

C'est l'indice absolu (Riviere, 1977) correspond au diamètre du grain moyen dont l'ordonnée est à 50 % du poids total du sédiment, elle est déduite à partir de la courbe cumulative.

Le grain moyen est l'expression de la force d'un courant (eau, vent), capable d'avoir mis en mouvement l'essentiel d'un sédiment donné (Chamley, 1987).

La médiane ne peut être utilisée avec des sédiments à distribution bimodale (Folk et Ward, 1957).

#### C- Les quartiles

Les quartiles sont les dimensions des particules correspondant à des pourcentages cumulatifs déterminés.

On utilise le plus couramment :

$Q_1$  :25% : diamètre du grain à l'ordonnée 25% (quartile)

$D_{50}$  :50% : diamètre du grain à l'ordonnée 50% (médiane)

$Q_3$  :75% : diamètre du grain à l'ordonnée 75% (quartile)

$D_{90}$  :90% : diamètre du grain à l'ordonnée 90% (décile)

$D_{10}$  :10% : diamètre du grain à l'ordonnée 10% (décile)

Ces deux paramètres nous montrent la part des sédiments grossiers et des sédiments fins dans un échantillon. (Tableau 8)

**Tableau 8** : Diamètres des grains et appellations correspondants à la norme française. (Source : AFNOR.1994).

Diamètre Maximum	Appellation	Diamètre Minimum
200 mm	Cailloux	20 mm
20 mm	Graviers	2 mm
2 mm	gros sables	0,2 mm
0,2 mm	sables fins	20 $\mu$ m
20 $\mu$ m	Limons	2 $\mu$ m
2 $\mu$ m	Argiles	< 2 $\mu$ m

**D. Indice de classement ( $S_0$  ; Sorting de Trask) :**

Cet indice  $S_0$  permet d'apprécier le degré de classement d'un sédiment (Folket Ward, 1957).

$$S_0 = \sqrt{\frac{Q_{75}}{Q_{25}}}$$

Pour le classement, les valeurs adoptées sont les suivants :

$S_0 < 1$	très bien classé
$1 < S_0 < 2.5$	bien classé
$2.5 < S_0 < 3$	normalement classé
$3 < S_0 < 4$	mal classé

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

Il caractérise le degré de symétrie de la courbe par rapport à la médiane. Il est défini par la relation suivante :

$$SK = \frac{Q_{25} * Q_{75}}{(D_{50})^2}$$

L'asymétrie informe la prédominance ou non de la fraction péltique ou grossière par rapport à la moyenne de l'échantillon.

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

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

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

**7.5. Résultats et interprétation de l'analyse granulométrique****7.5.1. Résultat de l'analyse granulométrique**

Les résultats de notre analyse granulométrique de chaque station de prélèvements se

Représentent dans le tableau n°9.

**Tableau 9 :** Valeurs des différents indices granulométriques et des quartiles (Q25, Q50, Q75) au niveau de plage El Kaddous.

Stations	Q25 ( $\mu\text{m}$ )	Q50 ( $\mu\text{m}$ )	Q75 ( $\mu\text{m}$ )
S1	220	300	580
S2	270	460	800
S3	260	580	860
S4	200	240	300
S5	310	670	940
S6	230	340	610
S7	710	860	960
S8	610	790	950
S9	440	590	780
S10	295	490	690
S11	440	695	890
S12	410	595	910
S13	290	440	550

### 7.5.2. Interprétation des résultats de l'analyse granulométrique

Le 1<sup>er</sup> quartile Q25 : Les valeurs du Q25 varient entre 200 $\mu\text{m}$  (station 04) et 710 $\mu\text{m}$  (station 07).

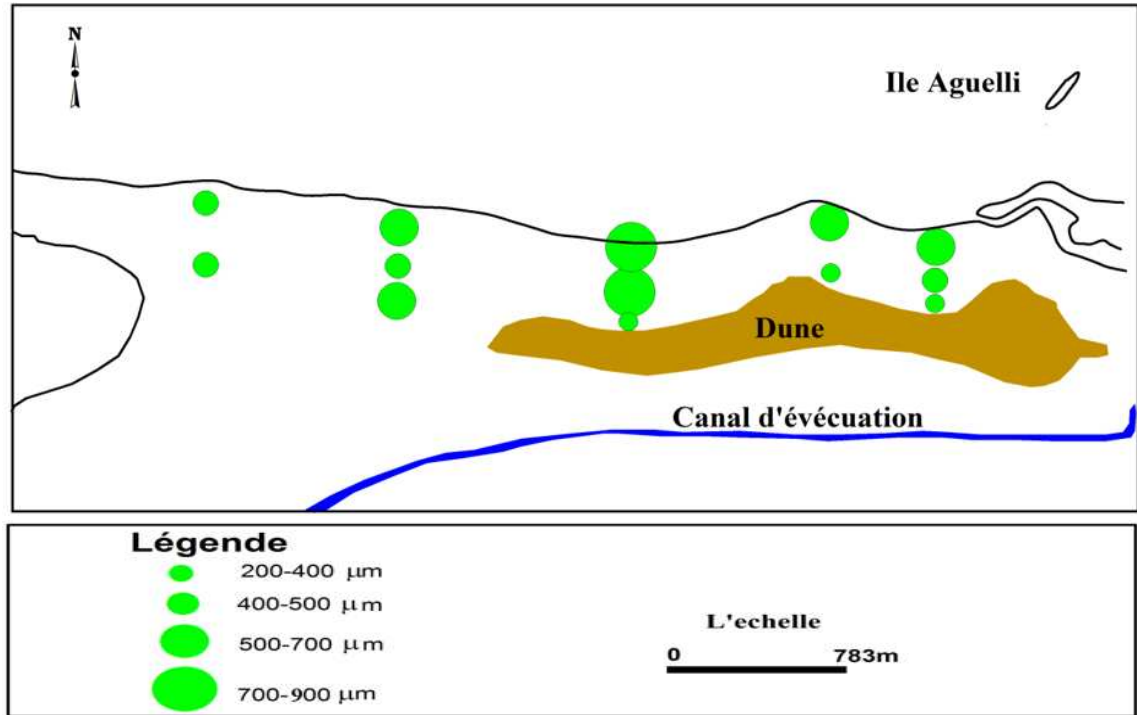
d'après la classification de Folk et Ward (1957), on trouve du sable fin et très fin et la moyenne du Q25 est de 630 $\mu\text{m}$ . il y a donc prédominance du sable très fin.

Le 3<sup>ème</sup> quartile Q75 : Les valeurs du Q75 varient entre 300 $\mu\text{m}$  (station S4) et 960 $\mu\text{m}$  (station S7), d'après la classification de FOLK (1956) on trouve du sable fin, moyen, grossier et du sable très grossier. La moyenne du Q75 est de 755 $\mu\text{m}$ , il y a donc prédominance du sable moyen.

### 7.5.3. Interprétation de la carte des médianes

D'une façon générale, les sédiments sont relativement homogènes et la médiane varie entre 240 et 860 $\mu\text{m}$  La moyenne de la médiane est de 542,30 $\mu\text{m}$ , ceci montre donc que la constitution du sédiment est majoritairement du sable moyen à grossier.

La répartition des médianes montre une décroissance du diamètre du grain de la côte vers la dune bordière. Les sédiments grossiers dont le diamètre médian est compris entre (240 et 860  $\mu\text{m}$ ) sont répartis au milieu de la plage.

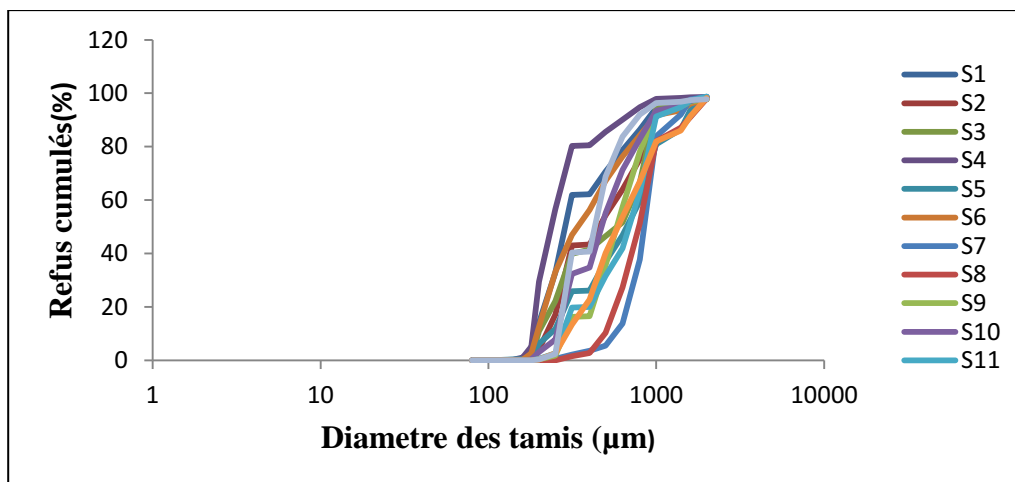


**Figure 21:** Carte de répartition des médianes au niveau de la plage aérienne d’El Kaddous (Fond de la carte, une image satellitaire de Google Earth 2012).

**Les courbes granulométriques**

Les courbes sont généralement redressées ce qui traduit qu’il y a des sédiments homogènes.

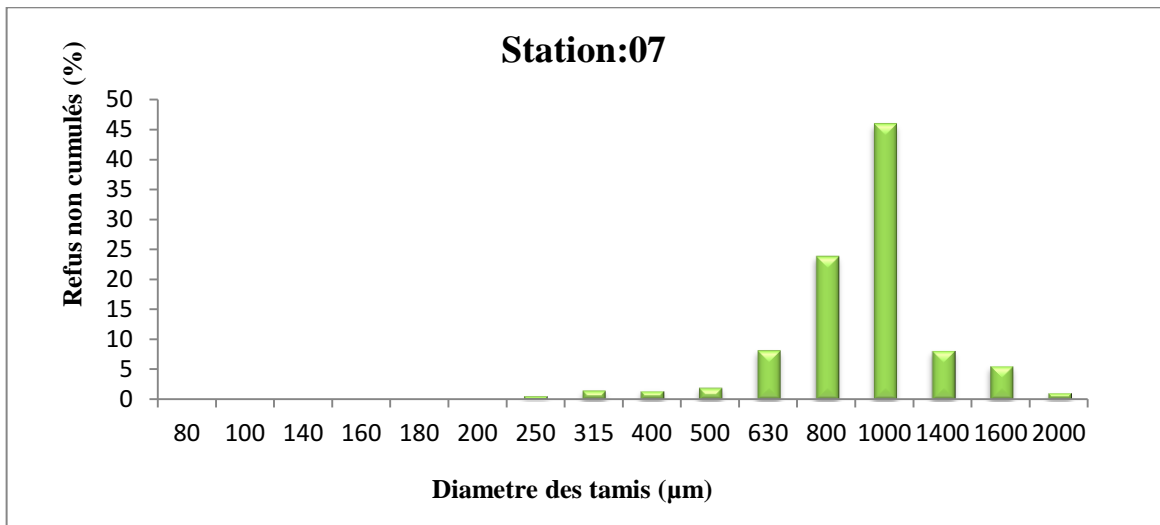
Dans l’ensemble, les courbes sont relativement en pente, ce qui souligne le bon classement des sédiments. (Annexe n°3)



**Figure 22:** Faisceau des courbes granulométriques de la plage El Kaddous.

**-Courbes unimodales**

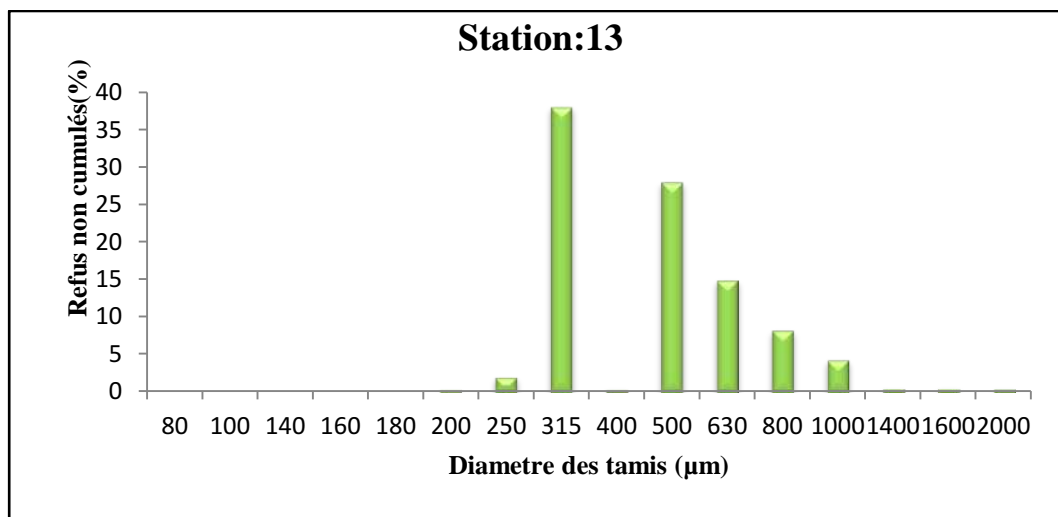
Elle ne représente qu'un seul stock sédimentaire exposé par un seul mode granulométrique représentatif des sédiments.



**Figure 23:** Histogramme unimodale.

**-Courbes bimodales**

Elles indiquent la présence de deux stocks sédimentaires au sein d'une même population, deux modes représentatifs du sédiment.

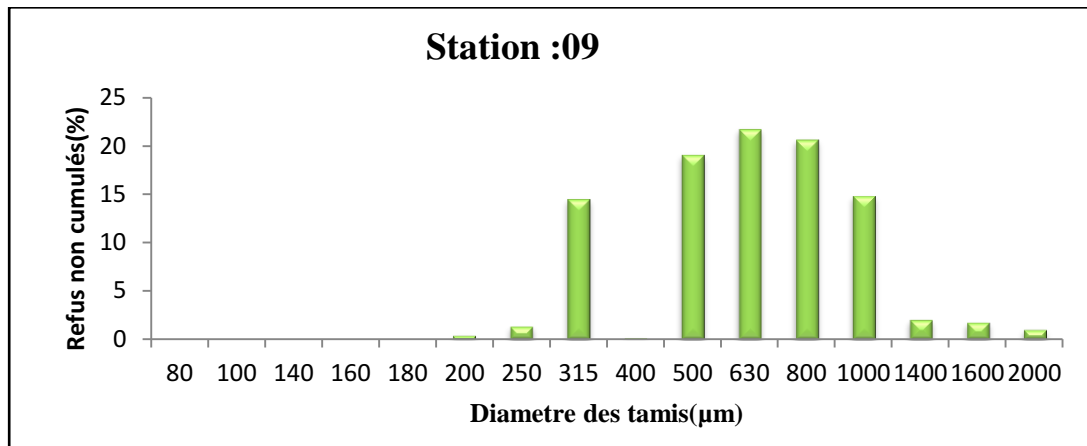


**Figure 24:** Histogramme bimodale.

**-Courbes plurimodale**

Elles rendent compte de la présence de plusieurs stocks sédimentaire au sein d'une même population dynamique. Elles sont surtout représentatives du sédiment grossier.

Cette hétérogénéité serait due à la nature des sédiments grossiers, où le mode le plus grossier est représenté par des coquilles entières ou par des bio-calцитes ou par des petits galets. Ces courbes sont marquées par la présence de plusieurs modes granulométriques représentatifs du sédiment.



**Figure 25:** Exemple d'histogramme plurimodal.

**7.5.4. Interprétation des indices granulométriques**

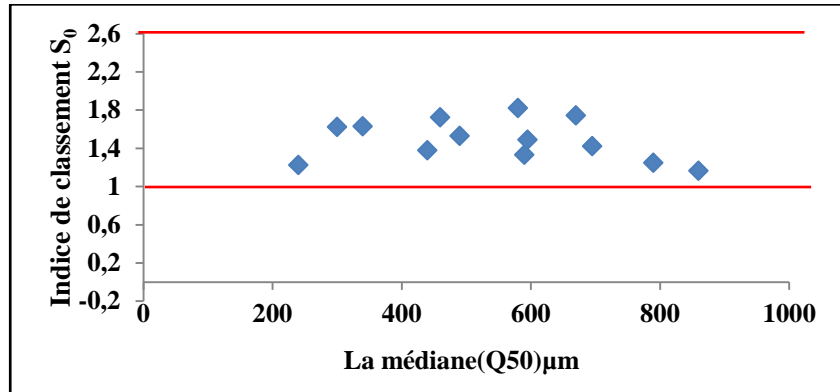
Le résultat obtenu du calcul des indices granulométrique est représenté dans le tableau n°10.

**Tableau 10 :** Les indices des échantillons.

Indices Stations	SK	S0
S1	1,417777778	1,623688282
S2	1,020793951	1,721325932
S3	0,664684899	1,818706218
S4	1,041666667	1,224744871
S5	0,649142348	1,74133801
S6	1,21366782	1,628549635
S7	0,921579232	1,162803799
S8	0,928537093	1,247949137
S9	0,985923585	1,331438047
S10	0,847771762	1,529373418
S11	0,810724083	1,422226168
S12	1,053880376	1,489802737
S13	0,823863636	1,377153486

**A- le classement (S0) :**

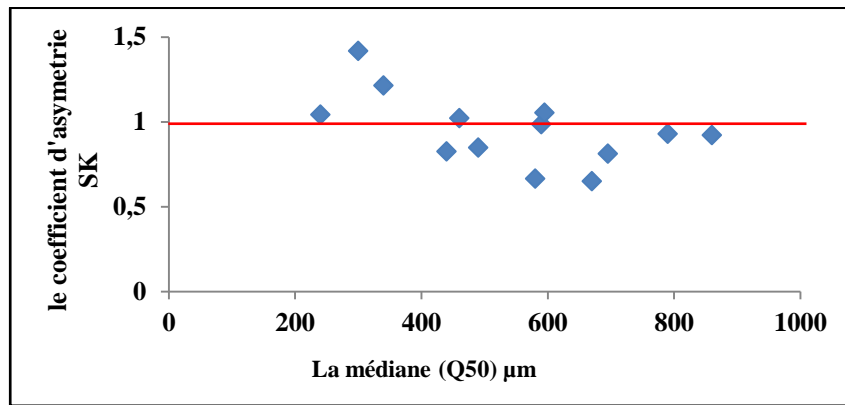
Il est compris entre 1 et 2,5 pour tous ces échantillons prélevés, ce qui se traduit par un bon classement des sédiments de la plage El Kaddous.



**Figure 26 :** Relation entre l’indice de classement et la médiane.

**B- L’asymétrie(SK) :**

- 61% des échantillons (S3, S5, S7, S8, S9, S10, S11, S13) ont un  $SK < 1$  ce qui signifie que le classement du sédiment maximal du côté fin.
- 39% des échantillons (S1, S2, S4, S6, S12) ont un  $SK > 1$ , ce qui se traduit par un classement du sédiment du côté grossier.



**Figure 27:** Relation entre le coefficient d’asymétrie et la médiane.

**7.5.5. Résultats de l’analyse de la fraction pélitiques**

Les résultats de l’analyse de la fraction pélitiques dans plage El kaddous sont mentionnés dans le tableau 11.

**Tableau 11:** Teneurs des pélites.

Stations	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13
<b>Le taux des pélites(%)</b>	0,63	0,36	1,14	0,48	0,62	0,35	0,17	0,97	0,88	0,44	0,51	0,48	0,5

Les pourcentages en pélites des échantillons sont globalement très faibles, elles sont comprises entre 0,17 (S7) et 1,4%(S3).

Les teneurs les plus élevées sont enregistrés au niveau des échantillons prélevés dans les stations près de trait de côte à la partie Est de la plage (S3), (S5),(S8) et au pied de la dune littoral (S1),(S9).

Les taux faibles sont remarquables au milieu de la plage (S2),(S4),(S6),(S7),(S10),( S11) (S12),(S13)et cela due à la forte énergie éolienne qui touche la plage El Kaddous(plage ouverte).

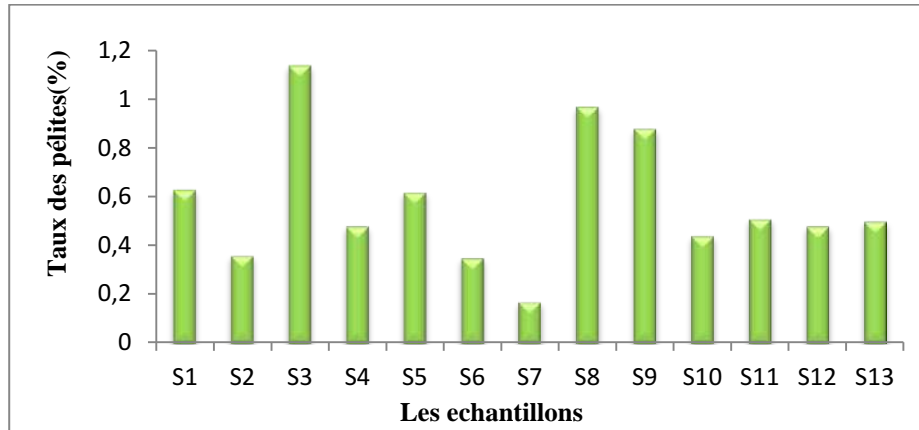


Figure 28: Histogramme de distribution des taux des pélites.

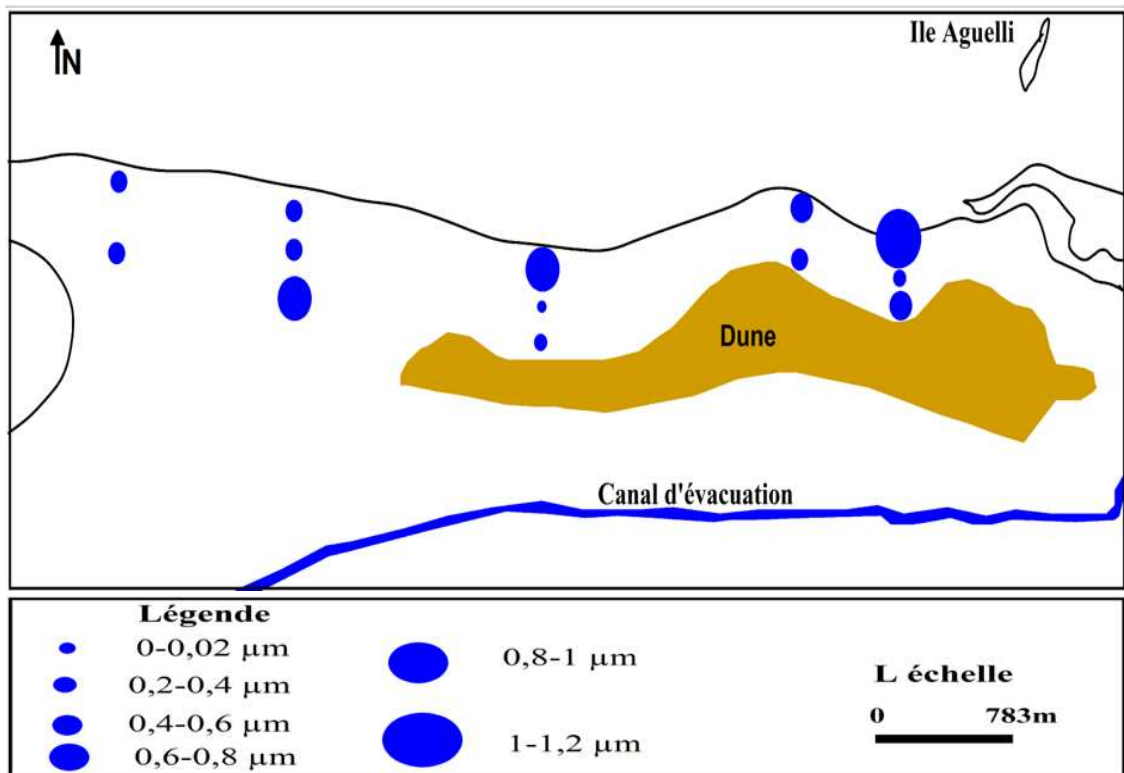


Figure 29: Carte de répartition des fractions pélitiques au niveau de la plage aérienne d'El Kaddous (Fond de la carte, une image satellitaire de Google Earth 2012).

## 8. La dune bordière

Le long des littoraux on trouve parfois des formes d'accumulation d'origine éolienne qui rappellent celles que l'on rencontre dans les régions arides, ce sont des dunes qui dans certains cas, peuvent s'avancer loin vers l'intérieur des terres (Paskoff, 1998).

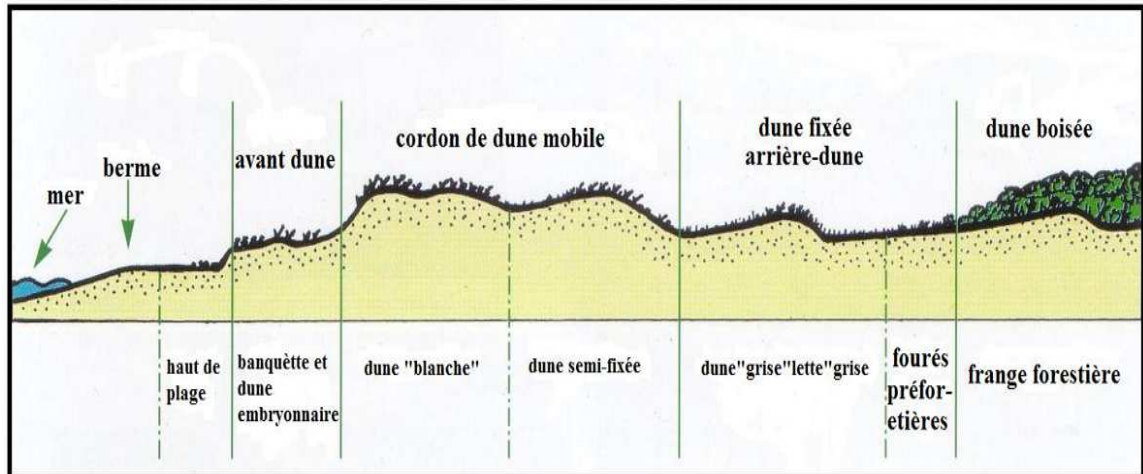


Figure 30: système dunaire(Source internet).

Pour qu'une dune littorale naisse sur une cote, elle nécessite :

- Du vent dont la force doit être suffisante.
- Une plage d'envole suffisamment large et régulière pour mobiliser le sable
- Un stock sableux, ces sables en grande partie des sédiments reliques, non renouvelable.
- Une arrière cote et avant cote suffisamment larges et à pente douce pour permettre l'alimentation en sable et le développement des systèmes dunaire.
- Une végétation qui joue un double rôle, d'un part, un rôle de brise-vent en perturbant les filets d'air et en provoquant le dépôt des sédiments, et d'autre part un rôle de piège à sédiment en stabilisant le sable par les appareils racinaires.

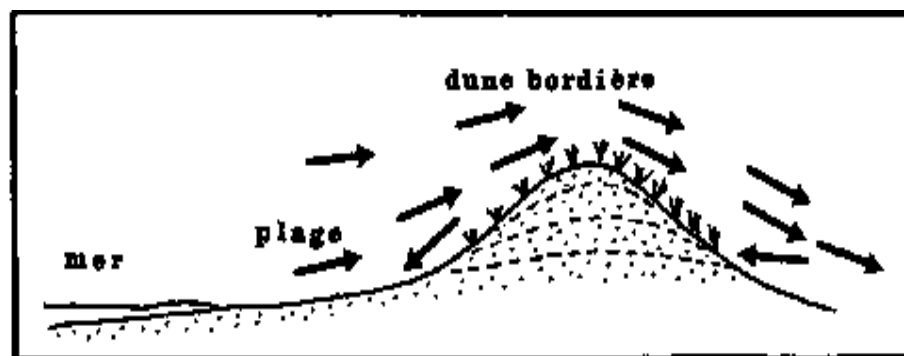


Figure 31: Formation d'une dune bordière(Paskof,2003).

**9. Le rôle des dunes littorales**

- La dune bordière constitue un élément essentiel de l'équilibre dynamique d'une plage pour laquelle elle représente une réserve en sable. Lors des grandes tempêtes, les vagues déferlantes atteignent la dune, y prélèvent du matériel et le déplacent vers l'avant-plage où il s'accumule sous la forme de barres immergées.
- Ces barres représentent des obstacles qui contraignent les lames les plus fortes à déferler plus tôt en avant du rivage, d'où un amortissement de leur impact sur le haut de l'estran qui est ainsi préservé d'une érosion plus accentuée. Avec le retour du beau temps, les barres tendent à s'effacer car les vagues, plus faibles et moins cambrées, remontent le sable sur la plage. A partir de là, le vent en prélève une partie qui sert à réparer les pertes de la dune bordière dont le profil antérieur à la tempête se rétablit progressivement, ce qui conduit à une nouvelle situation d'équilibre.
- la dune bordière joue un rôle de pare-chocs contre les fortes vagues. Elle protège de l'inondation par l'eau de mer les terres basses situées en arrière et souvent aménagées par l'Homme. la dune bordière est considérée comme un mur de protection naturel qui fait l'objet d'une conservation vigilante.

**10. Description de la dune d'El Kaddous****10.1. Etat ancien**

Ce sont des accumulations éoliennes anciennes figées et fixées par une végétation, elles s'étendent parallèlement au rivage.

Elles constituent le sommet de la falaise de Reghaia plage en allant vers l'ouest, l'ampleur de ce cordon diminue de plus en plus pour disparaître complètement vers El Kaddous.

**10.2. Etat actuel**

Au niveau de la zone littorale de Heraoua, on note l'existence d'un important cordon dunaire qui prend naissance sur les deux rives de Oued Reghaia. Il s'étale sur une longueur de 700m environ et sa largeur varie entre 20 à 30m, le cordon peut atteindre 5 à 6m de hauteur.

La dune littorale d'El Kaddous s'allonge parallèlement au rivage dans le sens presque Est-Ouest en formant une barrière protectrice naturelle entre la plage et le lac lors des tempêtes.



**Figure 32:** Vue satellitaire du cordon dunaire du site El Kaddous.

Ce cordon dunaire est colonisé et fixé par une végétation Halophile (Photo n°22), représentée par des groupements à *Pancratium Maritimum*, *Lotus Creticus*, *Amophila Arenaria* et *Chamaerops Humilis*. Entre le lac et les dunes, le long du canal, se trouvent des peuplements à *Tamarix Africana* et *Plantago Coronopus*.



**Photo 22 :** Végétation de la dune bordière (Plage El Kaddous, 2012).

Le développement de cette couverture est empêché par le piétinement dû à la forte fréquentation touristique surtout en période estivale, plus la pratique de pâturage.



**Photo 23** : pratique du pâturage anarchique (plage El Kaddous, 2012).

**Chapitre IV**

**Etude de faisabilité d'un  
aménagement intégré**

Plage EL kaddous et sa dune bordière sont, à la fois, soumises à l'action des éléments naturels et à l'action de l'homme qui utilise et ménage ces zones et donc en modifie l'équilibre naturel. Il apparaît de plus en plus nécessaire de protéger ces zones littorales pour qu'elles puissent continuer d'assurer dans l'avenir les fonctions qui leur ont été confiées.

Dans ce sens-là certains dispositifs de protection et d'aménagement sont mis en place pour la reconstitution et réhabilitation de ces deux unités littorales.

### 1. Les principes d'aménagement

Le travail que nous avons effectué sur le littoral sableux de la zone concernée par le plan GIZC de Réghaia s'inscrit dans le cadre d'une réflexion pour son aménagement intégré aux enjeux socio-environnementaux que suppose la création d'une aire marine côtière protégée. Cela veut dire qu'il faut concevoir un projet opérationnel de valorisation et de protection de la zone côtière sableuse du Kaddous adapté au contexte de préservation d'un site naturel sensible et d'importance écologique. Cet aménagement nécessite donc une approche intégratrice et ses fondements doivent s'appuyer sur 3 principes de base.

1. La conservation de la naturalité du site en harmonie avec une valorisation balnéaire et donc touristique durable. Pour cela il convient
  - D'aménager et d'entretenir une « zone balnéaire nature » en adéquation avec les besoins et les contraintes de classement en aire protégée.
  - De réhabiliter la dune bordière pour entretenir l'équilibre dynamique dune – plage, enrichir et préserver la biodiversité notamment en espèces halophiles et psamophiles.
2. L'application d'un système de gestion préservant les capacités de charge du site et de son label qualité. Ce qui nécessite l'élaboration par les pouvoirs publics d'un cahier de charge dont les dispositions doivent être obligatoirement respectées par les concessionnaires.
3. La mise en place d'un dispositif d'aménagement orienté vers une pratique sélective et un usage familial du rivage du 'Kaddous'. Ceci se traduit par :
  - Un élargissement de la zone balnéaire et une diminution de son degré d'agitation, pour permettre de réduire la dangerosité de la plage qui présente un fond relativement important. Ceci favorisera notamment la fréquentation par les jeunes baigneurs et les familles.
  - La réalisation d'un dispositif récréatif au niveau de la dune bordière qui permet la fréquentation familiale du site même en hors saison estivale.

Ce contexte d'intégration du site sableux du 'kaddous' au plan GIZC de Réghaia et au projet de classement en aire protégée étant précisé, il s'agira dans ce qui va suivre de réfléchir sur la faisabilité des aménagements nécessaires : la **réhabilitation de la dune bordière**, **l'alimentation artificielle de la plage** et le **dispositif d'atténuation de l'énergie marine sur le rivage**.

## 2. L'alimentation artificielle de plage El Kaddous.

Le rechargement artificiel est considéré comme une approche efficace de lutte contre l'érosion côtière en composant de manière artificielle le déficit du budget sédimentaire du littoral (Jean-Louis Borloo, 2010).

L'alimentation artificielle a pour but de corriger un déséquilibre sédimentaire sans perturber le jeu naturel des processus en action sur une côte. Cette méthode douce pour contrecarrer le démaigrissement et le recul des plages (Paskoff, 1998).

Ce type d'aménagement est intéressant à plusieurs titres :

- les plages peuvent efficacement dissiper l'énergie des vagues et ainsi constituer des aménagements de protection du littoral lorsqu'elles sont maintenues à des dimensions convenables.
- La reconstitution d'une plage par rechargement permet de supprimer les phénomènes de réflexion de la houle sur un haut estran trop accore et de rétablir les possibilités de remontée des sédiments du large sous l'action des houles faibles à moyennes.
- Le procédé n'apporte généralement pas des perturbations à l'environnement et évite des répercussions sur les installations voisines à condition que les plages rechargées ne viennent pas perturber un secteur où doivent être maintenues des profondeurs suffisantes pour la navigation.
- Comme la plus part des phénomènes d'érosion de la plage se produisent lorsqu'il y a un déficit dans l'apport naturel de sable, la mise en place de matériaux d'emprunt sur le rivage doit être considéré comme une mesure de stabilisation, et non pas seulement de protection du rivage

### 2.1. Les principes de rechargement

La méthodologie de conception de la technique de rechargement introduit les termes suivants (Jean-Louis Borloo, 2010) :

- Le choix de la zone d'emprunt.
- Les caractéristiques granulométriques des sédiments naturels et d'apport.
- Le concept de profil d'équilibre et la profondeur limite d'action de la houle.
- L'estimation du volume de sédiment d'emprunt à mettre en place.
- La fréquence des entretiens périodiques, la durée de vie et le cout de gestion.

### 2.2. Les conditions de rechargement

Les conditions de rechargement d'une plage sont différentes selon qu'il s'agit d'intervenir dans une zone soumise principalement à des mouvements dans le profil ou, au contraire, de rétablir un équilibre sédimentaire le long d'une cote soumise à un transit littoral important qui a été perturbé par un arrêt partiel ou total en amont de la zone à protéger.

Pour un déroulement idéal d'une telle opération plusieurs points sont à considérer :

- Le choix du sédiment, il faut tenir compte des caractéristiques pétrographiques et de la granulométrie du sédiment, les études se sont orientées vers l'utilisation de sédiments à granulométrie assez grossière, qui présente une plus grande porosité que le sable et qui absorbent plus efficacement l'énergie de la houle.
- Le choix des carrières de prélèvement situées en mer ou terre .outre l'évaluation de la compatibilité du sédiment d'un point de vue physique, il faut également évaluer les qualités chimiques et bactériologiques.
- Il faut considérer les modalités d'engraissement de la plage notamment en ce qui concerne le nombre des points d'alimentation, leur localisation et la quantité appropriée des apports pour obtenir un engraissement rapide et uniforme sur toute l'étendue de la plage ,il est préférable d'envisager plusieurs points d'alimentation

### 2.3. Les étapes de rechargement

L'opération de rechargement de plage El Kaddous se fera selon les étapes suivantes :

- Détermination de l'endroit de rechargement.
- Détermination des paramètres de rechargement.
- Calcul du volume de rechargement.
- Vérification de la stabilité de remblai.
- Calcul du volume réel des matériaux d'apport.
- Calcul le volume périodique de rechargement.

#### 2.3.1. Le site de rechargement

L'alimentation artificielle de plage El Kaddous s'effectuera suivant trois profils (P1, P2, P3) repartis de l'Est vers l'Ouest dont la zone comprise entre l'embouchure de oued de Reghaia à l'est jusqu'à la fin de la dune à l'Ouest (Figure n°33).

Le site de l'alimentation de plage se caractérise par un fond un peu irrégulière, la zone de rechargement s'étend sur une longueur presque de 500m et qui s'étale jusqu'au voisinage de l'isobathe de -3,5m.



**Figure 33** : La zone de rechargement de plage El Kaddous (Source Google Earth2012).

### 2.3.2. Les paramètres de rechargement

Les caractéristiques de profils de rechargement sont comme suite :

La pente (S) de rechargement  $S=1/30$ .

L'épaisseur (d) de rechargement  $d=1\text{m}$ .

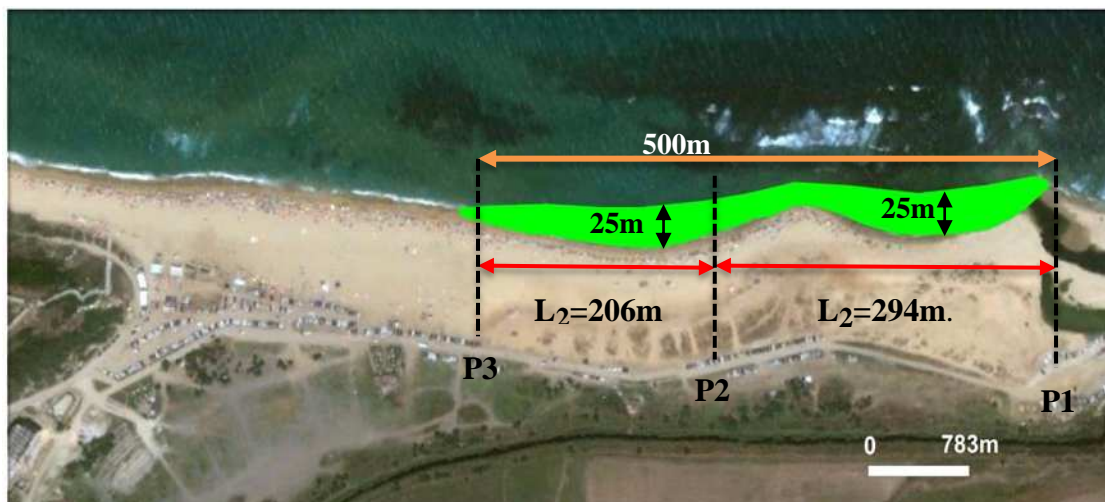
La largeur (C) de la berme  $C=25\text{m}$

La largeur de rechargement (la largeur de la berme) est calculé à partir de la formule suivante :  $b=0,5*d/S \longrightarrow b=15\text{m}$  à partir de la ligne de rivage.

La longueur de rechargement totale :  $L=500\text{m}$

La distance entre P1 et P2 :  $L_1=294\text{m}$ .

La distance entre P2 et P3 :  $L_2=206\text{m}$ .



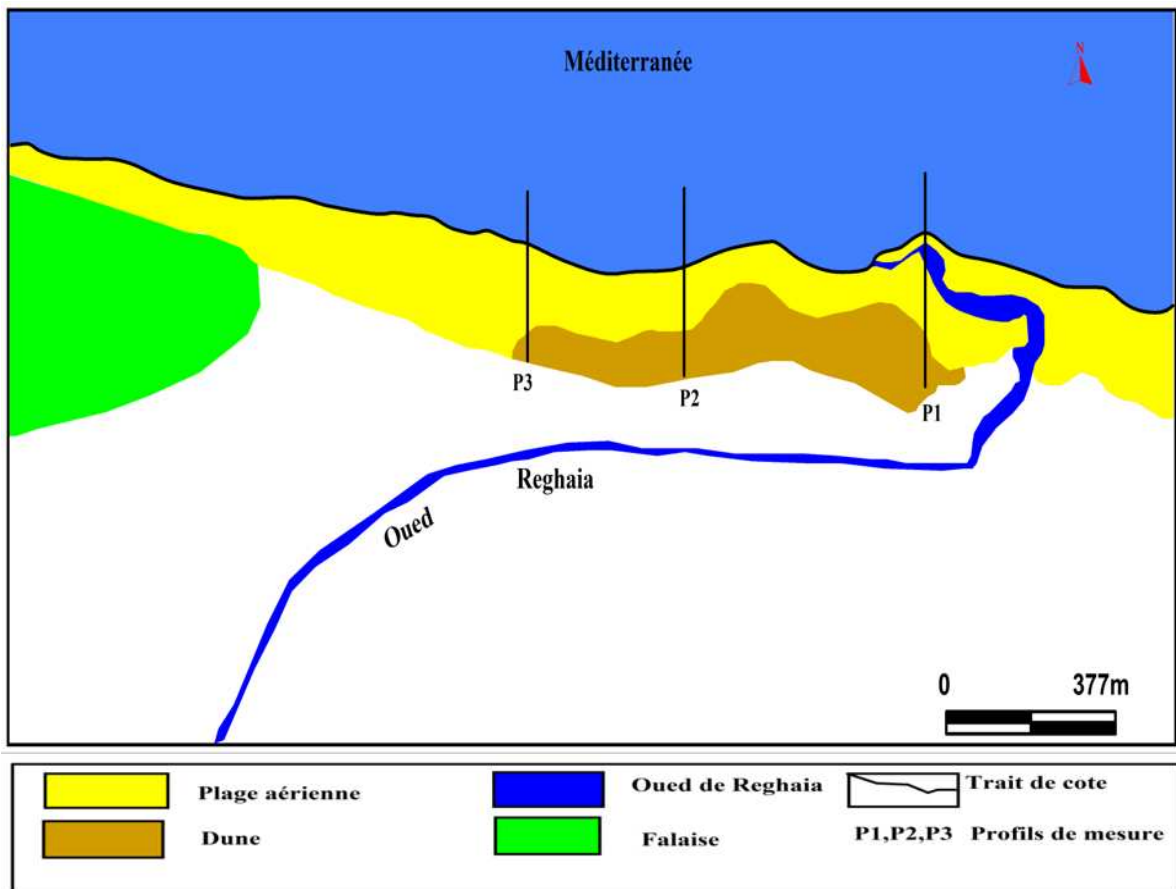
**Figure 34:** Illustration de la zone de rechargement de plage El Kaddous.

### 2.3.3. Calcul le volume de rechargement

Le volume des matériaux à mettre en place est calculé manuellement à partir des profils réalisés (P1, P2, P3) (Figure 35) et pour cela on utilise la formule suivante :

$$V = S * L$$

Le calcul de surface est effectuée à l'aide de logiciel Map Info, le résultat obtenu sera multiplier par la longueur de rechargement.



**Figure 35 :** Positionnement des profils de mesure de plage El Kaddous (Le fond de la carte, une image satellitaire de Google Earth 2012).

- Le volume entre P1 et P2

Profil P1

La surface déterminée par le profil P1 (figure 36) est:  $S1= 181,65 \text{ m}^2$ .

La distance linéaire entre P1 et P2 est estimée à :  $L1= 294\text{m}$ .

Le volume de La zone1 est calculé comme suite :

$$V1= S1*L1 \longrightarrow V1= 181,65*294$$

$$V1= 53405,1 \text{ m}^3$$

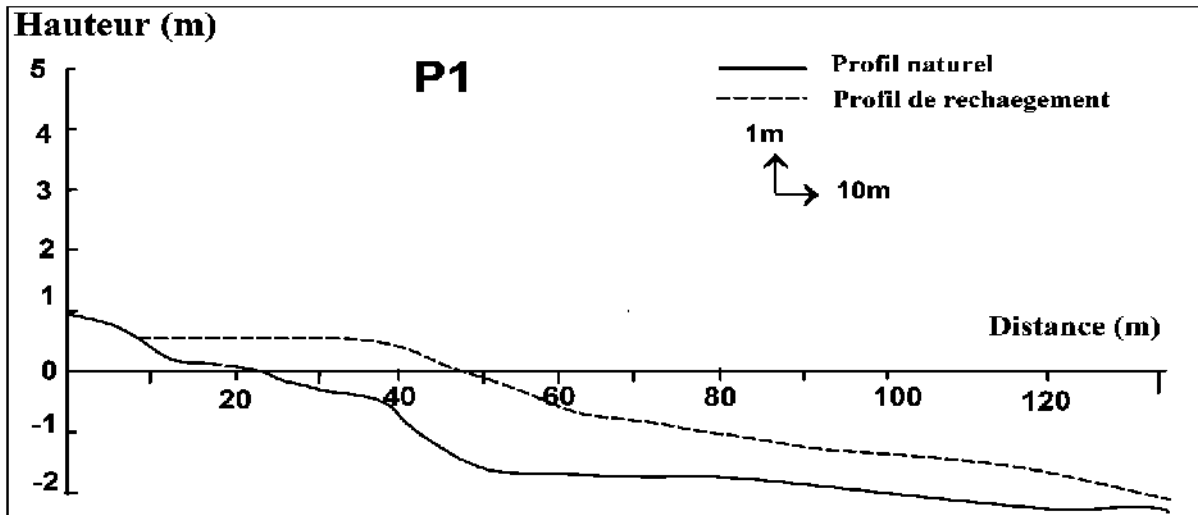


Figure 36: Profil de rechargement P1.

Profil P2

La surface déterminée par le profil P2 est :  $S2=152,115 \text{ m}^2$ .

La distance linéaire entre P1 et P2 est estimée à :  $L1= 294\text{m}$ .

Le volume de La zone1 est calculé comme suite :

$$V1= S2*L1 \longrightarrow V2= 152,115*294$$

$$V2= 44721,81\text{m}^3$$

Donc le volume moyen du secteur compris entre P1et P2 est calculé comme suite :

$$V_{t1}= (V1+V2)/2 \longrightarrow V_{t1}= (53405,1 +44721,81) /2$$

$$V_{t1}= 49063,455\text{m}^3$$

$V_{t1}$ : le volume moyen des matériaux nécessaire pour le secteur compris entre P1et P2.

• Le volume entre P2 et P3.

Profil 2

La surface déterminée par le profil P2 (figure 37) est :  $S_2=152,115 \text{ m}^2$ .

La distance linéaire entre P2 et P3 est estimée à :  $L_2= 206\text{m}$ .

Le volume de La zone1 est calculé comme suite :

$$V_1= S_2*L_2 \longrightarrow V_2= 152,115 *206$$

$$V_2= 31335,69 \text{ m}^3$$

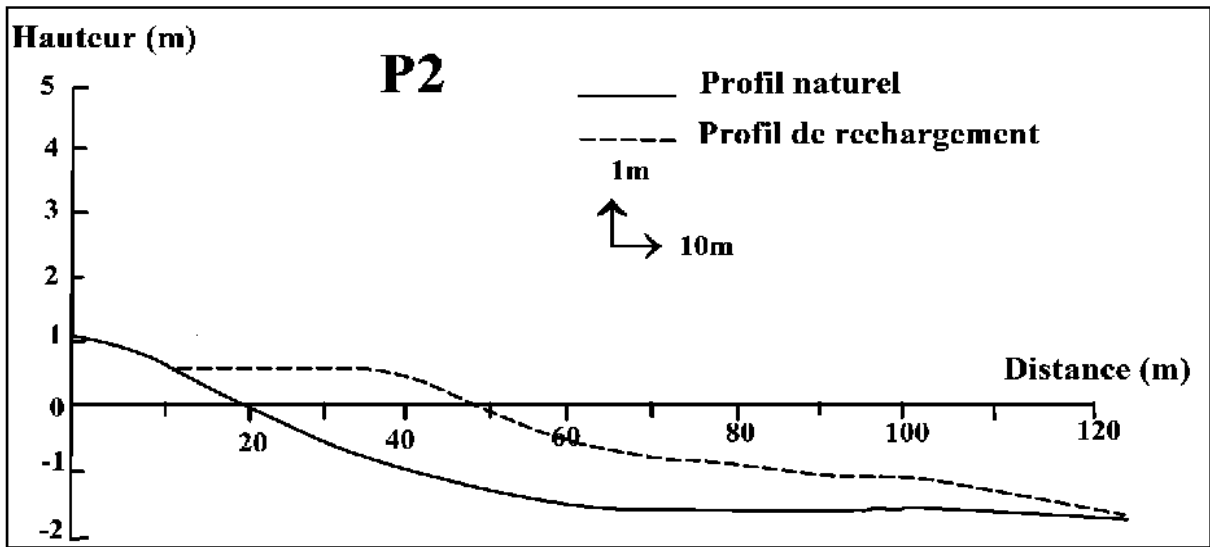


Figure 37: Profil de rechargement P2.

Profil 3

La surface déterminée par le profil P3 (figure n°38) est :  $S_3= 420,53 \text{ m}^2$ .

La distance linéaire entre P2 et P3 est estimée à :  $L_2= 206\text{m}$ .

Le volume de La zone1 est calculé comme suite :

$$V_3= S_3*L_2 \longrightarrow V_3= 420,53 *206$$

$$V_3= 86629,13\text{m}^3$$

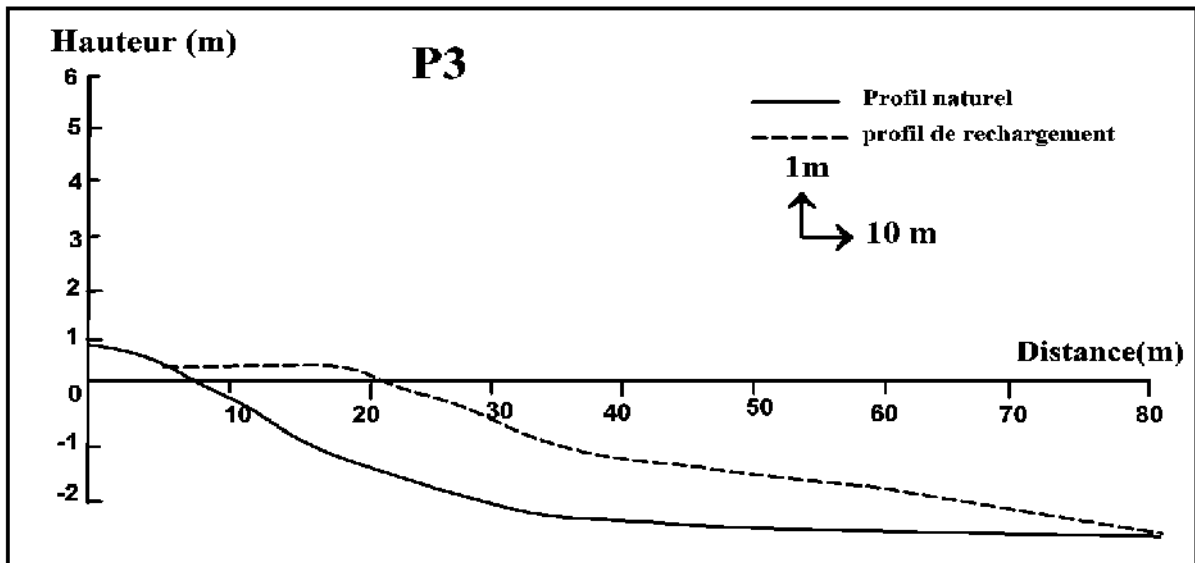


Figure 38: Profil de rechargement P3.

Donc le volume moyen du secteur compris entre P2 et P3 est calculé comme suite :

$$V_{t1} = (V_2 + V_3) / 2 \longrightarrow V_{t2} = (31335,69 + 86629,13) / 2$$

$$V_{t2} = 58982,435 \text{ m}^3$$

$V_{t2}$ : le volume moyen des matériaux nécessaire pour secteur compris entre P2 et P3

Le volume total

$$V_t = V_{t1} + V_{t2} \longrightarrow V_t = 58982,435 + 49063,455$$

$$V_t = 108\,045,865 \text{ m}^3$$

$V_t$  : volume total de rechargement

### 2.3.4. Vérification de la stabilité de remblai.

Durant cette étape, on va vérifier si le matériau emprunt est convenable ou pas pour l'opération de rechargement de la plage EL Kaddous.

Pour le matériau d'apport nous avons pu disposer d'un échantillon de sable de carrière obtenu auprès du laboratoire de l'Entreprise Nationale des Granulats (ENG) concernant la carrière de Si Mustafa à Boumerdes, le choix de cette carrière réside dans le fait que elle est proche au site de rechargement plus ses matériaux sont pertinents avec les matériaux locaux.

$$\Phi_{16} = -\text{Log}_2(D_{16}).$$

$$\Phi_{84} = -\text{Log}_2(D_{84}).$$

$D_{16}, D_{84}$  sont tirés à partir des courbe granulométriques de chaque sédiment, la courbe granulométrique de l'échantillon S7 pour le sédiment naturel (S7 : échantillon la plus représentative) (Figure n°25,26) et la courbe granulométrique représenté dans la figure n°27 ,28 pour le sédiment d'apport.

$$\text{La médiane : } M_{\Phi} = (\Phi_{84} + \Phi_{16})/2$$

$$\text{L'écart type : } \delta_{\Phi} = (\Phi_{84} - \Phi_{16})/2$$

Le résultat de traitement de deux échantillons est enregistré dans les tableaux 12 et 13 :

**Tableau 12 :** Fractils et indices granulométriques de deux échantillons.

	Q25	Q50	Q75	SK	S0
<b>Echantillon naturel</b>	710	860	960	0,9215792	1,1628038
<b>Echantillon d'apport</b>	750	885	975	0,93363976	1,14017543

**Tableau 13 :** Conversation des diamètres en millimètres en unités Phi ( $\Phi$ ).

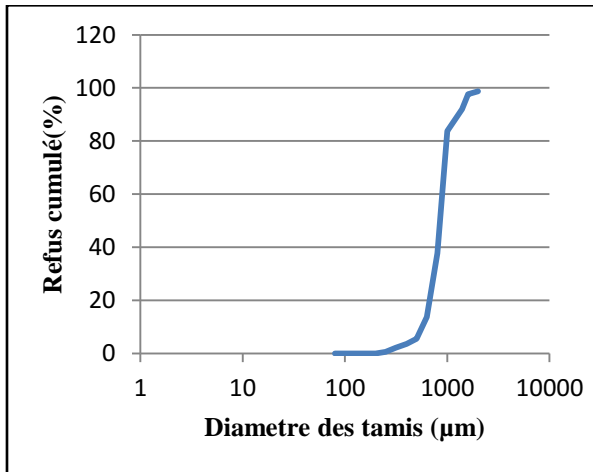
Centre de classes	D (mm)	D en unité de $\Phi$
1900	1,9	0,92599942
1700	1,7	0,76553475
1500	1,5	0,5849625
1200	1,2	0,26303441
900	0,9	-0,1520031
715	0,715	-0,4839849
565	0,565	-0,8236772
450	0,45	-1,1520031
357,5	0,3575	-1,4839849
282,5	0,2825	-1,8236772
225	0,225	-2,1520031
190	0,19	-2,3959287
170	0,17	-2,5563933
150	0,15	-2,7369656

**A-Classification du matériau naturel (In situ)**

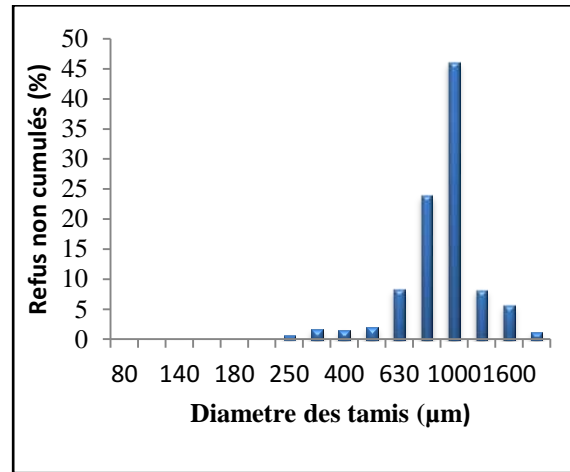
$D_{16} = 0,65 \text{ mm}$        $\longrightarrow$        $\emptyset_{16} = 0,62148838$

$D_{84} = 0,85 \text{ mm}$        $\longrightarrow$        $\emptyset_{84} = 0,23446525$

- La médiane :  $M_{\emptyset_n} = 0,42797682$ .
- L'écart type :  $\delta_{\emptyset_n} = - 0,19351156$ .



**Figure 39 :** courbe granulométrique d'échantillon naturel.



**Figure 40 :** Histogramme d'échantillon naturel.

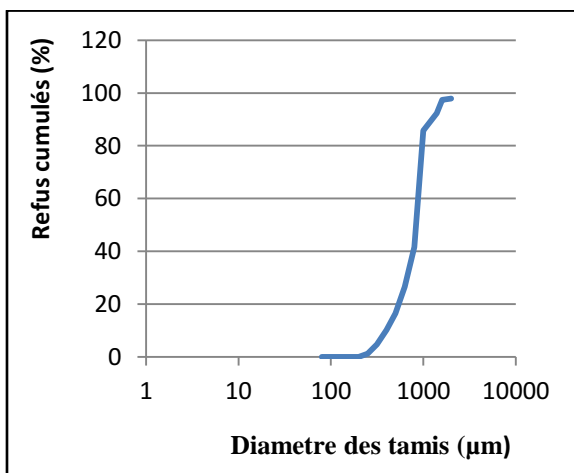
**A- Classification du matériau d'apport**

$D_{16} = 0,45 \text{ mm}$        $\longrightarrow$        $\emptyset_{16} = 1$

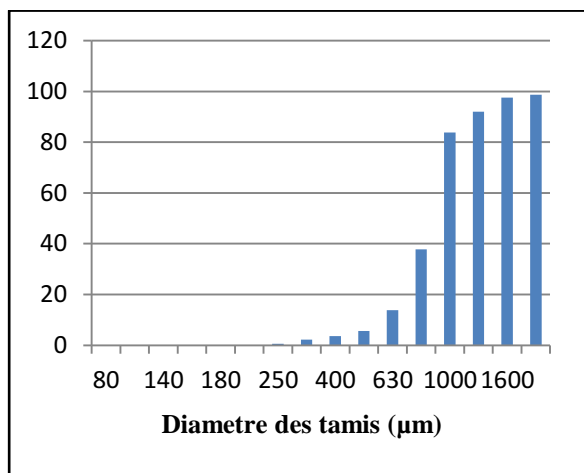
$D_{84} = 0,95 \text{ mm}$        $\longrightarrow$        $\emptyset_{84} = 0,07400058$

La médiane :  $M_{\emptyset_a} = 0,40548309$

L'écart type :  $\delta_{\emptyset_a} = - 0,33148251$



**Figure 41:** Courbe granulométrique d'échantillon d'apport.



**Figure 42:** Histogramme d'échantillon d'apport.

Pour la vérification de la grosse des matériaux emprunts et la stabilité de profil de rechargement on utilisant l'abaque représentée en (figure 43), et pour cela on doit déterminer les paramètres suivantes :

- $\delta_{\varnothing \text{ apport}} / \delta_{\varnothing \text{ naturel}} = -0,33148251 / -0,19351156 = 1,71$  (Sur l'axe des abscisses)
- $(M_{\varnothing \text{ apport}} - M_{\varnothing \text{ naturel}}) / \delta_{\varnothing \text{ naturel}} = (0,40548309 - 0,42797682) / -0,19351156 = -0,116$ . (Sur l'axe des ordonnées).

Après la projection de ces paramètres sur notre abaque (figure n°43), on trouve que l'intersection se situe au niveau de quadrant 2, ce qui signifie que la taille des matériaux emprunt sont plus grosse que celle naturel et les matériaux sont mieux classés que les matériaux naturels (tableau n°14) et les profils de rechargement seront stables.

**Tableau 14:** Relations entre les médianes et les écarts types des matériaux naturels et des matériaux d'apport (Source SPM, 1977).

Catégorie		Relation entre les sédiments	Relation entre les écarts types
Case	Quadrant dans la figure 25		
I	1	$M_{\varnothing A} > M_{\varnothing N}$ les matériaux d'apport est plus fin que le matériau naturel.	$\delta_{\varnothing A} > \delta_{\varnothing N}$ Matériau est moins bien  Classe que le matériau naturel
II	2	$M_{\varnothing A} < M_{\varnothing N}$ les matériaux d'apport est plus grossier que le matériau naturel.	
III	3	$M_{\varnothing A} < M_{\varnothing N}$ les matériaux d'apport est plus grossier que le matériau naturel.	$\delta_{\varnothing A} < \delta_{\varnothing N}$ Matériau est mieux Classe que le matériau naturel
IV	4	$M_{\varnothing A} > M_{\varnothing N}$ les matériaux d'apport est plus fin que le matériau naturel.	

### 2.3.5. Calcul le volume réel de rechargement

Le calcul de volume de rechargement de plage El Kaddous s'effectue à l'aide de la formule de **Krumbein**, qui nous permet d'estimer le volume ( $Rm^3$ ) nécessaire de matériau emprunt pour reconstituer  $1m^3$  de plage.

#### La formule de Krumbein

$$Rm^3 = (A_{\Phi a} / A_{\Phi n}) * \text{Exp} - [(M_{\Phi n} - M_{\Phi a})^2 / 2(A_{\Phi n}^2 - A_{\Phi a}^2)]$$

Avec:

$A_{\Phi}$  : Ecart type

$M_{\Phi}$  : Médiane du matériau.

n : Matériau naturel

a : Matériel d'apport.

$$Rm^3 = (-0,19351156 / -0,33148251) \text{Exp} - [(0,40548309 - 0,42797682)^2 / 2((-0,19351156)^2 - (-0,33148251)^2)] \longrightarrow Rm^3 = 1,73m^3$$

Donc pour reconstituer et élargir  $1m^3$  de plage, on a besoin un volume  $Rm^3 = 1,73m^3$  de matériau d'apport.

L'estimation totale et finale de volume de matériaux d'apport (matériaux de carrière) est comme suite :

$$V_{tf} = R * V_t \longrightarrow V_{tf} = 1,73 * 108045,865$$

$$V_{tf} = 186\,919,34645\,m^3$$

**V<sub>tf</sub>** : Volume total et final de rechargement.

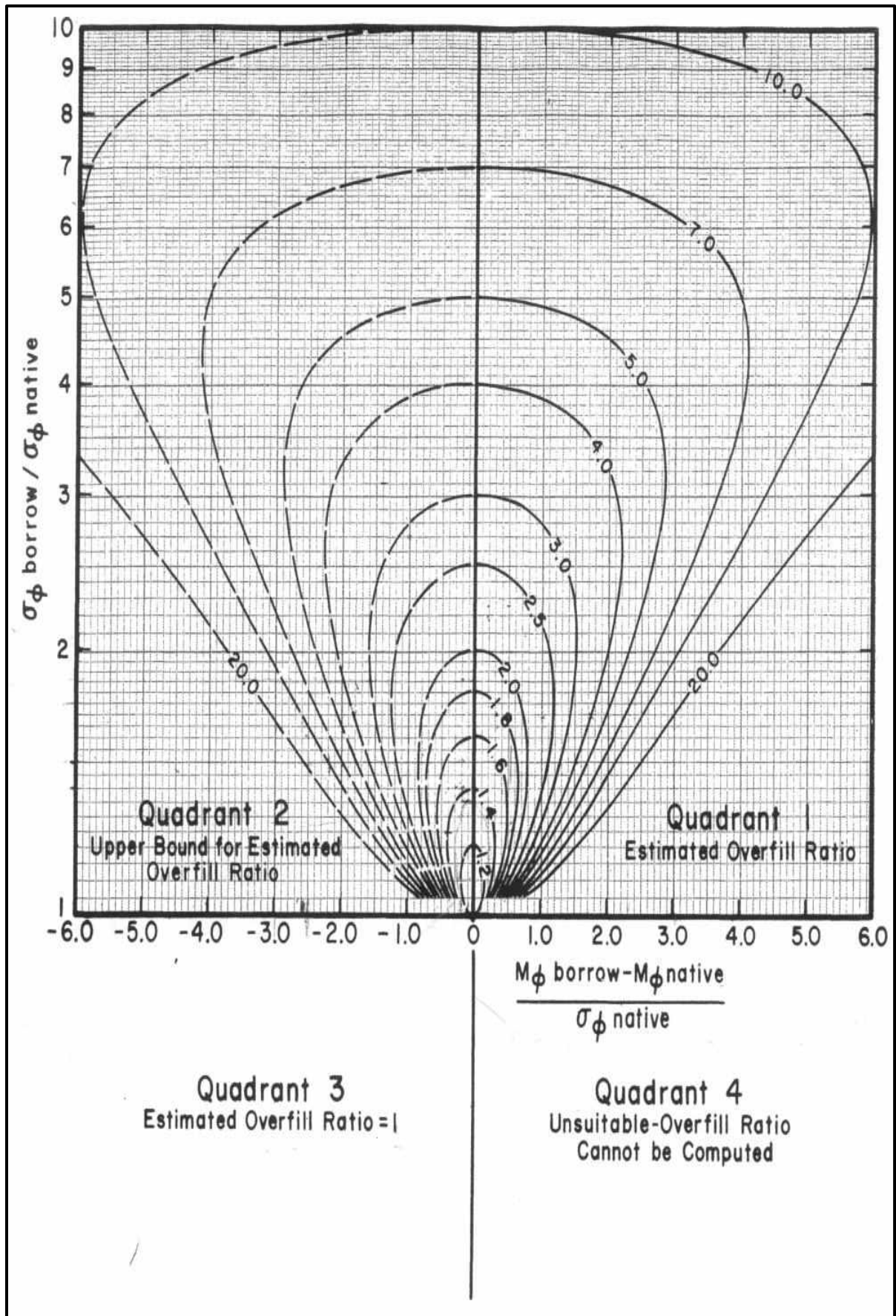


Figure 43: Isolignes du facteur d'apport initial  $R_A$  (James, 1975).

2.4. Estimation de volume de rechargement périodique

Le volume de rechargement périodique est calculé à partir de la formule définie par JAMES ,1975:

$$V_p = R_j * V_{tf}$$

**V<sub>p</sub>** : Volume périodique de rechargement.

**R<sub>j</sub>** : Facteur d'apport initial (déterminé graphiquement à partir de l'abaque représentée dans la figure 43 en utilisant les mêmes rapports utilisés pour calculer le volume réel de rechargement).

**V<sub>tf</sub>** : Volume total et final de rechargement.

$V_p = (1/20) * 186919,34645$   $\longrightarrow$

$V_p = 9345,9673225m^3$

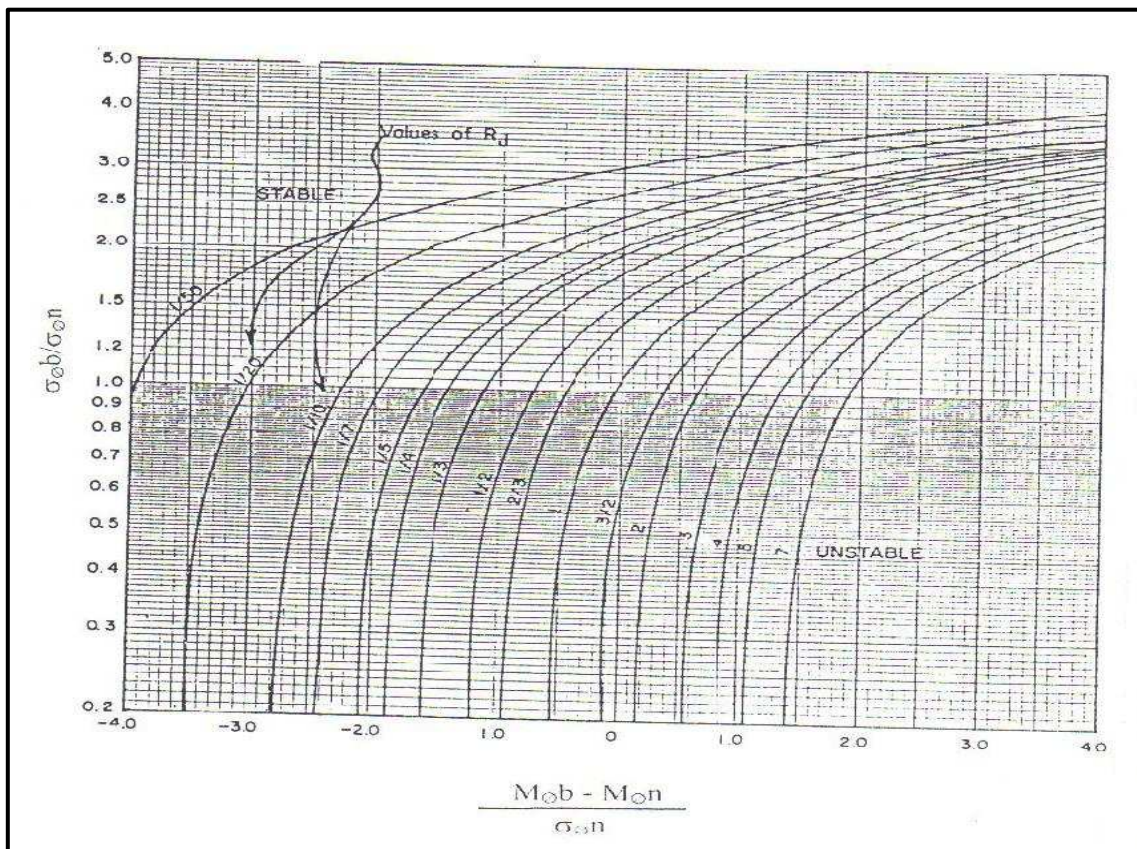


Figure 44: Isolignes du facteur entretien Rj (JAMES1975 in SPM 1977).

### 3. Les contraintes de rechargement

Tout en étant l'une des solutions les plus respectueuses de la dynamique du littoral, le rechargement artificiel d'une plage présente certains inconvénients d'une part dans l'opération elle-même et d'autre part sur l'écosystème marin :

- Difficulté de trouver le matériau approprié en grandes quantités et à un coût acceptable.
- Nécessité d'une alimentation périodique.
- Conséquence possible sur l'environnement (Impact sur les herbiers *Posidonia oceanica*).
- L'inclusion de l'embouchure de l'Oued de Reghaia dans la zone de rechargement.

### 4. Disposition d'un brise-lame

Les brise-lames sont des ouvrages longitudinaux mis en place sur les petits fonds, donc en avant de la côte, et disposés plus ou moins parallèlement à son tracé (Paskoff, 1993).

Cet ouvrage exerce deux types d'action sur les houles arrivant à la cote :

- Il diminue l'énergie des houles atteignant le plan d'eau et la zone côtière situés à son abri en réfléchissant ou absorbant l'énergie des houles qui le frappent directement.
- Il provoque la diffraction à ses extrémités ce qui entraîne une modification du tracé des orthogonales et des crêtes de houle en arrière de l'ouvrage.

Dans le cas de la plage El Kaddous, on va étudier la proposition de l'implantation d'un brise-lame immergé en enrochement naturel parallèle à la cote, il sera implanté à une profondeur de -3m à une distance de la côte de 132m.

#### 4.1. L'objectif du brise-lame immergé.

L'objectif d'implantation de ce type d'ouvrage est de protéger le remblai de rechargement de la plage d'une part et de atténuer l'énergie des houles avant d'arriver à la cote en créant un plan d'eau calme juste d'arrière de l'ouvrage d'autre part. En plus c'est un ouvrage souple qui permet les eaux de se renouveler et il est adaptable sur le plan esthétique.

#### 4.2. Dimensionnement

##### 4.2.1. Longueur de l'ouvrage par rapport à la côte

Des études faites par LCHF montrent que pour qu'un brise lame puisse provoquer la formation d'un tombolo se raccordant à l'ouvrage, il faut que les limites d'expansion de la houle, issues de chacune des extrémités de l'ouvrage, se croisent sur le trait de côte, ce qui conduit dans le cas d'une houle normale à la côte, à la relation

$$l > 1.2 (Lc + 0,3 L)$$

Avec **l** : longueur de brise- lame

**Lc** : distance de brise lame

**L** : longueur d'onde de la houle au point considéré

Le CERC montre que la formation d'un tombolo peut habituellement être évitée si  $l < l_c$ . En revanche, si la longueur de l'ouvrage devient supérieure à sa distance à la côte, la probabilité de formation d'un tombolo augmente, et pour  $l > 2 l_c$ , un tombolo se forme.

En côte ouverte, c'est le cas de plage El Kaddous, le brise- lames sera implanté à une profondeur d'eau de 3m soit 132m loin de la cote .

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \sqrt{\tanh\left(\frac{4\pi^2 Dp}{T^2 g}\right)}$$

### Application numérique

La période (T) des houles au niveau de plage El Kaddous est égale à 12s (LEM).

La distance de brise-lame par rapport à la cote est :  $l_c=132m$ .

La profondeur d'implantation  $Dp= 3m$ .

Donc apres le calcul :

$$L=65m \longrightarrow l > 182m$$

On choisit  $l=185m$

### 4.2.2. Longueur et espacement

Le LCHF recommande pour qu'il n'y ait pas d'érosion du rivage entre deux brises lames successifs un espacement entre eux tel que :

$$e < 0.83 Lc + 0.5 L$$

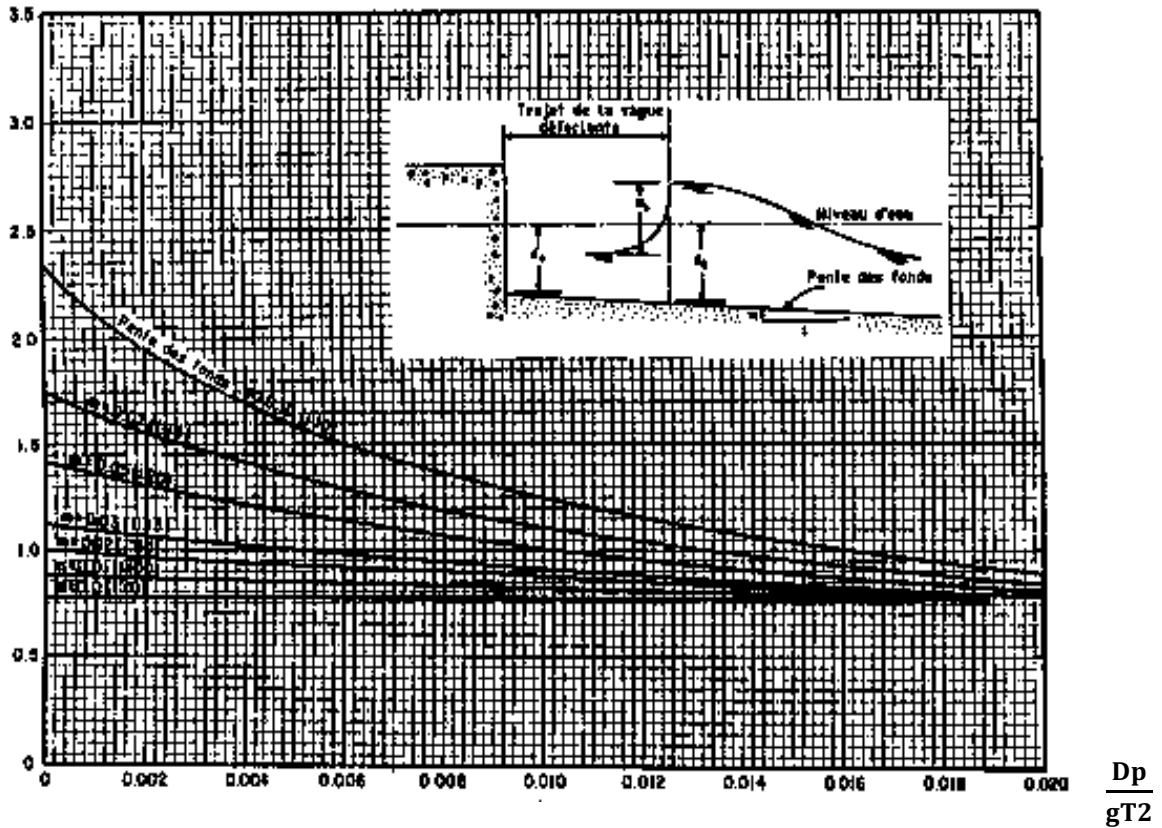
### Application numérique

$$Lc=132m, L=65m \longrightarrow e < 142m \text{ donc on choisit } e = 130m.$$

**4.2.3. Hauteur de la houle au pied de l'ouvrage**

A partir de l'abaque représentée au niveau de la (figure n°45), on va déterminer la hauteur  $H_b$  de dimensionnement de l'ouvrage.

$$\frac{H_b}{D_p}$$



**Figure 45 :** Hauteur maximale de déferlement en fonction de la profondeur en pied de l'ouvrage (D'après Waggel, 1972).

**Application numérique**

- La profondeur d'implantation de l'ouvrage est :  $D_p = -3m$ .
- La pente de plage El Kaddous est de  $S = 0,02$

$$- \frac{D_p}{gT^2} = \frac{3}{9,81 \cdot 12^2} = 0,002$$

$$- \frac{H_b}{D_p} = 0,89 \longrightarrow H_b = 3 \cdot 0,89 = 2,67m$$

$H_b = 2,67m$

#### 4.2.4. La hauteur de brise lame

La hauteur du brise-lames peut être déterminée pour éviter tout franchissement par la houle de projet.

Pour plage El Kaddous on a choisis la hauteur (h) de brise-lame est égale 2m.

#### 4.2.5. La largeur de la berme de brise-lame

La largeur de brise-lame est calculée par la formule suivante :

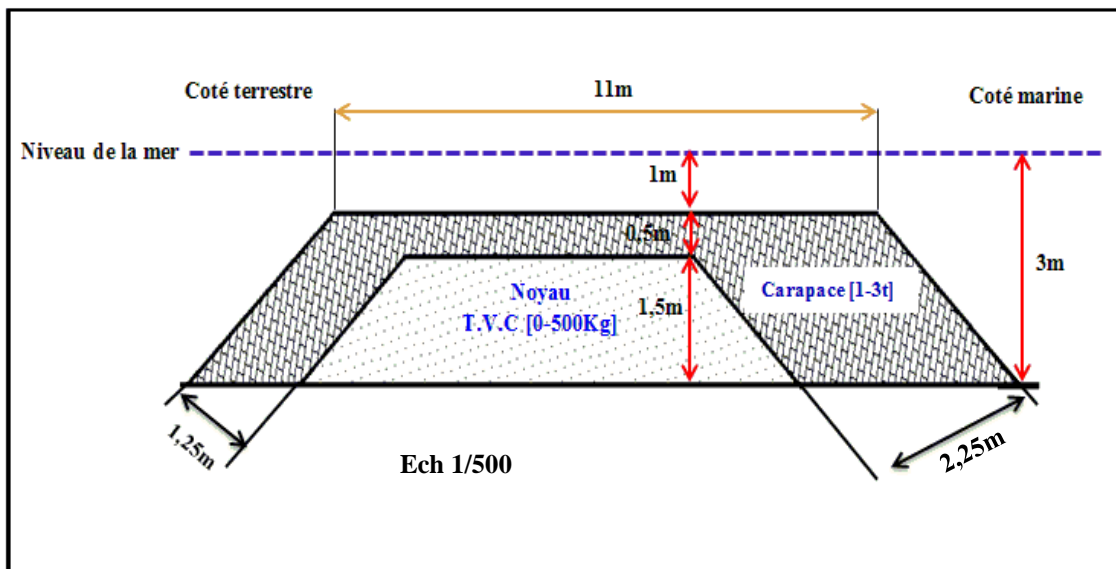
$$B = 4 * H_b$$

$$B = 4 * 2.67 \longrightarrow B = 11m$$

#### 4.2.6. Stabilités des ouvrages de protection

Globalement les ouvrages à talus comprennent au minimum 3 couches de matériaux de granulométrie différente ayant des fonctions bien spécifiques. La carapace en enrochements naturels ou artificiels à fort indice de vides support directement l'action de la houle, le noyau (généralement massif en tout venant) constitue le corps de la digue, enfin le filtre disposé entre le noyau et la carapace, assure la transition entre ces 2 couches et le poids des ses éléments ne doit pas être inférieure 1/10 de ceux constituant la carapace.

Le résultat du calcul les caractéristiques de différentes composantes (carapace, noyau, filtre) de notre ouvrage est enregistré dans annexe 2



**Figure 46:** Profil du brise-lame immergé proposé pour plage El Kaddous.

- musoir

C'est l'extrémité d'un brise-lame, le musoir, est soumise à une action renforcée de la houle qui l'attaque directement mais aussi « par derrière » grâce à la diffraction et à la réfraction sur le massif de pied.

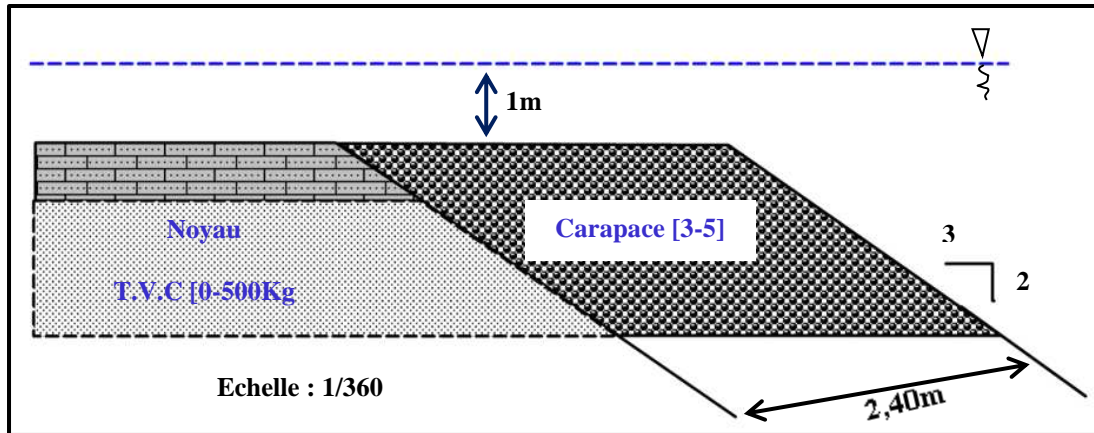


Figure 47: Profil de musoir du brise-lame proposé pour plage El Kaddous.

## 5. L'impact du brise-lame

- Des phénomènes importants de réflexion sont constatés sur la base extérieure de l'ouvrage, ce qui peut provoquer son affouillement, voir son écroulement.
- Le danger qu'ils peuvent présenter pour les baigneurs, et pour la navigation de plaisance (jet ski).
- Impact sédimentaire possible sur les zones avoisinantes
- Impacts environnementaux négatifs (augmentation de la turbidité).

## 6. Restauration et conservation de la dune bordière.

La restauration du cordon dunaire a pour objet de réhabiliter un milieu naturel devenu globalement rare et menacé sur le littoral algérien et favoriserait la stabilisation du littoral. Cette restauration améliorerait de façon significative la valeur paysagère esthétique du littoral de la région, au bénéfice des utilisateurs de la plage et d'un développement touristique raisonné.

La dune constitue un élément essentiel de l'équilibre dynamique de la plage, car elle constitue une réserve en sable pour la plage, en plus, elle représente un pare-chocs contre les vagues déferlants et protège les terres agricoles de l'arrière plage de l'inondation par l'eau de la mer,

Comme l'aménagement de dune bordière d'El Kaddous peut la rendre attractive de point de vue touristique, mais vue l'état critique dans laquelle se trouve actuellement notre ZET, il s'est avéré nécessaire de la restaurer, pour cela certains dispositifs d'aménagement peuvent être adoptés (Figure n°48) :

- **Planter artificiellement des espèces psamophiles.**

En plus de leurs caractéristiques naturelle, c'est une excellente fixatrice de sable, les touffes d'oyat (plante utilisée pour fixer les dunes) doivent être alignées perpendiculairement au vent dominant et leur densité être moins grande à l'avant du côté de l'estran, qu'à l'arrière pour mieux répartir le piégeage du sable sur l'ensemble de la dune. On utilise des jonchées de branches pour protéger les jeunes plantes et des clôtures pour les mettre à l'abri du piétinement (BELAIDI et RAHMANI, 2000).



**Photo 24:** Plantation d'oyat sur dune littorale (Source internet).

- **Mettre en place des obstacles favorables aux dépôts du sable**

Il s'agit de mettre en place des ganivelles, haies brise-vent en châtaignier, des filets coupe-vent ou des fascines à plat (ballot de foin, branchages,.....) qui vont arrêter une partie de transit sédimentaire éolien et donc stabiliser la réserve de sable qui se trouve en haut de plage (Ramoge, 2002) .



**Photo 25:** Cloturage des dunes par les ganivelles (Source internet).

- **la réduction du pâturage et de la coupe de la végétation.**

Elle aurait des bénéfices considérables sur la végétation et améliorerait la valeur pastorale globale du site. Le bénéfice serait également une augmentation graduelle de la biodiversité. Les activités de pâturage et de coupe doivent continuer à être autorisées mais nécessitent d'être encadrées afin qu'elles soient réalisées en dehors d'une logique de la "terre brûlée", dans des conditions de durabilité. Le contrôle de ces activités peut être envisagé à travers un programme d'exploitation durable des ressources naturelles. Il implique cependant une volonté politique affirmée de la part du gouvernement et des autorités locales ainsi que la consultation et l'accord des utilisateurs du site.



**Photo 26:** La pratique de pâturage sur la dune.

- **Aménager des aires de stationnement et une voie carrossable :**

Ce dispositif permet aux véhicules de s'éloigner le plus loin possible de la dune, d'autant plus que la topographie de l'arrière zone le permet.

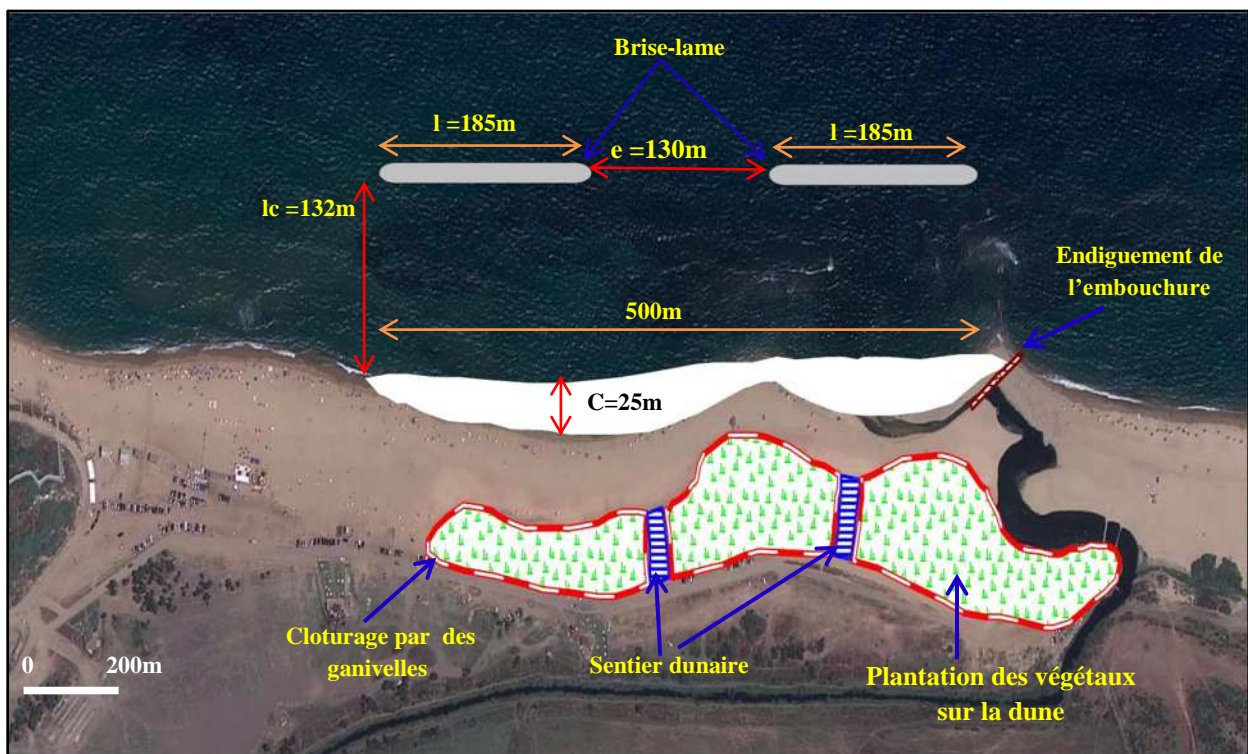
- **Canalisation de la dune :**

En vue d'éviter un piétinement abusif sur la dune et offre un accès à la plage, Il devra relier la route derrière le cordon à la plage par un sentier dunaire.



**Photo 27 :** Sentier dunaire (Source internet).

- La prévention d'aménagements consommateurs de milieux naturels (parcelles cultivées, construction, routes) permettrait de stopper la dégradation du site. La prévention ne peut être envisagée qu'à condition de planifier clairement l'aménagement du territoire, faire appliquer la législation et la réglementation existantes et si nécessaire introduire de nouveaux systèmes de régulation, notamment la 'loi littoral' n° 02.02 du 5 février 2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral.



**Figure 48** : Illustration du plan d'aménagement du littoral sableux d'El Kaddous.

# **Conclusion**

## Conclusion

---

La beauté, la richesse et la diversité du site et paysage balnéaire de la zone côtière du littoral sableux d'El Kaddous ont fait l'objet d'identification, de protection et de déclaration en ZET.

La zone côtière de Heraoua est sollicitée par l'homme vu sa nature avantageuse. Elle renferme une grande diversité naturelle. Elle possède un potentiel touristique significatif en raison de ses paysages, Une belle plage sablonneuse et suivis par un cordon dunaire qui constitue une richesse écologique considérable plus l'existence d'une étendue d'eau lacustre (lac de Reghaia) et de sa proximité de la capitale.

L'analyse diachronique de l'évolution de trait de côte indique que plage El Kaddous subit une légère érosion essentiellement à les extrémités de la plage, le recul est beaucoup plus au niveau de la partie Est que la partie Ouest de la plage.

Cette érosion marine a lieu sous les effets combinés du régime frontal des houles qui touche directement la plage et la pénurie de stocke sédimentaire qui est due essentiellement à les aménagements au niveau des provinces sédimentaires (Bassin de Isser, du Corso, l'endiguement de Oued de Reghaia) qui influent sur le transis sédimentaire.

L'étude sédimentologique effectuée au niveau de la plage El Kaddous nous a permis de constater que le sable de la plage généralement est un sable moyen à grossier bien classé, ce qui traduit l'exposition de la plage à des facteurs naturels assez forts.

Comprendre le milieu naturel qui entoure plage El Kaddous et sa dune bordière est essentiel pour mieux préserver son environnement côtier. La question centrale est de savoir comment gérer cet espace sans nuire aux milieux écologiques, sans compromettre certaines activités, sans générer des conflits, tout en répondant une gestion intégré et durable du site.

Dans ce contexte notre proposition a été faite en favorisant le choix d'un aménagement mixte : Aménagement léger traduit par la réhabilitation et la préservation de la dune bordière plus le rechargement artificiel de la plage, consolidé par un dispositif de protection lourd (implantation des brises- lames).

A la fin de notre étude on peut dire que ce travail est loin de l'exhaustivité et les résultats obtenus ont besoin d'être validés pour qu'ils soient plus fiables, c'est juste un essai d'élaboration un schéma de gestion et de préservation où nous avons étudié la faisabilité d'intégration d'un aménagement durable, dans cette perspective on a mené des études variées en vue de trouver des outils de gestion et de suivi et adoption des aménagements dans de meilleures conditions pour préserver l'état naturel du site.

# **Bibliographie**

### Ouvrages généraux

**BORLOO.J, 2010** .La gestion du trait de côte, Edition Quae, Paris, p189.

**LECLAIRE L, 1972** .la sédimentation de l'holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Bléares (Precotinent Algérien). Mémoire du Mesium D'histoire Nat ; nouvelle série c , science de la Terre,T.XX.IV, Fax –Unique ,Paris, p391.

**PASKOFF. R, 1985** (1<sup>er</sup> édition) -**1993** (2<sup>e</sup> édition). Les littoraux, Impact des aménagements sur leur évolution, Edition Masson, Paris, p69-74.

**PINOT. J, 1998**. La gestion du littoral. Tome I- Littoraux tempérés: côtes rocheuses et sableuses. Institut océanographique. Paris.p293-295.

**RIVIERE. A, 1977**. Méthodes granulométriques (Techniques et interprétations).Masson.Paris New York Barcelone Milan.

### Mémoires et thèses

**ADJOUT et al, 1994**. Zone côtière de la région de Réghaia: plage El Kaddous, mémoire d'ingénieur. ISMAL Dely Brahim.

**AI SID CHIKH.S, 2011**. Etude de protection de la plage de Palm Beach-Azur contre l'érosion : Recours à la modélisation numérique et physique, Thèse magister .ENSSMAL, Dely Brahim.

**BELAIDIS et RAHMAN.Z, 2000**.Pour une nouvelle approche de l'aménagement des ZET, cas de la ZET de Zeralda, mémoire d'ingénieur en aménagement du territoire, USTHB, Alger.

**BOUAKLINE.S, 2009**.Variation historique de la ligne de rivage et érosion côtière le long de la cote Est algéroise entre cap Matifou et l'embouchure de l'oued Reghaia, thèse magister en science de la terre, USTHB, Alger.

**BOUKAHEL.C et BENKHARFELLAH.S, 1999**.La plage de Stamboul (Bordj El Kiffan) et son environnement : Contribution à la réflexion sur les problèmes et perspectives d'aménagement et de protection d'un site balnéaire, mémoire d'ingénieur. ISMAL, Dely Brahim.

**DRICI. A et AINAS. S, 2006**. Contribution à l'aménagement durable et intégré d'un littoral sableux d'importance écologique : La plage El Kaddous (lac de Réghaia), mémoire d'ingénieur en Aménagement du littoral. ISMAL, Dely Brahim .

**HACHEMI. I et SADELI. N, 2010**. Contribution au projet de réserve naturelle " lac de Réghaia ": Approche de la réhabilitation de la zone côtière, mémoire d'ingénieur. ENSSMAL, Dely Brahim.

## **Références bibliographiques**

---

**HAMDIM et HADDAR.S, 2007.**Le littoral sableux du Mazafran Ouest : Etat, évolution et perspectives, mémoire d'ingénieur. ENSSMAL, Dely Brahim.

**GUESSAB.M et DELLI.I, 2011.** Développement durable du tourisme balnéaire "Cas de la région de Réghaia-Heroua », mémoire master en géographie et aménagement du territoire, USTHB, Alger.

# **Annexes**

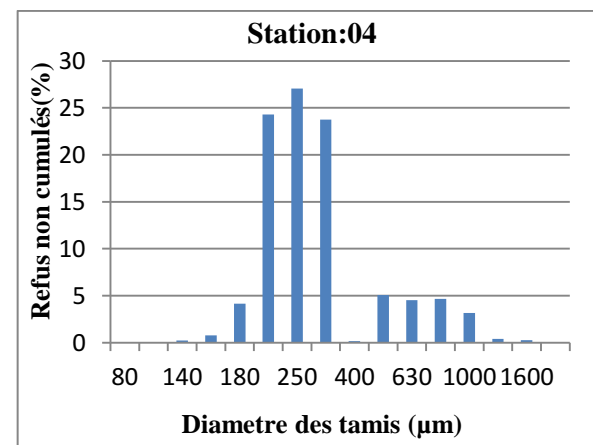
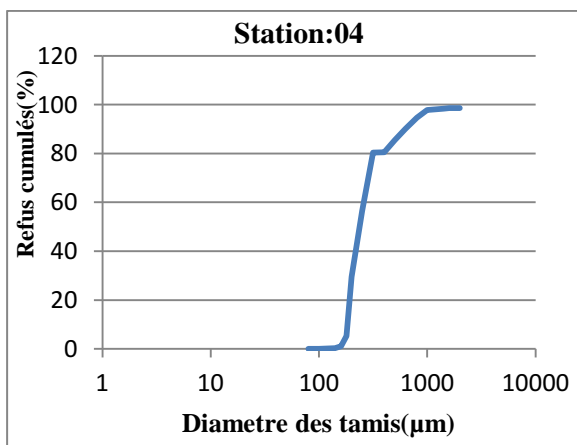
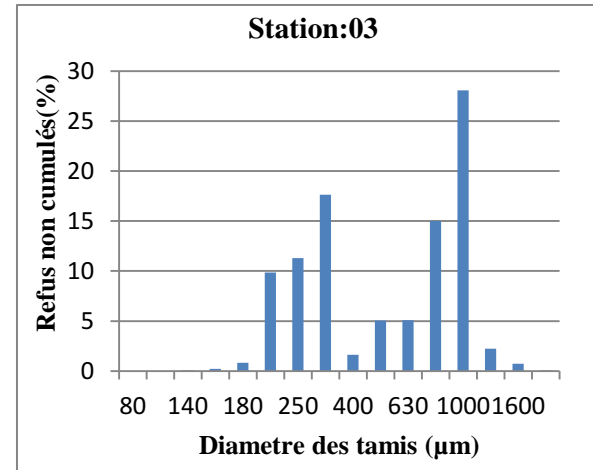
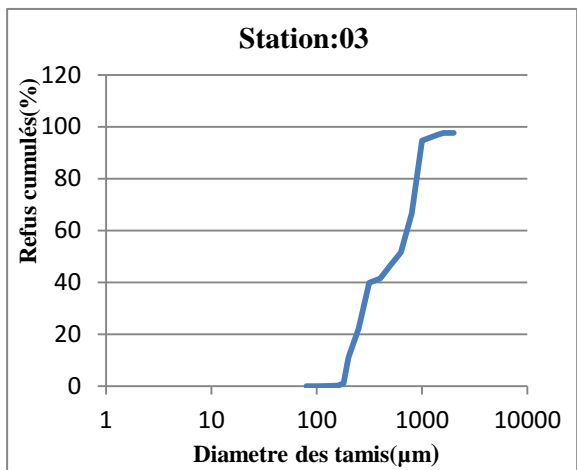
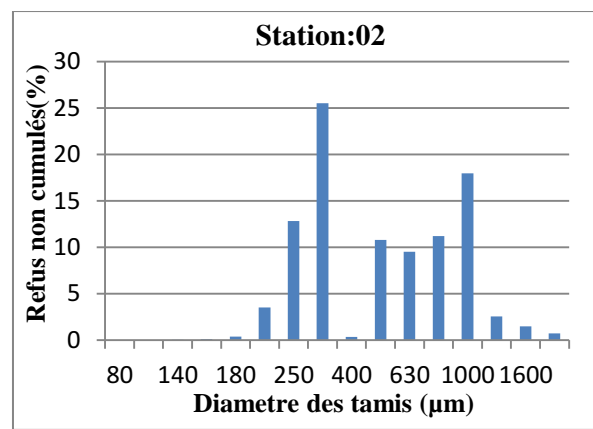
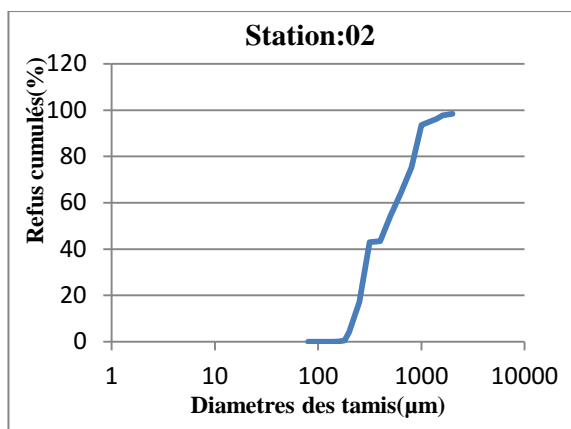
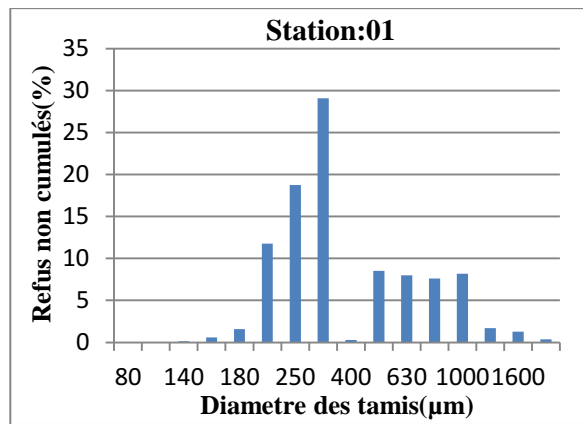
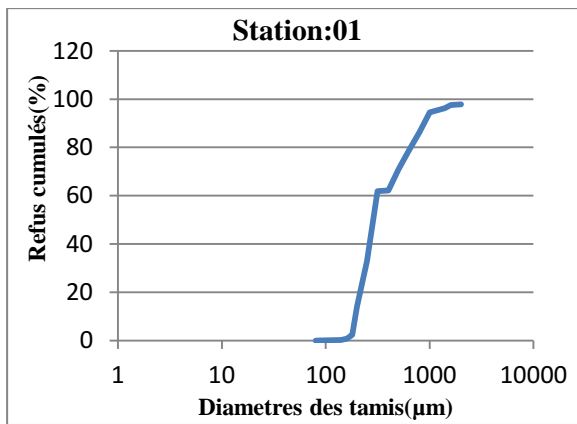
## Annexe 1: Exemple de fiche granulométrique.

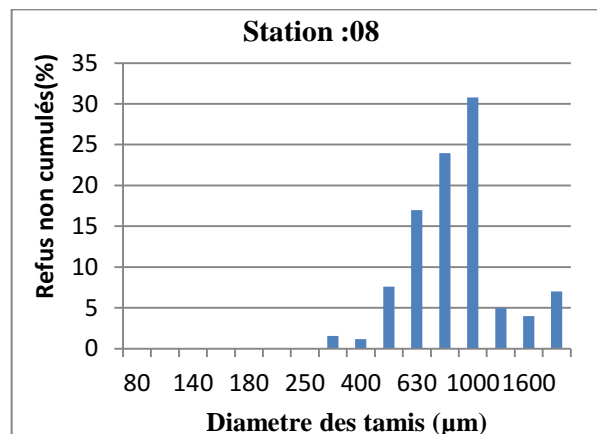
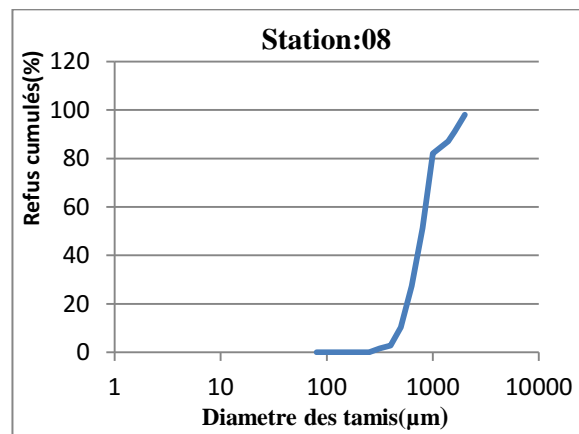
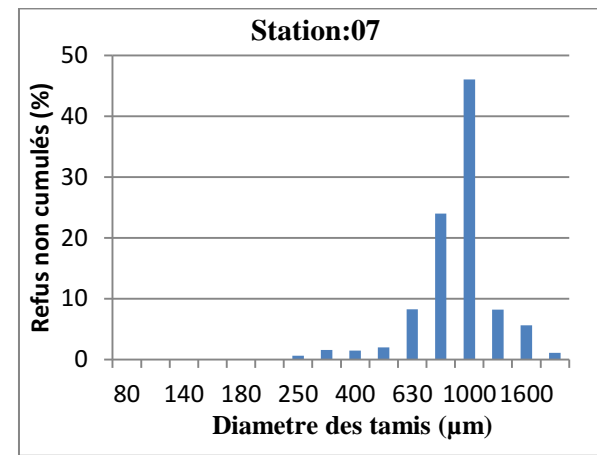
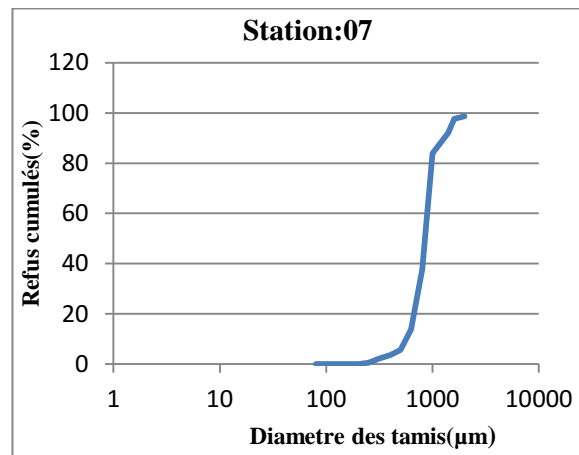
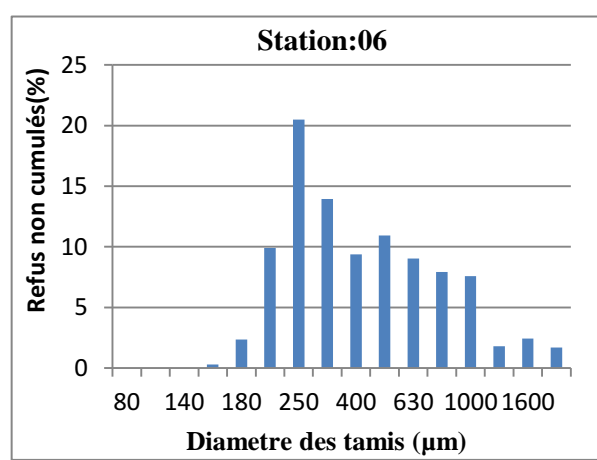
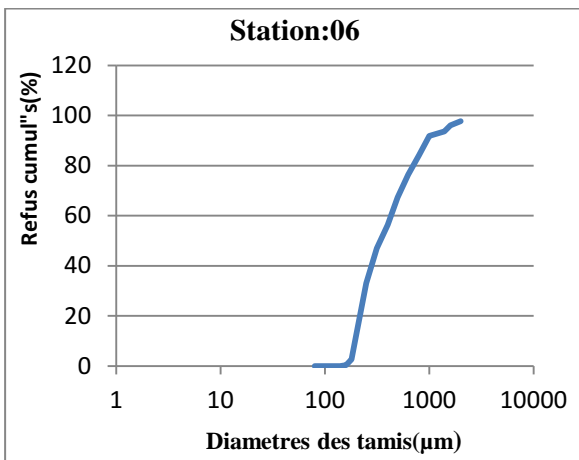
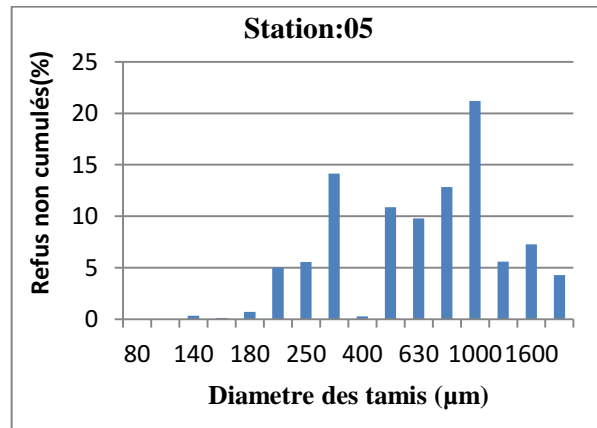
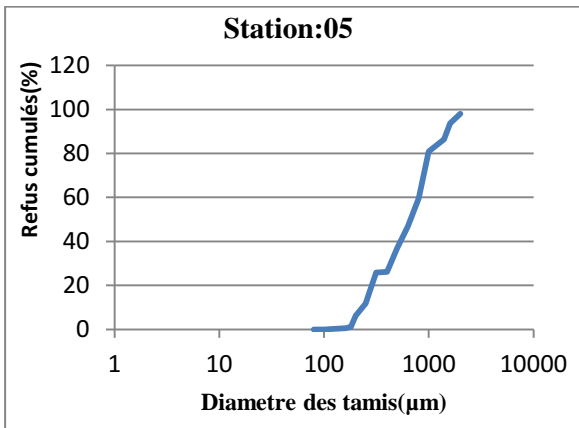
Date : 21/05/2012 Lieu : Plage El Kaddous					
		Station : S7 Profondeur		Poids initial 203g Poids final 200,38	
DIAMETRE	Poids des refus partiel(g)	Poids des refus cumulé(g)	% des refus cumulés	% de tamisât cumulés	Obs
2000	2,23	2,23	1,098522167	1,098522167	
1600	11,37	13,6	6,699507389	5,600985222	
1400	16,58	30,18	14,86699507	8,167487685	
1000	93,48	123,66	60,91625616	46,04926108	
800	48,65	172,31	84,8817734	23,96551724	
630	16,73	189,04	93,12315271	8,24137931	
500	3,98	193,02	95,08374384	1,960591133	
400	2,98	196	96,55172414	1,467980296	
315	3,2	199,2	98,12807882	1,57635468	
250	1,18	200,38	98,70935961	0,581280788	
200	0	200,38	98,70935961	0	
180	0	200,38	98,70935961	0	
160	0	200,38	98,70935961	0	
140	0	200,38	98,70935961	0	
100	0	200,38	98,70935961	0	
80	0	200,38	98,70935961	0	

## Anexe 2 : Résultat de calcul de dimensionnement de brise-lame.

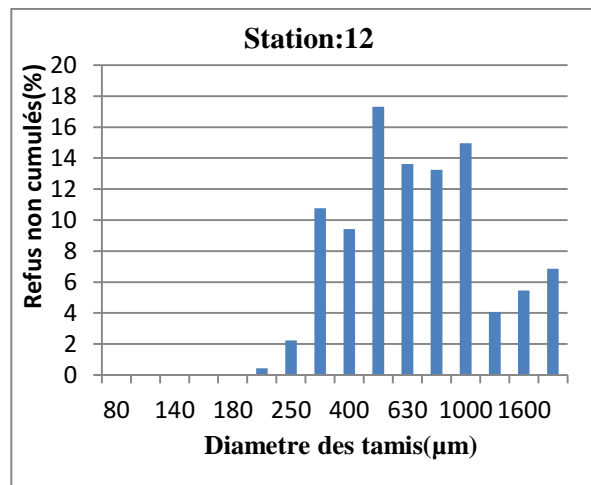
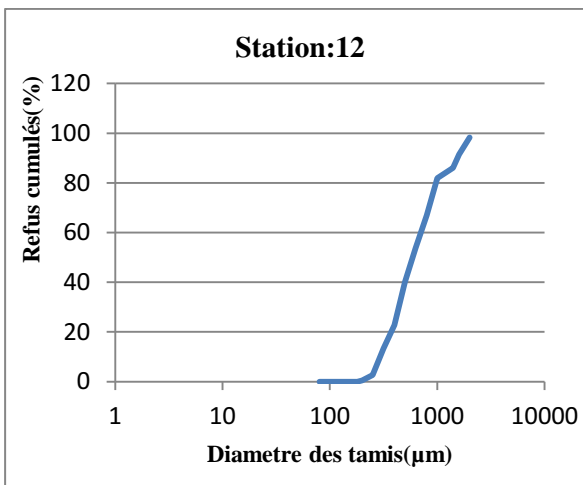
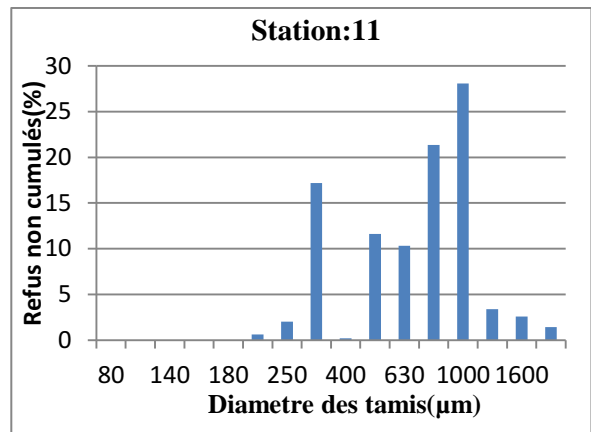
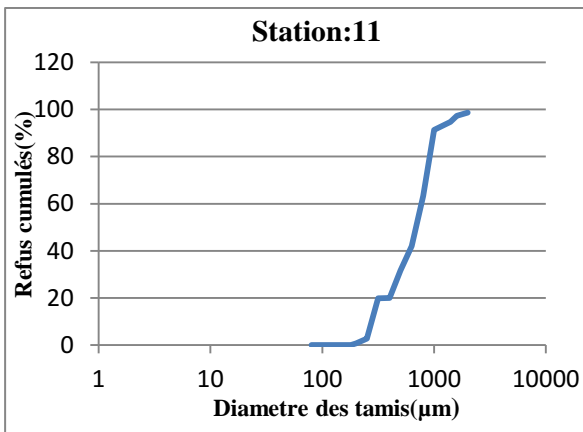
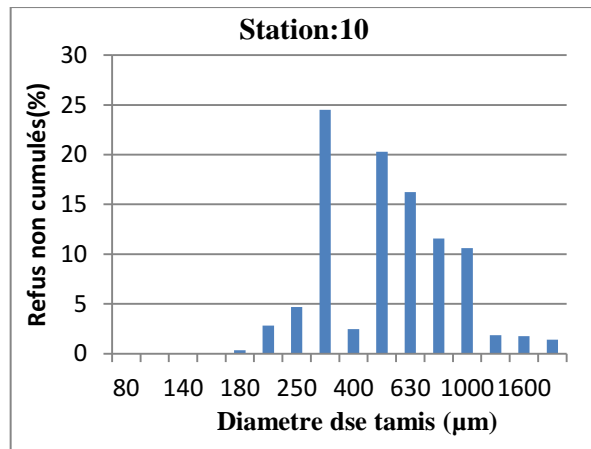
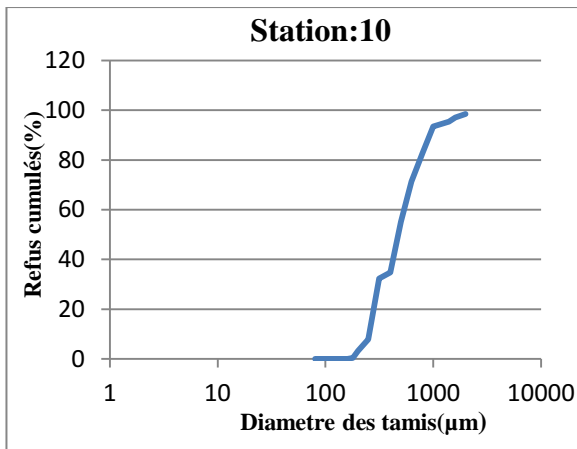
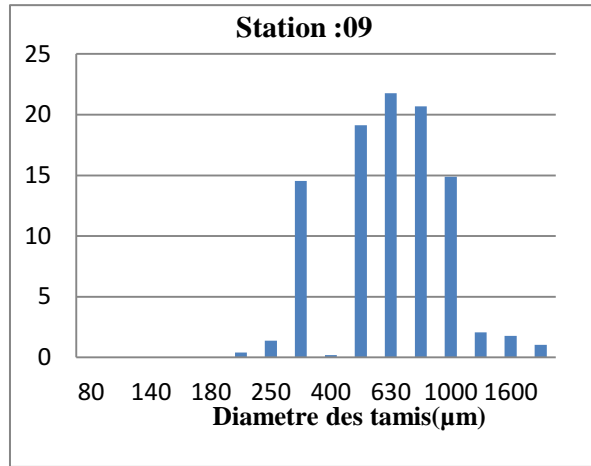
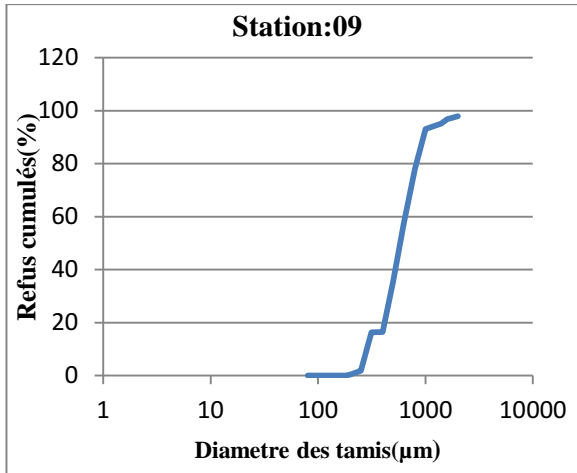
Partie de l'ouvrage	La formule	Application numérique	résultats	
				catégorie
Carapace	$W_{\text{carapace}} = \frac{\gamma_w * H d^3}{K_d \left( \frac{\gamma_r}{\gamma_w} - 1 \right)^3 * \cotg \alpha}$ $Dn_{50} = \sqrt[3]{\frac{W_{\text{carapace}}}{\gamma_s}}$ $E = n * K_t * Dn_{50}$	$W_{\text{carapace}} = \frac{2,65 * 2,67^3}{3,5 \left( \frac{2,65}{1,028} - 1 \right)^3 * 1,5}$ $Dn_{50} = \sqrt[3]{\frac{2,44}{2,65}}$ $E = 2 * 1,15 * 0,95$	<b>W= 2,44t</b>  <b>Dn<sub>50</sub>= 0,95m</b>  <b>E=2,5m</b>	[1-3t]
Butée de pied  Filtre	$W_{\text{butée}} = \frac{1}{10} W_{\text{carapace}}$ $Dn_{50} = \sqrt[3]{\frac{W_{\text{butée}}}{\gamma_r}}$ $E = n * K_t * Dn_{50}$	$W_{\text{butée}} = \frac{1}{10} * 2,44$ $Dn_{50} = \sqrt[3]{\frac{0,244}{2,65}}$ $E = 2 * 1,15 * 0,03$	<b>W= 0,244t</b>  <b>Dn<sub>B</sub>=0,03m</b>  <b>E=1m</b>	[200-500kg]
Le noyau				[0-500kg]
La largeur des bermes(l)	$L \geq 5m$	$L \geq 5m$	$l = 5m$	

Anexe 3 : Courbes granulométriques et histogrammes des échantillons prélevés.





Annexe



Annexe

