

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

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



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

OPTION : AMENAGEMENT DU LITTORAL

Thème :

**Contribution au projet de réserve naturelle "lac de Réghaia":
*Approche de la réhabilitation de la zone côtière***

Présenté par :

- M^{elle} HACHEMI Imane
- M^{elle} SADELI Namia

Soutenu le 19/07/2010 devant le jury suivant :

M ^{me} HOUMA BACHARI	(Maître de conférences)	Présidente
Mr LARID Mohamed	(Maître de conférences)	Promoteur
Mr BELKESSA Rabeh	(Maître de conférences)	Examineur
M ^{me} MEHDID Sonia	(Maître assistante)	Examinatrice

Promotion : 2010

Sommaire

SOMMAIRE

Introduction générale.....	1
Chapitre I : Le projet de la réserve naturelle	
1. Cadre général.....	2
1.1. Situation géographique et administrative.....	2
1.2. Historique.....	3
1.3. Occupation des sols.....	3
1.4. Relief et hydrologie.....	4
1.5. Climat.....	5
1.6. Géologie.....	6
1.7. Pédologie.....	6
2. Contexte naturelle et anthropique	7
2.1. Un écosystème côtier complexe.....	7
a) La zone marine.....	7
b) Le secteur côtier sableux	8
c) La partie marécageuse.....	8
d) Le plan d'eau lacustre.....	9
e) La ceinture boisée.....	9
2.2. Activités et pression humaine.....	9
a) Population.....	9
b) Activité agricole.....	11
c) Elevage.....	12
d) Pole industriel Rouiba – Réghaia.....	12
e) Station d'épuration.....	13
f) Station de pompage.....	13

g) Centre cynégétique.....	14
h) Tourisme.....	14
3. L'analyse de durabilité.....	14
3.1. La méthode ADSP et les différents volets de l'analyse de durabilité ' <i>lac de Réghaia</i> '.	14
3.2. Présentation et choix des indicateurs de durabilité.....	17
3.3. Les tendances lourdes et Alternatives.....	20
3.4. Des actions compatibles et intégrés.....	21
Conclusion	23

Chapitre II : La réhabilitation du littoral sableux

1. Généralités sur la plage El Kaddous.....	24
1.1. Localisation et situation géographique.....	24
1.2. Analyse du site par rapport à la région.....	24
2. Approche morphosédimentaire.....	27
2.1. Evolution du trait de côte.....	27
2.2. Quelques aspects topographiques : pentes et profils.....	30
2.3. Sédimentologie côtière.....	36
a) Granulométrie.....	36
➤ Résultat et interprétation.....	38
➤ Conclusion.....	41
b) Calcimétrie.....	42
c) Fraction pélitique.....	43
3. Perspective d'aménagement et de protection.....	45
3.1. Quelques données sur l'occupation du site.....	45
3.2. Restauration de la dune bordière.....	46
➤ Généralités sur la dune littorale.....	46
➤ Description de la dune bordière du site 'El Kaddous'.....	48
➤ Perspective d'aménagement et de protection de la dune..... bordière du site 'El Kaddous'	50

3.3. Alimentation artificielle de la plage.....	52
➤ Indications sur l'alimentation artificielle des plages.....	52
➤ Esquisse bathymétrique du site.....	54
➤ Exposé des motifs d'une alimentation artificielle de la plage 'El Kaddous'.....	55
➤ Détermination du secteur de chargement.....	56
➤ Estimation du volume de chargement.....	56
➤ Optimisation du volume du chargement.....	59
-Echantillon de carrière.....	61
-Echantillon local.....	62
-Caractéristiques statistiques de la formule de KRUMBEIN.....	63
Conclusion Générale.....	65

Index

Liste des cartes:

Carte 1: La situation et la délimitation de la réserve naturelle de Lac de Réghaia.....	3
Carte 2: Occupation des sols, délimitation du projet ‘réserve naturelle’.....	4
Carte 3 : Réseau hydrographique (établie et modifié à partir du document source.....	5
Carte 4: L’extension urbaine dans la zone humide du lac de Réghaia de 1980 à 2003	10
Carte 5: Etendue des sols cultivés et irrigués à partir du lac.....	12
Carte 6: Localisation de la zone industrielle Rouiba- Réghaia.....	13
Carte 7: Situation de la plage El Kaddous.....	25
Carte 8: Schéma de la situation de réserve naturelle de Réghaia.....	26
Carte 9: Présentation des profils aériens effectués au niveau de la plage El Kaddous.....	31
Carte 10: Présentation des stations des prélèvements effectués au niveau de la plage El Kaddous.....	37
Carte 11: Répartition des médianes sur la plage El Kaddous.....	41
Carte 12: Distribution des taux des carbonates sur la plage El Kaddous.....	43
Carte 13: Distribution des taux des pélites sur la plage El Kaddous.....	44
Carte 14 : Occupation de sol de la plage El Kaddous.....	46
Carte 15 : Situation de la dune bordière au niveau du site.....	50
Carte 16 : Principes de protection et d’aménagement de la dune bordière du El Kaddous...	51
Carte 17 : Bathymétrie de la parti soumarine de la plage El Kaddous.....	55
Carte 18 : Délimitation du secteur proposé au chargement.....	56
Carte 19 : Positionnement des profils de chargement.....	57

Liste des figures:

Figure1 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN appliqué au lac de Réghaia (source Chalal 2006).....	6
Figure 2 : La bande d'équilibre (Coudert, Larid – 2007).....	16
Figure 3 : Schéma Radar (AMOEBA).....	16
Figure 4 : Marge et Echelles de durabilité de l'indicateur volume d'eaux usées.....	18
Figure 5 : Amoeba 2005.....	20
Figures 6 et 7 : Projection des scénarios tendanciel et alternatif : horizon 2015.....	20
Figure 8 : Evolution du trait de cote (1972-1999-1999).....	29
Figure 9 : Allure de l'évolution du trait de cote.....	30
Figure 10 : Profils aériens du profil1.....	33
Figure 11 : Profils aériens du profil2.....	33
Figure 12 : Profils aériens du profil3.....	34
Figure 13 : Profils aériens du profil4.....	34
Figure 14 : Faisceau des courbes granulométriques de la plage El Kaddous.....	39
Figure 15 : Exemple d'histogramme unimodale de la station 3.....	39
Figure 16 : Exemple d'histogramme bimodale de la station 1.....	39
Figure 17 : Exemple d'histogramme multimodale de la station 7.....	40
Figure 18 : Histogramme de distribution des taux des carbonates.....	42
Figure 19 : Histogramme de distribution des taux des pélites.....	43
Figure20 : Nomenclature des sables selon la largeur des particules.....	47
Figure 21 : Zonation de la végétation sur la dune.....	48
Figure 22 : Profil origine et dechargement.....	58
Figure 23 : Méthode géométrique de calcul de la surface de chargement.....	58
Figure 24 : Courbe granulométrique de l'échantillon decarrière.....	61
Figure 25 : Histogramme de l'échantillon de carrière.....	61
Figure 26 : Courbe granulométrique de l'échantillon local« S6 ».....	62
Figure 27 : Histogramme de l'échantillon local « S6 ».....	62

Liste des photos:

Photo 1: La zone humide côtière de Réghaia (Larid - 2008).....	7
Photo2 : Ile Bounetah (île Agueli).....	7
Photo 3 : Herbier de <i>Posidonia oceanica</i>	7
Photo4 : Végétation de la dune littorale.....	8
Photo 5 : Ecosystème dunaire.....	8
Photo 6 : Ecosystème marécageux.....	8
Photo7 : Flore lacustre.....	9
Photo 8 : Ceinture boisée.....	9
Photo 9 : Maquette de la station d'épuration de Réghaia.....	13
Photo 10 : Emprise de la ZET.....	14
Photo 11 : Localisation de la plage El Kaddous.....	24
Photo 12 : Représentation des axes de mesure sur une photo Aérienne 1/2000.....	28
Photo 13 : Théodolite utilisé pour les relevés.....	32
Photos 14 et 15 : Microfalaise au niveau du trait de cote partie Est (profil 1 et 2).....	35
Photos 16 et 17 : La dune bordière du secteur Est de la plage El Kaddous.....	35
Photo18 : Végétation de la dune bordière.....	48
Photo 19 : Pratique du pâturage anarchique.....	49
Photo 20, 21, 22, 23 et 24 : Quelques exemples d'illustration en aménagement et protection De la dune littorale.....	52

Liste des tableaux

Tableau 1: Précipitations moyennes mensuelles de la zone humide de Réghaia (1995-2004): source ONM.....	5
Tableau 2 : Les indicateurs – clés.....	18
Tableau 3 : Valeurs et correspondance en durabilité – 2005.....	19.
Tableau 4: Matrice reliant les domaines d’actions et les indicateurs-clés.....	21.
Tableau 5 : Matrice des cohérences entre les actions du scénario global.....	22.
Tableau 6: Evolution du trait de cote (1972-1980-1999).....	29
Tableau 7: Distance, dénivelé et pente du profil 1.....	33.
Tableau 8: Distance, dénivelé et pente du profil 2.....	33.
Tableau 9: Distance, dénivelé et pente du profil 3.....	34.
Tableau 10: Distance, dénivelé et pente du profil 4.....	34.
Tableau 11: Limites de So.....	36.
Tableau 12 : Limite de skweness.....	38
Tableau 13: Limite du coefficient d’uniformité.....	38
Tableau 14 : Limite de coefficient de courbure.....	38
Tableau 15: Fractiles et modes pour chaque échantillon.....	40
Tableau 16: Indices et coefficients granulométriques.....	40
Tableau 17: Taux des Carbonates.....	42
Tableau 18: Teneurs des pélites.....	43
Tableau 19: Distance et profondeur du profil origine.....	57
Tableau 20: Distance et profondeur du profil de chargement.....	57
Tableau 21 : Calcul géométrique des surfaces de rechargement.....	59
Tableau 22 : Fractiles de l’échantillon de carrière.....	61
Tableau 23 : Paramètres et indices de l’échantillon de carrière.....	61
Tableau 24 : Fractiles de l’échantillon local.....	62
Tableau 25 : Paramètres et indices de l’échantillon local.....	62
Tableau 26 : Reconversion des millimètres en unités Phi de l’échantillon de carrière.....	63
Tableau 27 : Reconversion des millimètres en unités Phi de l’échantillon local.....	63

Introduction
Générale

Introduction

La proximité de la mer a toujours attiré l'homme. La zone côtière lui a particulièrement offert, la possibilité d'exercer des activités économiques et sociales nécessaires à son évolution et son développement (transport, commerce, pêche, agriculture...) mais aussi un cadre pour sa détente et ses loisirs.

Les plages, en particulier, qui représentent le fondement du tourisme balnéaire si développé aujourd'hui, sont dynamiques par leur nature même, mais aussi très sensibles aux nuisances humaines et aux perturbations que les aménagements introduisent.

La zone humide côtière dite « lac de Réghaia » revêt une importance économique, sociale et écologique. C'est un site naturel caractérisé par un paysage spectaculaire, marqué par la présence de la mer, la plage, les dunes sableuses, les falaises, les forêts et maquis à végétation très variée, un plan d'eau douce (lac de Réghaia) et une richesse aviaire très attirante notamment au niveau de l'île Agueli. Elle a été inscrite sur la liste RAMSAR depuis 2003. Une étude d'analyse de durabilité a été menée en 2007 pour apprécier son état actuel de durabilité. Cette initiative s'inscrit dans le cadre d'un projet de '*réserve naturelle du lac de réghaia*' que les pouvoirs publics comptent réaliser. Elle a abouti à la définition d'un programme d'actions cohérentes et compatibles en vue d'orienter la zone humide vers un développement durable.

Parmi les actions retenues par la programme d'action, notre choix s'est porté sur celle qui consiste en la « **réhabilitation de la zone côtière sableuse** », plus précisément de la plage « Kaddous » et de sa dune bordière.

Ce présent mémoire présente une synthèse des résultats des travaux de l'Analyse de Durabilité Systémique et Prospective (ADSP), effectuée dans le cadre du Plan d'Aménagement Côtier Algérois (PAC - zone côtière algéroise). Il consiste aussi en une contribution à l'aménagement et à la protection de la plage Kaddous et de sa dune bordière.

Nos travaux sont répartis en deux grandes parties :

- Le premier chapitre comprendra le cadre général, le contexte naturel et anthropique du projet de la réserve naturelle du lac de Réghaia et une présentation de la méthodologie générale de son analyse de durabilité.
- Le deuxième chapitre porte sur une étude de la plage El Kaddous, pour laquelle nous avons effectué une approche morphosédimentaire (étude de l'évolution du trait de cote et des profils aériens transversaux, ainsi qu'une analyse sédimentologique). On achèvera notre travail par une **réflexion sur les perspectives d'aménagement et de protection**, à savoir la restauration de la dune bordière et l'alimentation artificielle de la plage El Kaddous, afin de minimiser les effets dégradants et créer un milieu de loisirs qui puisse répondre au confort des baigneurs, tout en préservant l'équilibre naturel du site.

CHAPITRE 1

Le projet de la réserve naturel

Sur le littoral Centre-est Algérois, la zone dite «*le lac de Réghaia* » est un site d'importance écologique de dimension internationale (Protection RAMSAR). C'est un milieu lacustre et marécageux, entouré d'une ceinture boisée et en retrait d'un linéaire côtier sableux qui s'ouvre sur des petits fonds marins remarquables. En égard aux pressions anthropiques qu'elle subit, pour cause principalement de son insertion dans l'aire métropolitaine Algéroise, son équilibre est de plus en plus menacé. Ce patrimoine naturel présente des enjeux, à caractère écologique, socio économique et des problèmes en relation avec sa gestion. Pour son plan de sauvegarde, les pouvoirs publics ont retenu l'idée de projet de mise en réserve naturelle de la zone humide et de toute la partie côtière - marine adjacente. Dans cette perspective, de nombreux travaux ont été réalisés en vue de dégager un plan d'aménagement et de gestion. En plus, ce site naturel sensible a fait l'objet de plusieurs études et analyses à caractère scientifique et universitaire¹.

La disponibilité et l'exploitation de toutes ces données permettent de réaliser un bilan socio environnemental de la zone, et d'en tirer un diagnostic relatif à sa problématique et à ses perspectives d'aménagement, de valorisation et de protection.

Dans cette première partie nous tenterons d'inventorier, de collecter et d'exploiter la documentation existante pour réaliser une synthèse des enseignements donnés et informations sur la motivation et le contenu du projet de réserve naturelle. Pour cela, nous développerons brièvement 3 principaux volets à savoir :

- Le cadre général
- Le contexte naturel et anthropique
- L'analyse de durabilité

1. Cadre Général

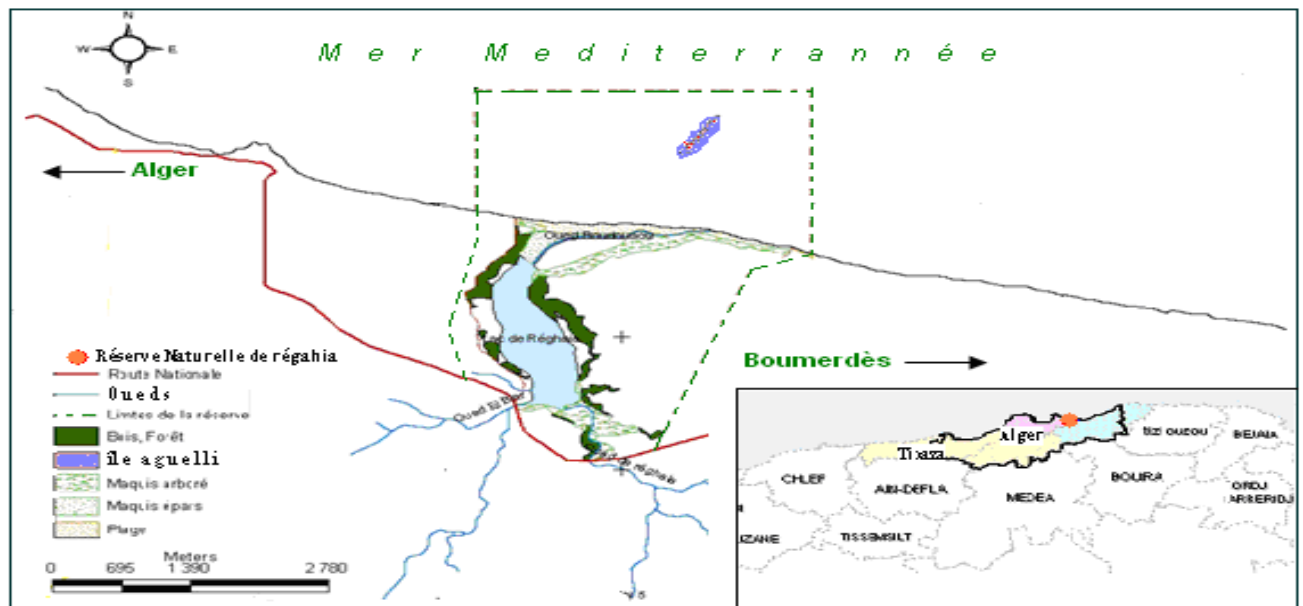
1.1. Situation géographique et administrative :

Le projet de réserve naturelle « zone humide de Réghaia » s'étend sur une superficie d'environ 1400 hectares. Elle se situe entre 3° 19' et 3° 21' Est et entre 36° 45' et 36° 48' Nord. Son altitude est de 04 à 35 mètre. Le territoire de la réserve se trouve à cheval sur deux communes Réghaia et Heraoua.

La commune de Réghaia est une commune de la wilaya d'Alger, elle se situe à 30 km à l'Est de centre d'Alger et à 14 km de la ville de Boumerdes.

La réserve est accessible à l'Ouest par la route de la plage El kaddous, au Sud par la route nationale N°24 (Ain Taya-Boumerdes), à l'Est par la route de la plage de Réghaia et au Nord par la mer Méditerranée (carte 1).

¹ Nous citons plus particulièrement les travaux de **BELLATRACHE. M**, 1987, **CHALLAL.F** et **YAHIAOUI**, 2005, **DRICI. A** et **AINAS.S**, 2006,Cf. références en bibliographie. Nos autres sources d'informations proviennent aussi l'étude de la zone humide dans le cadre du Plan d'Aménagement du littoral Algérois (PAC – Zone côtière Algéroise), de l'approche de sa gestion intégrée et de son analyse de durabilité. Les références de tous ces travaux sont également mentionnées en bibliographie.



Carte 1: la situation et la délimitation de la réserve naturelle de Lac de Réghaia (*Elaborée à partir de la carte topographique 1/25000* . Larid, 2008)

1.2. Historique :

Le marais de Réghaia, unique vestige de la Mitidja marécageuse, a subi durant la colonisation Française, plusieurs tentatives d'assèchements. En 1930, pour répondre aux besoins d'irrigation des terres agricoles, l'administration Française a procédé à la construction d'une digue en amont de l'embouchure de l'oued de Réghaia, dans le but de collecter les eaux du lac. Pour prélever de ces eaux lacustres à des fins d'irrigation, des équipements de pompes ont été mis en place durant la période 1932 - 1968.

Après l'indépendance, d'autres travaux ont été réalisés au niveau de la zone humide de Réghaia entre 1970 et 1974, comme les actions de désenvasement et la réalisation d'un canal débouchant en mer Méditerranée. En 1983, une station d'épuration a été créée. En 1999, le site est protégé par arrêté numéro 1844 de la wilaya d'Alger. En 2003, le marais de Réghaia est inscrit sur la liste de la convention de RAMSAR.

1.3. Occupation des sols :

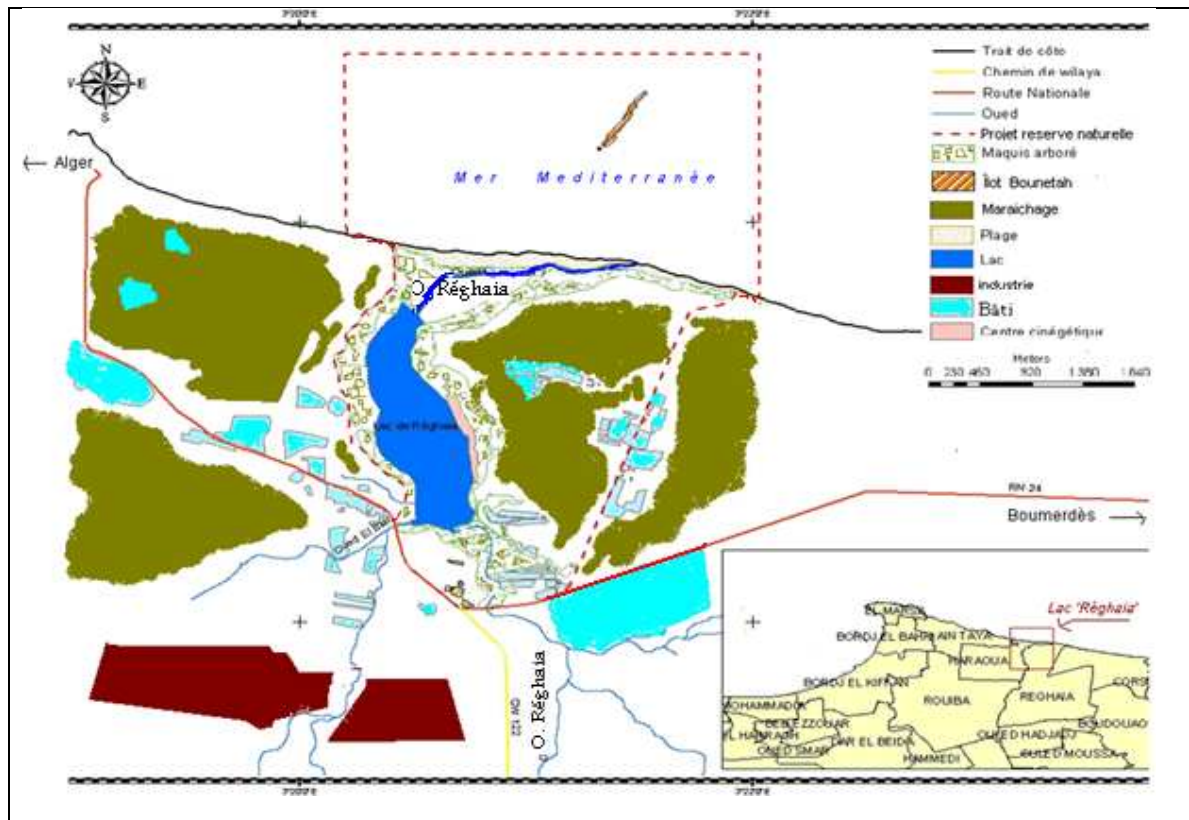
La zone terrestre de la réserve est évaluée à 600 hectares. Ses différentes composantes s'établissent comme suit :

- Plan d'eau lacustre : 75 hectares
- Terres agricoles : 416 hectares
- Terrain à vocation forestière : terres incultes, landes : 24 hectares.
- Bâtiments et autres constructions : 10 hectares.

La superficie de la zone marine centrale est estimée à 863 hectares.

La région dans laquelle s'insère la zone humide est aussi caractérisée par l'existence d'une importante zone industrielle, un tissu urbain assez dense et des zones d'habitat précaire éparses.

La carte d'occupation des sols, élaborée à partir des données du Plan d'aménagement Côtier Algérois (PAC) se présente comme suit :



Carte 2 : Occupation des sols, délimitation du projet 'réserve naturelle' (M. Larid)

1.4. Relief et Hydrographie :

Le lac de Réghaia est situé à une altitude de moins de 10 mètre du niveau de la mer. Le plan d'eau s'étend sur une superficie de 75 hectares. Quatre plateaux le surplombent :

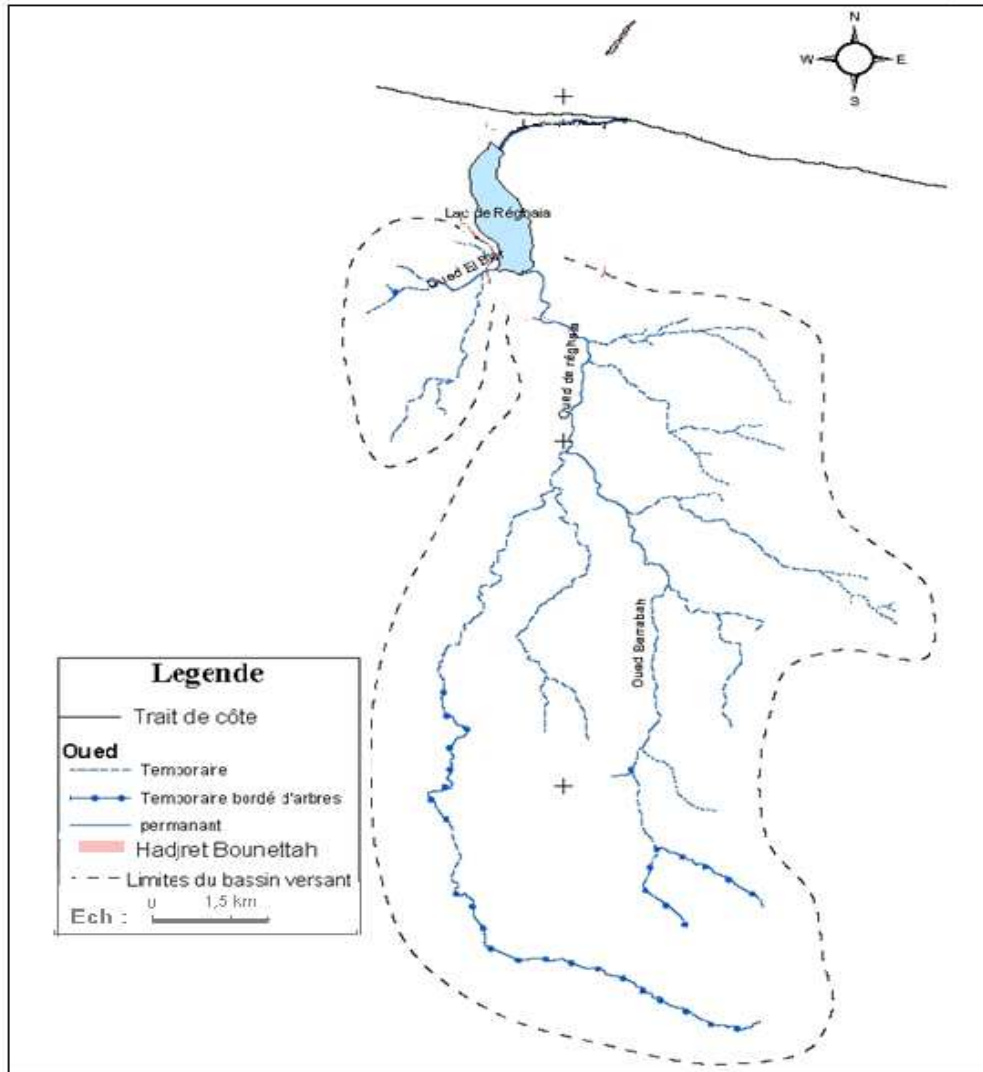
- Le plateau Ouest, situé dans la commune de Heraoua, est constitué de falaises à pente plus ou moins abrupte, aboutissant à la plage.
- Le plateau Est aboutit à la plage de Réghaia, une falaise le sépare de la plage.
- Le plateau Sud formé de Terrasse se terminant au Sud de l'oued Réghaia par des marécages.
- Le plateau central constitué par la zone de oued Réghaia et formé par de mini-bassin versants, l'un à l'Est où se trouvent les domaines agricoles Saidi et Ali Khoja, qui est actuellement occupé par le centre cynégétique et la station d'épuration et de pompage, et l'autre à l'Ouest où se trouve le domaine agricole Boudhane et douar Ain Elkahla.

Les eaux de lac proviennent des eaux de précipitations et l'affleurement des eaux des nappes.

Le lac de Réghaia est alimenté par trois cours d'eaux (carte 3):

- Oued de Réghaia : la superficie de son bassin versant est de 75 km² dont une part de 25 km² est constituée par un territoire monticuleux le reste est une plaine inclinée vers la mer. Il est alimenté par deux affluents à savoir Oued Guesbai et Oued Berraba.
- Oued El Biar : sa longueur est de 4075 m et son bassin versant de 20 km². Cet oued prend naissance aux environs de la zone industrielle Rouiba-Réghaia et traverse en grande partie des champs avant de se déverser au niveau du lac.
- 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 75 km².

Les eaux de ruissellement de lac de Réghaia sont douces mais polluées par les divers rejets industriels, urbains et agricoles, en plus de la mauvaise qualité des eaux du lac, la station d'épuration est en très mauvais état de fonctionnement. Elle assure le traitement mécanique des polluants organiques, eaux usées domestiques, alors que le traitement chimique des rejets n'est pas fonctionnel. La quantité d'eaux traitées est de 25 à 30 m³/j au lieu de 1000m³/j.



Carte 3: Réseau hydrographique (établie et modifié à partir du document source – Chaalal, 2006).

1.5. Climat :

Réghaia est classée dans le subhumide doux, caractérisé par des températures maximales de 32.89 degrés au mois d'août et de 16.94 degrés au mois de janvier. Les précipitations sont extrêmement variables; le mois de janvier représente le mois le plus arrosé avec en moyenne 92 mm et le mois de juillet est le plus sec.

Tableau 1 : Précipitations moyennes mensuelles de la zone humide de Réghaia (1995-2004) : source ONM.

Mois	Jan	Fév	Mars	Avl	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec	Année
Prec. Moyen. (mm)	92,4	75,4	45	64,1	46	7,15	1,95	16,5	24,7	44,2	93	86,9	597,4

Le marais de Réghaia est situé dans l'étage bioclimatique subhumide méditerranéen et se caractérise par une saison humide de 07 mois et une saison sèche de 05 mois qui correspond à la période estivale.

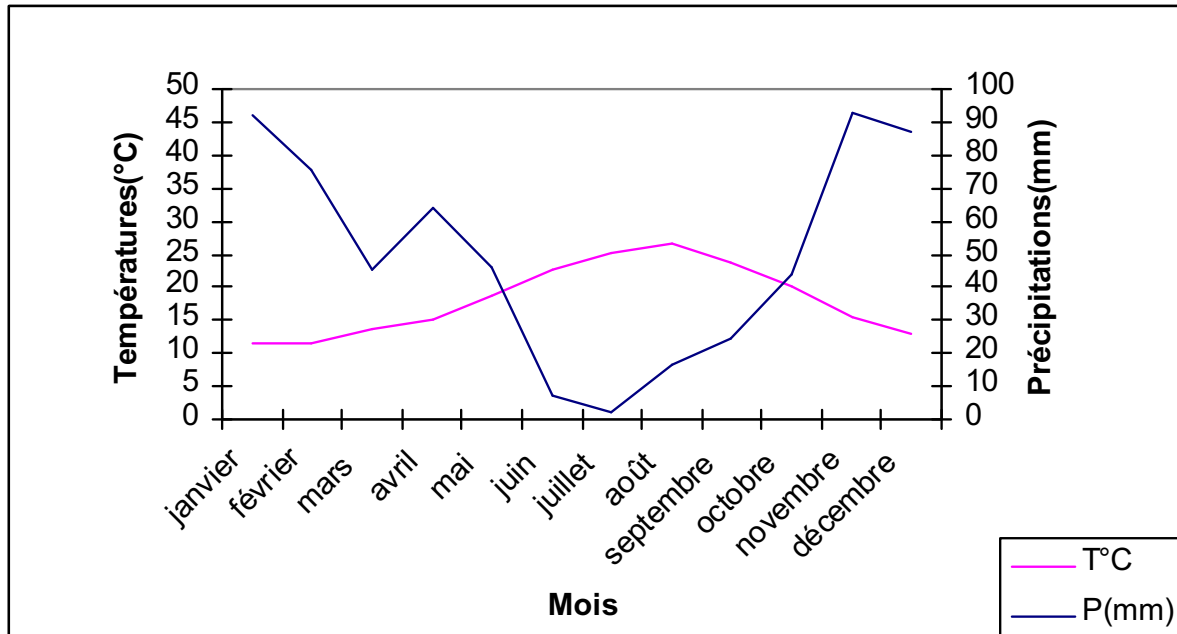


Figure 1 : Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN appliqué au lac de Réghaia. (Source Chaalal, 2006).

Les vents sont souvent faibles et modérés. La direction prédominante est de Nord-ouest. Le sirocco souffle en moyenne de 5 jours/an. Les orages sont fréquents surtout en hiver et en automne avec une moyenne de 23,3 jours /an.

La période humide englobe les trois saisons (automne, hiver et printemps) et la période sèche correspond à l'été.

1.6. Géologie :

La zone de Réghaia appartient au substrat Mitidjien à remplissage néo-plio quaternaire (Glangeaud et Mutin DGF, 2002).

La Mitidja est un synclinal post astien rempli des dépôts de pliocène supérieur, synclinal néogène de dépôt fin de miocène et du palioquaternaire (Rivoird, 1952). Les principaux faciès géologiques sont de type alluvionnaire et marécageux. Les faciès du quaternaire récent et actuel se composent de dépôts marins et de dépôts lacustres, d'alluvions récents, caillouteuses et limoneuses, de dunes consolidées, de lumachelle à pétoncles, poudingues et grès marin de sable argileux et alluvions anciennes du quaternaire.

1.7. Pédologie :

La zone de Réghaia présente un sol à tendance sablo-limoneux, par contre la partie centrale et caractérisée par une terre à tendance argileuse, constituée par des sols bruns Méditerranéens et des sols rouges brunifiés.

2. Contexte naturel et anthropique

2.1. Un écosystème côtier complexe

L'espace concerné par le projet de réserve naturelle 'lac de Réghaia' s'étend du l'îlot Agueli au Nord jusqu'au contrebas aval du bassin versant de l'oued Réghaia au Sud. C'est un ensemble naturel complexe qui offre un paysage spectaculaire et un environnement diversifié, marqué par la coexistence de la mer, la plage, les dunes de sable, les falaises, une étendue d'eau douce (lac), des rebords forestiers et des replats agricoles. (Ksouri - 2006).

La réserve naturelle du lac de Réghaia se présente sous forme d'un patrimoine très diversifié et luxuriant qu'on peut classifier en plusieurs composantes (Photos 1).



Photo 1 : La zone humide côtière de Réghaia (Larid - 2008)

- a) **La zone marine :** Elle se distingue par le petit îlot Agueli qui se présente en une masse rocheuse d'une superficie de 2,12 km². Il s'érige face à la plage à environ 1 km vers le large, à une profondeur d'une dizaine de mètres en mer, il surpasse le plan d'eau à peu près de 7 m. La partie immergée de cette formation rocheuse joue le rôle de frayère pour de nombreuses espèces sous marines (*Asteriscus maritimus* et *Altheae officinalis*), quand à la flore marine elle se représente par *Posidonia oceanica* espèce endémique de la Méditerranée (PAC – Zone côtière Algéroise – 2004). L'îlot est aussi un lieu de séjour et de relais pour certains oiseaux rares tel que le *Grand Cormoran* et le *Goeland Lencophé*. (Bellatrache – 1987).



Photo 2 : Ile Bounetah (île Agueli).



Photo 3 : Herbier de *Posidonia oceanica*

- b) **Le secteur Côtier Sableux :**

La zone littorale est constituée de falaise de sable consolidé (grés). Ces falaises sont couvertes d'une végétation *halophiles* particulière. La plage dont la longueur dépasse les 1500 m, s'adosse à l'intérieur des terres sur un cordon dunaire remarquable qui constitue une barrière naturelle entre la plage et le lac. Ce cordon dunaire est caractérisé par une végétation développée en bandes étroites le long de la côte, en fixant le sable. Cette végétation est représentée par des groupements à *Pancratium Maritimum*, *Lotus Creticus*, *Amophila Arenaria* et *Chamaerops Humilis* (Atlas DGF – 2002). Ce secteur littoral sableux fera l'objet d'une étude plus poussée dans la deuxième partie de ce présent travail.



Photo4 : Végétation de la dune littorale



Photo 5 : Ecosystème dunaire

c) La partie marécageuse :

Elle est représentée par des minces marres d'eaux stagnantes qu'on peut observer tout le long des rives du lac et vers la partie aval de la digue. Elle joue un rôle important comme habitat idéal pour la nidification de nombreuses espèces comme *le Héron*, *l'Avocette* et *le Canard Colvert* (Bellatrache – 1987). Les plantes aquatiques émergentes dominantes du paysage de ce site sont à base de *Phragmites communis* et les *Typhas latifolia* enrichies au printemps par *Scirpus lacustris* et *l'iris*. (Ksouri - 2006)



Photo 6 : Ecosystème marécageux

d) Le plan d'eau lacustre :

Il est représenté par un réservoir permanent d'eau douce d'une superficie de plus de 75 hectares. Les berges du lac sont colonisés par des groupements de plantes hydrophiles telle que *Typha latifolia*, *Phragmites communis* et *Scirpus lacustris*. (Atlas DGF – 2002).



Photo7 : Flore lacustre

e) La ceinture boisée :

La zone forestière est située sur des portions de terrains de part et d'autre du lac. Constituées essentiellement de maquis colonisant les contrebass du bassin versant immédiat du site. La végétation est une association d'*Olea Europea*, et de *Pistacia lentiscus* (Atlas DGF – 2002) surplombant le lac. La flore des forêts environnant le cordon dunaire, des falaises et des marécages est riche et diversifiée. Les inventaires réalisés estiment le nombre à 233 espèces soit l'équivalent de 13% de la flore de l'Algérie de Nord.



Photo 8 : Ceinture boisée

2.2. Activités et pression humaine :**a) Population :**

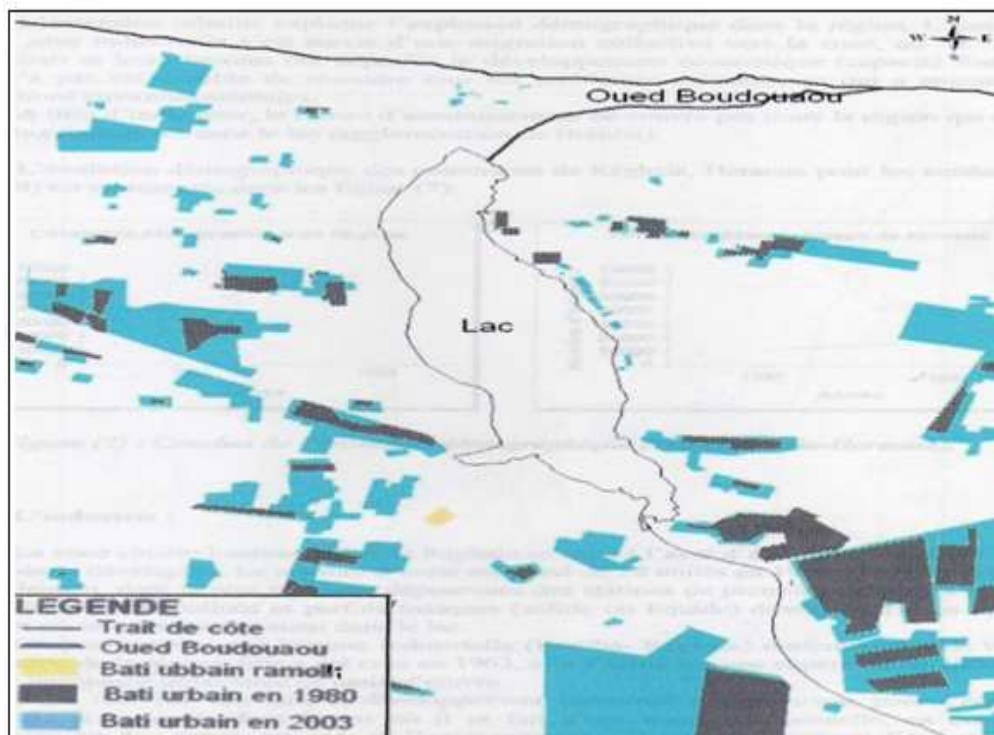
La zone côtière du lac de Réghaia est sollicitée par l'homme vu sa nature avantageuse. Elle renferme un grand nombre de ressources et possède un riche patrimoine naturel. Elle fournit aux populations riveraines les eaux d'irrigation agricole, des possibilités de chasse (Gibier d'eau) et possède un potentiel touristique significatif en raison de ses paysages, de l'existence de la plage, de l'étendue d'eau lacustre (lac) et de sa proximité de la capitale (Ksouri 2006).

La réserve naturelle de lac de Réghaia chevauche sur les deux communes de Réghaia et Heraoua.

-La commune de Réghaia couvre une superficie de 2669 hectares pour une population totale de 66 215 habitants (RGPA - 98). La surface urbanisée est estimée environ 1375 ha ce qui correspond à 51% de la surface communale. La densité au km² est de 2397 habitants (source ONS–RGPH - 1998) et le taux de croissance de 1987-1998 est de 3,31 %. Le potentiel naturel que recèle la commune est à l'origine d'un important déploiement d'activités et d'équipements (logements, routes...). La prolifération de bidonvilles le long des berges des oueds est un phénomène remarquable (1500 baraques au Sud au niveau d'El kerouche et 500 baraques derrières la briqueterie, (Chalal- ksouri - Larid).

-La commune de Heraoua s'étend sur une superficie de 1250 ha pour une population de 18 167 habitants. La densité au km² est de 1394 habitants, le taux de croissance de 1987-1998 est de 4,18%. Le tissu urbain de la commune de Heraoua se compose de l'agglomération chef-lieu et d'agglomération secondaires Braïda et Ain Elkahla. Il est caractérisé par une désorganisation totale de son cadre bâti et une absence de centres urbains. L'habitat est à dominance individuelle et en majorité spontané et illicite. Il regroupe quelques équipements d'accompagnement dont la superficie est de 8,7 hectare et une micro-zone d'activités de 12,75 hectares. Par ailleurs, dans cette commune on observe une prolifération accrue de bidonvilles, 1120 baraques sont recensées en 2004.

La pression démographique s'est traduit dans la réserve naturelle de Réghaia, par la prolifération de bidonvilles caractérisés par une urbanisation anarchique et spontanée, la superficie de tissu urbain a considérablement augmenté au dépend du secteur non urbanisable et particulièrement sur des terres agricoles fertiles. Cette situation engendre des pollutions notamment pour les déchets solides. Elle est accentuée par des dépotoirs altérant le paysage.



Carte 4 : L'extension urbaine dans la zone humide du lac de Réghaia de 1980 à 2003.

(Réalisée à partir des photos aériennes 1980-2003; échelle 1/10 000. Ksouri 2005)

b) Activité agricole :

L'ensemble de la Mitidja est à vocation agricole. Les communes de Réghaia et Heraoua en font partie, l'agriculture, activités économique source de revenus pour une bonne partie de la population vivante aux alentours du lac doit faire l'objet d'une attention particulière.

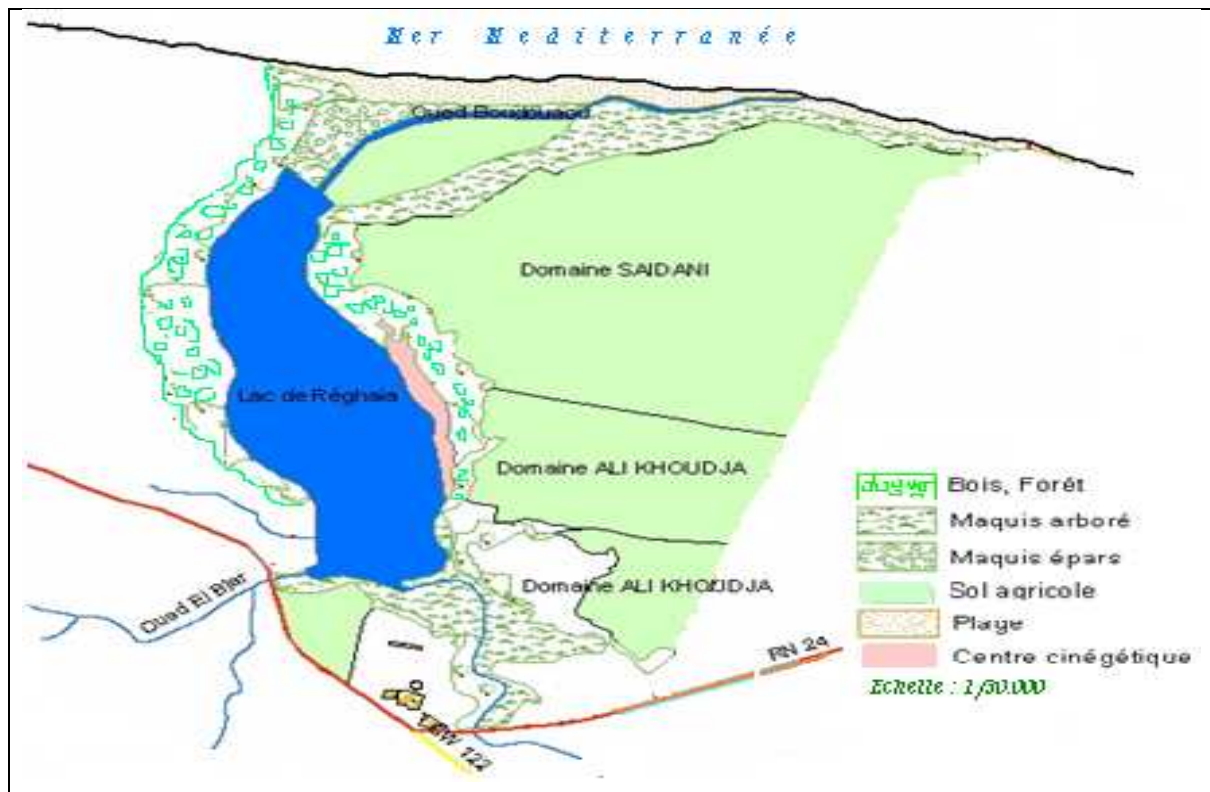
La superficie totale des terres irriguées en partie par les eaux du lac de Réghaia dépasse 1200 hectares. Selon les années, les eaux prélevées du lac servant à l'irrigation sont de l'ordre de 4 à 6 millions de mètres cubes.

Dans la Commune de Heraoua, la superficie concernée par l'irrigation à partir des eaux de lac et du barrage du Hamiz est de 900 hectares environ. Dans la partie Nord, une superficie de 210 hectares est concernée par les spéculations suivantes : Maraîchages 180 hectares, plasticulture 10 hectares, vignes 18 hectares, agrumes 2 hectares . Les alentours immédiats du lac sont cultivés sur environ 20 hectares qui appartiennent à des agriculteurs privés. Il est important de reconverter le maraichage (consommateurs d'eaux) en arboriculture fruitière et de pratiquer plus fréquemment la technique d'irrigation du goutte à goutte (économie d'eau). Depuis l'avenement des subventions accordées aux agriculteurs en 2002, on constate la plantation de 107 hectares de vignes, l'utilisation de la technique d'irrigation du goutte à goutte sur environ 18 hectares, l'utilisation de la technique d'irrigation par aspersion sur 160 hectares. Cette reconversion a entraîné une diminution du volume d'eau utilisé pour l'irrigation, donc une diminution du volume d'eau pompé à partir du lac.

Dans la commune de Réghaia, l'irrigation s'effectue à partir du bassin mixte Bouriah. Les superficies par spéculation sont de l'ordre de 124 hectares d'agrumes, 143 hectares de vignes, 800 hectares de maraîchages dont 30% sont irrigués à partir du lac et 12 hectares de plasticulture. Depuis l'année 2004 il a été réalisé un réseau d'irrigation de goutte à goutte pour environ 130 hectares. L'utilisation de la technique d'irrigation par aspersion concerne environ 90 hectares.

L'activité agricole exercée aux alentours du lac de Réghaia a des impacts directs sur la qualité de l'eau de ce dernier (pesticides, engrais et insecticides). Des analyses chimiques effectuées à partir des eaux de lac donnent des dépassements pour certains paramètres tel que la DBO₅, DCO, HPO₄, NH₄, et les matières grasses (Cf la partie suivante qui traite des indicateurs de durabilité).

Les constructions illicites de bidonvilles sur les berges de l'oued à proximité du lac et les nombreuses constructions sur les terres agricoles diminuent les surfaces agricoles et les milieux naturels. Il devient urgent de bloquer les extensions sur les terres agricoles fertiles.



Carte 5 : Etendue des sols cultivés et irrigués à partir du lac (Larid -2008)

c) l' Elevage :

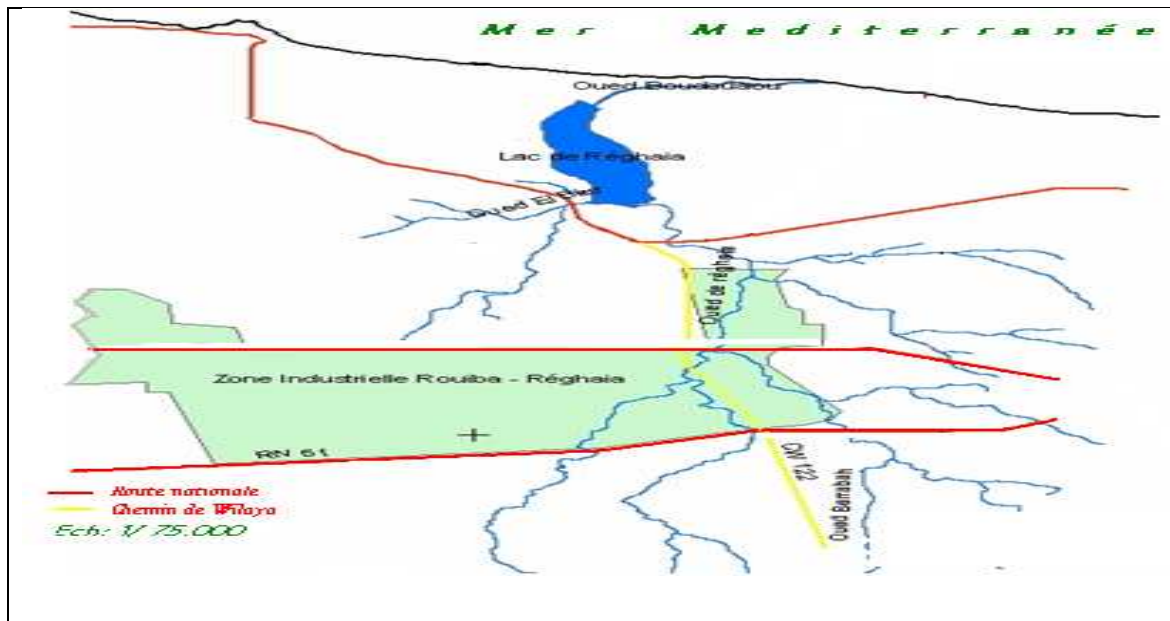
L'élevage est une pratique courante dans la zone. Le cheptel appartient aussi bien aux agriculteurs qu'aux indus habitants les bidonvilles. Concernant les effectifs, la direction de l'agriculture donne les chiffres suivants :

- Pour Réghaia, nous avons 690 têtes de bovins, 1048 têtes d'ovins et 230 têtes de caprins.
- Pour Heraoua, nous avons 440 têtes de bovins, 495 têtes d'ovins et 51 têtes de caprins.

d) Pole industriel Rouiba-Réghaia :

La zone humide du lac de Réghaia se situe à l'aval d'une zone industrielle qui ne cesse de se développer. Cette zone a été créée en 1963, elle s'étend sur une superficie de 1000 hectares, elle renferme actuellement plus de 150 unités où s'activent plus de 23 000 travailleurs entre autre dans la tannerie, la sidérurgie, et les produits détergents.

La zone industrielle de Rouiba - Réghaia représente plus de 95% de l'industrie de la région. On estime que les rejets non traités provenant de cette zone sont de l'ordre de 6 millions de m³/an qui représentent une véritable menace de la qualité de l'eau et du paysage ainsi l'équilibre écologique.



Carte 6 : Localisation de la zone industrielle Rouiba- Réghaia(Larid -2008)

e) Station d'épuration :

Créé en 1997 en amont du lac de Réghaia. Elle est prévue pour le traitement de 8 millions de mètre cubes en phase finale. Cette station assure uniquement le traitement primaire des eaux usées domestiques et industrielles provenant de plusieurs communes.



Photo 9 : Maquette de la station d'épuration de Réghaia.

f) Station de pompage :

En absence de lever bathymétrique, la capacité du marais n'est pas connue avec précision. Les services de l'hydraulique annoncent souvent le chiffre 4 millions de m³. Les apports de cette station sont estimés à 10 millions de m³/ans.

Les eaux pompées par la station sont acheminées par un bassin d'accumulation situé en amont de lac où elles sont mélangées avec les eaux de barrage de Hamiz et de la station de pompage des eaux sous terraines. Cette eau cumulée sert à l'irrigation d'une superficie agricole d'environ 1597 hectares.

g) Centre cynégétique :

Le CCR a été créé par décret en 1993 en appliquant de la loi relative à la protection de l'environnement. Le CCR produit notamment le canard col vert et les faisans. Des lâchers sont programmés pour répondre au souci de repeuplement de certains milieux naturels par le secteur des forêts. Petit à petit le CCR a servi de lieu de regroupement pour les nombreux chercheurs qui s'intéressent à ses différents écosystèmes et sa vocation naturellement évoluée vers la protection de ce milieu.

h) Le tourisme :

Les remarquables potentialités naturelles que recèle le site ne peuvent laisser indifférent le secteur du tourisme. La proximité et l'interférence des différents écosystèmes (marin, lacustre, forestier et agricole) suscitent toutes les convoitises et c'est naturellement que le tourisme s'intéresse à ce milieu. 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.

La suite logique de cet intérêt s'est traduite par la proposition de cet espace en zone d'extension touristique (ZET). Les pouvoirs publics, en érigeant cette zone très attractive en ZET envisagent certainement de mettre en place les équipements nécessaires à l'accueil des vacanciers en été. Ces équipements, s'ils sont surdimensionnés par rapport à la vocation de préservation envisagée par d'autres secteurs, peuvent générer des dysfonctionnements graves de l'écosystème.



Photo 10 : Emprise de la ZET

3. L'analyse de durabilité

Au cours des années 2003 – 2005 la zone côtière Algéroise a bénéficié d'un Programme d'Aménagement Côtier (PAC), intitulé *PAC – Zone côtière Algéroise*, réalisé par plusieurs équipes thématiques locales, en association avec les experts du PAM (Plan d'Actions pour la Méditerranée), basé à Athènes².

² Le programme d'aménagement côtier (PAC – zone côtière algéroise), a été élaboré en 2004 – 2005, sous l'égide du Plan d'Actions pour la Méditerranée (PAM / PNUE) et du Ministère Algérien de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. Il porte sur une région de 150 km de linéaire côtier et d'une superficie marine et côtière de 5200 km² environ. Les rapports et compte-rendus peuvent être consultés en ligne :

- www.pap-thecoastcentre.org/pdfs/Rapport%20final%20integre%20WEB.pdf
- [Plans d'Aménagement Côtier \(PAC\)](#)

Plusieurs thématiques ont été traitées (urbanisation, pollution, ressources hydriques, sites marins et côtiers sensibles, biodiversité,). Parmi elles, l'activité analyse de durabilité a introduit une nouvelle méthode **ADSP** pour évaluer l'état du système socio environnemental Algérois et proposer un programme d'action pour son développement durable (Larid - 2005). Dans cette lancée du programme PAC – zone côtière Algéroise et en rapport avec la décision des pouvoirs publics (DGF) de création d'une réserve naturelle, une étude d'analyse de durabilité a été menée en 2007. Le but de cette étude est double : apprécier l'état de durabilité actuelle de la zone humide et définir un programme d'actions cohérentes et compatibles, à même de l'orienter vers un développement intégré et durable (Larid -2008). Sur la base de l'exploitation des documents relatifs à ces travaux, nous tenterons de faire une synthèse qui se basera sur les points suivants :

- Une présentation succincte de la méthode
- Les différents volets de l'étude
- Le choix des indicateurs de durabilité
- Le travail de prospective
- Les actions retenues

3.1. La méthode ADSP

L'Analyse de Durabilité Systémique et Prospective (**ADSP**) est une démarche qui peut enrichir l'analyse d'un territoire en vue d'orienter son devenir, en proposant des actions intégrées. Elle permet d'évaluer et d'explorer le niveau de durabilité d'un système local dans le passé, le présent et l'avenir, à l'aide d'indicateurs et d'aider à choisir des objectifs à atteindre et à suivre les progrès du système vers le développement durable.

L'ancrage théorique et méthodologique de l'ADSP emprunte à de nombreux travaux relatifs à l'évaluation des territoires et à l'analyse systémique (HUGGETT. R – 1980, CHECKLAND, P.B - 1981, ECKERT. D - 1996), aux indicateurs et à la notion de leur seuil de durabilité (BELL. S et MORSE. S - 2002) et aux approche prospectives (GODET. M – 1997).

L'ADSP utilise des indicateurs et évalue un seuil de durabilité pour chacun d'eux. Sa dimension participative favorise non seulement l'implication des parties prenantes dans un projet qui intéresse leur avenir, mais aussi le décroisement entre disciplines, la fertilisation croisée entre de nombreux points de vue et la résolution de conflits entre objectifs différents.

Elle estime les valeurs minimum et maximum que l'indicateur peut atteindre et définit ainsi la marge de durabilité. Cette approche commune permet d'établir une bande d'équilibre qui encadre l'intervalle de durabilité compris entre la valeur durable supérieure et la valeur durable inférieure de l'indicateur (Figure 2).

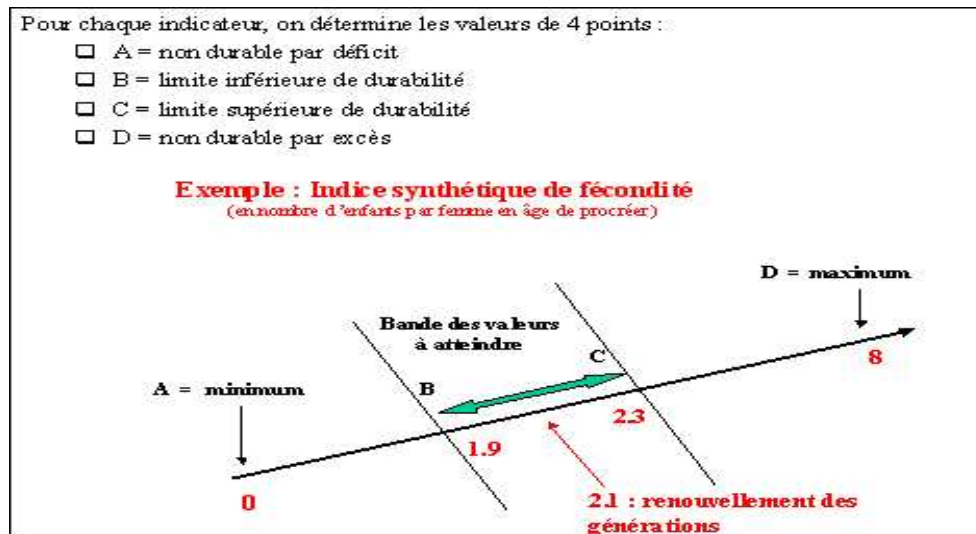


Figure 2 : La bande d'équilibre (Coudert, Larid – 2007)

On utilise un graphe (figure 3) de type AMOEBA, établi sous format *Radar Excel 2003*, pour représenter simultanément tous les indicateurs, ce qui permet de comparer leur positionnement par rapport à la bande d'équilibre et de donner une image de la durabilité d'ensemble du système. Dans une vision idéale de durabilité, tous les indicateurs doivent se trouver à l'intérieur de la bande d'équilibre. Tout dépassement, en déficit ou en excès, montre une occurrence non durable de la valeur des indicateurs correspondants et doit conduire à examiner les décisions qui sont à l'origine de ces dépassements et à rechercher des solutions qui permettraient de ramener la valeur de l'indicateur à l'intérieur de la bande d'équilibre (figure 2).

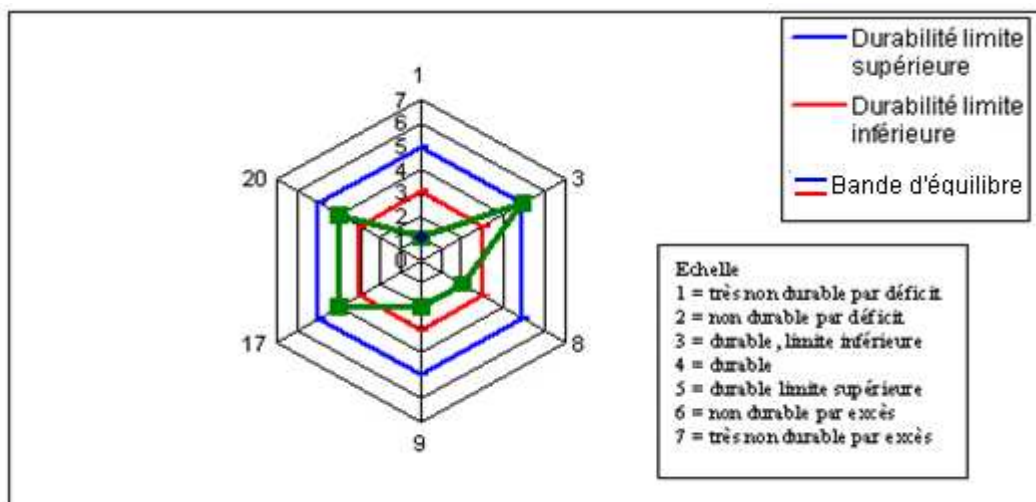


Figure 3 : Schéma Radar (AMOEB)

Une fois le système connu, les indicateurs et leur seuil de durabilité définis, l'ADSP utilise les outils de la prospective pour réfléchir sur l'évolution futur de l'entité socio spatiale en question. « *En effet à partir des tendances passées et de la situation actuelle, on peut concevoir des futurs possibles et/ou désirables. La méthode des scénarios, un des outils le plus connu de la prospective, se base sur le choix d'hypothèses d'évolution, d'un horizon de temps et l'établissement d'un cheminement du présent vers le futur. Le raisonnement du*

type '*Si...Alors*' permet la projection d'une image de la situation finale. Celle – ci serait le résultat d'un scénario tendanciel si '*on ne fait rien*' ou bien l'aboutissement d'un (ou plusieurs) scénario alternatif si '*on engage des actions*'.... » (Coudert, Larid – 2007).

La phase de réflexion prospective proprement dite, cherche à répondre à la question '*Que peut-il advenir?*', elle se distingue de la phase de préparation à l'action où l'on se demande successivement '*Que peut-on faire?*', '*Que va-t-on faire?*' et enfin '*Comment le faire*', (GODET – 1997).

Une réflexion stratégique s'engage pour chaque indicateur – clé en rapport avec une situation à venir qu'on se fixe comme objectif. Il en résulte des actions à entreprendre pour atteindre un futur désirable et possible. La réalisation des actions suggérées par les scénarios alternatifs vise à conserver ou à ramener (selon le cas) chaque indicateur – clé, dans la bande d'équilibre. L'inflexion, à plus ou moins longue échéance, des indicateurs – clés vers la marge de durabilité établit la cohérence du scénario alternatif global.

- **Les différents volets de l'analyse de durabilité 'lac de Réghaia'**

Le projet de réserve naturelle « lac de Réghaia » a impliqué de nombreux acteurs (forêt et environnement, collectivités locales, hydraulique, agriculture, tourisme, industrie et urbanisme, représentants des professions et de la société civile, ...). La concertation élargie au maximum d'intervenants, concernés de près ou de loin par le devenir et la gestion du site, a abouti à la constitution d'un groupe de travail représentatif et pluri disciplinaire, pour proposer un plan d'actions intégrées, en se basant sur la méthode de l'ADSP. Il s'agissait en fait, d'instaurer et de dynamiser un cadre collectif d'appropriation d'une problématique territoriale. Dans la démarche retenue, on peut distinguer trois phases que nous avons résumées comme suit :

- Première phase : Interprétation et analyse de données socio environnementales. On a ainsi perçu un double enjeu, crucial pour le devenir de la zone humide : la gestion qualitative et quantitative du potentiel hydrique d'une part, les pratiques culturelles et l'établissement humain anarchique, d'autre part.
- Deuxième phase : détermination des indicateurs de durabilité et estimation des valeurs minimum et maximum que les indicateurs peuvent atteindre en définissant la marge de durabilité et la bande d'équilibre.
- Troisième phase : Projection de ce territoire dans un '*futur souhaitable*', en inscrivant les indicateurs dans une perspective de gestion intégrée et de développement durable de la zone humide.

3.2. Présentation et choix des indicateurs de durabilité

Le travail de groupe a été incontestablement productif, dans l'étape d'identification et de détermination des indicateurs de durabilité, en rapport avec l'intérêt et la vulnérabilité de l'écosystème. La mise au point des paramètres susceptibles de qualifier le patrimoine naturel et sa fragilité s'est faite sans difficultés. En revanche, des avis contradictoires se sont parfois longuement confrontés pour situer les responsabilités et reconnaître les causes des menaces qui pèsent sur la zone humide.

Les discussions et concertations sur les volets relatifs à l'état, la qualité et l'évolution de la zone humide ont abouti en définitive à la détermination d'une liste de 33 indicateurs au total,

susceptibles de mesurer sa durabilité et de fournir des éclairages pour entreprendre des actions, visant à préserver son équilibre. Il a fallu ensuite limiter le nombre d'indicateurs, pour faciliter le travail d'évaluation et de prospective, en opérant des choix basés sur des critères relatifs à leur pertinence, fiabilité et calculabilité. En définitive, 10 indicateurs – clés ont été retenus (tableaux 1). Présentés dans un ordre indifférent, 6 sont en rapport avec l'eau, 2 en rapport avec la prolifération de l'habitat précaire ou illicite autour du lac, ainsi que la fréquentation du site et 2 en relation avec la faune et la flore.

Tableau 2 : Les indicateurs – clés

N°	INDICATEURS
1	Taux de nitrates
2	Taux des MES
3	DBO5
4	Valeur du PH
5	Occupation du site
6	Pompage de l'eau
7	Traitement des eaux
8	Couverture végétale
9	Biodiversité faunistique
10	Fréquentation du site

La suite du processus consiste en la détermination de la bande d'équilibre. Les valeurs minimum et maximum que l'indicateur – clé peut atteindre sont établies et ainsi se démarque la marge de durabilité, qui encadre l'intervalle compris entre la valeur durable supérieure et la valeur durable inférieure de l'indicateur et son positionnement en rapport avec la valeur indiquée dans l'échelle de durabilité. En prenant l'exemple de la proportion du volume d'eau usée traitée, il est convenu au sein du groupe de travail, comprenant bien entendu un expert dans le domaine, que le volume minimum traité ne doit pas être inférieur à 80 % (Figure 4). Il ne faut pas manquer de signaler une '*part d'empirisme*' dans la fixation de cette marge inférieure de durabilité. Ce pourcentage dépend du volume total d'eaux usées industrielles que reçoit le lac soit environ 30 000 m³/an (ANRH). Du fait des possibilités de leur régénération (apports de l'oued Réghaia, et des eaux pluviales) et de leur qualité actuelle avec absence de traitement, il a été admis que les eaux du lac présentent des capacités pour l'autoépuration d'environ 5 à 6000 m³/an, notamment pour la matière biodégradable.

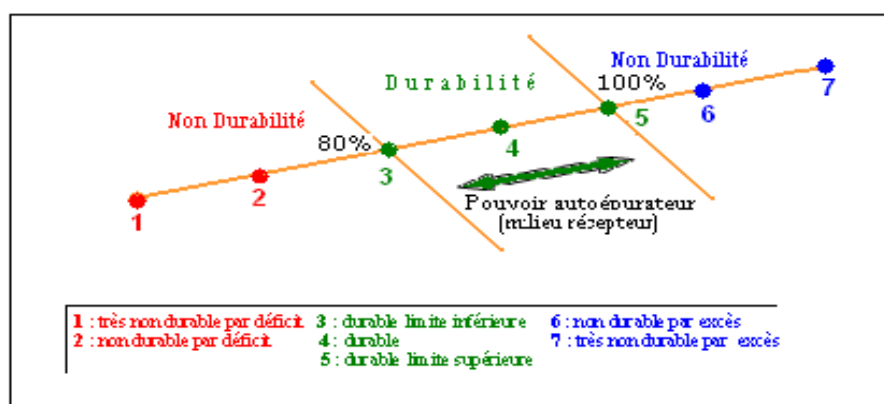


Figure 4 : Marge et Echelles de durabilité de l'indicateur volume d'eaux usées.

La spécificité de chaque indicateur - clé a nécessité une réflexion collective pour la détermination de sa marge de durabilité.

Deux textes réglementaires : le décret exécutif Algérien de 1993 (JO. N° 46) réglementant la qualité des eaux et le guide de lecture de l'arrêté du ministère Français de l'environnement relatif à la qualité des eaux (Houlier et Oudart – 1994), ont principalement servi comme base de travail pour déterminer la bande d'équilibre (marge du minimum et du maximum durables), des indicateurs en rapport avec la qualité de l'eau, à savoir le taux de nitrate, la matière totale en suspension, la demande biologique en oxygène et le potentiel en hydrogène.

Pour l'indicateur de la biodiversité, la calculabilité de sa marge d'équilibre n'est pas évidente, mais sa pertinence comme indicateur de gestion de la zone humide a été reconnue à l'unanimité. L'objectif est de conserver les espèces existantes et réintroduire les espèces disparues du site.

Occupation du site, par tout type de constructions confondues, on considère que la vocation de la zone humide doit être préservée, mais un minimum d'aménagement est indispensable. En ce qui concerne la fréquentation de site, les grands flux sont saisonniers. Compte tenu de sa proximité urbaine mais surtout de sa vocation naturelle (littoral sableux de Kaddous), on ne peut raisonnablement la concevoir sans un minimum de visiteurs quotidiennement. Le souci a été de limiter la pression sur la plage, de fournir un meilleur confort de baignade, mais aussi et surtout de limiter l'occupation et le piétinement de la dune bordière. Aussi l'occupation de sol doit être limitée pour conserver le couvert végétal.

Tableau 3 : Valeurs et correspondance en durabilité – 2005

N°	Indicateurs	Valeurs maximales	Valeurs minimales	Valeurs actuelles	Echelle de durabilité
1	Taux des nitrates	50 mg/l	3 mg / l	4,46 mg/l	4
2	Taux des MES	60 mg /l	20mg/l	89,8 mg/l	7
3	DBO ₅	40 mg/l	20 mg/l	150 mg/l	7
4	Valeur du PH	9	6	7,63	4
5	Occupation du site	10%	5%	30 %	7
6	Pompage de l'eau	0,6 hm3	0,1hm3	0,6 hm3	5
7	Traitement des eaux usées	100%	80%	25 %	1
8	Biodiversité faunistique	265 esp.	263 esp.	263 esp.	2
9	Couverture végétale	80%	70%	30 %	2
10	Fréquentation de la zone côtière	15000 estv/jour	5000estv./jour	30000 estv./j	7

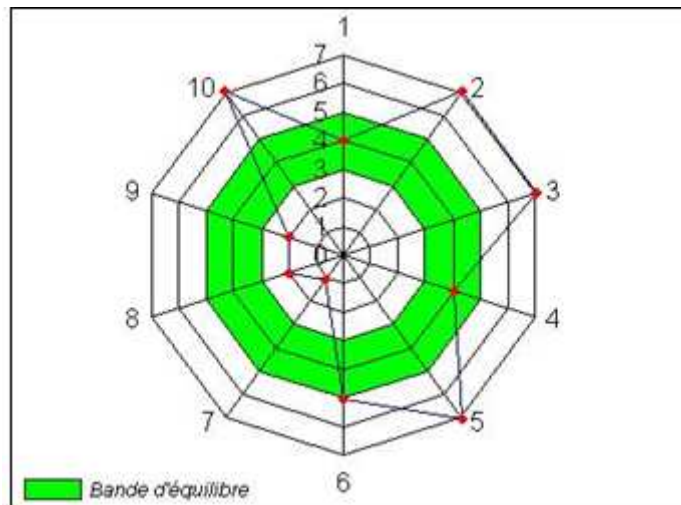
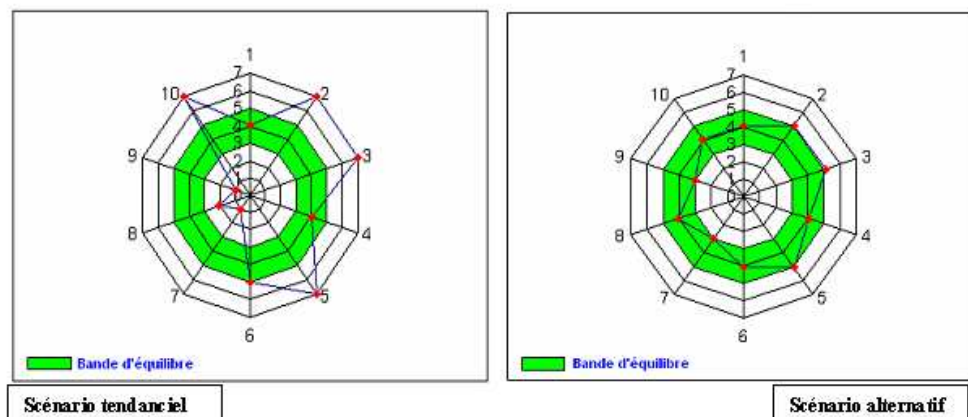


Figure 5: Amoeba 2005

Un rapide aperçu de l'AMOEBEA 2005 (figure 5), permet de déduire que seulement 3 indicateurs, à savoir l'indicateur 1, l'indicateur 4 et l'indicateur 6, soit respectivement le taux de nitrates, le PH et le pompage de l'eau sont inclus dans la bande de durabilité. Mais il est évident qu'ils ne suffisent pas pour assurer la durabilité du système, du moment que les 7 autres indicateurs – clés sont plus ou moins éloignés de la bande d'équilibre.

3.3. Les tendances lourdes et les alternatives

L'observation du graphique AMOEBEA 2005 indique des menaces sur l'équilibre de l'écosystème de Réghaia. Mais, en égard aux écarts observés dans l'échelle de durabilité, qui demeurent toutefois rattrapables, la situation n'est pas critique et encore moins irréversible. On est alors conforté dans l'idée qu'il y a besoin et possibilités d'agir dès à présent pour orienter la zone humide vers son développement durable. La projection d'une 'image', tendancielle et alternative, pour chacun des 10 indicateurs – clés a suscité une réflexion stratégique et a permis la détermination d'actions à entreprendre, pour infléchir la zone humide vers une situation future désirable et possible. La réalisation des actions suggérées a pour but de conserver tel quel le positionnement des indicateurs 1, 4 et 6 et à ramener les autres dans la bande d'équilibre. Plus précisément, des minis - scénarios sont élaborés. L'approche prospective par indicateur est apparue avantageuse pour traiter la problématique de cet écosystème complexe.



Figures 6 et 7 : Projection des scénarios tendanciel et alternatif : horizon 2015.

Les schémas AMOEBA prospectifs indiquent les degrés de durabilité de la zone humide de Réghaia, en rapport avec les scénarios alternatifs et tendanciels, horizon 2015 (Figures 6 et 7).

- Le maintien (ou l'aggravation) des tendances affichées par 7 indicateurs – clés, accentue les menaces qui pèsent sur l'équilibre et la conservation de l'écosystème.
- Dans le scénario alternatif, les suggestions faites concernant les stratégies à adopter et les actions y afférentes laissent espérer une nette amélioration de la durabilité. A des rythmes sûrement inégaux, les 7 indicateurs en dehors de la bande d'équilibre, tel qu'ils se positionnent dans le scénario tendanciel, sont ramenés vers une situation favorisant la conservation et la protection de la zone humide. Ceci bien entendu en mettant en œuvre les stratégies alternatives suggérées par le travail de prospective, qui précisent les opérations, pouvant être intégrées au plan de gestion en essayant, en dernier ressort, de réfléchir sur les priorités et les éventuelles incompatibilités entre les actions.

3.4. Des actions compatibles et intégrées

Les hypothèses d'évolution des scénarios alternatifs suggèrent des actions qui ont pu être regroupées en 6 grands domaines.

- | | |
|---------------------------------------|---|
| 1 - Epuration des eaux | 2 - Réhabilitation du couvert végétal |
| 3 - Elimination de l'habitat précaire | 4 - Gestion rationnelle du pompage des eaux |
| 5 - Régulation du flux des estivants | 6 - Réintroduction d'espèces autochtones |

Pour mettre en évidence les priorités, en indiquant les volets les plus porteurs en termes d'impact ou d'influence sur les indicateurs – clés, on utilise une matrice, mettant les domaines d'actions en lignes et les indicateurs – clés de durabilité en colonnes (Tableau 4). Il s'agit en fait de repérer les relations fortes entre les deux variables pour déterminer les priorités entre les programmes à mettre en œuvre.

Tableau 4: Matrice reliant les domaines d'actions et les indicateurs-clés.

Indicateurs-clés Domaines d'action	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	So mm e
Epuration des eaux	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	9
Réhabilitation du couvert végétal	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	4
Elimination de l'habitat précaire	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	5
Gestion du pompage des eaux du lac	-	-	-	-	-	+	-	+	+	-	3
Régulation des flux des estivants	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	2
Réintroduction d'espèces autochtones	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	1
Somme	1	1	1	1	3	2	2	5	5	3	

Pour une zone humide, telle que celle du Réghaia, il n'est à priori pas surprenant que la qualité de l'eau ressorte comme le domaine le plus crucial.

La priorité doit être ensuite accordée à la reconquête du site, autour du lac, en procédant notamment à l'élimination de l'habitat précaire et à la délocalisation des constructions illicites, établies sur un secteur considéré par la loi comme non constructible.

En définitive, les résultats ci-dessus peuvent fournir des repères et situer les enjeux pour rendre plus intelligible le scénario alternatif et faire tendre vers le '*futur souhaitable*' la zone humide. C'est un outil d'aide à la décision qui peut orienter et prioriser les domaines d'actions en vue de réaliser un '*projet collectif de territoire*'. Il n'est pas aussi exclu que les actions retenues pour chaque domaine et résultant des scénarios par indicateurs, présentent des incompatibilités, ou des incohérences *qui risquent de compromettre la réalisation des objectifs poursuivis*.

Pour l'ensemble des actions identifiées aucune incompatibilité n'a été relevée, ceci démontre la cohérence entre les opérations proposées (tableau 5).

Tableau 5 : Matrice des cohérences entre les actions du scénario global.

Acteurs →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total incompatibilité
1-Promulgation de décret de création de la réserve naturelle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-Formation et sensibilisation des agriculteurs	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3-Mise en place de système d'irrigation 'goute à goutte'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-Désenvasement du plan d'eau lacustre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5-Elimination de décharges sauvages et collecte des déchets	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6-Elimination des constructions illicites et de l'habitat précaire	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7-Reboisement dans le bassin versant	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8-Remise en état et extension de la station d'épuration	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9-Dispositif de dépollution dans les unités industrielles	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10-Plan d'occupation intégré du site de la réserve naturelle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11-Repeuplement de la zone humide en espèces autochtone	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12-Observatoire scientifique et musé (centre cynégétique)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13-Restauration du cordon dunaire	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14-Alimentation artificielle de la plage Kaddous	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-Création d'une association de défense de la zone humide	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Conclusion

La réserve naturelle de lac de Réghaia, se distingue par sa biodiversité terrestre et marine, que n'épargne pas une pression anthropique dont les nuisances lui fait encourir des risques irréversibles. Ce patrimoine naturel est aujourd'hui l'objet d'une attention particulière. On envisage son classement en tant que réserve naturelle avec l'application d'un programme d'action et d'un plan de gestion.

Dans cette première partie de notre travail nous avons tenté de collecter et d'exploiter les documents relatifs aux différents travaux et études concernant ce site marin – côtier, important et sensible. La synthèse que nous avons essayée de dégager consiste en :

- Un exposé succinct descriptif du contexte socio environnemental.
- Un résumé de l'analyse de durabilité réalisée en 2006 – 2007 et qui a aboutit à la proposition d'un programme d'actions environnementales intégrées pour le développement durable de la zone humide.

Parmi les 15 actions retenues, 2 concernent la zone côtière sableuse à savoir **l'alimentation artificielle de la plage El Kaddous et la restauration du cordon dunaire**. Nous proposons d'amener notre contribution à l'étude de ces deux opérations. C'est ce qui fera l'objet de la deuxième partie de notre travail.

CHAPITRE 2

La réhabilitation du littoral sableux

1. Généralités sur la plage El Kaddous

1.1. Localisation et situation géographique

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

La plage est limitée :

- à l'Est par l'embouchure de l'oued Réghaia (Commune de Réghaia)
- à 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 (Carte 7).

1.2 Analyse du site par rapport à la région

La plage El Kaddous avec son linéaire rectiligne est ouverte et dont le matériau prédominant est le sable.

La plage El Kaddous par sa situation géographique s'inscrit dans la réserve naturelle du lac de Réghaia présentée comme zone humide côtière d'intérêt national et international (Site RAMSSAR).

La préservation de la plage et des dunes du site El Kaddous constitue une condition primordiale au bon fonctionnement de la zone humide. Cet espace fait partie de la réserve naturelle et sert de zone tampon (A .N.A.T. 2005), (Carte8).

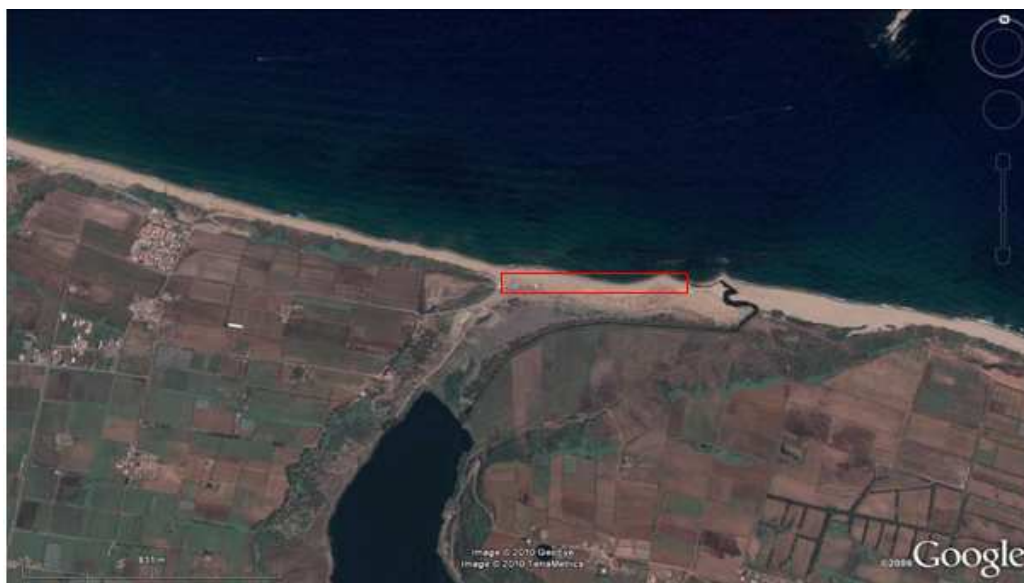
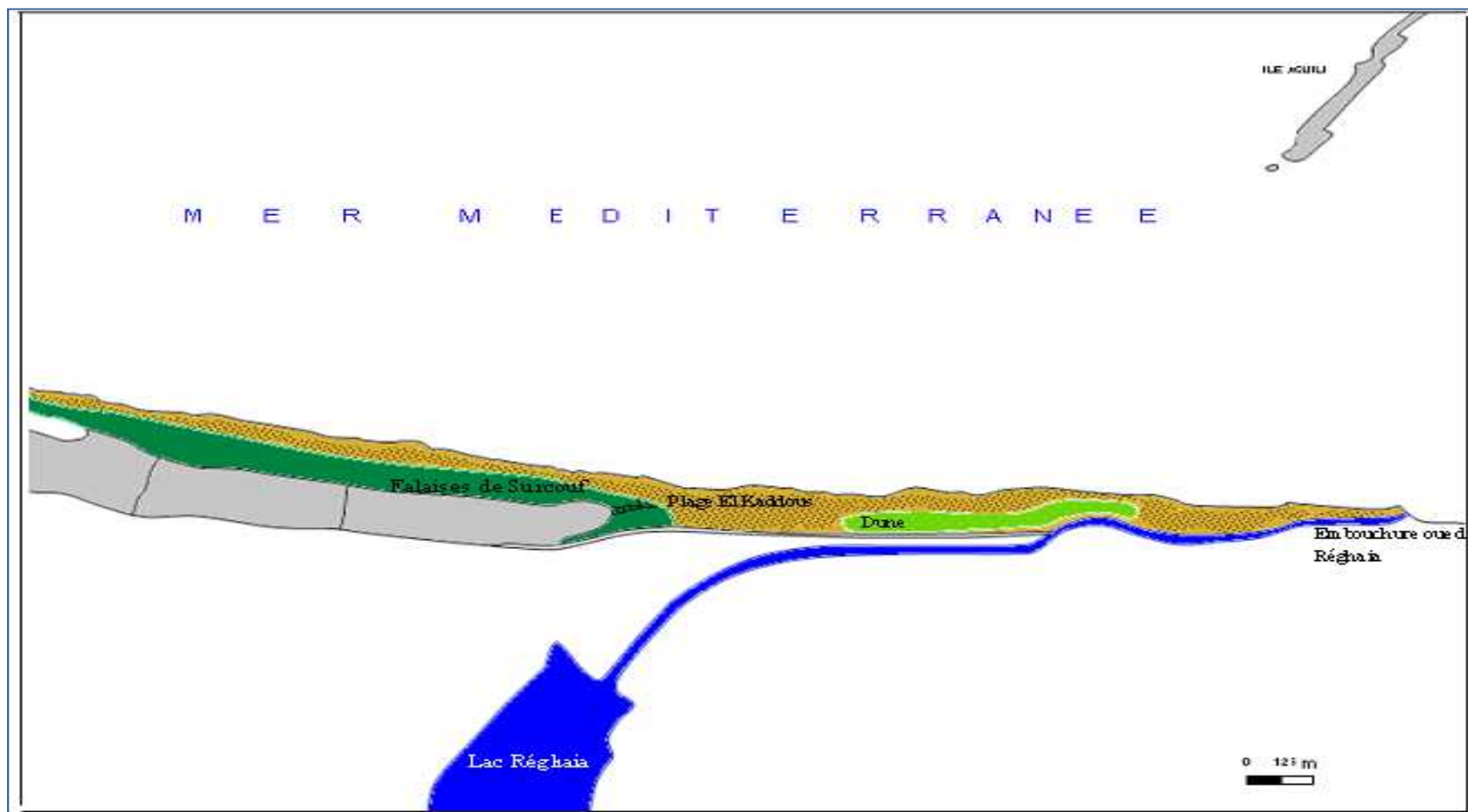
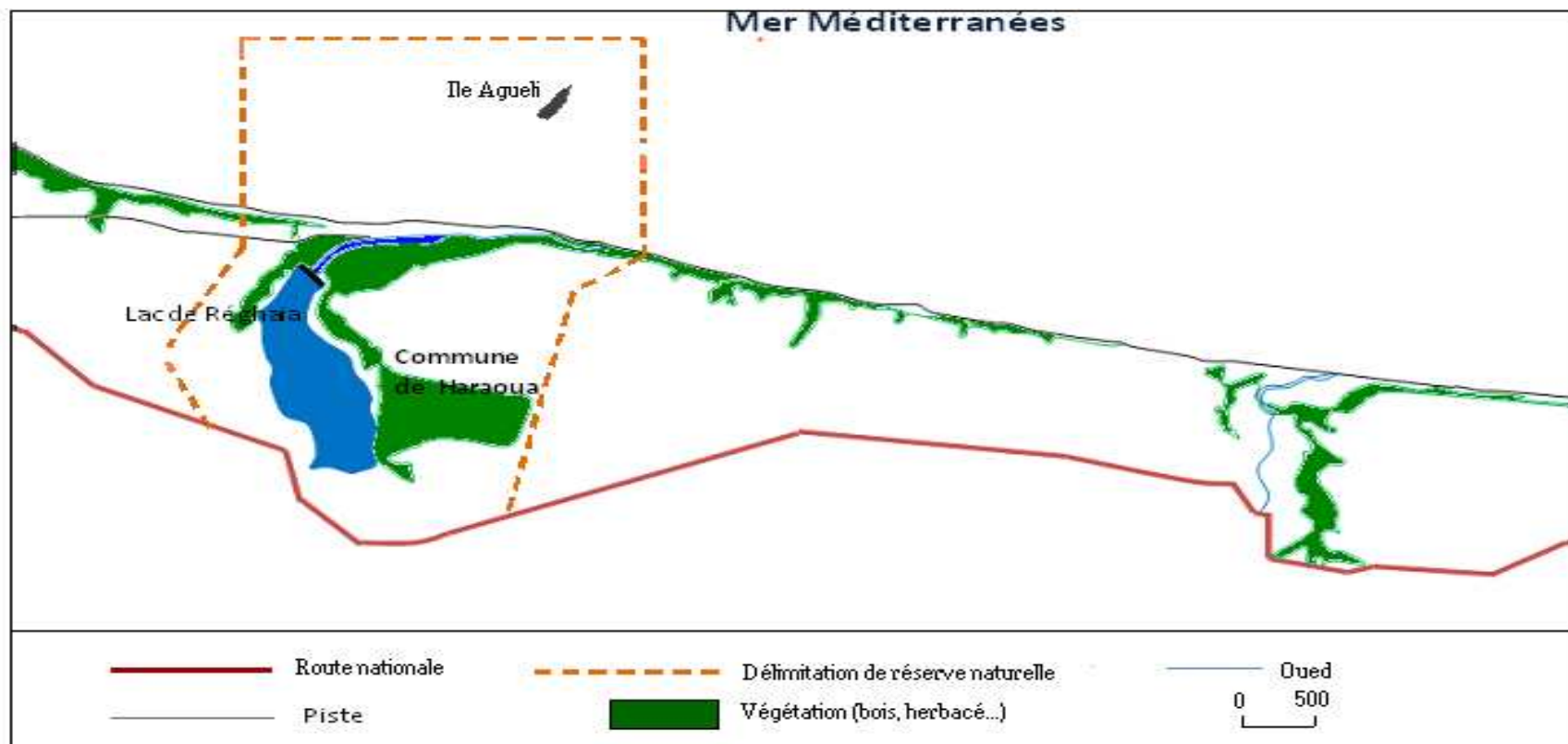


Photo 11 : Délimitation de la plage El Kaddous.



Carte 7 : Situation 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)



Carte 8 : Schéma de la situation de la réserve naturelle de Réghaia
 (Réalisée à partir de la carte topographique 1 /50 000, Alger NJ-31-IV-1 Est,1987)

2. Approche morphosédimentaire

2.1. Evolution de trait de cote

«L'érosion des littoraux est une constante de leur évolution, agissant dans un plan pratiquement subhorizontal, la mer a toujours tendance à faire reculer ce qui n'est pas en situation de lieu résister. Ce phénomène naturel est cependant aggravé aujourd'hui par les effets de l'occupation humaine des littoraux.» (Miossec, 2004).

L'évolution de trait de côte est un paramètre très important qui permet d'estimer sa dynamique. Pour étude, l'utilisation de photographies aériennes prise dans des années différentes s'est imposée.

Pour notre étude, trois photographies aériennes relatives à trois missions à savoir 1972, 1980 et 1999, (I.N.C.T.) ont été utilisés en essayant de les ramener à la même échelle. Mais nous tenons à signaler que l'interprétation des résultats doit se faire à titre indicatif pour différentes raisons :

- Les photographies de 1972 et 1999 indiquent toutes les deux une échelle de 1/20 000, mais elles n'expriment pas des rendus identiques.
- Les dates précises de prises de vue ne sont pas mentionnées et ceci ne permet pas de prendre en compte la différence saisonnière du niveau de la mer.
- L'échelle en question (1/20 000) ne garantit pas des mesures très précises.

Par conséquent, les résultats concernant l'évolution du trait de côte sont approximatifs. Celle – ci varie d'un secteur à un autre suivant le positionnement des traits de mesure que nous avons repérés sur les photos par rapport à des points fixes (Photo 12). De l'Est vers l'Ouest la tendance générale de l'évolution de trait de côte de plage El Kaddous est comme suit :

- Entre 1972 et 1980, la plage a reculé de 20 m en moyenne soit une vitesse de 2,5 m/an.
- De 1980 à 1999 la plage a subi un engraissement de 7,6 m soit une variation d'une vitesse de 0,96m/an
- De 1972 à 1999 elle a perdu 14,8 m soit en moyenne 1,85 m/an (Figure 8).



Photo 12 : Représentation des axes de mesure sur une photo Aérienne 1/20000

Les facteurs naturels qui agissent sur cette évolution se traduisent essentiellement par :

- L'action des houles qui induisent des transferts dans le profil quand elles se produisent perpendiculairement à la côte, c'est-à-dire dans la direction Nord. En effet, selon les observations effectuées au large des côtes Algériennes par l'U.S. Naval Weather Service, les houles du Nord mettent en évidence des fréquences d'apparition de 8,5 % seulement. Mais quand elles se déploient, leur amplitude est parfois supérieure à 3 m. Ceci occasionne des arrachements sédimentaires importants dans le profil de la plage du El Kaddous.
- La faiblesse des apports littoraux constatée ces dernières décennies dans la région. Selon le laboratoire d'études maritimes le transit sédimentaire littoral, dont le sens résultant est de l'Est vers l'Ouest, est faible, soit l'équivalent de 30 000 m³ / an (LEM - 1994). Ceci contribue aussi au recul observé du trait de côte.
- Enfin et d'une manière générale, à l'échelle de la Méditerranée on note aussi, comme le signalent plusieurs travaux, la réduction des stocks sédimentaires disponibles pour alimenter la plage comme le tarissement des sources sédimentaires d'origine marine (CIESM, 2002).

Le facteur anthropique local essentiel qui affecte l'alimentation sédimentaire de la plage du El Kaddous se résume par l'impact de l'endiguement du lac de Réghaia à la fin des années 1980, afin de le rendre permanent. En effet le débit de l'oued et par

conséquent, son apport solide se sont vu considérablement diminués (sauf en période de forte crues). Les sédiments terrigènes se trouvent piégés dans le lac ce qui est confirmé par la diminution de la profondeur du lac (Boukhalfa, 1999) et la présence d'une végétation signe d'envasement (A.N .A.T, 2005). On note aussi l'extraction abusive du sable et la dégradation de la végétation de la dune qui participe à sa fixation (Drici, Adjout).

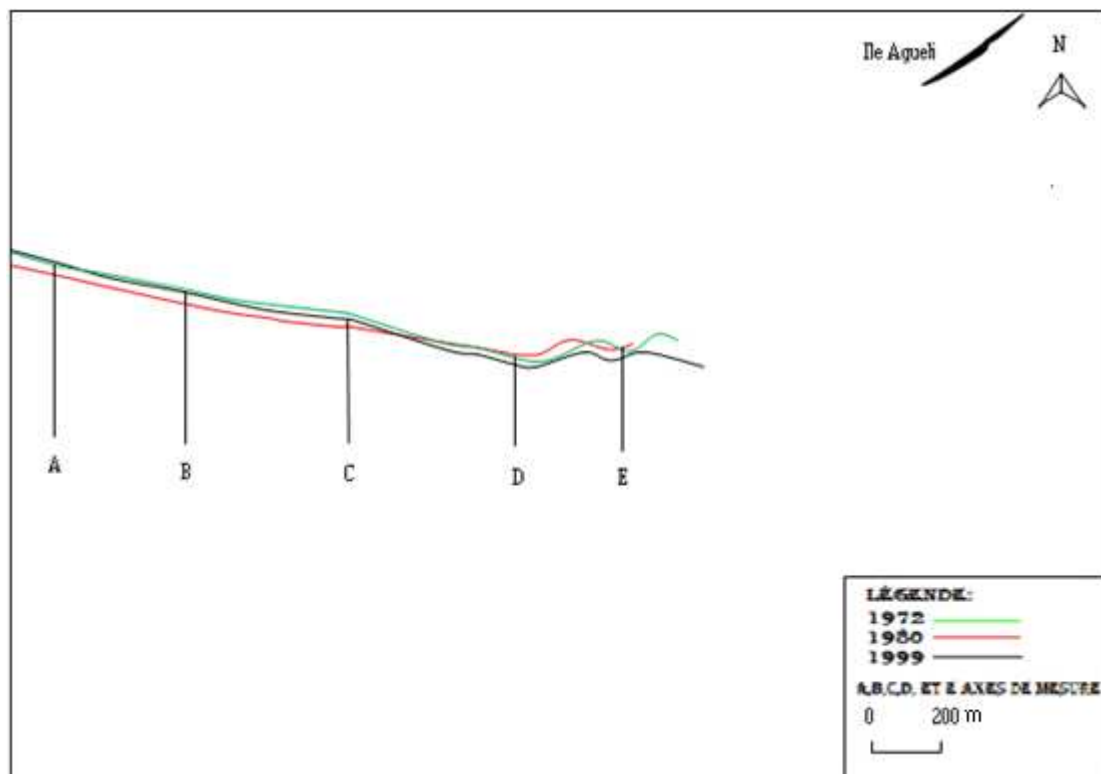


Figure 8 : Evolution du trait de cote (1972-1980-1999)

Tableau 6: Evolution du trait de cote (1972-1980-1999)

Période	1972-1980					1980-1999					1972-1999				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Variation(m)	38	40	42	20	0	38	40	26	36	30	0	0	20	18	36
Variation moyenne(m)	-20					+7,6					-14,8				
Tendance	-	-	-	+	=	+	+	+	-	-	=	=	-	-	-
Vitesse (m /an)	4,75	5	5,25	2,5	0	4,75	5	3,25	4,5	3,75	0	0	2,5	2,25	4,5
Vitesse moyenne (m /an)	-2,5					+0,95					-1,85				

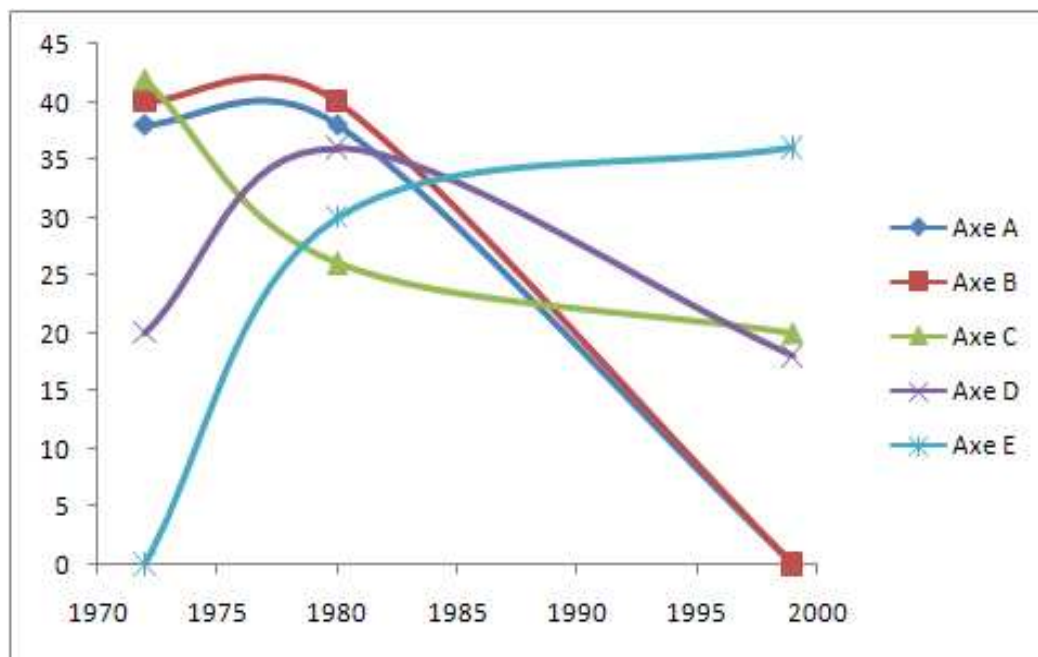
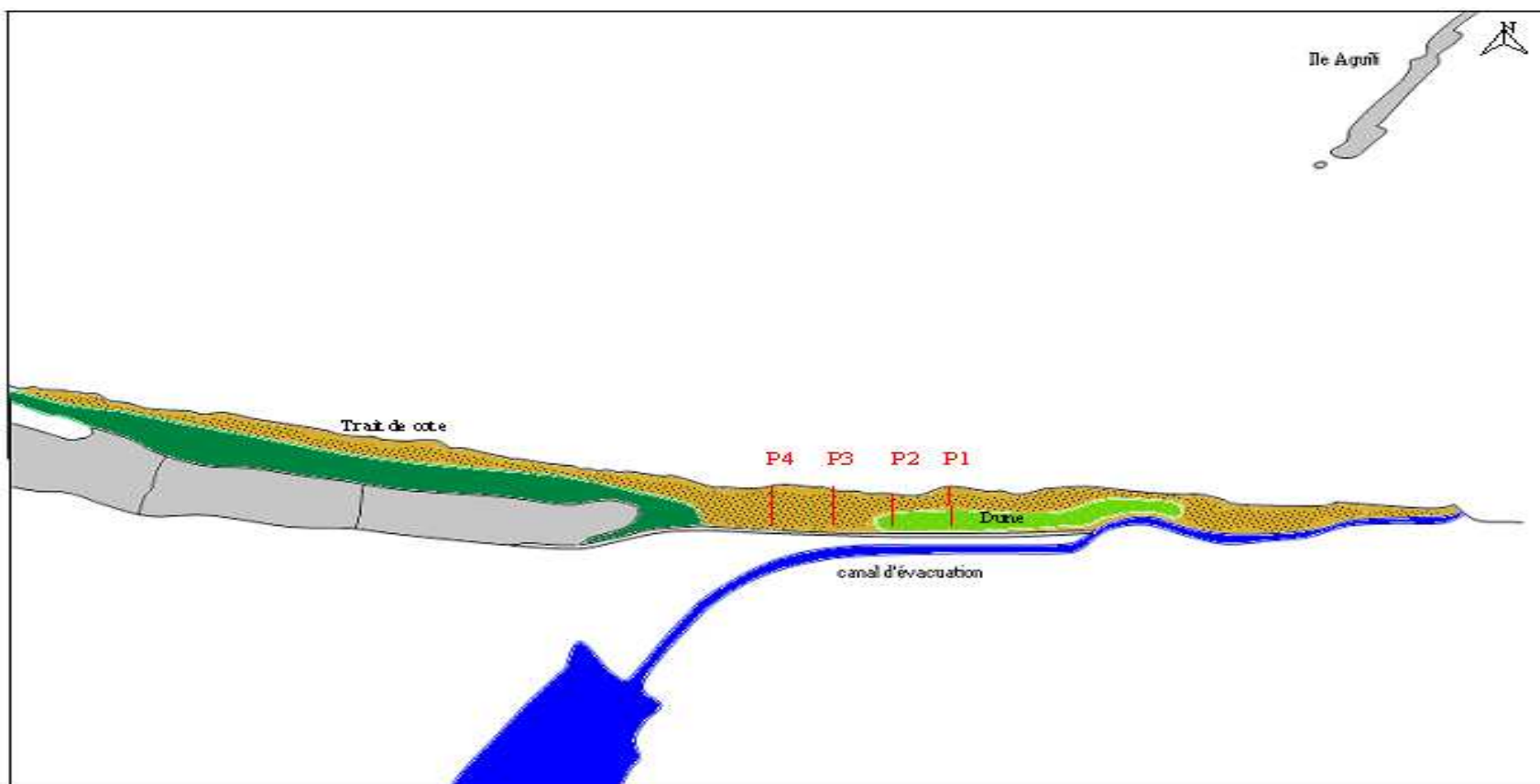


Figure 9: Evolution du trait de cote par secteur.

2.2. Quelques aspects topographiques : Pentés et profils

Pour procéder à la description d'une plage, pour positionner les prélèvements par rapport aux différents niveaux, pour suivre l'évolution et la dynamique d'une plage dans le temps, il est nécessaire d'effectuer des profils transversaux. Le profil d'une plage peut être défini comme l'ensemble des pentes élémentaires qui se succèdent le long d'une ligne droite tracée perpendiculairement au trait de côte. Cette succession de pentes n'est pas figée, elle est au contraire sans cesse modifiée. «...Suivant les circonstances, une plage peut perdre plus de sédiments qu'elle n'en reçoit et elle démaigrir, ou en recevoir plus qu'elle n'en perd et elle engraisse. Dans le premier cas le profil s'abaisse ; dans la second il se relève....» (Paskoff - 1993). Dans le profil s'effectuent aussi des changements des faciès sédimentaires en rapport avec les épisodes d'états d'agitation de la mer et des caractéristiques relatives aux jets de rive et aux nappes de retrait. «.....Il y a entre la taille du sédiment et l'estran une relation complexe, qui varie selon l'ouverture de la plage vers la mer» (pinot J- 1998).

Au niveau de la plage El Kaddous, nous avons effectué cinq profils (Carte 9). Les levés et les mesures ont été faits par l'intermédiaire d'un théodolite et d'une mire (Photo13), en Mars 2010.



Carte 9 : Présentation des profils aériens effectués au niveau 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)



Photo 13 : Théodolite **Wild RDS. 310617**, utilisé pour les relevés topographiques.

Le théodolite nous a permis de mesurer des distances et les dénivelées, entre le point d'emplacement du théodolite et le point voulu. L'assemblage de ces points nous a permis de réaliser ces profils (Figure 10, 11, 12 et 13)

Les distances et les dénivelés mesurés aussi que les pentes calculées de ces mesures sont représentés dans les tableaux 7, 8, 9 et 10

Selon les profils réalisés et les pentes calculées, on remarque que la pente dans la partie Est de la plage est plus importante que dans la partie Ouest vu la présence de la dune. la pente peut atteindre jusqu'à 25% au pied de la dune. Cependant la partie Ouest de la plage El Kaddous montre des pentes douces qui ne dépassent pas 3% dans les profils 3 et 4.

Les profils établis présentent des spécificités morphologiques:

- Des ruptures de pente près du trait de côte, dans le secteur Est, marque la présence de fortes dénivellations (microfalaises), probablement dues au changement brusque du régime hydrodynamique.
- Des traces de fosses d'extraction plus ou moins récentes de sable peuvent aussi être remarquées dans la partie supérieure de la plage.
- Le bombement parfois constaté peut s'expliquer par l'accumulation de sable piégé par la végétation qui maintient difficilement la dune bordière dans le secteur Est de la plage.
- Dans le secteur Ouest, le profil dénote une discontinuité et une dégradation de la dune bordière qui s'expliquerait probablement par la déflation éolienne, vu l'absence de la végétation.
- Les hauteurs des profils dans le secteur Est de la plage peuvent atteindre des dénivelés importantes (jusqu'à 7 m au niveau du profil 1).

Tableau 7 : Distance, dénivelé et pente du profil 1

Distance	44	26	15	0	5	25	62	70
Dénivelé	7	6	3,5	0	1,25	3,4	2,3	3,5
Tg	0,05	0,22	0,23	0	0,25	0,10	0,029	0,15
Pente	5,55	22,72	23,33	0	25	10,75	2,97	15

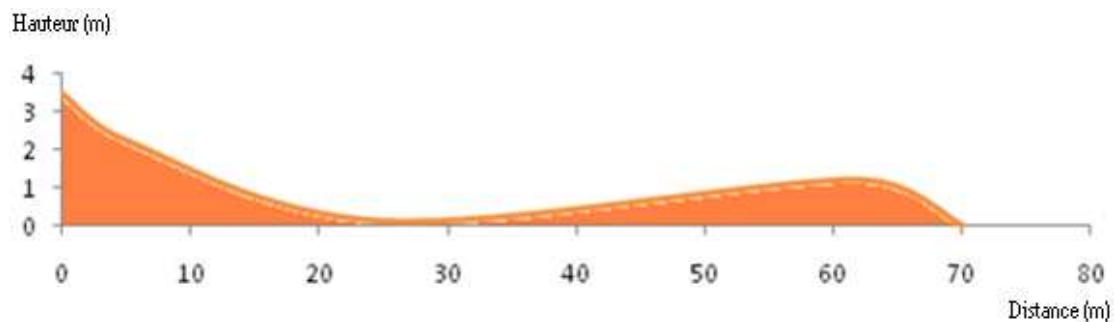


Figure 10 : Profil aérien 1

Tableau 8: Distance, dénivelé et pente du profil 2

Distance	0	10	30	56	68
Dénivelé	0	1,4	3,6	4,8	6,6
Tg	0	0,14	0,11	0,046	1,5
Pente %	0	14	11	4,6	15

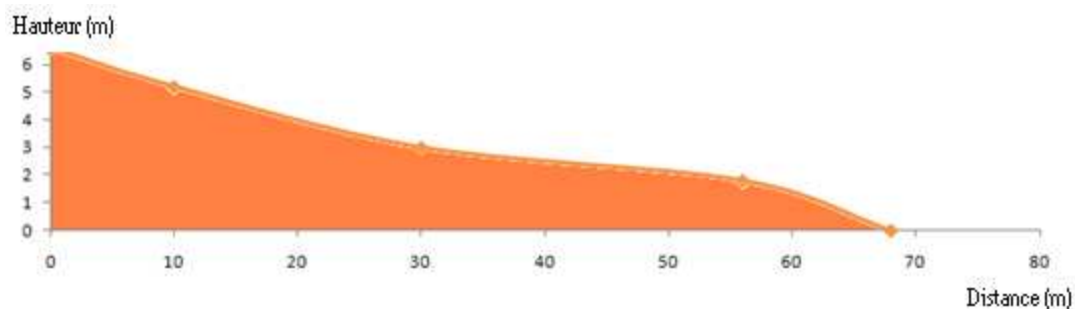


Figure 11 : Profil aérien 2

Tableau 9 : Distance, dénivelé et pente du profil 3

Distance	0	12	33	65	73
Dénivelé	0	0,1	1,4	1,5	1,4
Tg	0	0,0083	0,06	0,03	0,0125
Pente %	0	0,83	6	0,3	1,25

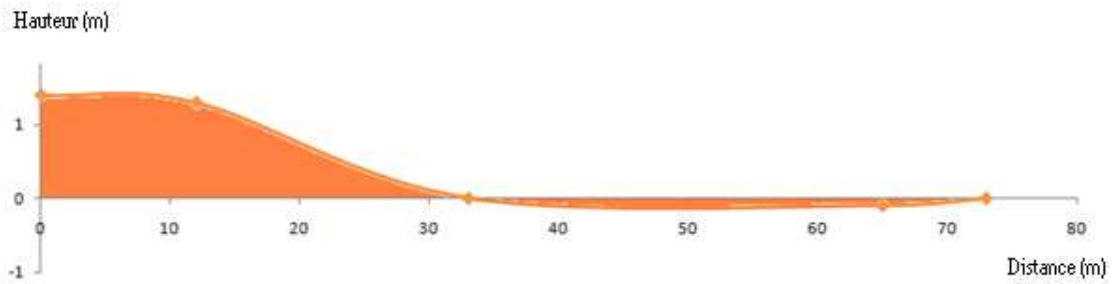


Figure 12: Profil aérien 3

Tableau 10: Distance, dénivelé et pente du profil 4

Distance	0	25	44	57	84
Dénivelé	0	0,1	0,6	0,2	1
Tg	0	0,004	0,026	0,03	0,029
Pente %	0	0,4	2,6	3	2,9

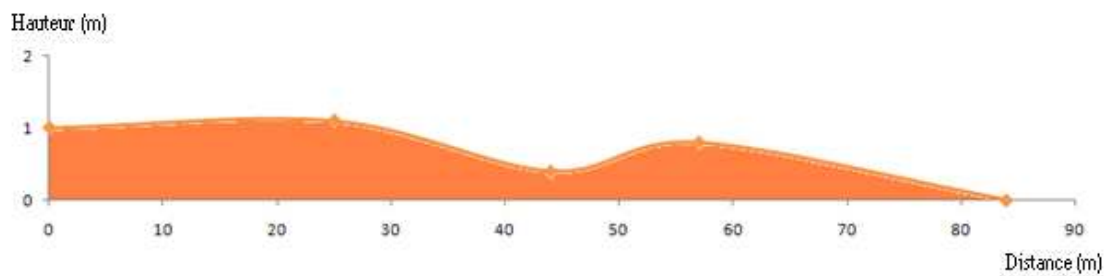


Figure 13: Profil aérien 4



Photos 14 et 15 : Microfalaise au niveau du trait de côte partie Est (profil 1 et 2).



Photos 16 et 17 : La dune bordière du secteur Est de la plage El Kaddous.

2.3. Sédimentologie côtière

L'étude sédimentologique effectuée a été limitée à l'analyse du sédiment de la partie aérienne de la plage El Kaddous ainsi que celui prélevé au niveau du contact terre-mer.

Douze (12) échantillons ont été prélevés suivant des profils de la plage aérienne (Carte 10).

a) Granulométrie

La granulométrie d'un sol est la mesure de diamètre de ses grains.

L'étude granulométrique consiste à déterminer les proportions relatives pondérales des différentes fractions granulométriques ; elles seront représentées sur une courbe appelée courbe granulométrique.

On appelle tamisat le pourcentage en poids des grains qui passent au travers du tamis considéré, et le refus le pourcentage en poids des grains qui refusent de passer au travers du tamis considéré.

A travers de la courbe granulométrique d'un sol, on définit un certains nombre de paramètres et indices qui permettent de classer le sol (Gervreau, 2000).

- **Les Fractiles :**

On appelle fractiles les dimensions des particules correspondant à des pourcentages cumulatifs déterminés.

On utilise le plus couramment :

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

- **Le mode :**

C'est le pourcentage le plus important correspondant à un diamètre du tamis. Il est repérable sur la courbe cumulative au niveau de son point d'inflexion.

Les courbes cumulatives se regroupent en trois groupes principaux : unimodale, bimodale, et plurimodale (Gervreau, 2000).

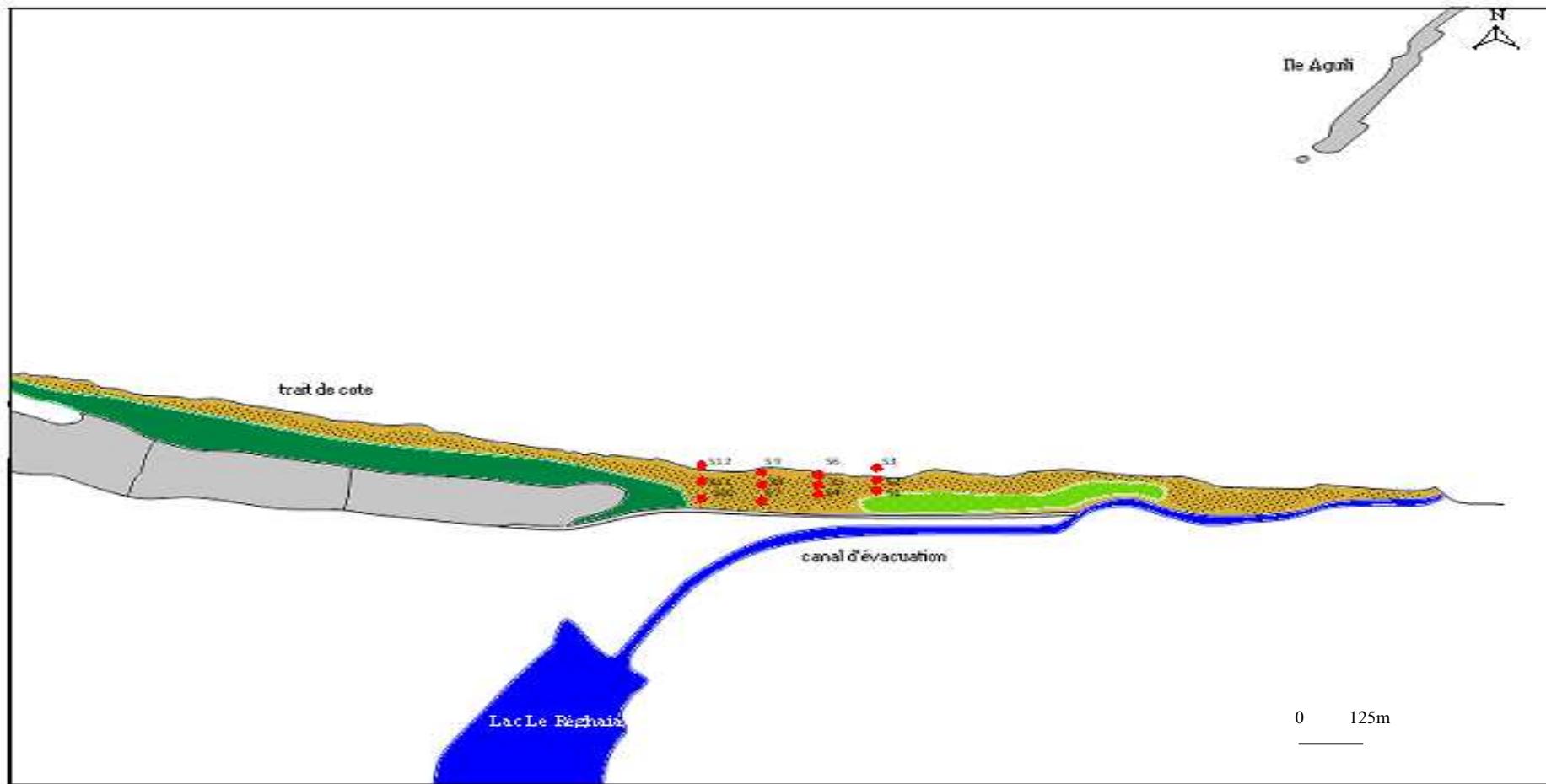
- **Indices et coefficients granulométriques :**

-Indice de classement de trask (sorting index) : (Rivière)

$$So = (Q75 / Q25)^{1/2}$$

Tableau 11: Limites de So

limite	So=1	So>1
Classement	Classement parfait	Classement mauvais



Carte 10 : Présentation des stations des prélèvements effectués au niveau 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)

-Coefficient de dissymétrie (skweness) : (Rivière, 1977)

Formule : $SK = (Q_{25} * Q_{75}) / Q_{50}^2$ ou

$$SK = (Q_{25} * Q_{75})^{1/2} / Q_{50}$$

Tableau 12 : Limite de skweness

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

-Coefficient d'uniformité (ou coefficient de Hazen) Cu (Gervreau, 2000, cours géotechnique de 4^{ème} année)

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

Tableau 13: Limite du coefficient d'uniformité

Limite	$Cu < 5$	$Cu > 5$
classement	Granulométrie non uniforme, étalée	Granulométrie uniforme, serrée

-Coefficient de courbure Cc : (Gervreau, 2000.cours géotechnique 4^{ème} année, 2009)

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

Tableau 14 : Limite de coefficient de courbure

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

➤ Résultats et interprétation

Des courbes cumulatives et des histogrammes de chaque échantillon ont été établis.

A partir de ces représentations graphiques, on a calculé les fractiles et le mode pour chaque échantillon et à partir du quel on a calculé les différents indices et coefficients.

Les histogrammes de fréquence ont confirmé l'existence de trois groupes de courbe :

-courbe unimodale : station 3, 6, 8,10 et 11.

-courbe bimodale : station 1, 2,9 et 12.

-courbe plurimodale : 4,5 et 7.

Selon les tableaux la distribution unimodale est dominante.

La moyenne arithmétique des médianes des 12 stations nous donne la médiane moyenne $Me = 582,5 \mu m$.

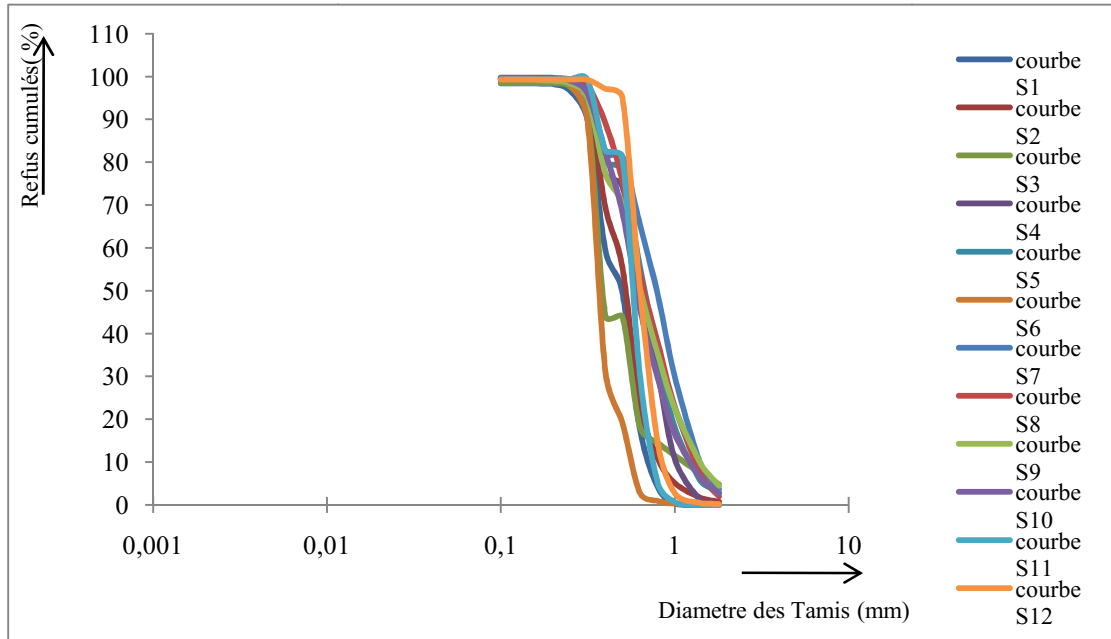


Figure 14 : Faisceau des courbes granulométriques de la plage El Kaddous

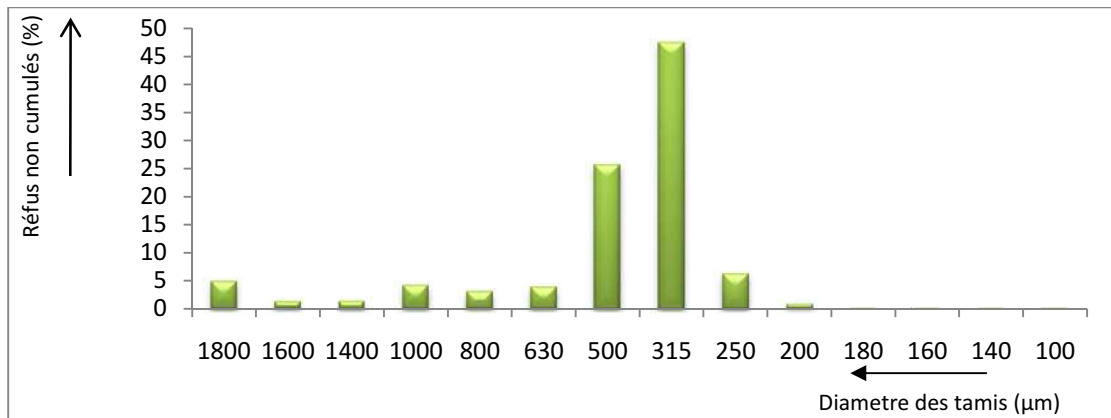


Figure 15 : Exemple d'histogramme unimodale de la station 3

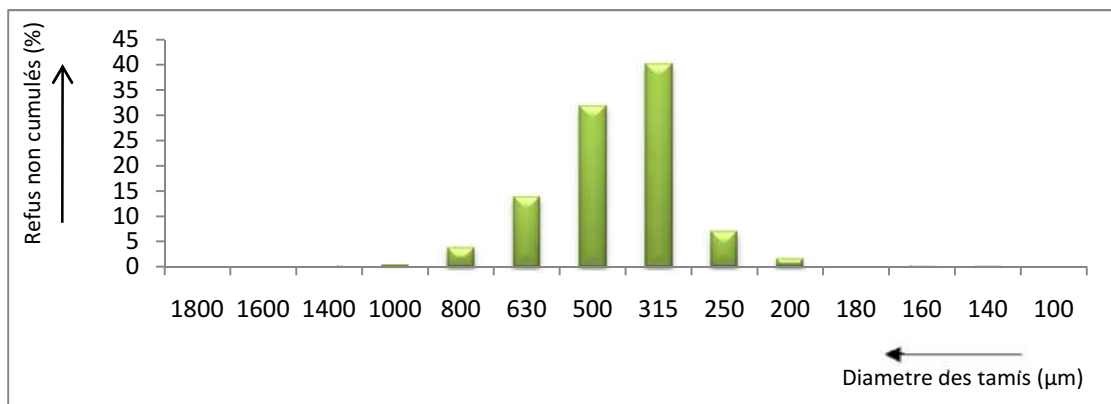


Figure 16 : Exemple d'histogramme bimodale de la station 1

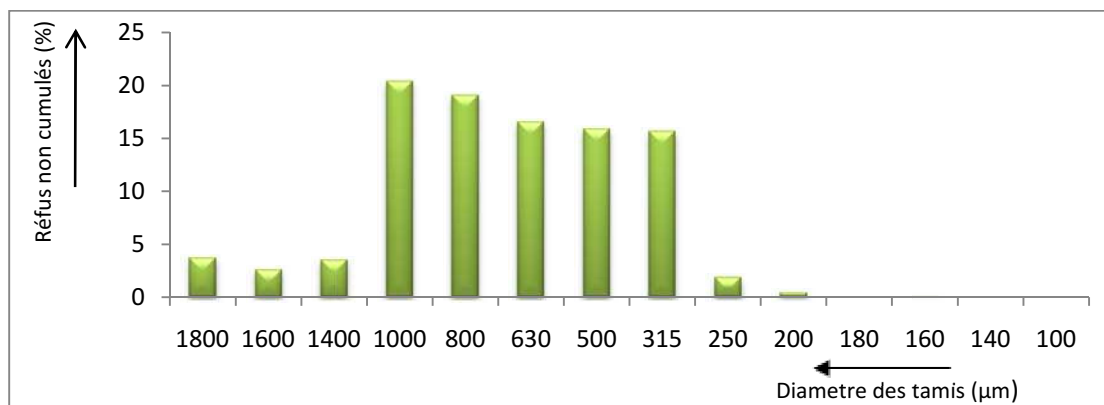


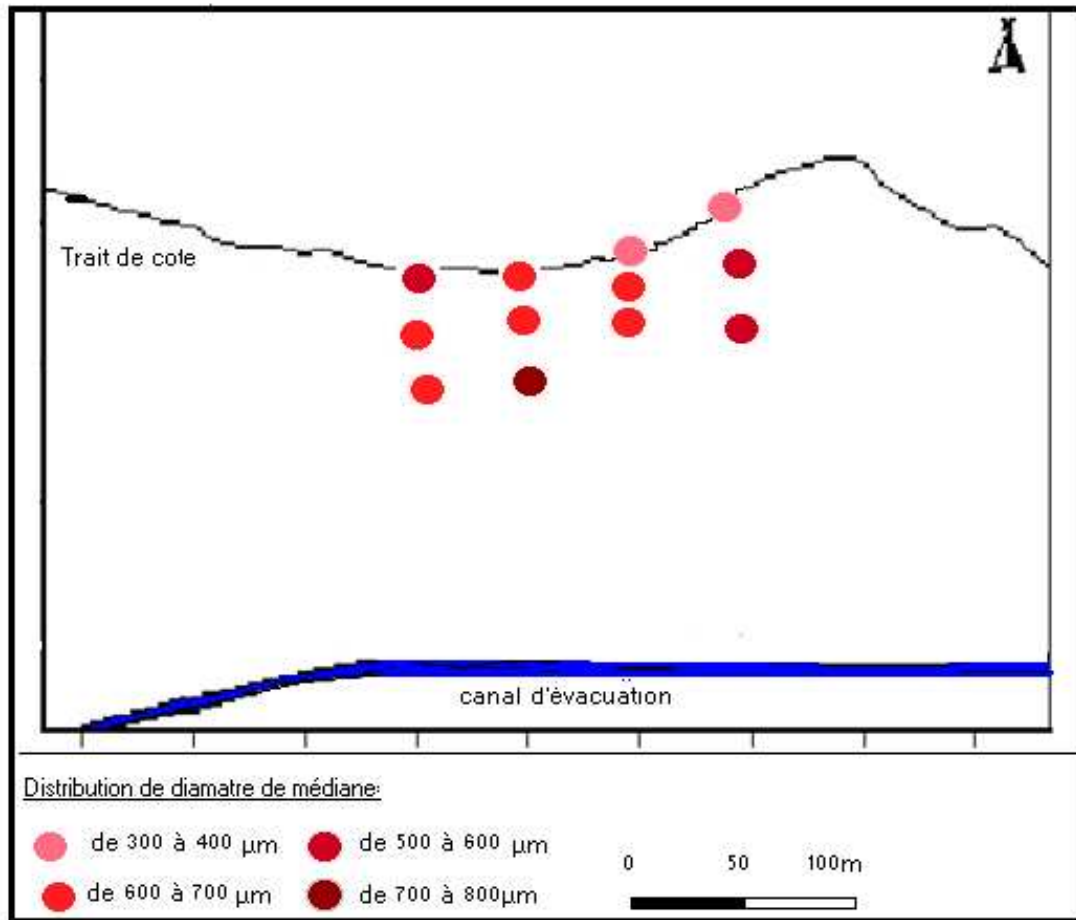
Figure 17 : Exemple d'histogramme multimodal de la station 7

Tableau 15: Fractiles et modes pour chaque échantillon

Paramètre Station	Q25	Me	Q75	D10	D30	D60	Mo
S1	590	500	355	700	575	400	500-315
S2	620	524	380	804	596	470	500-315
S3	590	385	345	1080	565	366	315
S4	850	655	420	1000	805	595	800-630-500-315
S5	900	670	520	1220	845	605	800-630-500
S6	420	367	337	560	400	355	315
S7	1075	785	550	1370	990	685	1000-800-630-500-315
S8	950	660	500	1310	885	590	500
S9	735	635	565	835	710	603	500-315
S10	930	635	420	1365	860	565	500
S11	850	600	455	1190	785	550	500
S12	655	575	522	750	630	557	630-500

Tableau 16: Indices et coefficients granulométriques

Indices Stations	SO	SK	Cu	Cc
S1	0,775689961	0,8378	0,57142857	1,18080357
S2	0,782881361	0,85805023	0,58457711	0,94002329
S3	0,764686709	1,373250126	0,33888889	0,80759209
S4	0,702935023	0,83211934	0,595	1,08911765
S5	0,76011695	1,042548452	0,49590164	0,96738247
S6	0,895757195	1,050865327	0,63392857	0,80482897
S7	0,715281698	0,959470972	0,5	1,04438169
S8	0,72547625	1,090449954	0,45038168	1,01335878
S9	0,87675965	1,02988406	0,72215569	1,00118172
S10	0,672021505	0,968689937	0,41391941	0,95899381
S11	0,731637969	1,074305556	0,46218487	0,94152024
S12	0,892718637	1,034132325	0,74266667	0,95008977



Carte 11: Répartition des médianes sur la plage El Kaddous

➤ **Conclusion:**

En résumé, l'analyse granulométrique a montré que le sédiment de la plage El Kaddous et de la dune bordière est un sable bien classé, non uniforme et qui présente une symétrie par rapport à la médiane (582,83 μm). Selon la médiane, on peut conclure qu'il y a une dominance du sable moyen dans les échantillons, cela peut expliquer que le régime des vents dans cette région est d'une intensité plus ou moins forte. Selon l'analyse le sable de la plage El Kaddous présente un nombre élevé de grosseurs intermédiaires et contient très peu de particules fines. Elle nous a montré aussi une légère augmentation de grosseur des grains en allant du trait de côte vers la dune.

b) Calcimétrie

« La Calcimétrie est classée parmi les méthodes sédimentologique et non géochimique parce qu'elle donne des résultats approchés bien que très fidèles » (Léclaire, 1972).

Le principe de la méthode est basé sur l'évaluation du taux des carbonates. Le taux des carbonates est obtenu à partir de la différence de poids d'un échantillon de sédiment avant et après l'attaque à l'acide chloridrique (HCL) dilué à 10%.

Les échantillons prélevés à la plage EL Kaddous sont pesés et traités avec l'acide jusqu'à l'arrêt totale de l'effervescence, en suite ils sont lavés d'eau distillée.

Après séchage, les échantillons sont repesés. La différence de pourcentage entre la pesé initiale et la finale donne le taux des carbonates.

Le sable de la plage EL Kaddous et de la dune bordière contient un taux faible de CaCO_3 , ce qui démontre que les sédiments actuels de la plage El Kaddous sont en grande partie d'origine continentale, ce qui peut être confirmé par une étude morphoscopique (malheureusement, on n'a pas eu le temps de la faire).

Cependant les taux les plus élevés se trouvent au niveau du trait de côte. La teneur en carbonate est fortement liée à la présence de coquilles des organismes.(Carte 11)

Tableau 17: Taux des Carbonates

Stations de prélèvement	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
Taux de CaCO_3	9,68	9,76	15,64	9,89	10,88	17,83	8,05	9,28	9,98	10,72	10,52	13,17

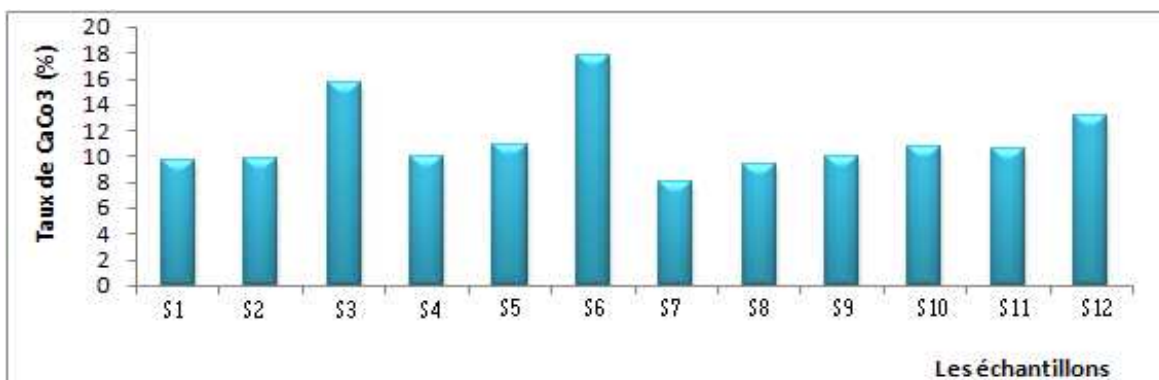
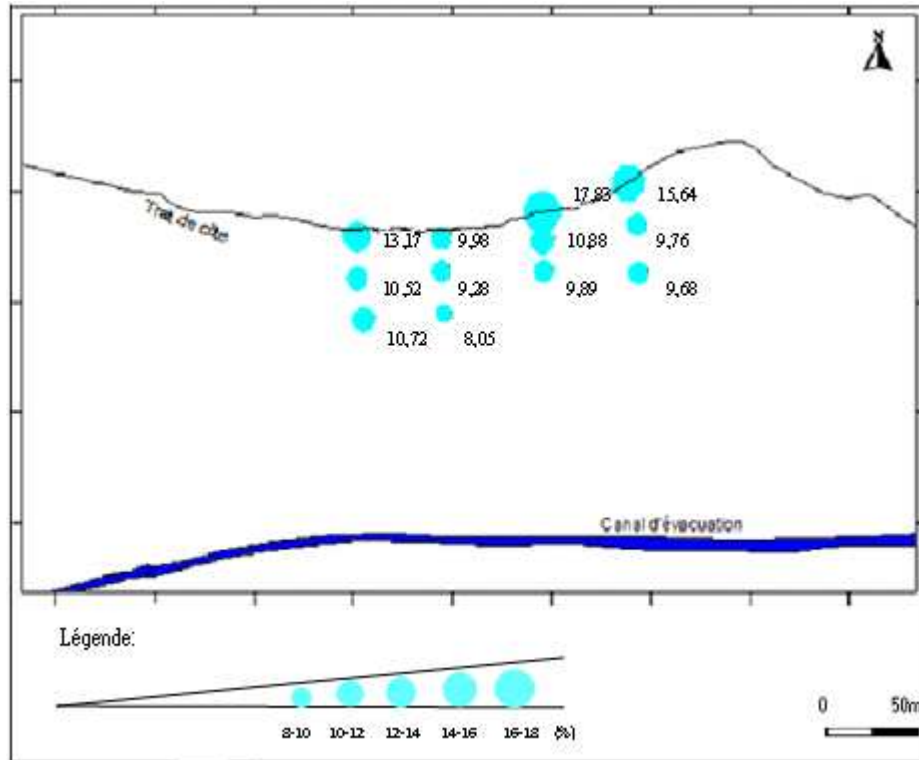


Figure 18: Histogramme de distribution des taux des carbonates



Carte 12: Distribution des taux des carbonates sur la plage El Kaddous

c) Fraction pélitique

La détermination des teneurs en pélites s’effectue à partir de la différence du poids sec du sédiment estimé à l’analyse granulométrique, avant et après séparation par voie humide sur tamis 80µm.

Tableau 18: Teneurs des pélites

Station de prélèvement	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
Taux de pélites(%)	1,25	0,85	1,13	0,85	0,06	0,47	0,22	0,18	0,75	0,52	0,33	0,57

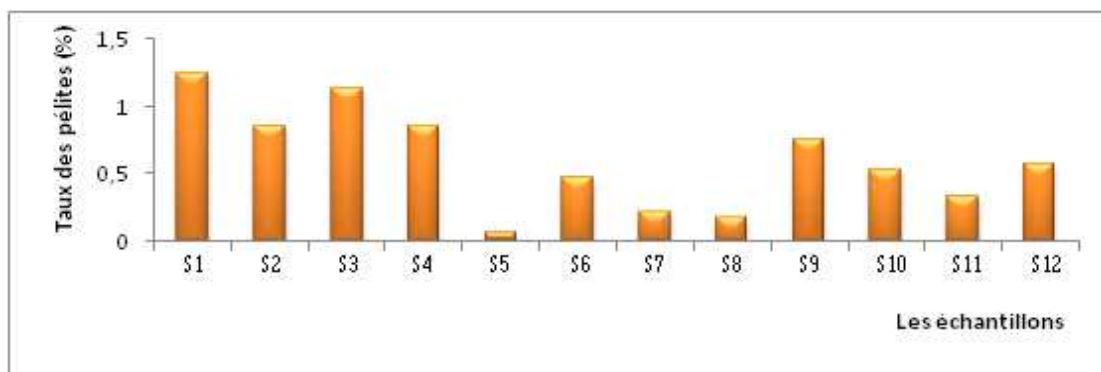
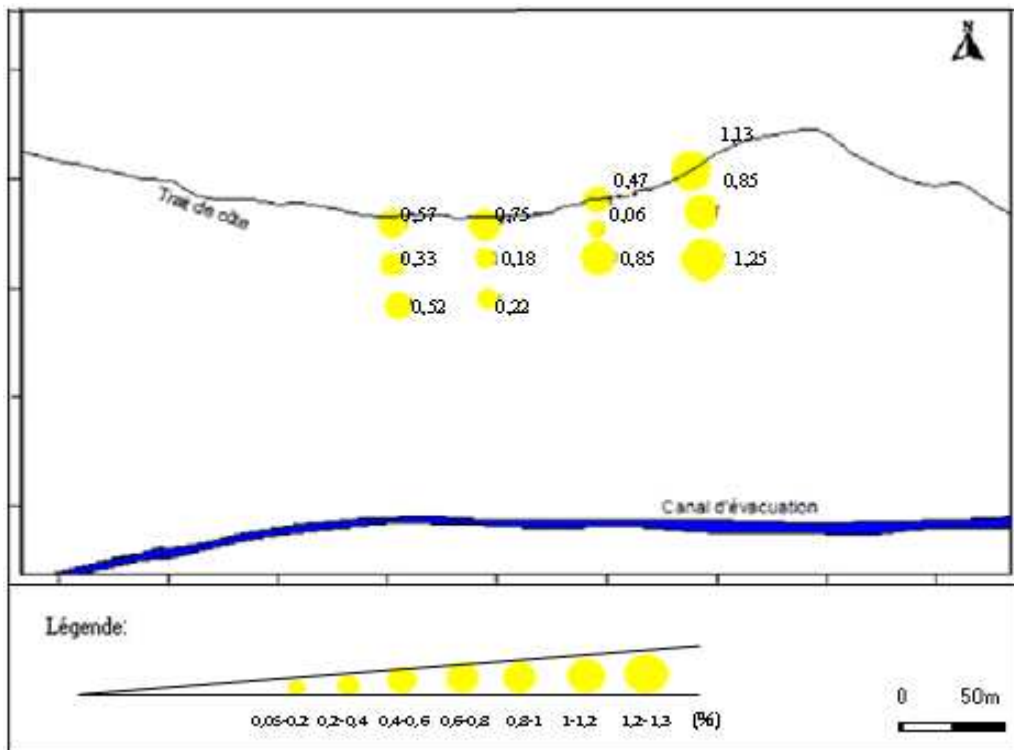


Figure 19: Histogramme de distribution des taux des pélites

Les teneurs en pélites des échantillons de la plage El Kaddous sont très faibles. Elles sont comprises entre 0,06 et 1,25 %. Ce qui confirme encore une fois que c'est une zone de forte énergie marine et éolienne.

Les taux les plus élevés sont enregistrés au niveau des échantillons prélevés dans la partie Est de la plage. On remarque qu'à la partie Ouest les échantillons prélevés au niveau du trait de côte contiennent le taux le plus élevé en pélites. Les échantillons de la partie Est prélevés au niveau de la dune contiennent les taux les plus élevés.



Carte 13: Distribution des taux des pélites sur la plage El Kaddous

3. Perspectives d'aménagement et de protection

Dans ce dernier chapitre nous essayerons d'amener notre contribution en matière de perspective d'aménagement et de protection d'une partie de la zone côtière sableuse identifiée dans le cadre du projet « *réserve naturelle de Réghaia* ». Après un bref exposé sur l'occupation actuelle du site, on abordera la restauration de la dune bordière et la faisabilité d'un rechargement artificiel de la plage.

3.1. Quelques données sur l'occupation du site

La zone côtière de Heraoua a été classée zone d'extension touristique (ZET). Elle englobe une diversité paysagère composée notamment de falaises mortes qui représentent un ancien rivage de nature argilo-sableux, d'un ensemble dunaire bordier auquel s'adosse une large zone balnéaire et en arrière zone, d'une surface boisée d'environ 96 740 m² sur la berge Ouest du lac de Réghaia.

La plage El Kaddous est une plage ouverte rectiligne qui s'étend sur une surface de 92500 m², d'une largeur moyenne de 50 m, sur un linéaire côtier de 1850 m. Elle se compose essentiellement d'un sable moyen foncé et de bonne qualité.

Elle a été choisie comme plage pilote par le Ministère du Tourisme à l'instar des 14 autres réparties à travers les wilayas côtières. Elle constitue une référence en matière de prise en charge et d'accueil des estivants. Son taux de fréquentation est élevé et sa capacité d'accueil peut aller jusqu'à 23 125 baigneurs. Les autorités communales réalisent des travaux d'entretien (nettoyage et ramassage des débris.....), en particulier à l'approche de la saison estivale, pour le confort des estivants. Une brève analyse du plan d'occupation du site (Carte 12) indique certaines commodités :

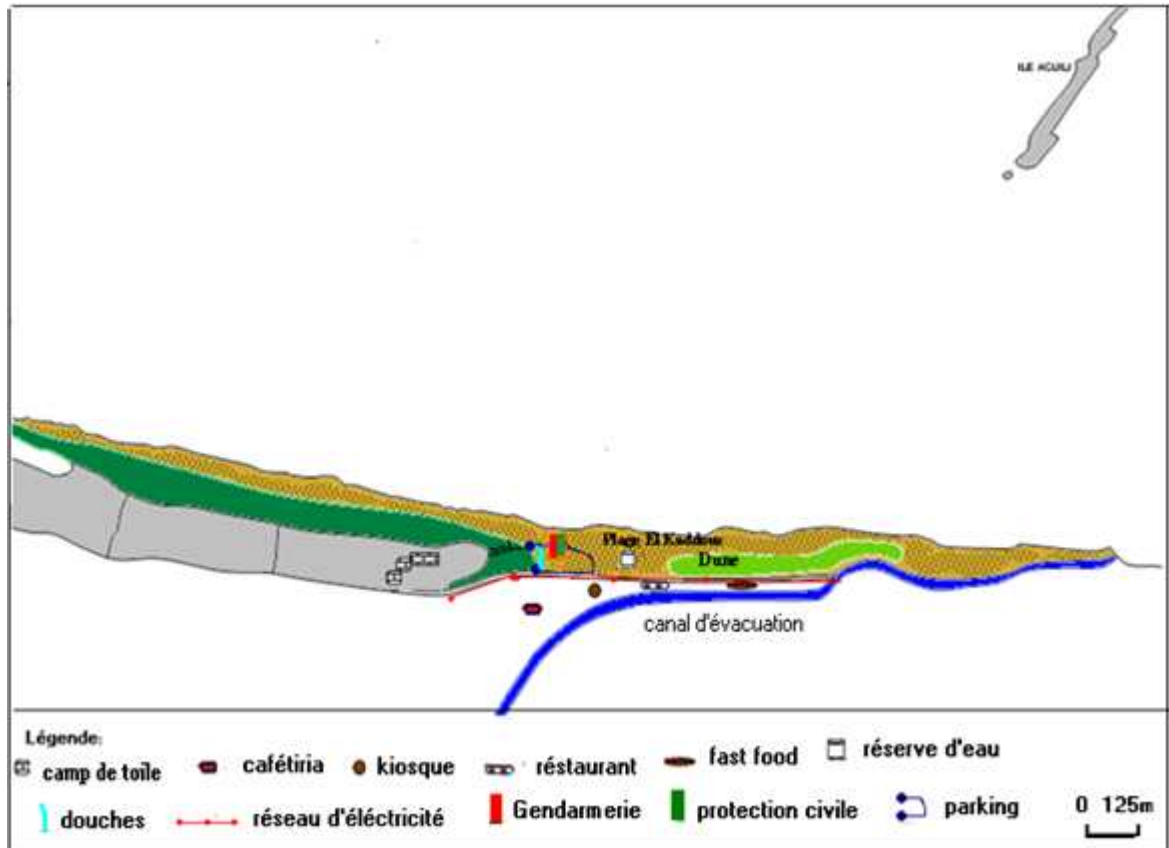
- La plage offre un espace de détente et de loisirs marqué par l'omniprésence de deux unités de sécurité (Gendarmerie nationale et protection civile).
- Un parking de voitures.
- Une réserve d'eau mise au centre de la plage.
- Un réseau d'électricité le long de la route à usage domestique.
- Un ensemble de services dont les aménagements éparses ont été plutôt improvisés sans répondre à une logique d'occupation du site : kiosques, vestiaires, cafétéria, douches, fast food,

L'accès à la plage El Kaddous est favorisé par un réseau de communication suffisant. Elle est distante du chemin de la wilaya de 2 km, et du centre du chef lieu de commune de 3 km. Un chemin départemental venant de Surcouf, descend en pente jusqu'au parking et continue tout droit derrière le cordon dunaire.

On retient la construction de la voie qui relie Deca-plage (Surcouf) à la plage El Kaddous, sur un tracé situé à une cinquantaine de mètres du trait de côte, à 5 m d'altitude au pied des falaises marneuses. Ce projet a causé la destruction d'un escalier qui liait un ancien camp de toile en amont (abandonné) à la plage. De plus « ...cette route est implantée sur un terrain meuble lequel, d'après les prescriptions géotechniques du P.D.A.U. (Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme - Avril 1993) est un sol défavorable pour la construction... » (Adjout et al - 1997).

Le ministre du tourisme a annoncé, lors d'une visite d'inspection, qu'un projet de création d'un village touristique est envisagé dans ce site qui bénéficiera d'un dispositif d'aménagement. Ce projet repose sur quatre volets : la gestion des équipements, l'animation touristique, l'amélioration des lieux d'accueil et la promotion de l'information et de la communication.

En définitive, les pouvoirs publics reconnaissent que la protection de ce rivage et de tout ce qu'il offre comme singularités touristiques, ne relève nullement de simples travaux réalisés conjoncturellement, mais de travaux d'envergure réalisés sur la base d'études sérieuses effectuées préalablement.



Carte 14: 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)

3.2. Restauration de la dune bordière

➤ Généralités sur les dunes littorales

La dune littorale est une accumulation de sable mis en place par le vent. Elle forme un relief le long du littoral qui est caractérisé par son élévation par rapport au paysage avoisinant. Elle présente trois aspects importants :

- C'est un milieu productif avec une biodiversité côtière et un potentiel sylvicole parfois important. Son couvert végétal est très spécifique.
- C'est un cordon sableux qui présente une protection naturelle contre la mer et ses inconvénients pour les activités et installations d'arrière – côte.
- C'est un espace social récréatif et de loisirs.

Le tourisme intense, l'extraction et l'urbanisation menacent l'équilibre des ensembles dunaires littoraux.

Cinq facteurs contribuent à la formation et à la conservation de la dune littorale:

- La mer qui, grâce au transit littoral, alimente les estrans et ensuite les dunes
- Les forces éoliennes : Elles sont très importantes dans la formation et l'hydrodynamisme dunaire. Pour qu'il ait dune, il faut que le sable accumulé sur les plages soit transféré par le vent, et soit mis hors de l'atteinte normale des vagues. Le vent est encore plus sélectif que la houle, au point de vue de la granulométrie de ce qu'il transporte et le tri est encore plus amélioré par rapport à la plage. Le sable des dunes est généralement trié en fonction de sa taille, les sables grossiers (de 2 mm à 800 μm) se déposent les premiers, puis les sables moyens (de 800 μm à 315 μm), puis les sables fins (de 315 μm à 125 μm), enfin les sablons (de 125 μm à 50 μm). Un vent doit avoir une vitesse minimale de 5 à 6 m/s (degré 4 dans l'échelle Beaufort) pour pouvoir déplacer des grains secs de quartz d'un diamètre de 0,2 à 0,3 mm.

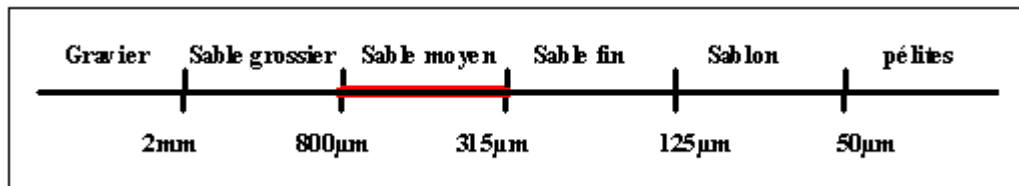


Figure 20 : Nomenclature des sables selon la largeur des particules (Pinot, 1998).

En rouge, les dimensions représentées habituellement sur la dune de la plage El Kaddous

- L'effet de relief et des obstacles : La présence d'obstacle interrompt l'éolisation et il en résulte une accumulation et un dépôt du sédiment. L'obstacle peut être naturel (pente, monticule, butte, buisson,...), ou artificielle (treillage, palissade,...). Ce processus dépend de la forme et de la dimension de l'obstacle (une forte pente imperméable provoque un affouillement et défavorise le dépôt et inversement une faible pente perméable lui est favorable).
- Le facteur phytologique ou couvert végétal : la présence d'une végétation inhibe les effets du vent à la surface du sable. C'est donc un élément essentiel de la permanence de la dune. Ce sont des plantes Psammophytes et halophiles qui colonisent les dépôts des sédiments. Ces espèces particulières (riches, variées et denses mais tout de même sensibles) sont adaptées aux conditions difficiles du milieu (embrun, salinité, vent fréquents, substrat meuble et pauvre...). Quand ces plantes sont pérennes, certaines d'entre elles ont des racines longues et profondes (rhizomes) pour atteindre les nappes phréatiques. Parfois au contraire, elles sont superficielles pour s'alimenter de l'humidité de surface. La très grande importance de la couverture végétale dans l'équilibre des paysages dunaires les rend très fragiles, puisque tout facteur qui transforme la couverture végétale transforme par là même la dynamique de la dune.

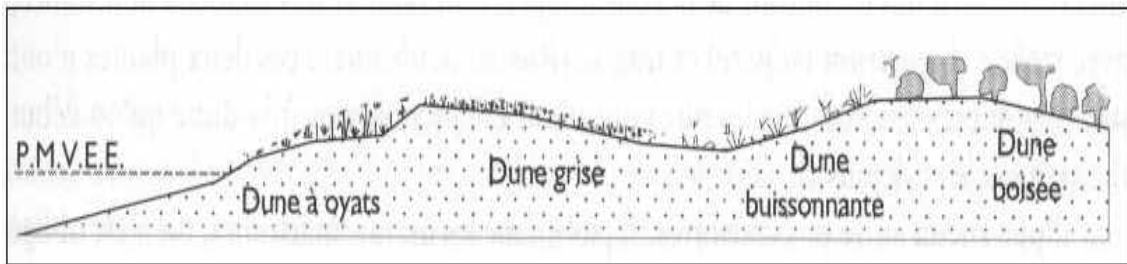


Figure 21: Zonation de la végétation sur la dune (Pinot, 1998).

- Le facteur Anthropique : La dune est un milieu très convoité par l'homme. C'est un secteur peu susceptible d'appropriation privée ce qui a rendu son usage très intense et varié. La fragilité des dunes fait qu'il n'y a pas d'usage possible sans risque de dégradation, destruction de la couverture végétale, dénaturaion du paysage dunaire, diminution et perturbation de la biodiversité côtière, déstabilisation des profils, déflation et érosion de la dune et de la plage.

Ces brefs rappels sur la dynamique dunaire nous permettent de faire des suggestions sur la faisabilité de la réhabilitation de la dune bordière de la plage de El Kaddous.

➤ Description de la dune bordière du site «El Kaddous »

La dune de la plage El Kaddous est plus remarquable dans la partie Est où elle peut atteindre une hauteur de quelques mètres. Elle s'incruste parallèlement entre la plage et le canal d'évacuation de l'oued Réghaia. C'est un site ouvert, qui ne présente pas d'obstacles artificiels, la pente au pied de la dune peut atteindre 25%.

Selon l'analyse granulométrique effectuée sur des échantillons prélevés au niveau de la plage El Kaddous et la dune bordière, le sable de la dune est un sable moyen dont le diamètre dominant varie entre 315-500 μ m.

Les vents sont habituellement d'intensité modérée, leur direction prédominante est celle du Nord-ouest (données ONM).

La végétation dunaire constatée lors de notre passage est relativement variée. (Cf. Végétation spécifique de la dune El Kaddous en annexe).



Photo 18 : Végétation de la dune bordière (plage El Kaddous, 2010).

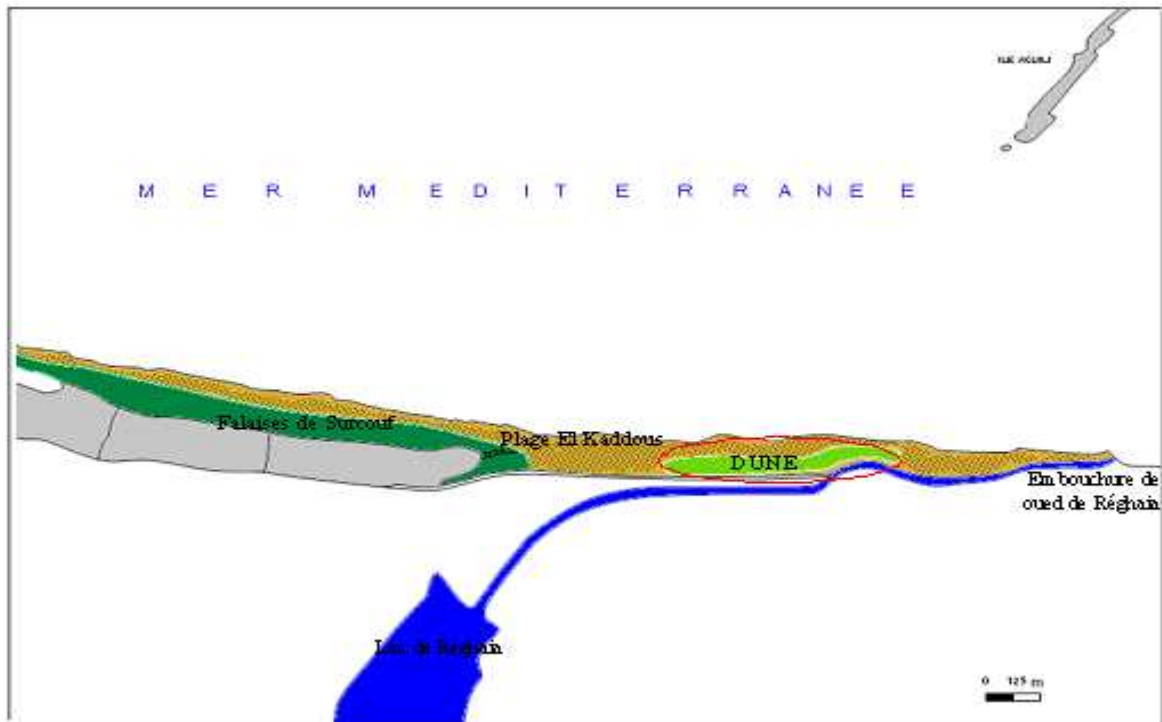
Au niveau de la dune de la plage El Kaddous, l'usage extensif le plus habituel est le pâturage. Cette pratique peut aboutir à une telle dégradation de la dune, et à de telles conséquences pour la mise en mouvement des sables dunaires ; érosion de la dune et envahissement des terres agricoles.



Photo19 : pratique du pâturage anarchique (plage El Kaddous, 2010).

La dune souffre du piétinement des plantes à cause de la fréquentation touristique et des rejets des bouteilles en plastique et des sachets de nylon par les habitants de l'entourage. Elle connaît aussi un début de processus de dégradation à cause des extractions abusives de sable qui ont été faites dans un passé très récent.

Enfin la dune bordière reste quand même à l'abri de la grande construction telle que l'urbanisation linéaire de front de mer. On note l'absence totale de tout aménagement (boulevards, promenades, bâtiments en particulier des hôtels à proximité même du rivage) susceptible de dénaturer cet espace dunaire.



Carte 15 : Situation de la dune bordière au niveau du site (Fond de carte réalisé à partir de la carte topographique 1/25 000, Alger NJ-31-IV-14 Ouest, 1987)

➤ **Perspectives d'aménagement et de protection de la dune bordière du site «El Kaddous »**

La dune bordière constitue un élément essentiel de l'équilibre dynamique d'une plage pour laquelle elle représente une réserve en sable. Elle joue un rôle de par-choc contre les fortes vagues. Il est recommandé de sauvegarder et de protéger la dune là où elle est encore intacte, la restaurer là où elle a été dégradée et même la créer si les conditions du milieu sont favorables.

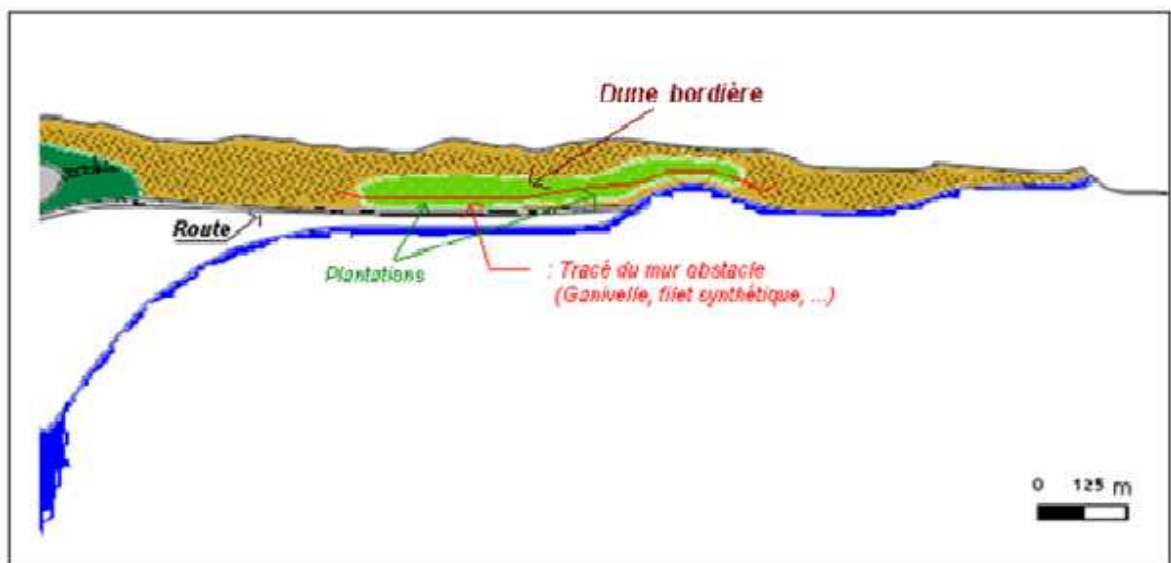
Pour la dune bordière de la plage El Kaddous, on remarque bien que la dune est plus développée à l'Est, elle peut atteindre jusqu'à 7 m de hauteur avec une couverture végétale plus ou moins développée. Une protection est recommandée au niveau de la partie Est où elle se conserve plus ou moins, alors qu'elle nécessite une restauration du côté Ouest du site. On tentera d'exposer quelques principes de sa restauration et de sa protection.

L'objectif est de conserver la dune de la plage El Kaddous (là où elle n'est pas en état de dégradation avancé comme dans sa partie Est), comme milieu naturel, dans le cadre de la réserve naturelle, pour préserver un espace récréatif et obtenir un milieu agréable et stable qui puisse servir durablement. Pour cela des techniques douces peuvent être adaptées.

- **Renforcer la végétation de la dune:** pour la restauration de la dune là où elle était détruite et dégradée ; des plantations adaptées qui permettront de fixer le sable et de stopper les transferts. Bien entendu, il convient de porter le choix sur les espèces locales, les espèces végétales dunaires caractéristiques du site sont l'*Ammophila Arenaria*, le *Lotus Maritima*, le *Pancretium Maritima*. (Belahrache -1987). Les touffes d'oyat 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.

- **Prévoir des passages vers le rivage:** passerelle, escaliers légers, rampe en bois... afin de protéger la végétation contre le piétinement.
- **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.
- **Mettre en place des obstacles favorables aux dépôts du sable :** Bien que les plantes aient l'avantage de suivre le rythme de l'accumulation du sable sur la dune, il faut aussi mettre en place des obstacles qui ont pour but de diminuer la vitesse du vent et, par voie de conséquence, de provoquer le dépôt d'au moins une partie du sable qu'il transporte. Il s'agit, soit de fascines faites d'assemblage de rameaux et de branchage, soit de clayonnage de branches et de pieux, soit de filets en nylon au maillage serré, tendus sur des piquets en bois, soit des Ganivelles (assemblage de panneaux en bois aplatis ou roseaux). Une perméabilité de l'ordre de 40 à 50% est recommandée pour ces obstacles.
- **Ajouter un appoint de matériaux par Apports artificiels :** Il est préférable que les matériaux allochtones soient de même nature et se rapprochent de la dimension des matériaux autochtones.
- **Appliquer les mesures conservatoires :** toutes ces opérations doivent s'accompagner d'une protection juridique que facilitent les dispositions prévues par la réglementation en vigueur, notamment la 'loi littoral' n° 02 . 02 du 5 février 2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral.



Carte 16 : Principes de protection et d'aménagement de la dune bordière du «El kaddous »
(Fond de carte réalisé à partir de la carte topographique 1/25 000, Alger NJ-31-IV-14 Ouest 1987)



Photo 20, 21, 22, 23 et 24 : Quelques exemples d'illustration en aménagement et protection de la dune littorale

3.3. Alimentation artificielle de la plage

➤ Indications sur l'alimentation artificielle des plages

Depuis plusieurs décennies, on assiste à une dégradation progressive des littoraux sableux sous forme d'érosion intensive des plages. Plusieurs techniques de protection ont été mises en évidence pour protéger les plages contre l'érosion. La protection des plages peut se faire selon deux types de systèmes de défense, à savoir les systèmes de défense lourde (statique) et les systèmes de défense légère (dynamique), ces deux types de protection se fondent au moins sur un de ces quatre principes :

1. **Arrêt des débits solides**: obstacle empêchant la perte des matériaux sous effet marin ou éolien;
2. **Absorption de l'énergie des houles**: Obstacle d'atténuation de l'énergie marine avant d'atteindre le rivage ou lors de son déploiement sur le haut de plage;
3. **Contrôle des facteurs hydrodynamiques**: dispositif d'orientation des courants ou de diffusion de l'énergie des vagues.
4. **Compensation des déficits sédimentaires**: injection de matériaux allochtones.

Les ouvrages lourds « ... ont généralement réglé un problème local pour en engendrer un autre dont l'ampleur a été multipliée, sur la même plage ou plus loin, jusqu'à devenir une cause indirecte majeure de l'évolution régressive du rivage... » (Miossec, 1990).

Les dispositifs de protection dynamique sont préférables aux dispositifs de protection lourde car ces derniers présentent des inconvénients majeurs et des impacts environnementaux négatifs :

- Concentration de l'énergie, accentuation de l'effet érosif, déchaussement et perte de matériaux (digues, murs, talus, enrochement...)
- Erosion à l'aval du transit dominant, recul du trait de côte et approfondissement du fond (épis et Brises - lames)
- Difficulté de prévoir l'évolution des fonds
- Ralentissement et réduction des échanges entre la zone sous abri et le large (tendance à un milieu fermé)
- Difficulté d'optimisation (dimension et localisation)
- Esthétique altérée et artificialisation du paysage
- Mauvais rapport coût/ avantage.

Bien que ces ouvrages soient toujours utilisés, on a tendance à s'orienter de plus en plus vers les méthodes de protection douces qui minimisent les dégâts et qui se basent sur l'adaptation aux conditions naturelles en intégrant et en composant avec les processus hydrosédimentaires. Plusieurs dispositifs sont utilisés :

- Restauration et stabilisation du sol.
- Reprofilage.
- Remise en circulation du transit littoral.
- Compensation des pertes par alimentation artificielle.

"Le chargement artificiel, pour contrecarrer le démaigrissement et le recul des plages, a d'abord été utilisé aux U.S.A., mais il s'est ensuite étendu ailleurs dans le monde" (Paskoff – 1997). Il a pour but de compenser un déséquilibre sédimentaire du littoral provoqué par une érosion naturelle ou résultant d'intervention humaine (ouvrages, emprunts de sable, etc. ...) voire même la création d'une plage artificielle.

L'opération de rechargement ne se heurte pas à de grosses difficultés techniques. Les matériaux de rechargement doivent répondre à certains critères granulométriques. Le matériel utilisé doit être aussi proche que possible, par la taille et la nature, de celui qui constitue le rivage que l'on veut engraisser. S'il est plus fin il sera rapidement dispersé par les vagues, s'il est plus gros, il augmente la pente. Le sable de rechargement peut être d'origine terrestre, extrait de dune situées à l'écart de l'espace proprement côtier, matériaux de carrière ou matériaux de gisement. Le matériau peut aussi être d'origine marine, le sable est dragué sur l'avant - côte (sous réserve d'une étude d'impact) mais, à titre indicatif à plus de 20 m de profondeur (Cf. disposition de la 'loi littoral'), pour ne pas déséquilibrer davantage la plage qu'on veut justement restaurer.

Les travaux de stabilisation peuvent cependant aller du plus simple (rechargements directs sur les plages) au plus complexe (rechargements associés à des ouvrages (brise-lames, épis ...).

L'alimentation artificielle pose avant tout un problème de coût. Il convient aussi de tenir compte des dépenses récurrentes liées à des apports périodiques de sédiments qui s'avèrent nécessaires pour compenser d'inévitables pertes sur des plages qui étaient en état d'érosion. Au Pays-Bas où le chargement des plages relève aujourd'hui d'une pratique systématique, on estime que le coût annuel moyen d'entretien d'un kilomètre de plage rechargé équivaut à celui d'un kilomètre d'autoroute. Les coûts de ces interventions varient selon les conditions locales et les méthodes utilisables.

Pour que des matériaux déposés dans un site subsistent sous forme de plage artificielle, il faut rechercher une situation telle que les agents naturels aient moins de prise sur les apports artificiels que sur les sédiments in situ. Cette remarque confirme le fait que la plage peut atteindre une stabilité satisfaisante lorsque les matériaux d'apport sont plus gros que les matériaux en place. Si le matériau d'apport est trop fin, il tendra à être dispersé vers le large et la pente de la plage diminuera.

Pour optimiser la proportion des apports en sédiments qui resteront en place, Krumbein (cité par Migniot – 1982), a proposé une formule basée sur la notion de distribution granulométrique des matériaux locaux et extérieurs, que nous essayerons d'appliquer pour traiter de la faisabilité du chargement artificiel de la plage du « El Kaddous ».

➤ **Esquisse bathymétrique du site**

L'observation de la carte bathymétrique de 1994 (Adjout et al - 1994) indique des fonds irréguliers et une profondeur relativement importante très proche du trait de côte. L'isobathe des 5 mètres est en moyenne située à peine à une cinquantaine de mètres du rivage. Cette morphologie quasiment abrupte des fonds se précise encore plus nettement vers le secteur Est. Des platiers rocheux affleurent à proximité même du rivage:

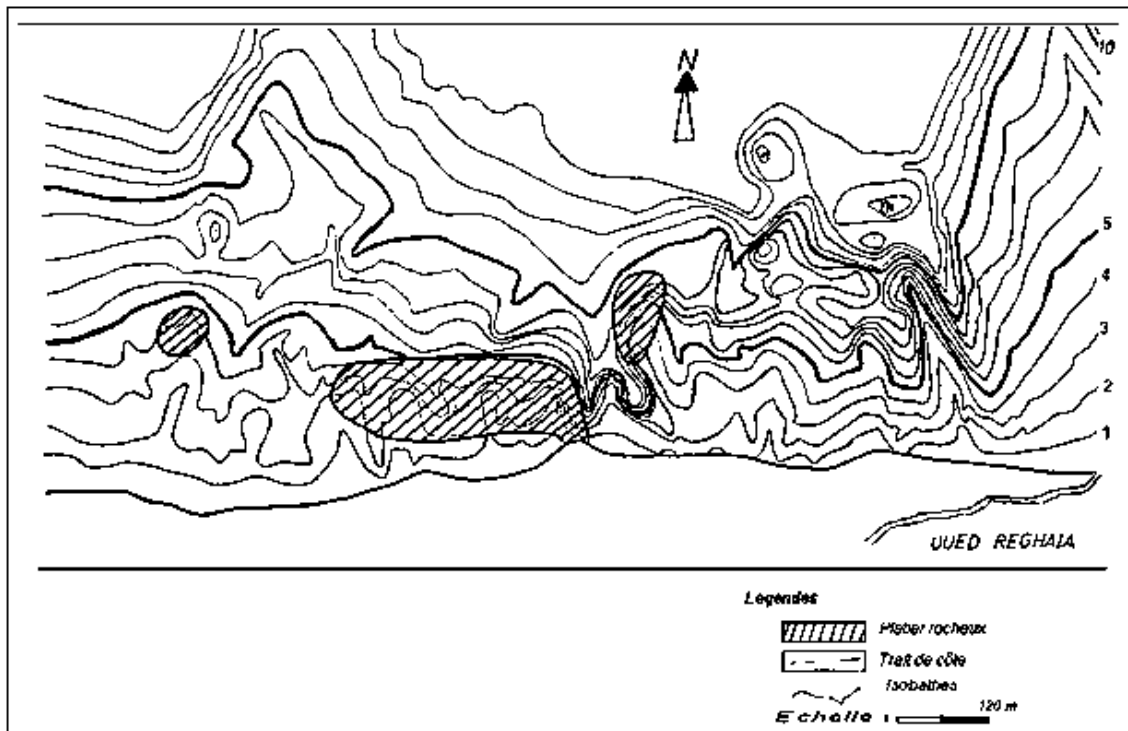
-un premier près de la côte, situé au milieu de la zone et s'étend vers l'Ouest.

-un second éloigné de la côte, situé au Nord-est du premier.

-un autre éloigné de la côte, situé à l'Ouest de la zone.

Si on se réfère aux positionnements des échantillons de sédiments prélevés en mer (Adjout et al - 1994), le reste de la plage sous marine est apparemment constitué de faciès sableux.

La présence de ces types de fonds, l'irrégularité et le rapprochement des courbes bathymétriques, ainsi que la dimension relativement grossière des sédiments observés au niveau du site, sont des éléments révélateurs d'une zone à moyenne concentration d'énergie.



Carte 17: Bathymétrie de la partie soumarine de la plage El Kaddous (Adjout et al,1994)

➤ Exposé des motifs d'une alimentation artificielle de la plage «El Kaddous»

Une plage peut être appréciée selon trois différents niveaux de valeur : sa valeur écologique (en tant que patrimoine naturel), sa valeur économique (en tant que fondement de l'activité touristique balnéaire) et sa valeur d'usage (en tant réponse à un besoin de la société moderne) (Larid - Cours d'aménagement du littoral II).

La plage El Kaddous répond à ces 3 critères d'appréciation. C'est un site à vocation touristique, qui répond à une demande sociale de loisirs et qui s'insère dans une zone côtière marine concernée par un projet de réserve naturelle (site protégé).

D'après nos résultats sur l'observation de la dynamique du trait de côte (cinématique côtière) on a remarqué que la mer avance sensiblement (notamment au niveau central du secteur étudié). En raison de la qualité du site il convient de ne pas opter pour des ouvrages de protection lourde. "Aujourd'hui l'expérience a fait que ces techniques sont de plus en plus remises en cause" (Larid – 1992). De plus, la plage El Kaddous ne connaît pas une importante érosion, En effet, il n'y a pas de grande concentration d'énergie cela confirme l'inutilité des techniques lourdes. Un rechargement artificiel est tout à fait préférable. Nous proposons de réfléchir sur sa faisabilité au niveau du secteur central de la zone étudiée. Le rechargement que nous proposons est motivé essentiellement par:

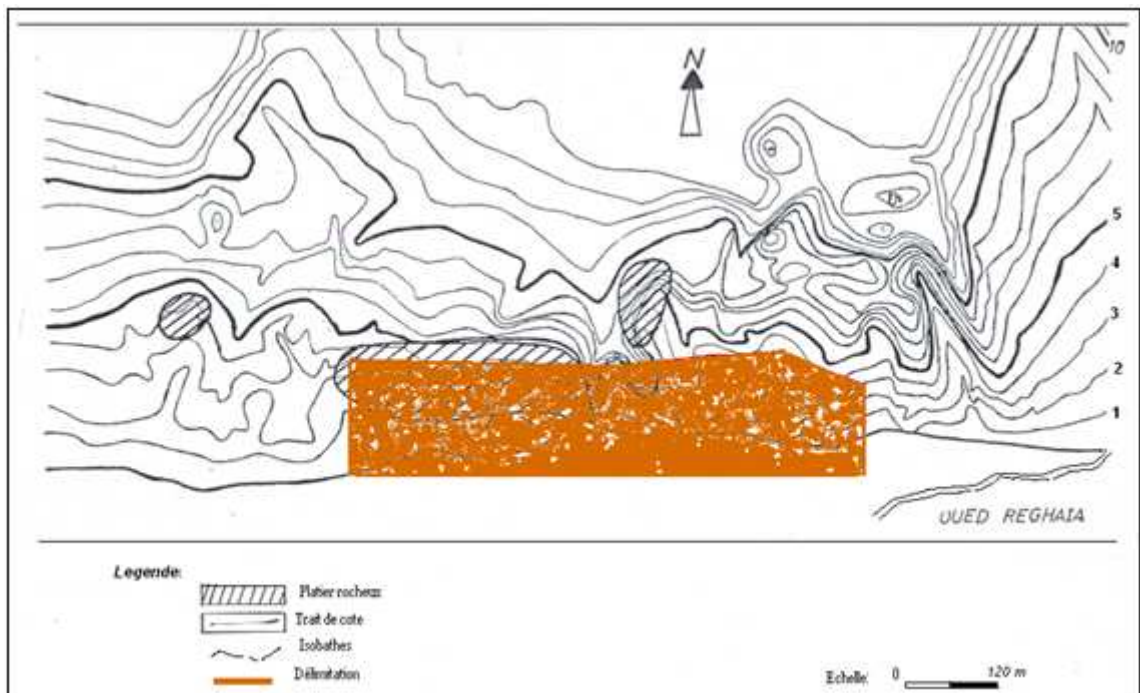
- Une contribution au ralentissement du recul constaté du trait de cote.
- Une réhabilitation du site balnéaire dans le cadre du grand projet de mise en place de la réserve naturelle "lac de Réghaia". En effet, il est intéressant de valoriser le site pour en faire une zone balnéaire familiale. L'observation bathymétrique indique la présence de platiers rocheux peu profonds, surtout au niveau centrale de la plage. On peut aussi constater une assez forte pente sous marine au voisinage du contact terre mer.

Il convient donc de limiter au maximum les dangers que la baignade peut occasionner, notamment pour les plus jeunes usagers.

En définitive, le but est de gagner une certaine superficie sur la mer en délimitant un secteur à plus petits fonds pour sécuriser et agrémenter les séjours des familles.

➤ Détermination du secteur de chargement

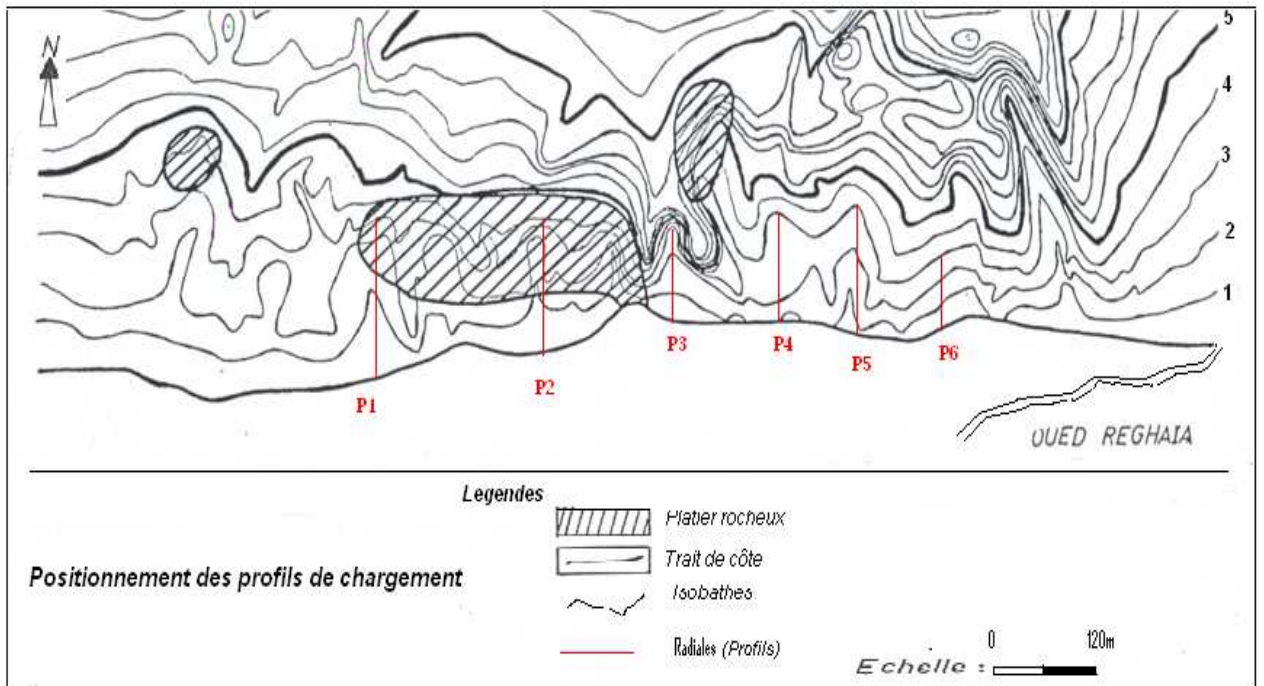
Le site de chargement est situé à centre-est de la plage El Kaddous. Il est caractérisé par un fond irrégulier, où affleure un platier rocheux près de la côte, situé à l'Ouest du site de chargement sur une distance de 400 m (Carte 18). Le site s'étend jusqu'au voisinage de l'isobathe moyenne de 3 m, située à une distance d'environ 138 m du trait de côte vers le large (selon la radiale plus longue P₁). Le chargement propose un élargissement de la zone balnéaire (plage aérienne) sur un linéaire côtier de près de 600 mètres.



Carte 18: Délimitation du secteur de rechargement (Fond de carte Adjout et *al* 1994)

➤ Estimation du volume de chargement

Le volume de chargement est estimé en rapport avec des profils que nous pouvons positionner comme indiqué sur carte 19.



Carte 19 : Positionnement des profils de chargement (Fond de carte Adjout et al, 1994)

Pour estimer le volume de chargement du site, on pouvait faire le choix entre deux hypothèses de calcul et estimer les gains de surface entre le profil initial et le profil de chargement, du trait de côte jusqu'à la profondeur des 3 mètres.

- Prendre la moyenne des six profils (repérés sur la carte) et déterminer le **profil moyen**.
- Evaluer le volume par excès est considérer le **profil le plus éloigné** du trait de côte.

Pour notre étude le choix est porté sur la 2^{ème} option, la distance horizontale sera celle du profil P₁ étant le profil le plus long (Figure 22).

Les résultats sont portés dans les tableaux suivants:

Tableau 19 : Distance et profondeur du profil origine

Distance (m)	0	60	120	138
Profondeur (m)	0	-1	-2	-3

Tableau 20 : Distance et profondeur du profil de chargement

Profondeur (m)	0	0	-0,5	-1	-2	-3
Distance (m)	0	60	100	120	138	160

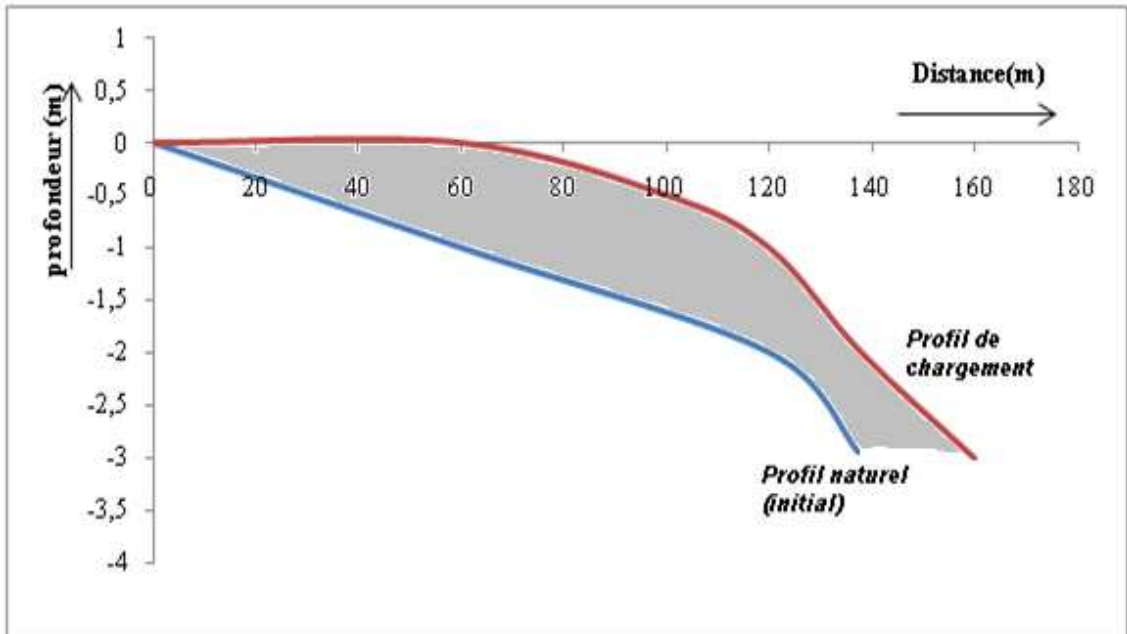


Figure 22: Profil origine et de chargement

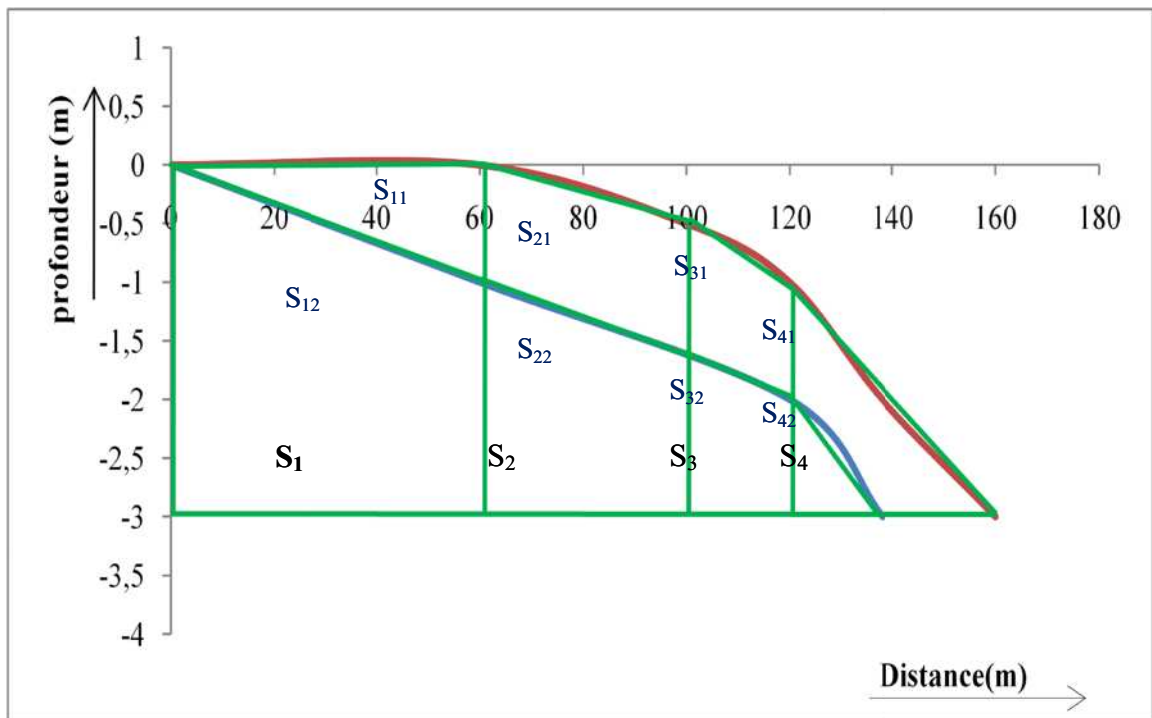


Figure 23 : Méthode géométrique de calcul de la surface de chargement

Les calculs des surfaces gagnées par le profil de chargement sont établis selon le tableau suivant :

Tableau 21 : Calcul géométrique des surfaces de rechargement

Sn	S n (m²)	Sn.1 (m²)	Sn.2 (m²)
S1	180	30	150
S2	110	42	68
S3	45	21	24
S4	40	31	9

$$S_n = S_{n.1} + S_{n.2}$$

$$\text{Surface total (S)} = S_{11} + S_{12} + S_{21} + S_{22} + S_{31} + S_{32} + S_{41} + S_{42}$$

$$\text{Surface de Chargement} = \sum S_{n1} = \sum (S_n - S_{n2})$$

Stc : surface totale de chargement

$$Stc = 124 \text{ m}^2$$

Le volume total de chargement sur un secteur côtier de 600 mètres linéaires est estimé à :

$$V_{tc} = 124 \text{ m}^2 \times 600 \text{ m}$$

$$V_{tc} = 74\,400 \text{ m}^3$$

➤ Optimisation du volume de chargement

Pour estimer et optimiser le volume de rechargement total, on a appliqué la **formule de Krumbein** (1). Elle démontre que les quantités à apporter sont fonction du rapport entre les diamètres des grains constituant la plage initiale et ceux des grains constituant les apports artificiels. Cette formulation est basée sur la notion de distribution granulométrique des matériaux locaux et exogènes. Ainsi les caractéristiques du matériau de rechargement seront définies en comparant la distribution granulométrique de ses particules à celle de la plage naturelle.

On appelle R le volume de matériau d'apport nécessaire pour reconstituer 1 m³ de matériau de plage naturelle, An Φ l'écart type du matériau d'apport en unité Φ = log₂ D avec (D en mm), Al Φ l'écart type du matériau local, Mn Φ la médiane du matériau d'apport et Ml Φ la médiane du matériau local en unité de Φ, on a

$$R \text{ m}^3 = \frac{A\Phi}{A_n\Phi} \exp - \frac{(M_n\Phi - M_l\Phi)^2}{2(A_n\Phi^2 - A_l\Phi^2)} \quad (1)$$

Avec:

$A\Phi$: Ecart type

$M\Phi$: médiane du matériau.

$L\Phi$: matériau local

$N\Phi$: matériel d'emprunt.

On peut admettre que

- si le matériau d'emprunt est plus gros que le matériau naturel, le volume nécessaire sera de l'ordre de 1,5 fois le volume estimé.

- si le matériau d'emprunt est plus fin que le matériau naturel, le volume à apporter pourra être 5 à 10 fois le volume théorique sans que l'on soit certain d'atteindre un état stable de la plage par suite d'un départ des sédiments vers le large.

A noter que pour pallier le manque de matériau grossier permettant d'obtenir de bons résultats, il est possible d'utiliser du concassé de carrière en remplacement le sable naturel.

Dans de nombreux cas, l'effet spectaculaire obtenu immédiatement après rechargement s'amenuise au cours du temps si des apports périodiques ne sont pas effectués et ceci d'autant plus fréquemment que les sédiments sont fins, la perte vers le large étant liée au degré de finesse.

Pour l'estimation du volume optimal de chargement on a pris un échantillon de sédiments parmi ceux que nous avons prélevés au niveau du site du Kaddous. Notre choix s'est porté sur l'un des 3 échantillons situés sur le trait de côte et parmi ceux là nous avons traité celui dont la médiane nous semble la plus représentative (échantillon S6). 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).

Le traitement granulométrique des deux échantillons donne les résultats suivants :

Echantillon de carrière:

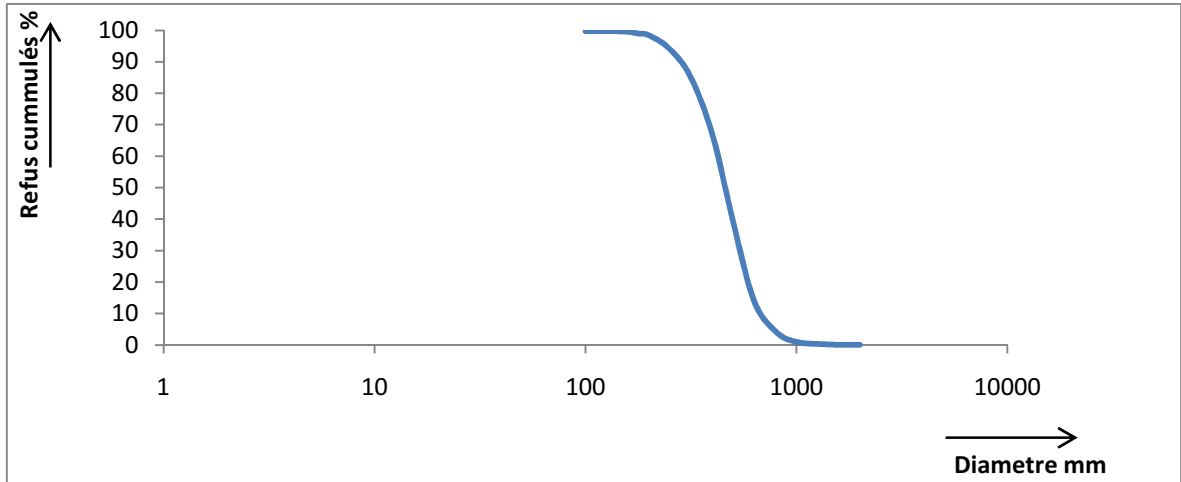


Figure 24: Courbe granulométrique de l'échantillon de carrière.

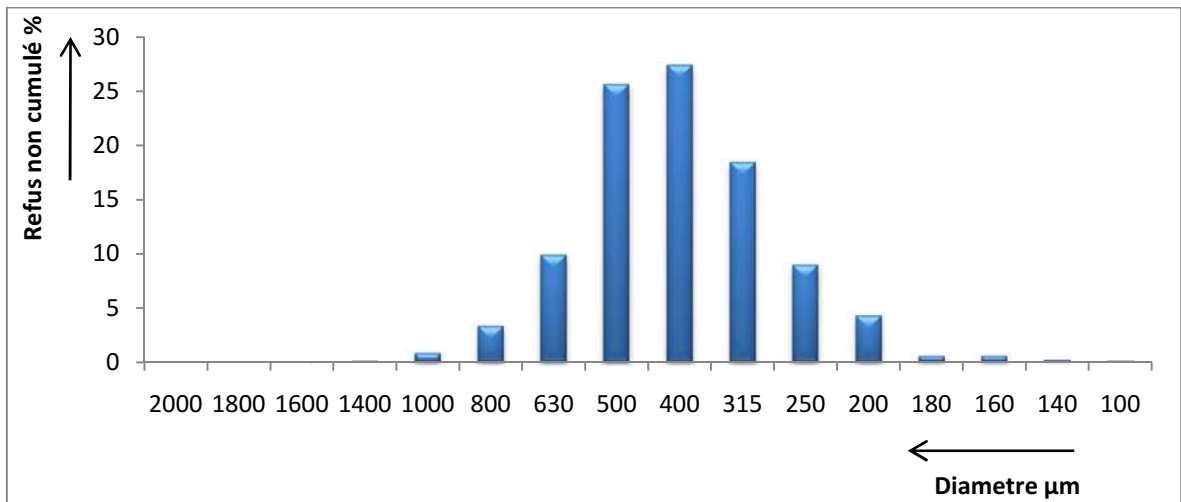


Figure 25 : Histogramme de l'échantillon de carrière.

Indices et paramètres granulométriques:

Tableau 22 : Fractiles de l'échantillon de carrière

Q25	Q50(Me)	Q75	D10	D30	D60
560	460	365	670	540	425

Tableau 23 : Paramètres et indices de l'échantillon de carrière

So	SK	Cc	Cu
0,8	0,96	1,02	0,63

Echantillon local:

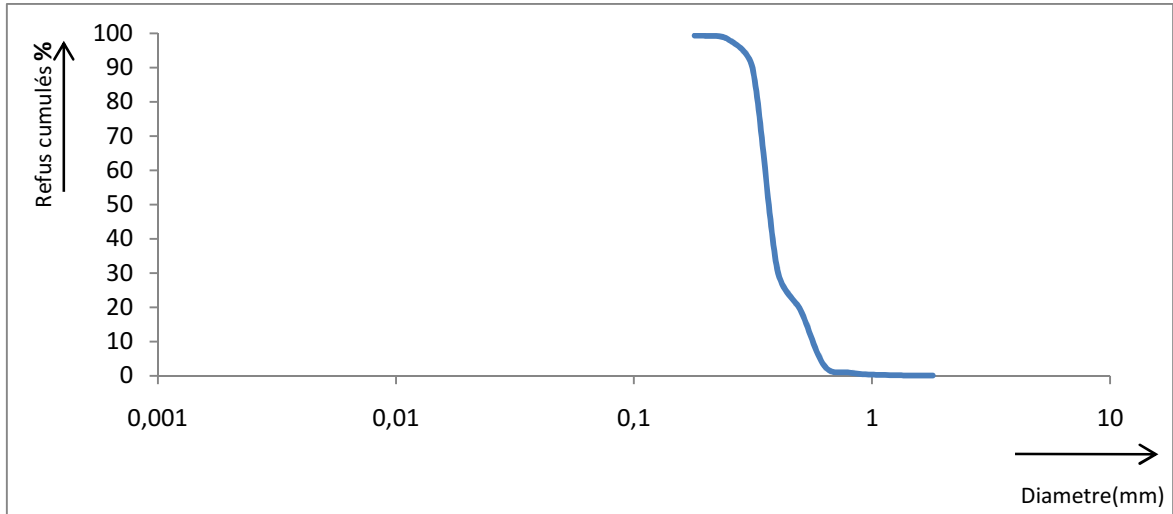


Figure 26 : Courbe granulométrique de l'échantillon local « S6 »

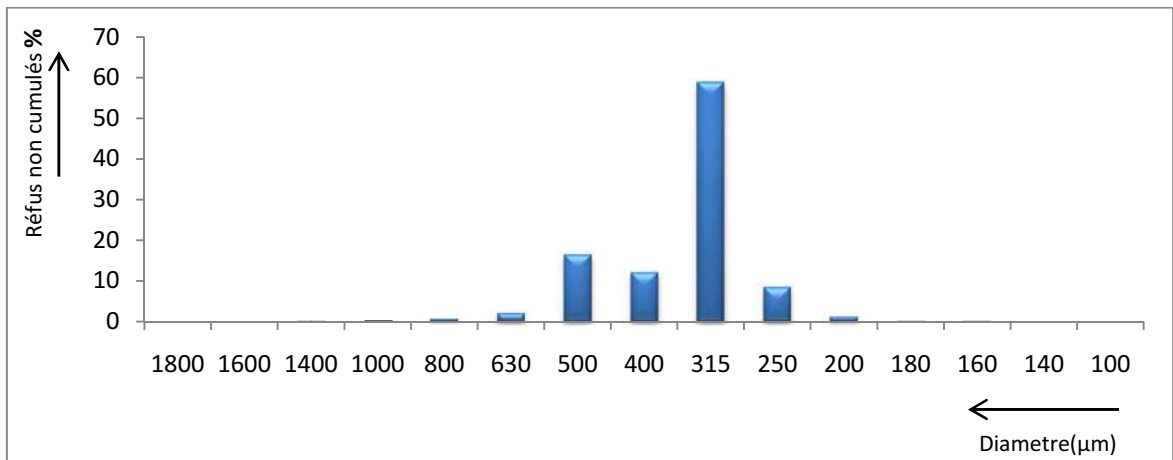


Figure 27 : Histogramme de l'échantillon local « S6 »

Indices et paramètres de l'échantillon local:

Tableau 24 : Fractiles de l'échantillon local

Q25	Q50(Me)	Q75	D10	D30	D60
420	367	337	560	400	355

Tableau 25 : Paramètres et indices de l'échantillon local

So	SK	Cc	Cu
0,895757195	1,050865327	0,80482897	0,63392857

Conversion des diamètres des grains en unité Phi (Φ):

Sable de carrière:

Tableau 26 : Conversion des millimètres en unités Phi (Φ) de l'échantillon de carrière

Centre de classes	D (mm)	D en unité de Φ
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
120	0,12	-3,0588937

Sable local:

Tableau 27 : Conversion des millimètres en unités Phi (Φ) de l'échantillon local

Centre de classes	D en(mm)	D en unité Φ
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
120	0,12	-3,0588937

-Caractéristiques statistiques de la formule de Krumbein:

$$R m^3 = A1\Phi / An\Phi \exp - (Mn\Phi - Ml\Phi)^2 / 2 (An\Phi^2 - A1\Phi^2) \quad (\text{par unité de } \Phi)$$

$$A1 \Phi = 0,35539985$$

$$An \Phi = 0,49086863$$

$$Ml \Phi = -1,446148$$

$$Mn \Phi = -1,1202942$$

Le calcul par la formule de Krumbein, selon ces paramètres de la distribution granulométrique des matériaux naturels et d'emprunt nous donne l'estimation du volume R à déposer pour reconstituer et conserver 1 m³ de plage nature, soit:

$$R = 1,1504578 \text{ m}^3$$

On peut constater que le sable de carrière est plus grossier que le sable de la plage "El Kaddous". Le résultat montre que pour garder 1 m³ de sable il faut charger 1,15 m³.

Donc la quantité totale de matériaux de carrière estimée est :

$$V_T = 1,1504578 \text{ m}^3 \times 74\,400 \text{ m}^3$$

$$V_T = 85594,0605 \text{ m}^3$$

En définitive on peut estimer le volume total de matériau de carrière nécessaire pour optimiser le chargement proposé en vue de l'élargissement du secteur central de la plage, soit d'environ: $V_T = 8600 \text{ m}^3$

Conclusion
Générale

Conclusion

La zone humide de Réghaia est un site sensible de grande valeur écologique. La pression humaine qui menace cet important patrimoine naturel explique l'attention que lui accordent les pouvoirs publics pour en faire une zone côtière marine, classée en « **réserve naturelle** ». Son littoral sableux (plage et dune bordière) a fait l'objet de notre étude.

Comme toutes les plages, celle du Kaddous qui s'insère dans le projet de '**réserve naturelle**', est dynamique par sa nature, plus que d'autres formes littorales. Cette zone balnéaire et sa dune adjacente conservent encore en grande partie leur valeur naturelle et paysagère. Pour cette raison, il convient de les réhabiliter et de les conserver en tant que partie privilégiée du **programme de protection et de valorisation de la zone côtière humide de Réghaia**

La plage El Kaddous offre un aspect attrayant avantage par le voisinage du *lac de Réghaia*, d'un espace boisé et de la proximité urbaine.

L'étude granulométrique du sable de la plage el kaddous indique des courbes cumulatives de type unimodale, qui traduisent la présence essentiellement d'une seule dynamique sédimentaire. Son matériau est relativement bien classé, avec une distribution de grains grossiers en allant vers le trait de côte. Ceci pourrait être un indicateur d'une hydrodynamique côtière assez forte.

Les résultats de la calcimétrie montrent que les sédiments sont en grande partie d'origine continentale. L'étude des pélites indique aussi que leur fraction dans le sable est plutôt faible.

L'évolution de trait de côte de la plage a montré qu'elle a subi une faible érosion, qui résulte en partie de l'attaque des houles frontales. Mais le léger recul constaté est surtout provoqué par la diminution des apports sédimentaires. En effet, l'endiguement du lac de Réghaia à la fin des années 80, afin de le rendre permanent, a probablement réduit l'apport solide sur la plage. Le transit sédimentaire dans le sens Est vers l'Ouest est relativement faible. Les profils effectués sur la plage ont montré que la pente est plus au moins importante au niveau Est que Ouest.

Tout ceci nous a permis de déduire l'inutilité et l'inefficacité de l'intervention de défense lourde contre les effets marins afin de garder l'état naturel du site.... "*C'est-à-dire que, si l'on tient à fixer le trait de cote, il faut le faire dans une position plausible...*", (Paskoff – 1997). C'est dans cette perspective que nous avons proposé des méthodes de réhabilitation du site de *type léger*, tel que la restauration et la protection de la dune bordière (renforcement de la végétation, clôtures, reprofilage,...), et l'alimentation artificielle d'un secteur central de la plage du Kaddous, dont nous avons estimé un **volume optimal de rechargement** à environ 74 400 m³.

Bibliographie

RERERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Ouvrages généraux

GERVREAU. E, 2000. Géotechnique Calcul des ouvrages. Gaëtan Morin éditeur. Europe.

MIOSSEC. A, 2004. Les littoraux entre nature et aménagement. Armand Colin, Paris. Page 43 -

PASKOFF. R, 1985 (1^{er} édition) -1993 (2^e édition). Les littoraux, Impact des aménagements sur leur évolution, Edition Masson, Paris

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

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).

CHALAL. F, YAHAOUI. L, 2005. Contribution à l'analyse de durabilité d'une zone côtière "le cas du lac de Réghaia" (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 Kadous (lac de réghaia), mémoire de fin d'étude d'ingénieur en Aménagement du littoral, ISMAL, Alger, 75 pages

HALLAL.M, 2009. Cours géotechnique 4^{ème} année polycopie. ISMAL.

KSOURI. S, 2005. Contribution à la gestion intégrée des zones côtières(GIZC): "le cas de la zone humide côtière de Réghaia" (mémoire d'ingénieur. ISMAL Dely Brahim).

LECLAIRE. L, 1972. La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares (précontinent Algérien).mémoire du muséum national d'histoire naturelle. Paris. page 33.

BELLATRACHE. M, 1987. Recensement hivernal des oiseaux d'eau dans le marais de Réghaia, mémoire ingénieurat , Institut National Agronomique (INA) – El Harrach - Algérie

Périodiques, revues

COUDERT. E, LARID. M, 2007 . IMAGINE : un ensemble de méthodes et d'outils pour contribuer à la gestion intégrée des zones côtières en Méditerranée , Vertigo – La revue en sciences de l'environnement, Vol7no3, décembre 2006, complétée en Novembre 2007 ,11 pages, (<http://www.vertigo.uqam.ca/vol7no3/framerevue.html>).

LARID. M, 2008 « La zone côtière humide de Réghaia dans le littoral Est Algérois (Algérie) . Contribution méthodologique à son plan de gestion », *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne], Environnement, Nature, Paysage, document 425, mis en ligne le 02 juillet 2008. URL : <http://www.cybergeo.eu/index18852.html>.

MANOUJIAN. S , 1994 . Les rechargements de plages *Actes des 3èmes Journées Nationales en Génie Civil et Génie Côtier, Sète, 2-4 mars 1994, thème V*, pp. 261-269.

Acte des 3èmes Journées NafÛJnaks Génie Civil Glnle Côtier, Sète, 2-4 mars 1994, thème V,pp. 261-269).

MIGNIOT. C et VIGUIER. J , 1979 . Influence de l'extraction de granulats en mer sur l'équilibre du littoral. *La Houille blanche*, N° 3

Documents pédagogiques et rapports

LARID. M, 2009. Cours d'aménagement du littoral II .

LARID. M, 1992. Cours d'aménagement du littoral I. page 81.

LARID. M, 2005. Analyse de durabilité dans le cadre du PAC « Zone côtière algéroise » (Algérie), Rapport final, Plan Bleu, Sophia-Antipolis, 71 pages. [En ligne]
<http://www.planbleu.org/publications/littoral.html>

PLAN DIRECTEUR D'AMENAGEMENT ET D'URBANISME de Réghaïa (PDAU) – 1992, Centre National d'Etudes et de recherche en Urbanisme (CNERU), Alger

PROGRAMME D'AMENAGEMENT COTIER (PAC) "ZONE COTIERE ALGEROISE", Aménagement des communes côtières du marais de Réghaïa - 2005, Centre National d'Etudes et de Recherche en Urbanisme (CNERU), Alger

Liste des acronymes:

A.N.A.T: Agence Nationale d'Aménagement du Tourisme.

ADSP: Analyse de Durabilité Systémique et Prospective.

CCR: Centre Cynégétique Réghaia.

CIESM: Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique pour la Méditerranée.

DBO₅: Demande Biologique en Oxygène.

DCO: Demande Chimique en Oxygène.

DGF: Direction Générale des Forêts.

ENG: Entreprise Nationale de Granulat.

ANRH: Agence Nationale des Ressources Hydrauliques.

INCT: Institut National de Cartographie et de la Télédétection.

LEM: Laboratoire des Etudes Maritimes.

ONM: Office National Météorologique.

PAC: Plan d'Aménagement Côtier.

PAM: Plan d'Action pour la Méditerranée.

PDAU: Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme.

ZET: Zone d'Extension Touristique.

J.O N°46: Journal Officiel Numéro 46.

Annexes

Annexe 1: Espèces marines de l'île Bounetah

- *Posidonia oceanic*
- *Pinna nobilis*
- *Paracentrotus lividus*
- *Serran écriture*
- *Crevette*
- *Langoustine*
- *Cethorhinus maximus*
- *Isurus oxyrinchus*
- *Raja alba*
- *Hippocampus hippocampus*
- *Delphinus delphis*
- *Tursiops truncatus*
- *Epinephelus marginatus*
- *Centrostephanus longispinus*
- *Lithophyllum lichenoides*
- *Grande cigale*
- *Langouste*
- *Badèche*
- *Carcharodon Carcharias*
- *Squatina squatina*
- *Sciaena umbra*
- *Xiphias gladius*
- *Stenella coeruleoalba*
- *Physeter macrocephalus*

Annexe 2: Végétation des plans d'eau et lac (lac de Réghaia)

- *Phragmites communis*
- *Carex muricata*
- *Lapathifolium*
- *Plantago major*
- *Carex divisa*
- *Lythrum junceum*
- *Lycopus europaeus*
- *Mentha aquatic*
- *Scirpus holoschenus*
- *Roripa amphibian*
- *Typha latifolia*
- *Polygonum*
- *Iris pseudacorus*
- *Juncus acutus*
- *Potentilla reptans*
- *Lythrum salicaria*
- *Apium nodiflorum(=Helosciadium nodiflorum)*
- *Mentha rotundifolia*
- *Alisma plantago aquatica*
- *Arundo donax*

Annexe 3: Espèces de reptiles et d'amphibiens du Lac de Réghaia

Reptiles		Amphibiens	
Famille	Espèces	Famille	Espèces
<i>Testudinidae</i>	<i>Tortue mauresque</i>	<i>Ranidae</i>	<i>Grenouille verte</i>
<i>Emydidae</i>	<i>Clémmyde lépreuse</i>		<i>Grenouille rieuse</i>
<i>Camaleontidae</i>	<i>Caméléon commun</i>	<i>Bufo</i>	<i>Crapaud de Maurétanie</i>
<i>Geckonidae</i>	<i>Tarente des murailles</i>		<i>Crapaud vert</i>
<i>Lacertidae</i>	<i>Lézard ocellé</i>	<i>Discoglossidae</i>	<i>Discoglosse peint</i>
	<i>Psammodrome algire</i>		
<i>Colubridae</i>	<i>Couleuvre de Montpellier</i>	<i>Hylidae</i>	<i>Rainette verte</i>
	<i>Couleuvre d'Algérie</i>		
	<i>Couleuvre fer à cheval</i>		

Annexe 4: Zone industrielle de Rouïba-Réghaia(PDF Programme d'Aménagement Côtier
(PAC) Zone côtière algéroise")

Unité industrielle	Type de production
Entreprise de liants routiers d'Alger	Fabrication de produits bitumeux
BATICIM filiale BATIMETAL	Fabrication et galvanisation à chaud de pylônes
ENAD Shymeca unité lames	Lames à double tranchant et les produits d'entretien
Unité de production cosmétiques filiale Shymeca	Production cosmétique
Nouvelle conserverie d'Alger NCA	Agro-alimentaire
Tannerie-Mégisserie	Traitement des peaux ovines
ENAG	Imprimerie
LIMOPLAST	Fabrication chaussures, transformation de plastique
Henkel ENAD Algérie- Unité détergents	Production de détergents ménagers en poudre et liquides
ANABIB-Unité PAF	Revêtement de tubes rond en acier au polyéthylène
SAIDI PLAST	Transformation plastique
SAFRI cuir	Fabrication de cuir
EPBR- Réghaïa	Fabrication de bière et de boissons gazeuses
Sarl Sirop OUAHIB	Fabrication de Sirop et jus
ETS SAFTI	Production de plastique

Annexe 5: Qualité bactérienne des eaux du lac de Réghaia.

	Février 1993	Février 2005
O ₂ dissous (mg/l)	3,6-4	0,25- 1,7
PH	7,8 – 8,6	7,8 – 8,5
Conductivité (µS/cm)	1100 - 1300	1800 - 1925
Salinité	-	0,4 – 0,8
Qualité bactériologique	- Charge bactérienne importante Coliforme fécaux (E. coli, indicatrice de pollution) Clostridium Sulfito- réducteurs ➔ Mauvaise qualité bactériologique	

Workshop international Biodiversité et Écosystèmes Littoraux BEL01

27-29 Novembre 2007, Oran Algérie

Un écosystème littoral en péril: Le marais de Réghaïa, **ZOUAKH Djamel Eddine**

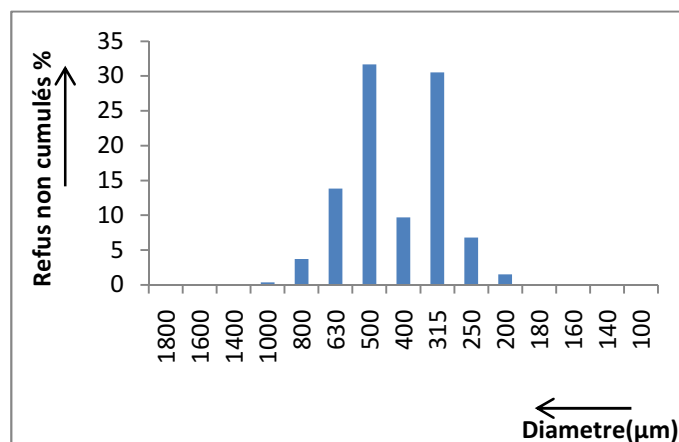
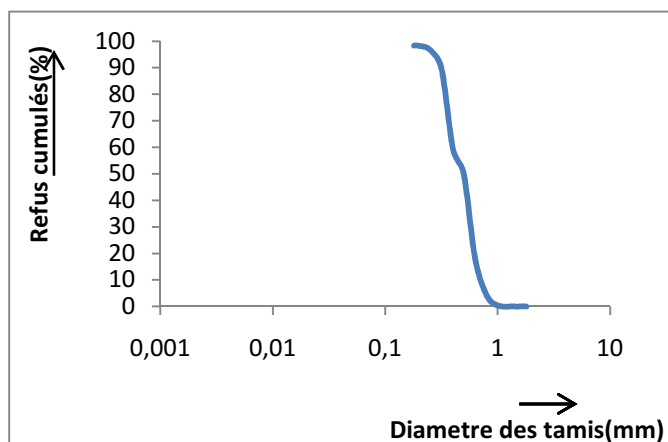
ISMAL – Alger

Annexe 6: Exemple de fiche granulométrique

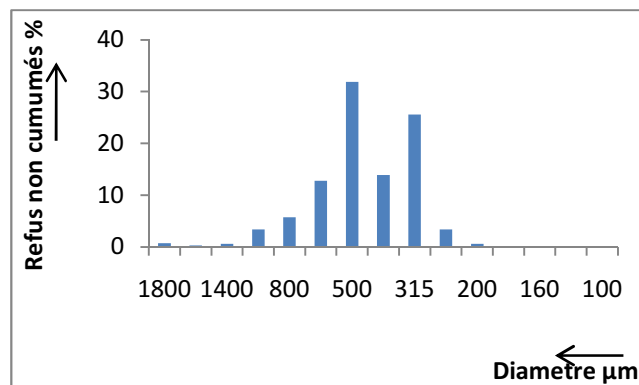
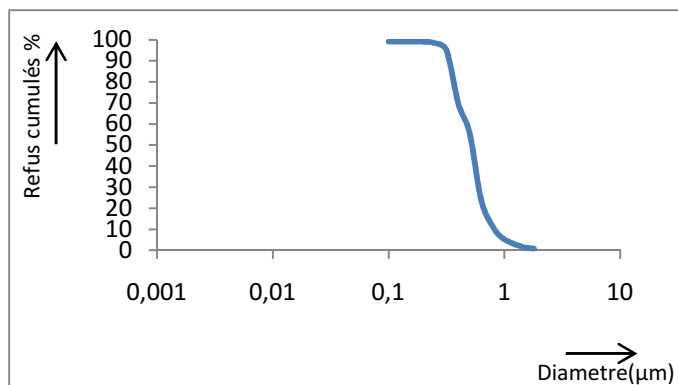
Date:21/05/2010		Station: S 6		Poids initial: 200 g		
Lieu: plage El Kaddous		Profondeur:		Poids final: 199,09 g		
Tamis(μ m)	Poids des refus partiels(g)	% des refus non cumulés	Poids refus cumulés(g)	% des refus cumulés	% Tamisât cumulés	Obs
1800	0	0	0	0	100	
1600	0,03	0,015	0,03	0,015	99,985	
1400	0,07	0,035	0,1	0,05	99,95	
1000	0,51	0,255	0,61	0,305	99,695	
800	1,24	0,62	1,85	0,925	99,075	
630	3,94	1,97	5,79	2,895	97,105	
500	32,79	16,395	38,58	19,29	80,71	
400	23,51	11,755	62,09	31,045	68,955	
315	117,58	58,79	179,67	89,835	10,165	
250	16,49	8,245	196,16	98,08	1,92	
200	2,24	1,12	198,4	99,2	0,8	
180	0,08	0,04	198,48	99,24	0,76	
160	0,04	0,02	198,52	99,26	0,74	
140	0	0	198,52	99,26	0,74	
100	0	0	198,52	99,26	0,74	

Annexe 7 : Courbes granulométriques et Histogrammes des échantillons prélevés

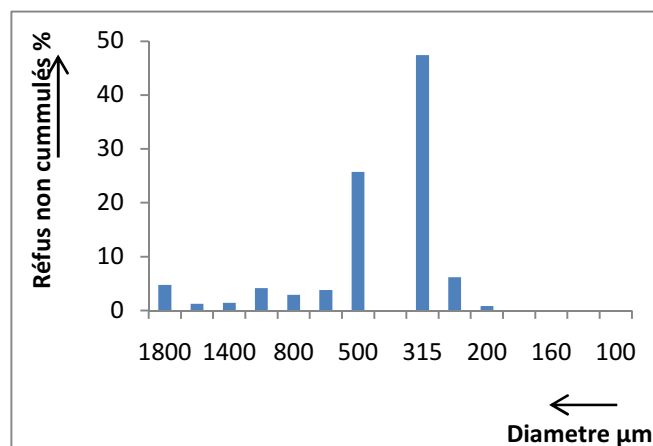
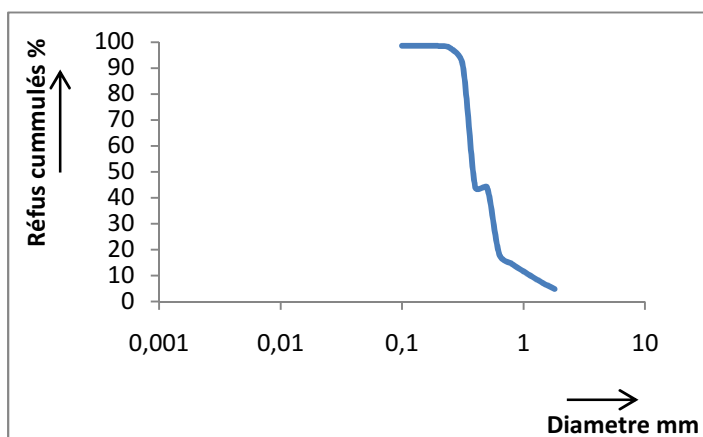
Station 1:



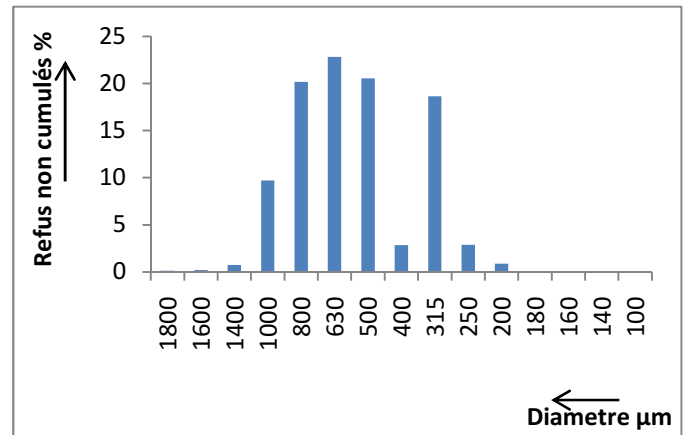
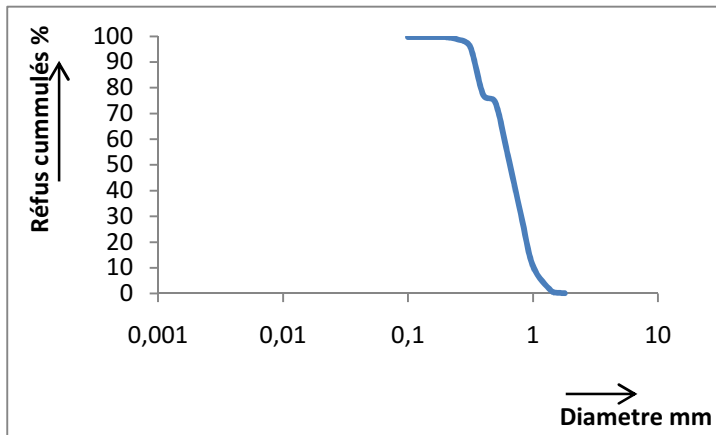
Station 2:



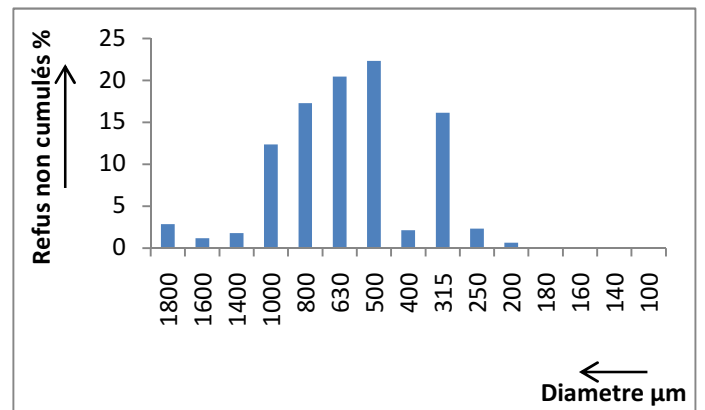
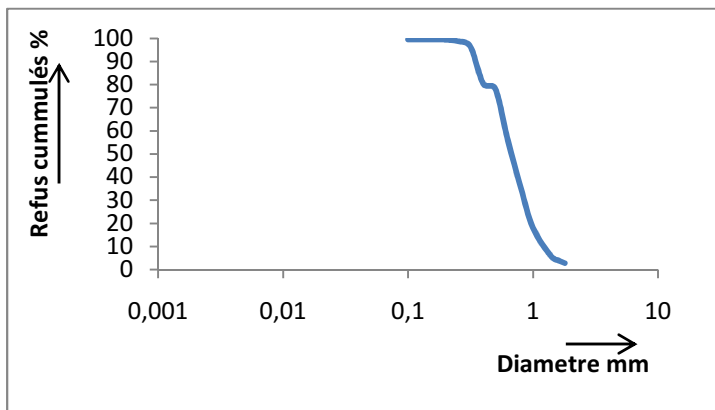
Station 3 :



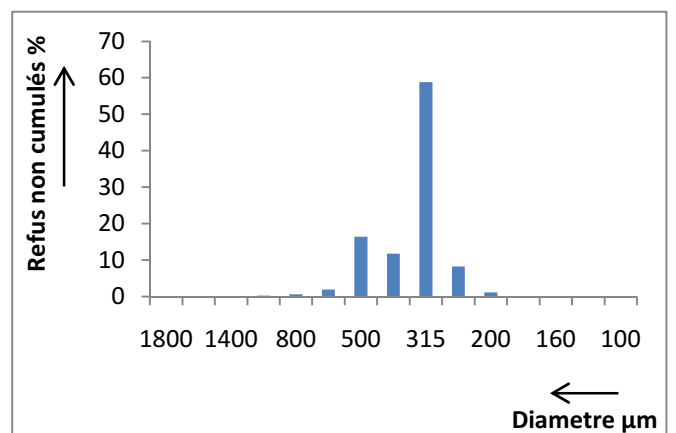
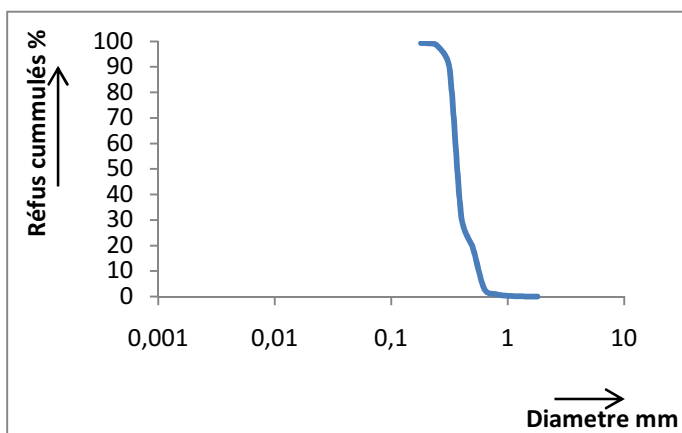
Station 4 :



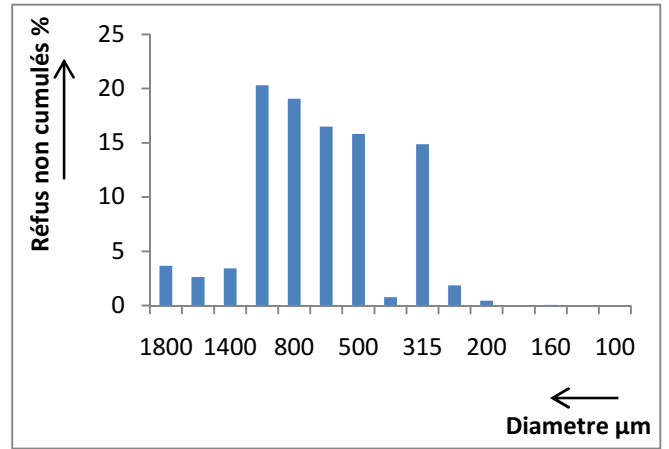
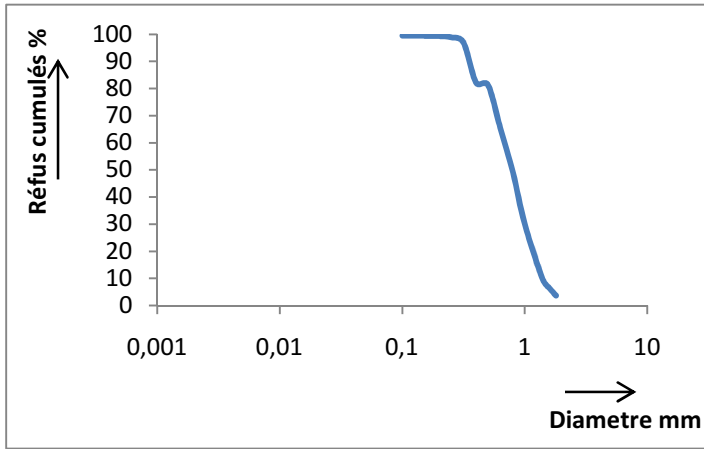
Station 5 :



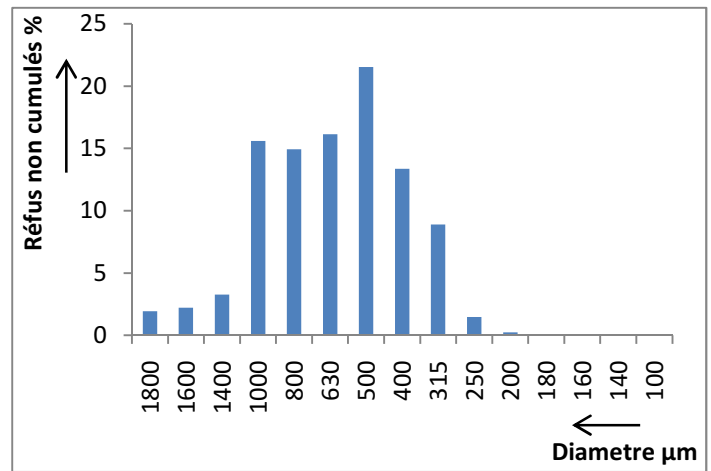
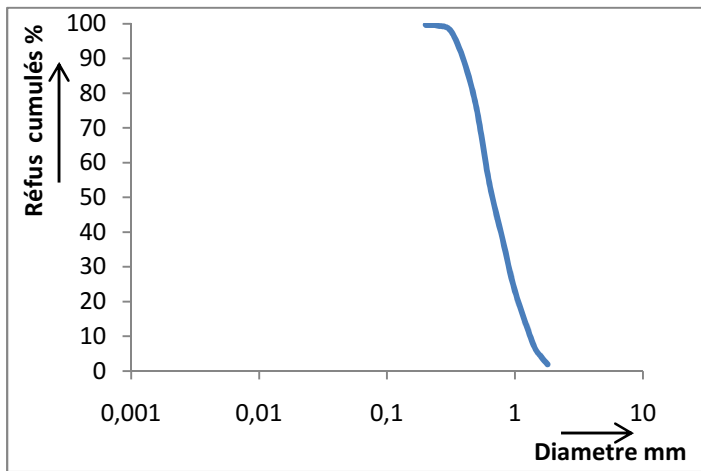
Station 6 :



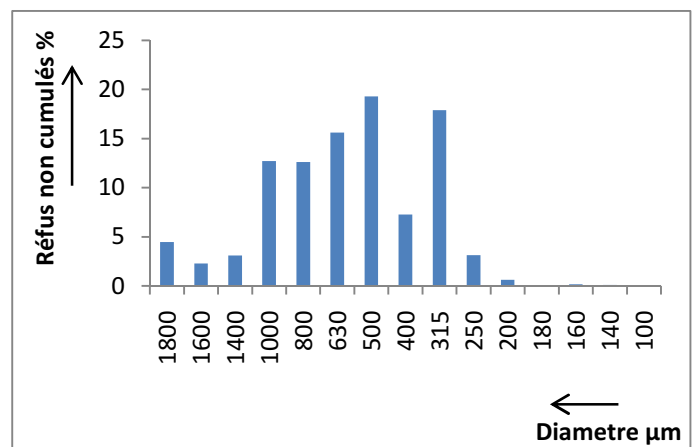
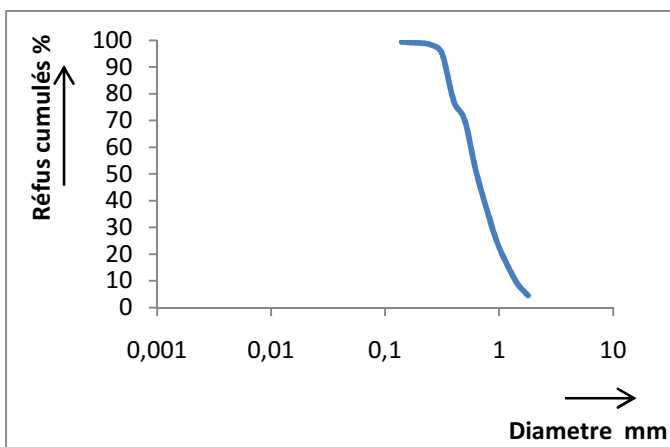
Station 7 :



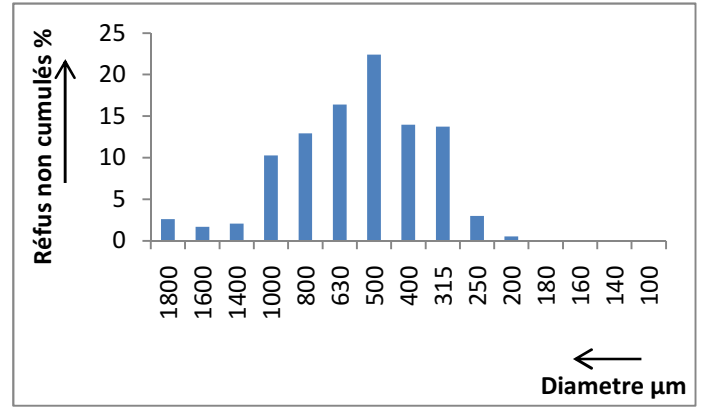
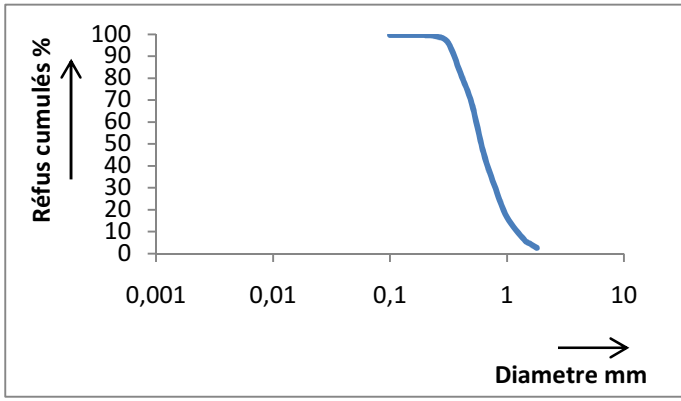
Station 8 :



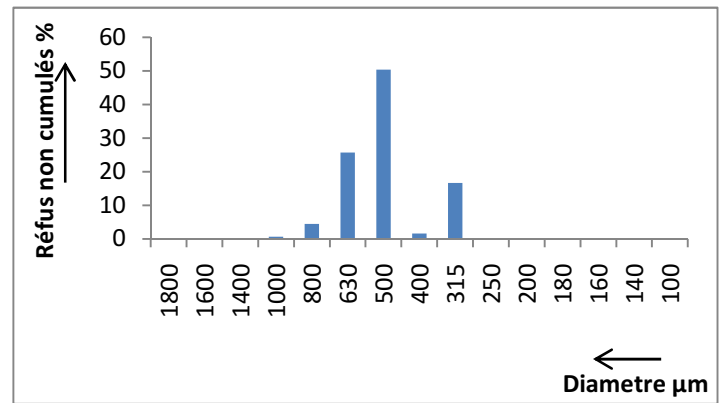
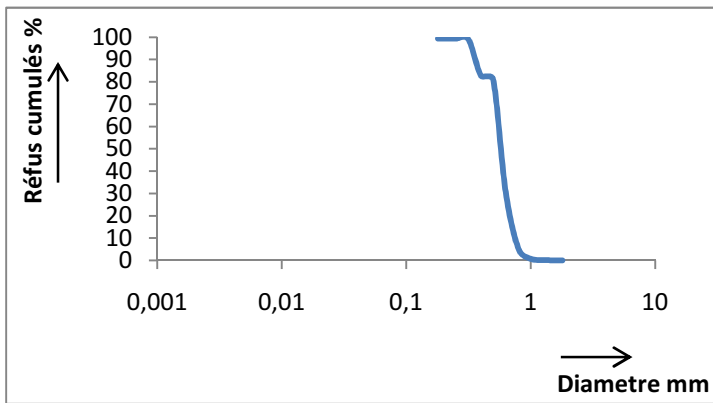
Station 9 :



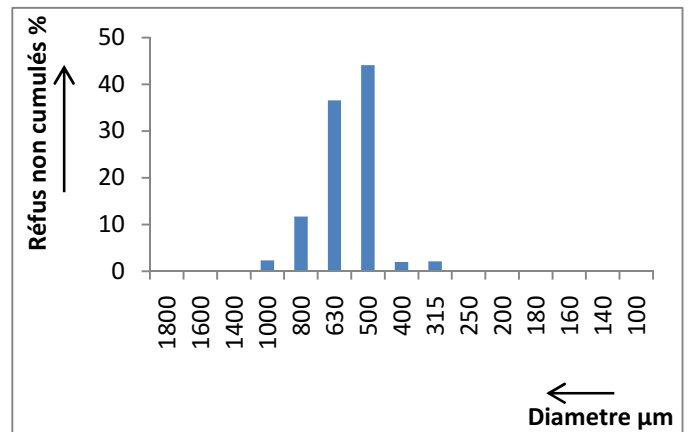
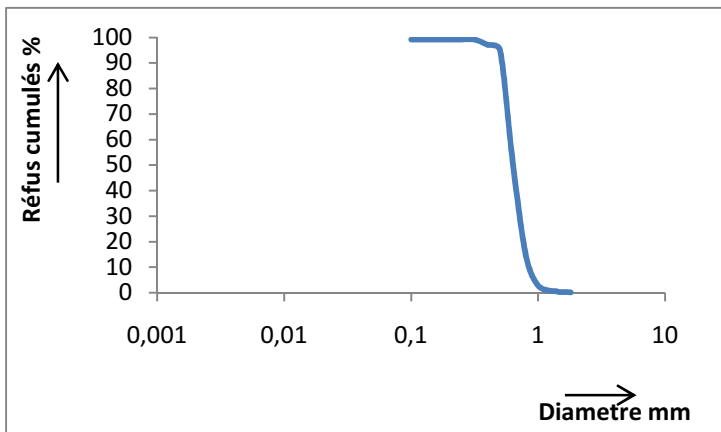
Station 10:



Station 11:



Station 12 :



Annexe 8 : Taxons des différentes ceintures de la dune bordière de la plage El Kaddous

- Lotus creticus*
- Ononis mvariegata*
- Eryngium maritimum*
- Orlaya maritime*
- Senecio crassifolia*
- Rumex bucephalophorus*
- Ammophila arenarie*
- Salsola kali*
- Matthiola tricuspidata*
- Diotis candidissima*
- Agropyrum junceum*
- Cutandia maritima*
- Crucianella maritima*
- Silene ramosissima*
- Pancratium maritimum*
- Lagurus ovatus*
- Reseda alba*
- Sporobolus arenar*

Annexe 9 : Etapes calcul de volume de chargement (R), échantillon de ENG

Diamètre (µm)	Centre de classe Xi(µm)	Xi(mm)	Ln Xi	Φ	Poids de refus(g)	nixi	Nixi2
2000	1900	1,9	0,64185389	0,92599942	0,06	0,114	0,0514485
1800	1700	1,7	0,53062825	0,76553475	0,01	0,017	0,00586043
1600	1500	1,5	0,40546511	0,5849625	0,06	0,09	0,02053087
1400	1200	1,2	0,18232156	0,26303441	0,21	0,252	0,01452929
1000	900	0,9	-0,1053605	-0,1520031	1,59	1,431	0,03673686
800	715	0,715	-0,3354727	-0,4839849	6,47	4,62605	1,51554146
630	565	0,565	-0,5709295	-0,8236772	19,57	11,05705	13,2771525
500	450	0,45	-0,7985077	-1,1520031	51,02	22,959	67,7092097
400	357,5	0,3575	-1,0286199	-1,4839849	54,63	19,530225	120,306789
315	282,5	0,2825	-1,2640767	-1,8236772	36,79	10,393175	122,356132
250	225	0,225	-1,4916549	-2,1520031	17,85	4,01625	82,6654441
200	190	0,19	-1,6607312	-2,3959287	8,56	1,6264	49,1384593
180	170	0,17	-1,7719568	-2,5563933	1,1	0,187	7,18866165
160	150	0,15	-1,89712	-2,7369656	1,09	0,1635	8,16516892
140	120	0,12	-2,1202635	-3,0588937	0,35	0,042	3,27489071
100					0,1		

Etapes de calcul:

$$N=199,46 \mu\text{m}$$

$$Me =460 \mu\text{m}$$

$$X'(\text{moyenne}) = \sum n_i x_i / N$$

$$V(\text{variance}) = 1/N \sum n_i x_i^2 - (X')^2$$

$$\sigma(\text{écart type}) = \sqrt{V}$$

$$\text{Log}_2 a = \text{Ln } a + L_{10} a$$

$$\text{Log}_a x = \text{Ln } x / \text{Ln } a$$

$$\text{Log}_2 D = \text{Ln } D / \text{Ln } 2$$