

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث 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



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

Spécialité : AMÉNAGEMENT DU LITTORAL

Thème :

**Gestion et perception du risque côtier par la submersion dans
le projet d'aménagement des 'sablettes' en baie d'Alger.**

Présenté par:

- **BELABBAS Kamal**

Soutenu le 25/06/2015 devant le jury suivant :

- MEHDID Sonia Maîtresse assistante A : **Présidente**
- LARID Mohamed Maître de conférences A : **Promoteur**
- HEMDANE Yacine Maître de conférences A : **Examineur**
- MEZOUAR Khoudir Maître de conférences B : **Examineur**

Promotion : 2014/2015

CITATION

« Le risque qu'il y ait une bombe dans un avion est de un sur un million. Le risque qu'il y ait deux bombes dans un avion est de un sur cent milliards. La prochaine fois que vous prendrez l'avion, diminuez les risques, emmenez votre bombe ! » BENNY HILL Artiste comique britannique (1927-1992).

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à rendre grâce à Dieu, pour m'avoir accordé santé et courage jusqu'à l'aboutissement de mes études, et l'accomplissement de ce modeste travail.

*Je remercie particulièrement mon promoteur Mr. **LARID** qui m'a encadré pendant toute cette période. Son aide et ces orientations m'ont permis de mener à merveille ce travail.*

Je tiens à remercier :

*Mme. **MEHDID** d'avoir accepté de présider le jury de cette soutenance.*

*Mr. **MEZOUAR** et Mr. **HEMDANE** d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Je tiens aussi à remercier mes parents qui m'ont donné la force de surmonter tous mes parcours pendant ces années d'études. Mes chaleureux remerciements aussi à ma grande sœur **Sonia** qui m'encourage toujours malgré la distance qui nous sépare.*

*Mes remerciements vont aussi à mes amis, **Khaled Amarouche** et **Fahim** pour leur aide.*

Enfin mes vifs remerciements, à toutes les personnes qui m'ont aidé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire de fin d'études.

Dédicaces

*A la mémoire de tous mes proches : Mon grand père **Makhlouf**, ma grand mère **Malha**, ma tante **Malika** et mon oncle **Antar**.*

Je dédie ce travail:

*A mes parents, à ma grande sœur **Sonia**, à ma petite sœur **Yasmine** et à mon unique frère **Nabil** ainsi que sa femme **Ferroudja**.*

*A tous mes amis: **Aissa**, **Lamara**, **Khalil**, **Nacer**, **Moh**, **Nassim**, **Massi**, **Bilal**, **Lamine** ...*

SOMMAIRE

Introduction générale	14
------------------------------------	----

Chapitre 1 : La notion de risque : évolution, composantes

1- Le risque naturel en général	17
1-1- Généralités introductives	17
1-2- Bref historique	18
2- Le cadre conceptuel	18
2-1- L'aléa	19
2-2- Les enjeux	20
2-3- La vulnérabilité	20
2-4- La résilience	22
2-5- La vulnérabilité résilience	23
2-6- L'adaptation	24
2-7- L'atténuation	25
2-8- Le risque	25
2-8-1- La perception systémique du risque	25
2-8-2- les composantes du risque	26
3- Zone côtière, zone à risque	27
3-1 Description et définition	27
3-2- Changements climatiques et submersion	28
3-2-1- Introduction	28
3-2-2- Élévation contemporaine du niveau de la mer	28
(Caractère irréversible)	
3-2-3- Élévation du niveau de la mer	30
(Caractère réversible)	

Chapitre 2: Le site des ‘sablettes’ : caractéristiques, état, perspectives

Introduction	33
1- Caractéristiques physiques et naturelles	33
1-1- Situation géographique	33
1-2- Zone d'étude	33
1-3- Géomorphologie	35
1-3-1- Aspect géomorphologie local	35
1-3-2- La formation Quaternaire	35
1-4- Données météorologiques et hydrographiques	36
1-4-1- Données météorologiques	36
1-4-1-1 Contexte climatique	36
1-4-1-2- Précipitations (Données O.N.M 1975-1984)	37
1-4-1-3- Températures	37
1-4-1-4- Les vents	37
1-4-2- Réseau hydrographique	40
1-4-2-1- Oued EL Harrach	40
1-4-2-2- Oued EL Hamiz	40
1-5- Données hydrodynamique	40
1-5-1- Les houles	40
1-5-1-1- Principe de l'analyse des données du SSMO	40
1-5-1-2- Direction de la houle au large	41
1-5-1-3- Relation Amplitude-Direction de la houle au large	42
1-5-1-4- Relation Amplitude-Période de la houle au large	44
1-5-1-5- Caractéristiques de la houle au large	44
1-6- Les courants	45
1-6-1 Les courants liés au vent	45
1-6-2- Les courants liés à la marée	45
1-6-3- Les courants liés à la houle	46
1-7- Évolution du trait de cote	47
1-8- Analyse bathymétrique	47
1-8-1- Carte bathymétrique	47
1-8-2- Les profils transversaux	49
1-9 Analyse Topographie	50

2- Les événements hydriques majeurs à Alger	51
3- Les enjeux (Vulnérabilité)	52
3-1- Aménagements et occupations	52
3-1-1- Plage des sablettes dans le grand projet urbain de la baie	52
3-1-2- Les aménagements terrestres	54
3-2- Le cadre de gestion (contexte juridique)	56
Conclusion	59

Chapitre 3 : Les ‘sablettes’ : Approche de l’aléa de submersion

Introduction	61
1- L'aléa de submersion en général	61
2- Élévation à long terme du niveau marin (Situation durable)	62
2-1- Les projections de l'élévation du niveau de la mer au niveau mondial	62
2-2- Élévation global du niveau de la mer sur le bassin méditerranéen	64
2-3- Prévision de taux d'élévation global des eaux le long du littoral algérien en 2013	65
3- Élévation à court terme du niveau marin (submersion par les ondes de tempêtes)	65
3-1- Les événements historiques sur le littoral algérois	65
3-2- Les événements hydriques en augmentation sur le littoral Algérois en 2030	66
4- Zoning du risque de submersion sur le littoral Algérois	67
Conclusion	69

Chapitre 4 : Perception et évaluation du risque de submersion

Introduction	71
1- Construction de l’outil	71
1-1- Les composantes	71
1-2- Les grilles de cotation et l'évaluation des indices	71
1-3- L'échelle d'évaluation	73

1-4- La représentation graphique	73
2- Application à la zone d'étude	75
2-1- Détermination et organisation des composantes relatives aux trois indices	75
2-2- Élaboration des grilles de cotation par indice	77
2-3- Évaluation des indices globaux	80
2-4- Perception systémique et évaluation du risque de submersion	82
Conclusion générale	84
Références bibliographiques	86
Annexes	90

LISTE DES ACRONYMES

- **ANCC** : Agence Nationale des Changements Climatiques.
- **APC** : Assemblée Populaire Communale.
- **Arte charpentier** : Agence française international spécialiser en architecture intérieur urbanisme et paysage.
- **BRGM** : Bureau de Recherche Géologique et Minière.
- **DNRM** : Délégation Nationale des Risques Majeurs.
- **Fig.** : Figure.
- **GES**: Gaz à Effet de Serre.
- **GIEC** : Groupe Intergouvernemental d'Experts Climatiques.
- **LEM** : Laboratoire d'Etude Maritime.
- **MATE**: Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.
- **MEDD**: Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable (France).
- **MSP**: Ministère de la Sécurité Publique du Québec.
- **NGA** : Nivellement Général Algérien.
- **NGM** : Nivellement Général Mondial.
- **ONU** : Organisation des Nations Unies.
- **Plan ORSEC** : Plan D'Organisation de Secours En cas de Catastrophe.
- **SIG** : Système d'Information Géographique.
- **SRTM**: Shuttle Radar Topography Mission.
- **SSMO**: Summary of Synotip Météorologie Observations.
- **US\$** : dollar des États-Unis.
- **USGS**: United States Geological Survey.
- **WGS** : World Géoïde System.
- **ZH**: Zéro Hydrographique.

UNITÉS DE MESURE

- **cm** : centimètres.
- **hPa**: hecto pascal.
- **Km**: Kilomètres.
- **m**: mètres.

- **mm : millimètres.**
- **s: seconde.**

LISTE DES FIGURES

Fig. n°01 : Aléa, enjeu/vulnérabilité et risque côtier, source : MEDD, France, 2004.....	26
Fig. n°02 : Composantes et perception du risque	27
Fig. n°03 : Contribution des principaux facteurs à l'élévation du niveau moyen de la mer observée entre 1993 et 2003 (Cazenave, 2006)	29
Fig. n°04 : Evolution observée du niveau moyen de la mer et projection des modèles à l'horizon 2100 pour le scénario A1B (Bindoff <i>et al</i> , 2007)	30
Fig. n°05 : Situation géographique des Sablettes (Google Earth, 2015)	34
Fig. n°06 : Les roses des vents dans la baie d'Alger (l'US. Naval Weather Service, 1914-1970)	38
Fig. n°07 : Les roses des houles dans la baie d'Alger (SSMO, 1963-197)	43
Fig. n°08 : Schéma synthétique de la dynamique littorale dans la baie d'Alger (Belkessa, 2005)	46
Fig. n°09: Évolution du trait de cote des sablettes de 1980 à 2014	47
Fig. n°10 : Vue en relief de la barre près littoral de la plage des sablettes, 2013	49
Fig. n°11 : Profil sous marin n°1	50
Fig. n°12 : Profil sous marin n°4	50
Fig. n°13 : L'aménagement de la grande promenade de la baie (Arte charpentier, 2013. in Bouchareb et Kamouche, 2013)	53
Fig. n°14 : Les différents enjeux (occupations) au niveau des sablettes	54
Fig. n°15 : Le phénomène physique de la submersion, source : M. Gervais in BRGM, 2013....	62
Fig. n°16 : Comparaison entre les observations et les projections de l'élévation du niveau de la mer entre 1990 et 2006. (D'après Rahmstorf <i>et al</i> , 2006)	63
Fig. n°17 : Différence d'élévation du niveau des eaux sur la période 1961-1990 et 2070-2099, source : Tsimplis <i>et al</i> , 2008	64
Fig. n°18 : Risque de submersion en baie d'Alger, source BRGM, 2013	68
Fig. n°19 : Exemple d'un diagramme systémique du risque	74
Fig. n°20 : Diagramme systémique du risque pour la zone d'étude les 'sablettes'	82

LISTE DES CARTES

Carte n°01 : Situation géographique de la baie d'Alger.....	34
Carte n°2 : La géologie de la baie d'Alger et sa région (JIKA, 2006).....	36
Carte n°3 : Représentation bathymétrique (2D) des sablettes, 2013, (source: Bouchareb et Kamouche, 2013) modifiée.....	48
Carte n°04 : Représentation bathymétrique interpolée et localisation des profils, (source: Bouchareb et Kamouche, 2013) modifiée.....	49
Carte n°05 : Représentation topographique de la baie d'Alger et sa région	51

LISTE DES TABLEAUX

Tableau n°01 : Grandes catastrophes naturelles (1950-2005). Source : Ozer, 2006	17
Tableau n°02 : Les types d'adaptation, Source: Lemmen <i>et al</i> , 2008	24
Tableau n°03 : Répartition annuelle des fréquences d'apparition par direction des vents (en %) (ONM, 1975-1985)	39
Tableau n°04 : Nombre d'observations d'état de mer par mois (SSMO, 1963-1970), période 08 ans	41
Tableau n°05 : Fréquence mensuelle de la houle au large par direction (1 mois=100%) (SSMO, 1963-1970)	42
Tableau n°06 : Relation Hauteur-Direction de la houle au large (SSMO, 1963-1970)	42
Tableau n°07 : Fréquences par direction des différents états de la mer au large (SSMO 1963-1970)	44
Tableau n°08 : Relation période-amplitude de la houle au large (SSMO 1963-1970)	44
Tableau n°09 : Probabilités d'apparition de la houle associées aux périodes de retour (SSMO 1963-1970)	45
Tableau n°10 : Statistique de la houle au large (SSMO 1963-1970)	45
Tableau n°11 : Perturbations atmosphériques extrêmes sur la région d'Alger, période 1998-2013, source: Lalaoui, 2014	52
Tableau n°12 : Politique de protection du littoral, source: Lalaoui,2014	57
Tableau n°13 : Politique de gestion des risques, source: Lalaoui,2014.....	58
Tableau n°14 : Événements historiques sur le littoral algérois, source: Lalaoui, 2014	66

Tableau n°15 : Linéaire de littoral de la wilaya d'Alger concerné par classe de risques (en %), source: BRGM, 2013	68
Tableau n°16 : Linéaire de littoral à l'horizon 2030 de la wilaya d'Alger concerné par classe de risques (en %), source: BRGM, 2013	69
Tableau n°17 : Grille d'évaluation des indices	72
Tableau n°18 : Grille de cotation des paramètres	72
Tableau n°19 : Échelle d'évaluation de l'indice global	73
Tableau n°20 : Exemple de cotation des indices	73
Tableau n°21 : Les composantes de l'indice aléa et ces caractères sur le site des sablettes..	75
Tableau n°22 : Les composantes de l'indice vulnérabilité et ces caractères sur le site des sablettes	76
Tableau n°23 : Les composantes de l'indice enjeu et ces caractères sur le site des sablettes.....	77
Tableau n°24 : Grille de cotation de l'indice aléa	78
Tableau n°25 : Grille de cotation de l'indice vulnérabilité	79
Tableau n°26 : Grille de cotation de l'indice enjeu	80
Tableau n°27 : Évaluation et cotation de l'indice global pour la composante	80
Tableau n°28 : Évaluation et cotation de l'indice global pour la composante vulnérabilité...	81
Tableau n°29 : Évaluation et cotation de l'indice global pour la composante enjeu	81
Tableau n°30 : Grille de cotation des indices	81

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Station de dessalement	55
Photo 2 : Aire de jeux	55
Photo 3 : Terrain de sport	55
Photo 4 : Aire de sport	55
Photo 5 : Allée pour piétons	55
Photo 6 : Phase de réalisation des aménagements terrestres	56
Photo 7 : Achèvement d'une partie des travaux	56
Photo 8 : Implantation des espaces verts au niveau du site des sablettes	56

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale

La zone côtière peut se définir comme étant l'espace de transition entre la terre et la mer. La proximité de la mer, et ses interactions avec la terre modèlent les entités naturelles, physiques et biologiques du littoral, ainsi que les activités socio-économiques qui lui sont liés. Donc Le littoral est l'interface qui existe entre la terre et la mer, c'est une zone très mobile et évolutive directement soumise aux phénomènes marins, et particulièrement sensible aux risques côtiers ou (littoraux) majeurs ainsi qu'à la submersion et l'érosion (**Achachi et Boudjemai., 2010**).

Ces risques sont étroitement liés lors des tempêtes marines dues aux changements climatiques, à la surélévation du plan d'eau et à l'énergie des houles, d'autre part le recul du littoral et la disparition des cordons dunaires rendent les aménagements et la vie humaine plus vulnérable faces à la submersion marine.

Le dépouillement des enregistrements de plus de centaines marégraphes installés un peu partout dans le monde à l'exclusion de ceux placés sur les littoraux connus pour leur soulèvement ou leur subsidence ou leur sismicité fait clairement apparaître que depuis environ un siècle le niveau de la mer se relève à une vitesse de 1.5 mm/an (**Paskoff., 1993**).

Cette élévation de niveau de la mer fait que les littoraux de plusieurs régions du monde sont aujourd'hui inondés d'une façon permanente sous quelques dizaines de centimètres d'eau. Des estimations considérées comme raisonnables donnent aujourd'hui une hausse de l'ordre de 20 cm pour l'an 2030, et de 40 cm pour 2070, de 60 à 70 cm pour la fin du siècle prochaine (**Paskoff., 1993**).

Selon une estimation des Nations Unies 80% de la population mondiale vivait déjà en 2010 sur une bande littorale de 100 kilomètres dans laquelle sont rassemblés d'énormes enjeux socioéconomiques. Cette évolution pourrait s'avérer dangereuse, comme en témoigne un rapport publié par l'ONU en 2007, indiquant que le changement climatique et l'urbanisation pourraient entraîner un triplement du nombre de personnes exposés à des inondations côtières dans le monde d'ici 2070. Dans ce contexte, il apparaît donc primordial de comprendre la dynamique du littoral, zone très mobile et évolutive en liens directes avec les phénomènes marins comme les tempêtes.

L'Algérie n'en fait pas exception à ces pays car, elle a une façade maritime longue de 1622 Km sur la mer méditerranée, en plus la majorité de sa population et les grandes infrastructures

sont implantées dans cette région (des villes métropoles, des sites touristiques.....etc.). La mer a déjà envahie plusieurs plages.

Le travail effectué pour la réalisation de ce présent mémoire s'inscrit d'abord dans ce cadre général, de l'accélération des processus littoraux provoqués par les effets du changement climatique. Bien entendu cette évolution concerne aussi notre pays à l'instar des autres rivages méditerranéens ou ceux d'autres contrées. Notre zone d'étude "les sablettes" située dans la commune de Hussein dey ouverte sur la baie d'Alger, fait partie de ces zones sensibles exposées à l'action marine. En effet il n'y a pas si longtemps qu'un navire " Le Batna" a échoué sur son rivage. Suite à une tempête exceptionnelle et donc avec des vagues de grande amplitude, le bateau a dérivé jusqu'à parvenir sur la plage aérienne.

Ensuite, à travers le cas des 'sablettes', notre travail s'inscrit dans l'évolution à la fois théorique et pratique des idées concernant la notion de risque côtier. Il apparait en effet que ce concept est de plus en plus enrichi et précisé. L'approche systémique intégrée peut donner des éclairages pour une meilleure prise en charge de sa gestion. Ainsi l'objectif de notre étude est de contribuer à éclairer et analyser le risque de submersion qui touche notre zone, dans une stratégie de gestion, en déterminant ces causes et en essayant de le mesurer. Il s'agit en fait de s'interroger sur la prise en compte du changement climatique, à travers son effet de submersion, dans les enjeux d'aménagement de la zone côtière des 'sablettes'.

Pour mener à terme cette étude nous avons structuré notre mémoire en quatre chapitres qui sont les suivants:

- **Le premier chapitre** est consacré au risque en général. ce chapitre propose une présentation des différentes caractéristiques et composantes du risque dans sa vision actuelle. Le but est de clarifier la sémantique du concept de risque et des termes connexes.
- **Le deuxième chapitre** est consacré à la présentation générale du site des sablettes (caractéristiques, état, perspective.).
- **Le troisième chapitre** est consacré à l'identification et l'analyse des variables d'approche de l'aléa de submersion pour le site des "sablettes".
- **Le quatrième chapitre** : a pour objet de proposer une approche de gestion intégrée de risque menaçant le site d'étude, en essayant de donner une évaluation ou une mesure de son ampleur.

Chapitre 1 :

La notion de risque : évolution, composantes

CHAPITRE 1:

La notion de risque : évolution, composantes

1- Le risque naturel en général

1-1- Généralités introductives

L'intérêt porté aux risques naturels et aux catastrophes naturelles ne cesse de croître. Par catastrophes naturelles, on entend les sinistres provoqués par les forces de la nature. Ces catastrophes sont très diverses tant par leur étendue géographique que par leur échelle de temps. D'après les responsables de la Veille Météorologique Mondiale, notre planète subit d'innombrables assauts au cours d'une année : de l'ordre de 100 000 orages, 10 000 inondations, des milliers de séismes, d'incendies de forêts, de glissements de terrain, d'avalanches et de tornades, et des centaines d'éruptions volcaniques, de cyclones tropicaux, d'épisodes de sécheresse et d'infestations acridiennes. Seules les plus dramatiques de ces catastrophes font les gros titres de la presse internationale, mais toutes causent des pertes en vies humaines et des dégâts matériels. (Ozer, 2008).

Durant la période qui s'étend de 1991 à 2005, les grandes catastrophes naturelles ont provoqué des pertes économiques d'un montant supérieur à 1040 milliards de US\$, soit près de 70 milliards de US\$ annuellement, et des pertes couvertes par les assurances de l'ordre de 262 milliards de US\$ ou 17 milliards de US\$ par an (Tableau n°01).

Tableau n°01: Grandes catastrophes naturelles (1950-2005), (source : Ozer, 2006) .modifié

	1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2005
Nombre annuel de grandes catastrophes naturelles	2	3	5	6	9	4

1-2- Bref historique

Comment étaient perçus les risques naturels ? Les catastrophes naturelles ont toujours existé. Les premiers écrits que l'on retrouve datent de l'Antiquité au travers des récits de l'historien Polybe narrant le passage d'Hannibal.

Pendant de nombreux siècles, ces événements étaient considérés comme étant des châtements divins pour punir les Hommes de leurs méfaits. Malgré cette acceptation fataliste des événements, à partir du Moyen-âge certains territoires commencèrent à essayer de s'en protéger, notamment contre les inondations en plaine, les torrents et les avalanches en montagne. Cependant, il n'y avait aucune vision d'ensemble.

A partir du XVIIIème siècle, les philosophes et scientifiques commencèrent à mettre en doute les explications divines quant aux fléaux naturels s'abattant sur les Hommes. Un des premiers de ces détracteurs fut Voltaire au travers d'un poème inspiré du tremblement de terre, puis du raz de marée et de l'incendie du 1er novembre 1755 de Lisbonne, événements ayant provoqué la mort de plus de 50 000 personnes et la destruction quasi-totale de Lisbonne. Peu à peu, ce sont des comportements raisonnés pour échapper aux phénomènes naturels qui prirent le dessus, particulièrement, en évitant d'occuper des zones réputées exposées. La mémoire collective du risque s'est progressivement développée : les gens prenaient en compte les paroles et les savoirs des anciens pour le développement de l'habitat mais également des activités.

Différentes législations se mirent en place au fur et à mesure tentant de prendre en compte les risques naturels et de les gérer. (**Atlas des risques en France, 2007**).

2- Cadre conceptuel

Cette première partie est une aide à la compréhension du risque, en effet elle représente les différentes caractéristiques et composantes du risque en général afin de clarifier la sémantique de ce concept et des termes connexes. Le procédé choisi se base sur une relecture des notions qui sont considérées comme désignant les composantes du risque naturel à savoir : l'aléa, la vulnérabilité et les enjeux. Cette relecture expose également la complexité de la notion de risque et les difficultés de sa gestion. Dans ce qui suit nous tenterons de présenter le contenu des composantes qui le fondent.

2-1- L'Aléa

Les recherches scientifiques réalisées dans le domaine des risques ont longtemps privilégié l'étude du risque sous le seul angle de l'aléa. Malgré son apparente simplicité, la notion d'aléa est plus complexe qu'il n'y paraît.

L'aléa peut se définir comme étant « la probabilité d'occurrence d'un événement menaçant lié à un phénomène potentiellement préjudiciable, dans un temps donné ou une zone donnée. » (**Agence européenne pour l'environnement, 2009**). Les aléas côtiers résultent d'une variabilité naturelle du climat et peuvent également être défini comme étant un « phénomène, manifestation physique ou activité humaine susceptible d'occasionner des pertes en vies humaines ou des blessures, des dommages aux biens, des perturbations sociales et économiques ou une dégradation de l'environnement ». Il est localisé dans l'espace (« où se produit-il? »), arrive avec une certaine récurrence (« quand se produit-il? ») et se produit avec une intensité plus ou moins forte (« comment se produit-il? ») (**MSP, 2008**).

L'aléa peut être naturel (inondation, érosion, tremblement de terre, éruption volcanique, cyclone, avalanche, etc.). Il peut être lié aux technologies mises en œuvre par les hommes (explosion d'usines chimiques, naufrage de pétroliers, etc.). L'aléa n'est pas seulement en fonction de l'intensité et de l'occurrence du phénomène, Il dépend aussi de la durée considérée et de l'espace pris en compte.

Par exemple, pour des précipitations pouvant provoquer des inondations brutales, il est nécessaire de dresser un tableau à double entrée pour caractériser l'aléa, avec, en ligne, la hauteur d'eau tombée et en colonne la durée considérée ; 12, 24,48 heures. Partant de ce tableau à deux dimensions, il est possible de regrouper les cases généralement en trois catégories pour distinguer des niveaux d'aléas fort, moyen, et faible. Ces niveaux dépendent aussi de l'enjeu par rapport auquel on le définit. L'aléa est caractérisé ainsi par son imprévisibilité, tant en termes d'intensité qu'en termes de spatialité et temporalité.

En climatologie, les courbes d'intensité -durée sont une autre pratique employée pour définir un aléa à partir d'un seuil. Mais le risque d'inondation, comme nombre d'autres risques, ne peut se limiter à la connaissance des processus naturels ou des intensités -durées de pluie. Ce risque amène à prendre en compte l'impact des villes avec leurs cortèges de terrains imperméabilisés et d'eaux usées, de même que les effets de certaines pratiques agricoles sur l'amplification des processus à l'origine des inondations, alors l'aléa ne constitue

pas à lui seul le risque. Il est alors nécessaire de s'interroger sur la vulnérabilité et la résilience des systèmes qu'on verra ultérieurement.

L'aléa n'est ainsi plus simplement d'origine naturelle, il devient une forme d'hybridation liant des composantes naturelles et anthropiques. On parle alors d'aléa anthropisé. Cet aléa anthropisé est un phénomène dont le déclenchement est naturel mais dont l'évolution est liée à l'action humaine, notamment aux modalités d'occupation du sol.

Enfin, la dimension probabiliste ne résout d'aucune façon le problème de la prédiction temporelle des risques. Malgré le terme de retour, il faut abandonner toute idée de régularité, ou de cycle. Dans le temps, une crue décennale peut se reproduire deux années consécutives ou, au contraire, se présenter cinquante ans plus tard. Si ces probabilités d'occurrence et d'intensité sont précieuses pour prévoir les aléas d'origine naturelle et établir des systèmes de protection, en revanche, elles permettent peu de comprendre comment les risques et catastrophes se comportent, évoluent et se transforment. **(Dauphiné et Provitolo, 2013).**

2-2- Les enjeux

Les enjeux sont « l'ensemble des personnes et des biens susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel » **(Ministère de l'Écologie et du Développement durable de la France, 2004)**. Les biens pris en compte peuvent avoir une valeur monétaire ou non monétaire.

2-3- La vulnérabilité

La vulnérabilité est une notion complexe qui peut différer selon l'utilisation que l'on veut en faire et le champ de recherche **(Fussel, 2007)**. En ce qui a trait à la gestion, la vulnérabilité peut se traduire comme étant « le degré auquel un système est prédisposé à un aléa et capable de faire face à une avarie, un dégât ou un dommage. » **(Agence européenne pour l'environnement, 2009)**. Il est aussi possible de définir la vulnérabilité comme étant la « condition résultant de facteurs physiques, sociaux, économiques ou environnementaux qui prédisposent les éléments exposés à la manifestation d'un aléa à subir des préjudices ou des dommages. » **(MSP, 2008)**. La vulnérabilité n'est pas un concept absolu, mais est plutôt liée à un certain type de perturbation, ce qui veut dire qu'un système peut être vulnérable relativement à certains aléas mais pas à d'autres **(Gallopain, 2006)**.

La vulnérabilité a trois grandes composantes : l'exposition qui correspond à la durée et au degré au quel le système est en contact avec la perturbation ; la sensibilité qui correspond au

degré au quel le système sera modifié ou affecté par une perturbation ; et la capacité d'adaptation, relative à l'habilité de s'ajuster à une perturbation, modérer les dommages potentiels ou prendre avantage de la situation (**Gallopain, 2006**). On peut ajouter que la vulnérabilité dépend aussi de la perception du risque, caractère, de l'ampleur et du rythme des changements climatiques auxquelles le système est exposé (**Gouvernement du Canada, 2004**). Différents types de vulnérabilité peuvent être identifiés en fonction des caractéristiques de chaque communauté côtière: ces vulnérabilités peuvent être biophysique, sociale et territoriale.

- La vulnérabilité biophysique

L'analyse de la vulnérabilité biophysique est l'approche préconisée aujourd'hui encore par le guide générale des PPRN (Plans de prévention des risques naturels prévisibles, France), édité par le ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement pour qui " la vulnérabilité, au sens le plus large, exprime le niveau de conséquences prévisibles d'un phénomène naturel sur les enjeux". La vulnérabilité biophysique dépend essentiellement de trois facteurs : l'exposition, définie par la proximité dans les mécanismes d'endommagement. La résistance est la possibilité d'un système de contrecarrer une perturbation sans subir de dégâts. Il peut s'agir de la résistance physique d'infrastructures, quand une inondation se heurte à une digue, ou de la résistance physique ou mentale d'un individu ou d'un groupe. De la résistance découle la sensibilité du système. La sensibilité est le degré d'endommagement que des enjeux peuvent subir. Ainsi plus les pertes seront importantes, plus la sensibilité sera élevée et vice versa. (**Dauphiné et Provitolo, 2013**).

- La vulnérabilité sociale

La vulnérabilité sociale englobe l'ensemble des individus et des sociétés susceptibles de subir des dommages suite à un événement menaçant ,pendant plus ils sont aptes à se remettre après une catastrophe, moins ils sont vulnérables.

- La vulnérabilité territoriale

La vulnérabilité territoriale identifie les espaces susceptibles de subir des dommages importants mais aussi les lieux à partir des quels pourront se propager les perturbations au sein d'un territoire, ou encore les lieux stratégiques qui empêcheront cette propagation. Il peut s'agir des réseaux des zones métropolitaines, notamment les réseaux vitaux qu'est l'approvisionnement en eau potable ou en énergie. La vulnérabilité territoriale est donc

davantage liée aux enjeux, stratégiquement et non stratégiques, qu'a l'occurrence d'un aléa.(**Dauphiné et Provitolo, 2013**).

Ces trois types de vulnérabilité ne s'opposent pas .la vulnérabilité possède en effet une double dimension : elle est à la fois endogène au système (en tant qu'état de fragilité) et fonction de sa capacité à connaître une perturbation, l'absorber, s'y adapter et retrouver un fonctionnement satisfaisant. (**Dauphiné et Provitolo D, 2013**). En se référant à la capacité d'adaptation, la vulnérabilité ouvre ainsi la voie à la résilience qu'on verra ultérieurement.

Le GIEC propose sept critères permettant d'identifier ces vulnérabilités spécifiques, ou vulnérabilités "clés": la magnitude des impacts, le moment des impacts, la persistance et la réversibilité des impacts, la probabilité des impacts et la certitude qui l'accompagne, le potentiel d'adaptation de la communauté, la distribution des impacts (géographique et sociale) et l'importance associée au système touché (**GIEC, 2007**).

Procéder à une évaluation des vulnérabilités clés des communautés côtières permet de cibler les enjeux prioritaires à l'élaboration d'une stratégie d'adaptation spécifique .Il est pertinent de réaliser une évaluation d'impact en complément d'une évaluation de la vulnérabilité puisqu'elle permet de déterminer la magnitude et la distribution des conséquences des changements climatiques qui sont liées aux vulnérabilités clés des communautés côtières (**Dauphiné et Provitolo, 2013**).

2-4- La résilience

La résilience est liée aux notions d'adaptation au changement climatique et la vulnérabilité. La résilience est la capacité d'un système à absorber un choc ou une perturbation en développant ses fonctions, sa structure et son identité à travers le rétablissement ou la réorganisation du système (**Chapin, 2009**). Elle est caractérisée par l'ampleur des perturbations que peut absorber un système avant qu'il change radicalement sa structure et ses fonctions ainsi que sa capacité à s'organiser et s'adapter aux nouvelles circonstances émergentes (**Adjer, 2006**). La réponse aux perturbations extérieures va dépendre de plusieurs facteurs : le contexte, les connexions entre ses différentes échelles et de son état au moment du choc (**Walker et Salt, 2006**). On peut considérer qu'il existe un seuil de changements qu'un système ne doit pas dépasser pour être considéré comme résilient. La résilience peut donc disparaître si le seuil d'absorption des chocs par le système est dépassé , entraînant un trop grand changement du système ou de ses fonctions (**Walker et Salt, 2006**).

La notion de capacité d'adaptation ou "adaptabilité" fait partie du concept de résilience. Elle désigne la capacité des acteurs d'un système socio écologique à gérer la résilience de leur système, notamment en agissant de façon à faire reculer le seuil de changements ou à le rendre plus difficile à atteindre (**Walker et Salt, 2006**). Les communautés et les individus ne développent pas forcément d'eux mêmes leur capacité d'adaptation. Pour permettre aux communautés d'atteindre leur plein potentiel, elles doivent devenir des parties prenantes au travers de consultations et de négociations avec les experts et les décideurs. Elles doivent participer à la recherche commune de solutions profitables à tous, par le partage et l'intégration de connaissances scientifiques et par le partage des ressources (**GIEC, 2007**).

"La transformabilité" est un autre élément intégré dans la résilience et peut être considérée comme la capacité de créer un nouveau système quand les structures écologiques, économiques ou sociales font que le système existant n'est plus viable. "la transformabilité" permet donc d'atteindre la stabilité du système par le biais de changements à différentes échelles, sans pour autant dépasser le seuil de changements permis pour demeurer résilient. (**Melloul, 2014**).

2-5- La Vulnérabilité résilience

La notion de "vulnérabilité résilience", est à priori surprenante car il s'agit d'un néologisme, introduit l'idée que la vulnérabilité peut avoir un effet positif lorsque le changement conduit à une transformation positive, et que la résilience peut avoir un effet négatif. En effet, par le jeu d'imbrications territoriales, la résilience d'un territoire à un choc spécifique peut entraîner la décroissance d'une résilience générale en cas de chocs inconnus ou extrêmes. Par exemple, les structures collectives de protection, telles les digues, peuvent participer à la résilience d'un territoire pour un type de risque et une intensité donnée, en limitant les dommages et en contribuant de fait à un redressement plus rapide du système. Cependant, la tempête Xynthia qui a traversé l'Europe de l'ouest de 26-28 février 2010 a montré que ces ouvrages de défenses sont vulnérables lors de risques extrêmes. Ils ne fournissent pas une protection absolue et donnent parfois à la population un faux sentiment de sécurité. Le même scénario de vulnérabilité des infrastructures critiques s'est produit lors de la catastrophe de Fukushima en 2012. (**Dauphiné et Provitolo, 2013**).

2-6- L'Adaptation

La notion d'adaptation est centrale pour comprendre le processus d'élaboration de stratégie d'adaptation et un grand nombre de définitions sont proposées par les scientifiques. Elles divergent en fonction de l'auteur, de son domaine académique et de leur contexte d'application. Certains facteurs peuvent influencer la définition et l'utilisation de ce concept d'adaptations telles que le domaine d'application (économie, sociale...etc.) ainsi que la période de temps sur laquelle elle est appliquée (un mois, une année...etc.) (Smit et Wandel, 2006).

La GIEC définit l'adaptation comme un " ajustement dans un système naturel ou humain en réponse à un stimulus climatique actuel ou attendu, qui modère les dommages ou exploite des opportunités bénéfiques" (traduction libre de GIEC, 2001a). Différents types d'adaptation sont possibles (**tableau n°02**).

Concernant les aléas côtiers, deux méthodes de gestion sont possibles: soit par réaction ou anticipation, soit réactive et préventive. La gestion par réaction conduit le plus souvent à la protection car elle survient après des événements dommageables pour la population. La gestion par anticipation se traduit principalement par un zonage afin d'éviter les installations dans les zones soumises aux aléas. Le zonage se situe dans la catégorie de l'intention planifiée avec une action préventive. Il est important de considérer que « dans la plupart des situations, les mesures préventives planifiées ont des coûts moins élevés à long terme et sont plus efficaces que les mesures réactives» (Lemmen *et al*, 2008).

Tableau n°02 : Les types d'adaptation, (source: Lemmen *et al*, 2008)

adaptation			
selon		Type d'adaptation	
L'intensité	Spontanée		Planifiée
L'action (par rapport au stimulus climatique)	Réactive	Simultanée	Préventive
L'étendue temporelle	À court terme		À long terme
L'étendue spatiale	Localisée		Étendue

2-7- L'Atténuation

Le concept d'atténuation ou "mitigation" se distingue de celui d'adaptation par le type d'action qu'elle met en œuvre et par le résultat recherché. Selon la GIEC l'atténuation consiste en une intervention anthropique pour réduire les sources ou accroître les puits de GES (GIEC, 2007). Elle passe par l'élaboration de politiques sociales, économiques ou technologiques. Elle passe aussi par des changements technologiques et des substitutions énergétiques dans le but de réduire les émissions de GES.

Le recours à l'atténuation a longtemps été privilégié par rapport à l'adaptation dans les sphères politiques internationales et nationales. Cependant, ces concepts sont complémentaires, car ils agissent sur deux "fronts". L'atténuation modifie la situation en tentant de diminuer ou d'éviter l'aggravation des changements climatiques tandis que l'adaptation consiste à ajuster à la situation. Ce sont donc deux moyens différents, mais nécessaires à utiliser conjointement dans la lutte contre les changements climatiques et leurs impacts. (Bauer et Steurer, 2014).

2- 8- Le Risque

2-8-1- La perception systémique du risque

Même si certains termes sont maintenant associés à des significations précises (voire Mathématiques), les commentaires sur le " risque " et sa maîtrise se font le plus souvent dans une certaine confusion sémantique. De plus le vocabulaire élémentaire du risque peut ne pas être approprié de manière identique suivant les disciplines ou les acteurs.

Selon le ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, le risque résulte de la combinaison d'un aléa avec les enjeux (MATE, 1997). Le risque résulte de la combinaison d'un aléa avec les enjeux ; en complément de cette définition, les approches de R. D'Ercole et P. Piégon insistent sur l'importance de la vulnérabilité des sociétés. Ainsi, d'après (D'Ercole, 1994), le risque dépend de facteurs structurels (contexte socio-économique, culturel, fonctionnel ou institutionnel) et conjoncturels (l'aléa) qui influencent la capacité de réponse de la société à l'événement et en font ainsi varier les effets. La dernière définition proposée par (Piégon, 2002) intègre dans la vulnérabilité les effets sur le terrain des politiques de gestion des risques (prévention et secours). Le risque serait alors «

la probabilité d'occurrence de dommage compte tenu des interactions entre processus physiques d'endommagement (aléas) et facteurs de peuplement (vulnérabilité) ».

Le risque résulte donc de la présence humaine (**Meur-Féree, 2006**). Ainsi, nous retiendrons l'équation suivante: $R = A * V$ avec R = risque, A =aléa et V = vulnérabilité. Ce concept peut également être présenté, sur la (**figure n°01**).

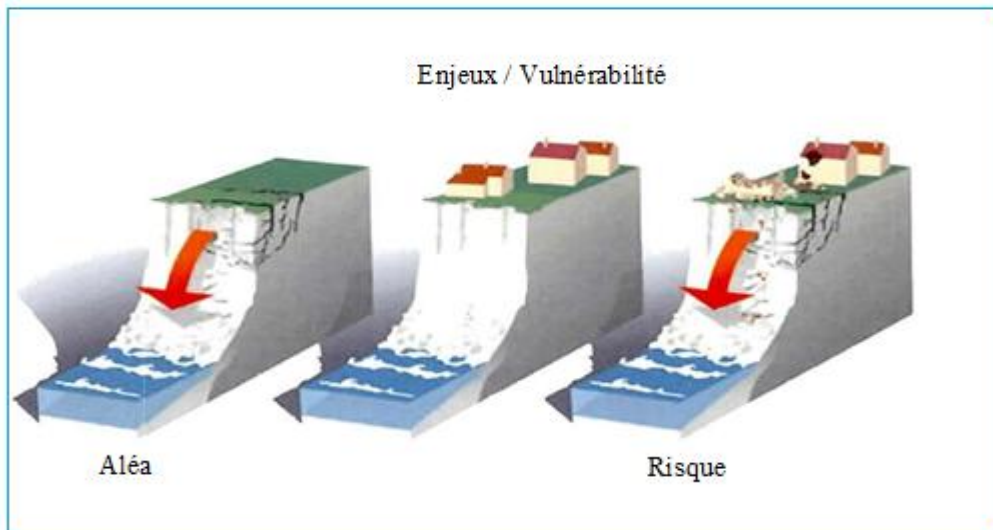


Fig. n°01 : Aléa, enjeu/vulnérabilité et risque côtier, (source : MEDD, 2004)

2-8-2- Les composantes du risque

L'appréciation du risque de submersion marine se fait à travers l'évaluation et la caractérisation de ses composantes (**Figure n°02**).

L'analyse et la compréhension de chacune des composantes indiquent :

- Les capacités d'adaptation au risque (résilience).
- Les mesures d'atténuation à prendre (mitigation).
- La stratégie à adopter.

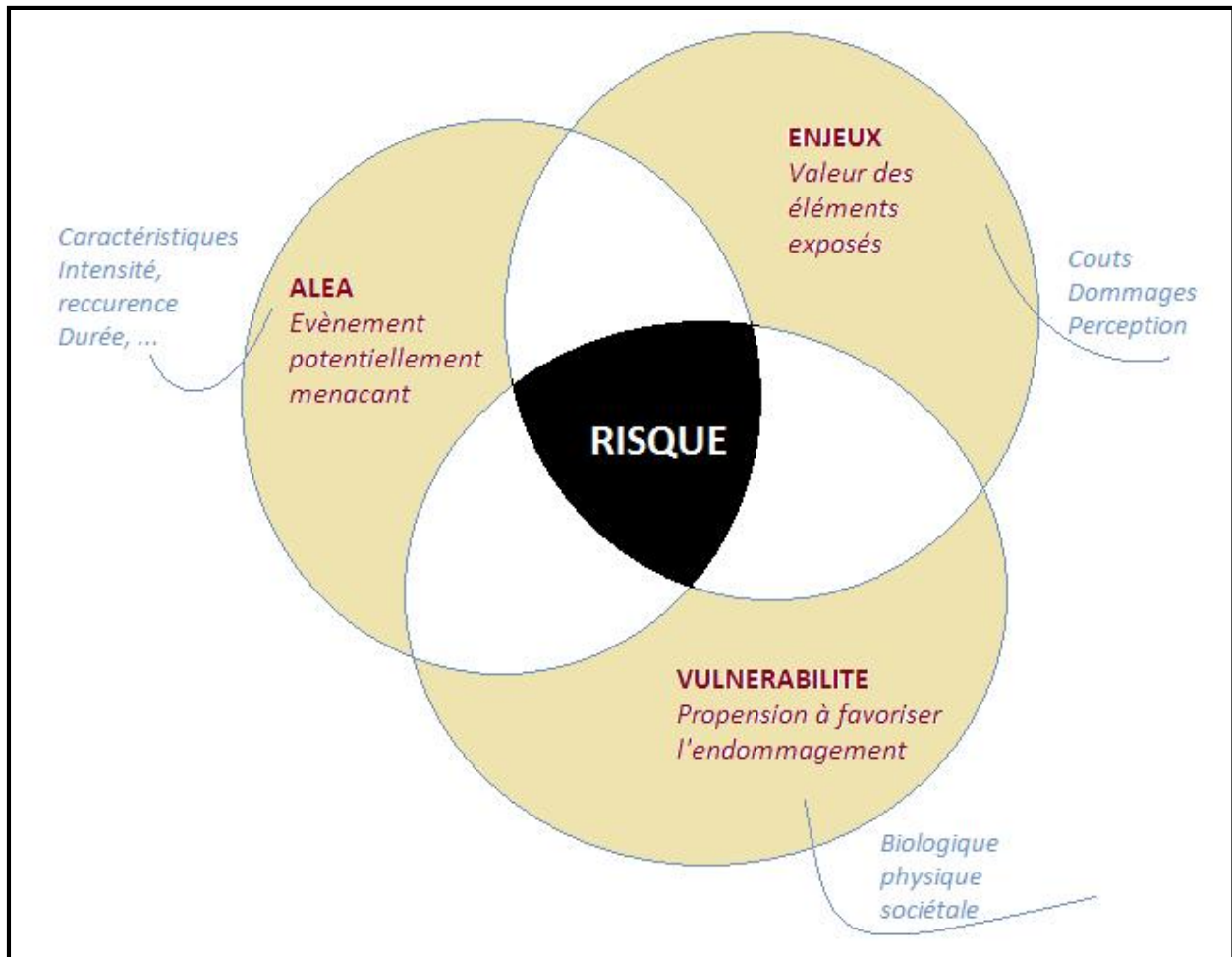


Fig. n°02 : Composantes et perception du risque .

3- Zone côtière, Zone à risque

3-1- Description et définition

Il est aisé de s'imaginer les zones côtières, ces plages et ces zones près de la mer qui accueillent une part importante de la population mondiale (**Paskoff, 2003**). Cependant, la définition précise de la zone littorale n'est pas simple car il n'existe pas de consensus sur ce qu'elle est ni sur sa délimitation. Si tous s'accordent à dire de la zone côtière qu'il s'agit de l'interface entre l'hydrosphère et la terre, entre l'environnement océanique et l'environnement terrestre; son extension à l'intérieur des terres et dans la mer est très variable. Les définitions dépendent ainsi de l'utilisation que vont en faire les usagers, de leurs besoins de gestion et d'analyse de la zone côtière ainsi que de l'échelle utilisée. Les définitions peuvent être aussi simples que « partie de la terre qui borde une mer ou un lac » (Grand dictionnaire de terminologie, s.d.) ou aussi complexes que « l'espace géomorphologique de part et d'autre du rivage de la mer où se manifeste l'interaction entre la partie marine et la partie terrestre à

travers des systèmes écologiques et systèmes de ressources complexes comprenant des composantes biotiques et abiotiques coexistant et interagissant avec les communautés humaines et les activités socio-économiques pertinentes» (**Article 2 du protocole relatif à la gestion intégrée des zones côtières (GIZC) de la Méditerranée, 2008**). Il est également possible de considérer la zone côtière comme un écosociosystème étant donné qu'elle est un espace particulier tant d'un point de vue écologique que sociétal, mais la zone côtière peut également être abordée d'un aspect purement juridique, biologique, artistique ou patrimonial ce qui complique la communication (**Pellegrini, 2008**).

3-2- Changements climatiques et submersion

3-2-1- Introduction

Les impacts engendrés par les modifications du climat sur les zones côtières sont multiples et résultent à la fois des modifications de l'hydrosphère et de l'atmosphère, ils se surimposent aux variations naturelles du climat. Ces changements ont été mesurés à l'échelle mondiale, nationale, régionale (Ressources naturelles Canada, 2004); mais aussi locale. Connaître ces modifications de l'environnement est important puisque plusieurs scientifiques s'entendent sur le fait que l'érosion devrait prendre de l'ampleur dans le contexte des changements climatiques, notamment en raison de la hausse mondiale du niveau marin relatif et de l'augmentation de l'intensité des tempêtes (**Drejza, 2010**).

3-2-2- Élévation contemporaine du niveau de la mer (caractère irréversible)

Les travaux du GIEC 2007 ont confirmé l'augmentation des températures au cours du xx^{ème} siècle l'impact des émissions anthropiques de gaz à effet de serre depuis la révolution industrielle. En conséquence, sur les bassins océaniques, l'effet stérique (dilatation des océans) et la fonte des glaces ont généré, pendant le xx^{ème} siècle, une élévation du niveau moyen de la mer de 1.7 ± 0.5 millimètre par an.

par ailleurs, des études récentes effectuées sur des données issues de satellites altimétriques, tel que Topex-Poseidon et Jason1 mesurant le niveau des mers et leurs températures de surface, et menées conjointement avec des travaux s'appuyant sur des modèles couplant océan et atmosphère montrent, d'une part que l'élévation observée est principalement liée à la dilatation thermique de l'océan mondial (effet stérique) et, d'autre part, que les valeurs observées (entre 1993 et 2003) sont presque deux fois supérieures (3mm par an) à celles mesurées par les marégraphes au cours du siècle derniers (**figure n°03**). (**Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer, 2010**).

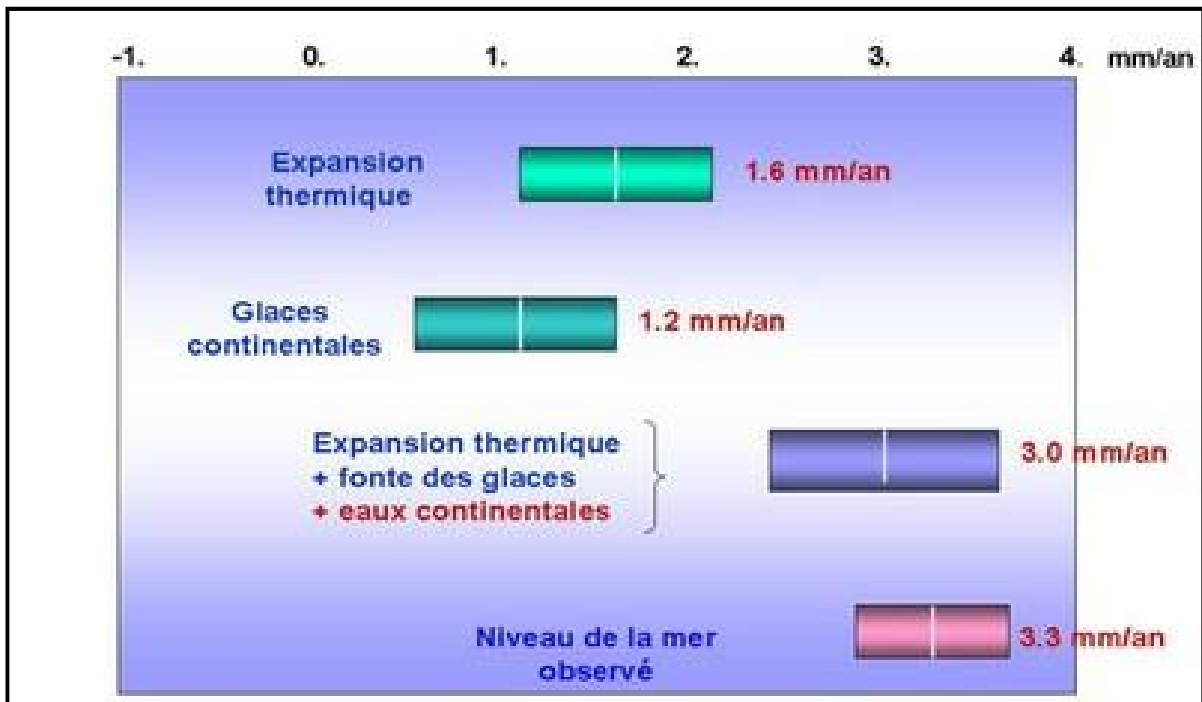


Fig. n°03 : Contribution des principaux facteurs à l'élévation du niveau moyen de la mer observée entre 1993 et 2003 (Cazenave, 2006).

Finalement, au regard de ces résultats, il s'avère que des interrogations demeurent sur l'ampleur exacte de l'élévation du niveau de la mer et sur les rythmes qu'elle pourrait adopter dans les prochaines décennies. Il convient d'indiquer que tous les travaux s'accordent à dire que le niveau moyen de la mer s'élève, en relation avec le réchauffement actuel des températures atmosphériques. Cette élévation, mesurée à l'aide de l'altimétrie spatiale, est plus rapide depuis 1990 que durant les cinquante dernières années, à l'exception bien sûr des espaces côtiers affectés par des phénomènes d'exhaussement (isostatiques et tectoniques). Il est à retenir que le phénomène n'est pas homogène spatialement et qu'il poursuivra encore plusieurs siècles, quelle que soit l'évolution mondiale d'émission de gaz à effet de serre. Les estimations proposées sont donc dépendantes des scénarios d'émission projetés (**figure n°04**). Ainsi, l'élévation du niveau moyen des mers devrait s'accélérer à l'échéance de 2100, dans la fourchette 0.2 à 0.6 mètre (Bindoff *et al*, 2007). Une incertitude demeure sur l'évolution des régions polaires, dont la fonte des glaces pourrait éventuellement générer des valeurs beaucoup plus fortes dès l'horizon 2100.

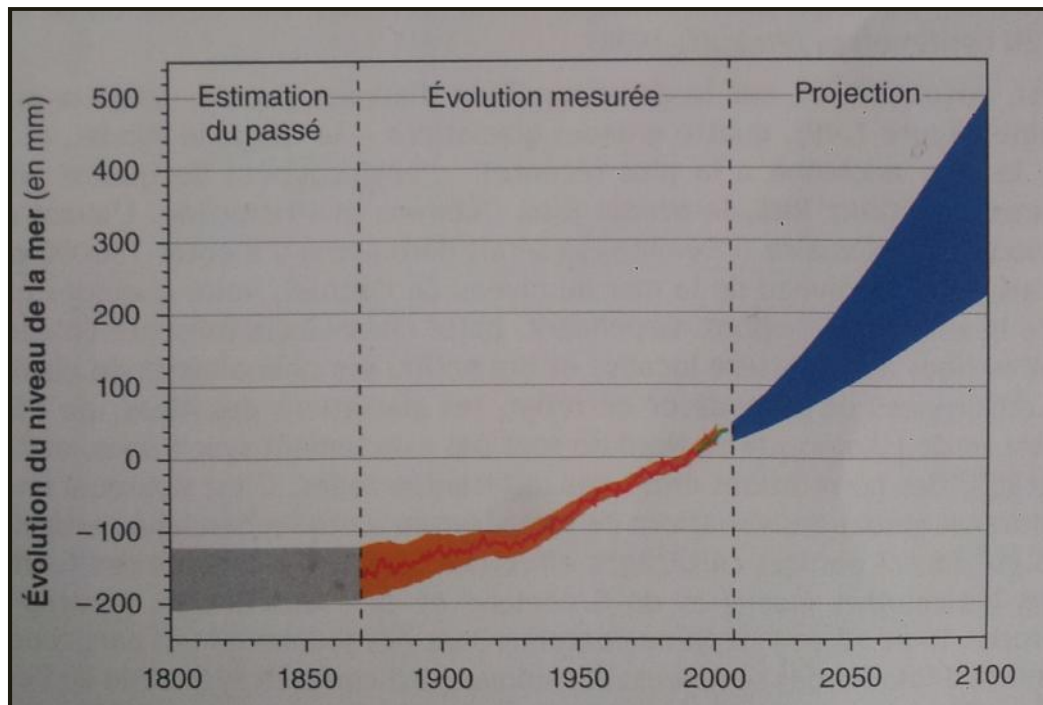


Fig. n°4 : Évolution observée du niveau moyen de la mer et projection des modèles à l'horizon 2100 pour le scénario A1B (Bindoff *et al*, 2007).

Les conséquences de cette augmentation de niveau se feront sentir à la fois sur l'érosion des côtes et sur les risques de submersion des zones basses proches du rivage. Les submersions seront à la fois plus importantes et plus fréquentes. L'élévation du niveau aura en effet des impacts sur chacun des trois modes de submersion. D'abord sur le « débordement » : l'élévation du niveau moyen de la mer pourra faciliter la submersion par débordement ; ensuite sur les « franchissements par paquets de mer » : l'augmentation de la profondeur d'eau à proximité des côtes facilitera en effet la propagation de vagues d'amplitude plus importante augmentant ainsi le risque de franchissement des défenses naturelles ou artificielles (ouvrages) ; les risques de « rupture », enfin, seront eux aussi augmentés : les plus fortes vagues arrivant à la côte pourront générer des phénomènes d'érosion et de déstabilisation des ouvrages de défense, aboutissant à des ruptures. (**Dossier enjeux des géoscience, 2014**)

3-2-3- Élévation du niveau de la mer (caractère réversible)

Il existe plusieurs phénomènes dont les effets s'additionnent pour faire monter le niveau d'une mer, agitée par de grosses vagues, bien au-dessus de son niveau habituel. Il y a d'abord une diminution de la pression atmosphérique liée au passage, soit d'une perturbation du front polaire, soit d'un cyclone tropical. En effet, lorsque le baromètre baisse de 1 hPa, le niveau de la mer monte de 1 cm, donc de 1 m pour une baisse de 100 hPa, chute de pression qui n'a rien d'exceptionnel au passage d'un typhon ou d'un hurricane. Ensuite peut s'ajouter une

accumulation sur la côte d'eau poussée par des vents violents. Ainsi, dans le cas d'un vent soufflant durant douze heures en direction de la terre à une vitesse de 80 km/h, l'élévation de la mer est de l'ordre du mètre. (**Paskoff, 1993**).

Chapitre 2 :

Le site des salettes : caractéristiques, état, perspectives

CHAPITRE 2 :

Le site des sablettes : caractéristiques, état, perspectives

Introduction

Ce chapitre représente le contexte générale de notre zone d'étude les "sablettes" voir La situation géographique, la géomorphologie, hydrographie...etc. ; d'autre part, on a pour objet d'étudier la dynamique de cette zone et les menaces aux quelles elle est soumise (aléas) ainsi que les différents enjeux exposés à ces phénomènes à fin de déterminer ce risque qui affecte notre zone et le mesurer par la suite (c'est ce qu'on verra ultérieurement).

1- Caractéristiques physiques et naturelles

1-1- Situation géographique

Le site « les Sablettes » appartient à l'unité physiographique qu'est la Baie d'Alger. Cette unité physiographique est délimitée par le massif d'Alger à l'Ouest et Cap Matifou à l'Est.

1-2- Zone d'étude

La zone d'étude est située dans la baie d'Alger, comprise entre les parallèles $36^{\circ}44'50''$ et $36^{\circ}45'10''$ de latitude Nord et $3^{\circ}04'40''$ et $3^{\circ}05'20''$ de longitude Est (**Figures n°05 et n°06**).

Le site d'étude s'étant sur une longueur de 4 Km limité par :

- Le port d'Alger à l'Ouest.
- Oued EL Harrach à l'Est.
- La mer Méditerranéen au Nord.
- La commune de Hossein Dey au Sud.

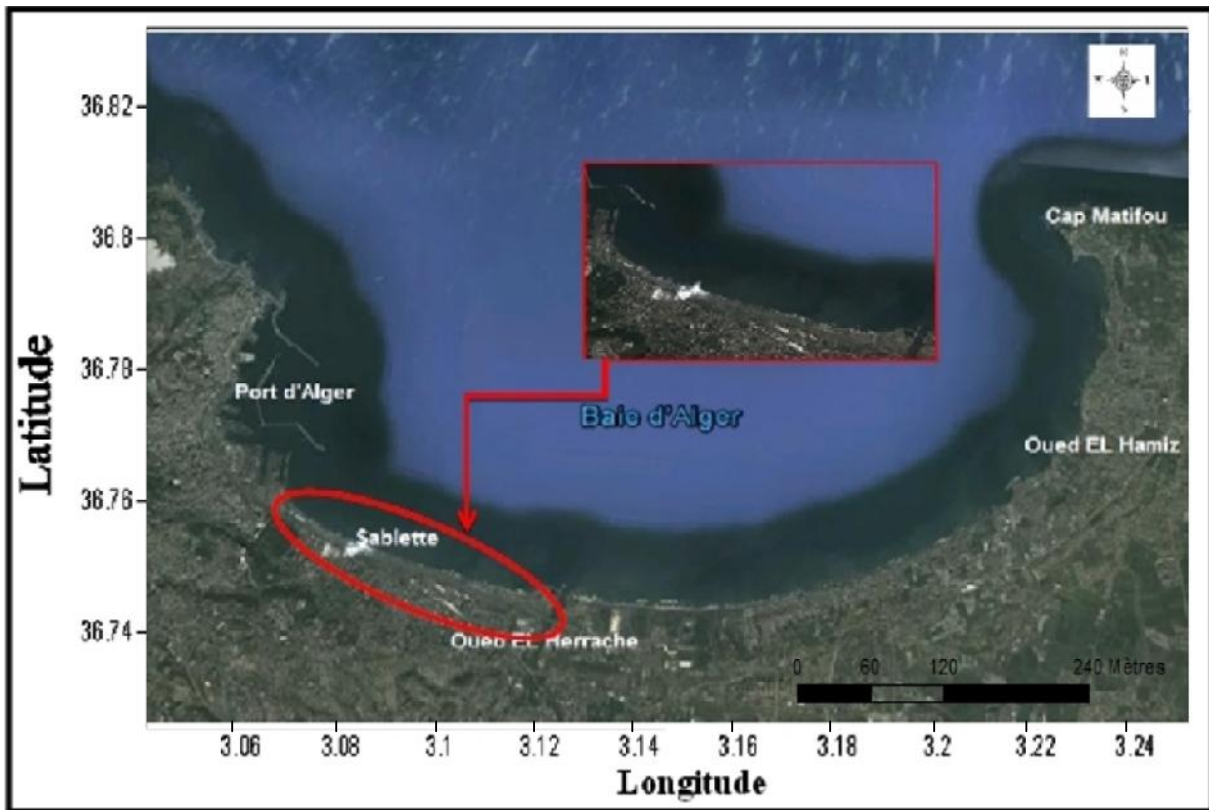
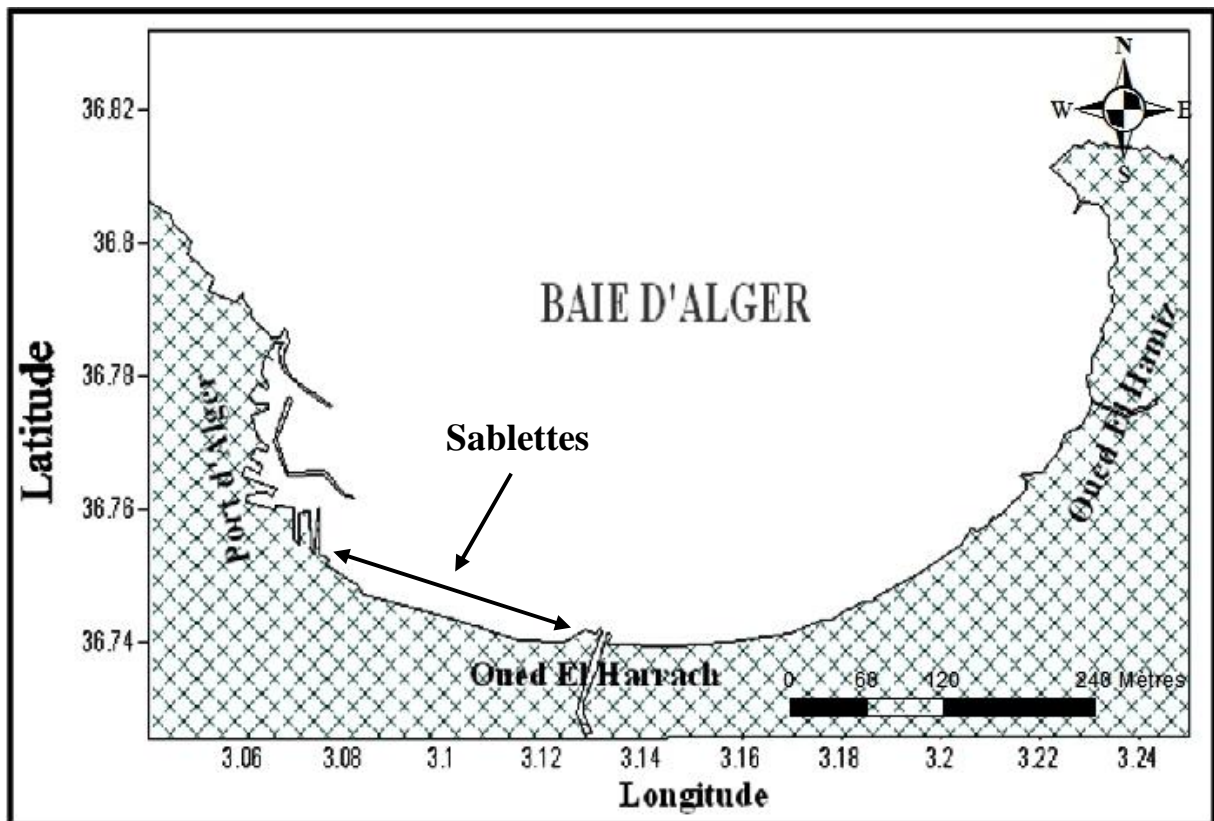


Fig. n°05 : Situation géographique des sablettes (Google Earth, 2015)



Carte n°01 : Situation géographique de la baie d'Alger

1-3- Géomorphologie

1-3-1 Aspect géomorphologie local

La connaissance de la géologie et la géomorphologie locale d'un site permet de définir sa sensibilité face aux agressions marines.

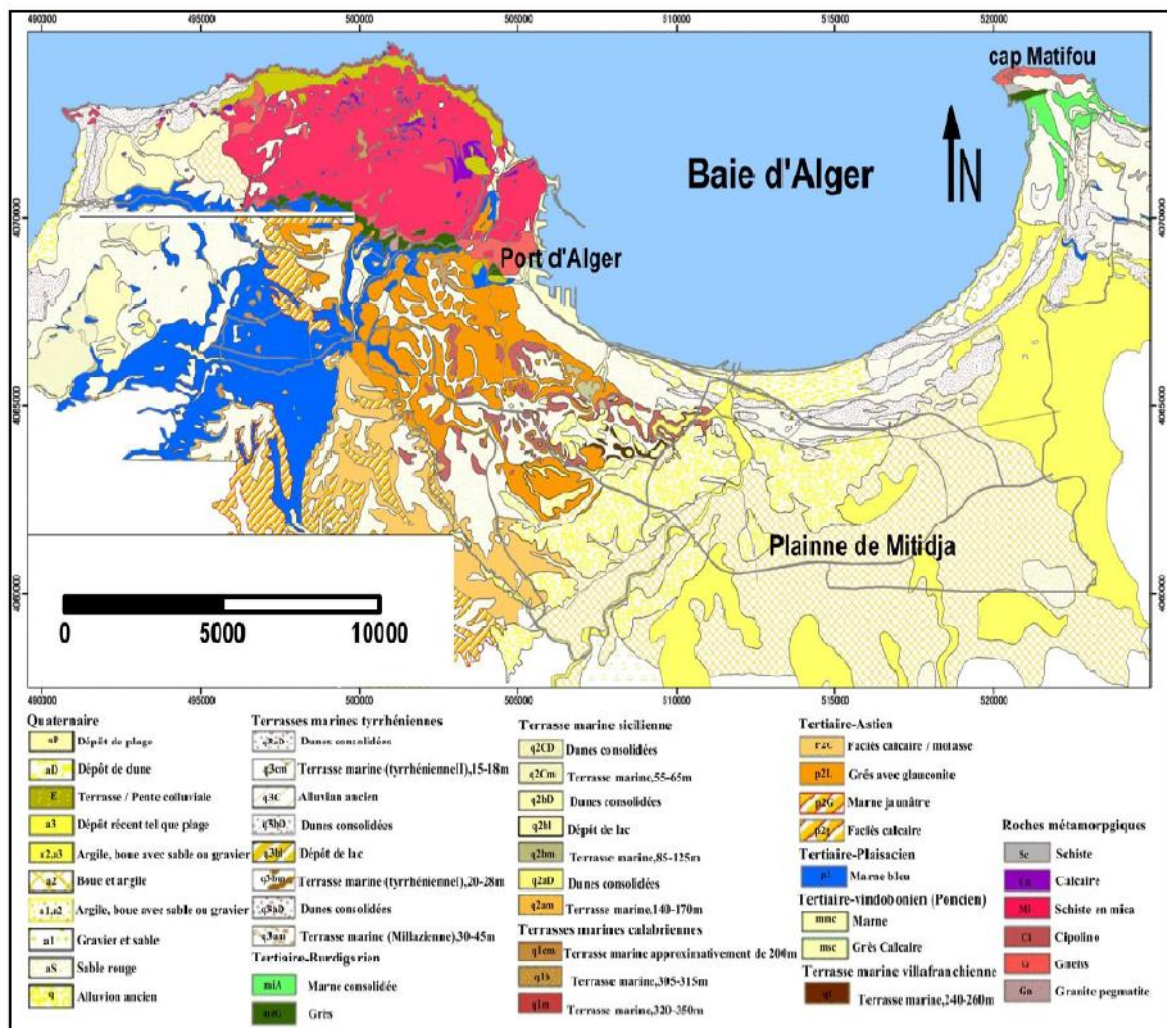
L'environnement géologique du site d'étude fait partie intégrante du cordon littoral dunaire algérois, ce cordon consiste en une barrière étroite sablo-gréseuse allongée parallèlement au rivage ; elle renferme les affleurements pléistocène Est Algérois.

La région d'Alger a connu une très grande lacune de sédimentation au cours du secondaire et de base du Tertiaire (Éocène-Oligocène). Seul le Primaire et le Mio-Plio quaternaire sont représentés. Les terrains bordant la baie d'Alger appartiennent à des formations Plioquaternaires. Mais la formation la plus importante est celle du quaternaire (**LEM, 1996 in Bouchareb et Kamouche, 2013**).

1-3-2- La formation Quaternaire

La mer réoccupe la zone septentrionale de la région d'Alger au Calabrien. Elle correspond à une oscillation positive du niveau marin dans un contexte globalement régressif. La répartition des dépôts pléistocènes est dirigée par la composition du Glacio-eustatisme et des mouvements tectoniques post-Astienne.

Les terrasses marines étagées dans le secteur occidental du sahel (unités transgressives inverse) et superposées dans sa partie orientale (Unités transgressives) attestent de la relation tectonique-sédimentation tout au long du Plio-quaternaire (**Carte n°02**). D'une façon générale chaque cycle climato-sédimentaire est surmonté par des formations continentales qui matérialisent les phases régressives (**LEM, 1996 in Bouchareb et Kamouche, 2013**).



Carte n°2 : La géologie de la baie d'Alger et sa région (JIKa, 2006)

Les zones entre cap caxine et le port sont formées dans des roches métamorphiques dures (gneiss) qui ont la particularité de résister aux agressions marines (érosion lente). Leur nature topographique leur confère une auto protection.

Les zones entre le port et cap Matifou où se trouve notre zone d'étude sont caractérisées par leur nature sableuse qui leur donne une particularité fragile aux agressions marines en favorisant le débordement des eaux sur le continent et particulièrement les submersions.

1-4 Données météorologiques et hydrographiques

1-4-1 Données météorologiques

1-4-1-1 Contexte climatique

La zone d'étude connaît un climat méditerranéen caractérisé par une saison pluvieuse s'étalant de septembre à Mai et un été sec. Ce littoral jouit d'un climat tempéré dû à l'action modératrice de la mer. L'amplitude diurne, au cours d'une année est inférieure à 10°C. En

bordure de la cote, les gelées et la neige y sont pratiquement inconnues. Etant donné la proximité de la mer, le littoral connaît un degré hygrométrique élevé et constant durant toute l'année.

1-4-1-2- Précipitations (Données ONM, 1975-1984)

Les pluies sont importantes en automne et en hiver avec le plus souvent un régime orageux. Les pluies sont celles d'une saison froide qui tombent d'octobre à mai avec un maximum prononcé en novembre et un autre en février. La moyenne annuelle des précipitations est de l'ordre de 700 mm. Les statistiques mettent en évidence deux périodes distinctes :

a) Une saison relativement pluvieuse s'étalant sur huit (08) mois d'octobre à mai avec trois pics :

- Novembre : 110 mm
- Février : 85 mm
- Avril : 65 mm

b) Une saison sèche de juin à Septembre avec de faibles précipitations relevées

1-4-1-3- Températures

Les étés sont généralement chauds et les hivers doux. La température ne dépasse pas 40°C et ne descend pratiquement jamais au-dessous de 0°C.

Le minimum de mois le plus froid (janvier) est de 07°C.

Des élévations de température assez brusques sont notées surtout au mois de Mai et de Juillet durant lesquelles souffle un vent chaud et sec : le siroco

1-4-1-4- Les vents

Les vents jouent un rôle important dans la dynamique des eaux marines superficielles. Ils sont générateurs des houles et des courants superficiels.

a) Données de l'US. Naval Weather Service (1914-1970)

Les résultats des observations effectuées au large des côtes algéroises (37° 4'N et 3° 9'E) sont rapportés sous forme de roses des vents pour chaque trimestre de l'année (**Figure n°06**).

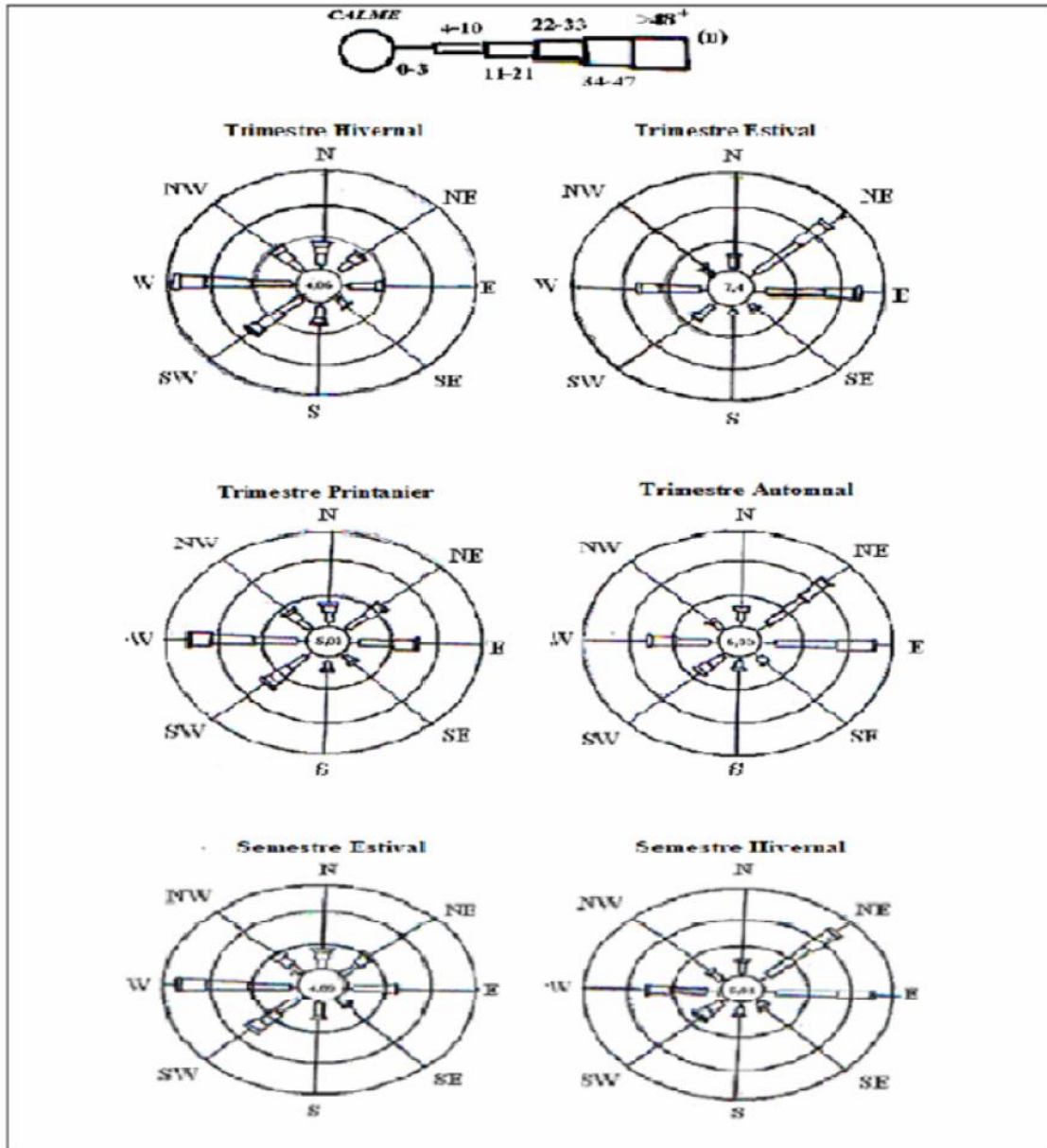


Fig. n°06 : Les roses des vents dans la baie d'Alger (source: US. Naval Weather Service, 1914-1970)

b) Données de l'Office National de Météorologie (1975-1984)

La rose récapitulative sur dix (10) ans (1975-1984) des vents enregistrés au niveau de la station de Dar El-Beida donne quatre (04) directions prédominantes.

- Nord (N360°)
- Nord-est (N45°)
- Sud-ouest (N225°)
- Ouest (N270°)

Les vents de direction N360° (fréquence=12%) et N 45° (fréquence=10%) sont dominants en période estivale s'étalant de Mai à Septembre. Les vents de direction N 360° montrent une

répartition constante durant toute l'année. Le vent de direction N 225° (fréquence=14,5%) et N 270° (fréquence=11,5°) sont dominants en période hivernale qui s'étale d'Octobre à Avril

Tableau n°03 : Répartition annuelle des fréquences d'apparition par direction des vents (en %) (ONM, 1975-1985)

Période	N 225°	N 360°	N 45°	N 270°
Janvier	24.6	6.0	4.2	24.6
Février	21.6	8.0	6.0	21.6
Mars	14.4	12.0	6.0	14.4
Avril	12.0	14.4	11.4	11.4
Mai	9.0	15.0	12.0	10.2
Juin	6.6	18.0	18.0	7.2
Juillet	5.4	18.4	22.2	5.4
Aout	8.4	15.0	20.4	8.4
Septembre	8.4	12.6	16.2	8.4
Octobre	15.6	9.6	8.4	16.2
Novembre	21.6	10.2	4.2	22.2
Décembre	21.0	3.6	3.0	21.0

Pour les quatre (04) directions de vent considérées, les classes des vitesses de vents allant de 1 à 5 m/s et de 6 à 10 m/s totalisent un taux d'apparition important (>46%). La classe de vent allant de 11 à 15 m/s présente une fréquence d'apparition très faible (0,6%) pour la direction N270°.

Les vitesses de vents supérieurs à 16 m/s sont soit inexistantes ou présentant des fréquences insignifiantes. Localement, la baie d'Alger est soumise à la fréquence des vents de secteur Ouest et Nord-Ouest. Ces derniers sont appréciables d'une part, par leur intensité et, d'autre part, par leur fréquence d'apparition. Contrairement aux vents du secteur Est et Nord-est qui sont caractérisés par leur fréquence d'apparition et non par leur force. Par contre, les vents du secteur Sud à Sud - Ouest sont caractérisés par une intensité assez forte mais ne jouent aucun rôle sur l'hydrodynamisme côtier.

1-4-2- Réseau hydrographique

Les oueds jouent un rôle important dans la morphodynamique côtière, en revanche ils peuvent ainsi accentuer le risque de submersion lorsque la fréquence de leur débit est importante.

Les Oueds EL Harrach et EL Hamiz drainent respectivement les parties centrales et orientales de la Mitidja avant de se jeter dans la mer. Ces deux Oueds ainsi que leurs affluents sont des torrents à débit irréguliers. Dans leur cours inférieurs, ils présentent une direction générale du Sud vers Nord (**LEM, 1996 in Bouchareb et Kamouche, 2013**).

1-4-2-1- Oued EL Harrach

Le régime hydrographique de l'Oued EL Harrach se caractérise par un long étiage de six (06) mois et des crues d'hiver et de printemps soudaines et rapide.

Le bassin versant de l'Oued EL Harrach couvre une superficie de 387Km², c'est un bassin difficile d'accès caractérisé par de fortes dénivelées, une végétation peu dense et une pluviométrie importante. À ces facteurs érosifs s'ajoute le caractère torrentiel de l'Oued qui est en faveur d'un fort débit et d'un alluvionnement important. La formation à facies continental villafranchien est connue sous le nom de formation de marnes d'El Harrach. C'est une séquence relativement uniforme d'argiles jaunâtre ou grise par endroits, avec quelques cailloutis et lentilles de gravier épaisses de 2 à 6 mètres. La série de marne, épaisse de 200 m environ, diminue d'épaisseur vers l'Atlas. Les marnes sont visibles à El Harrach, sur le flanc Sud du Sahel et l'extrémité occidentale de la plaine de la Mitidja (**LEM, 1996 in Bouchareb et Kamouche, 2013**).

1-4-2-2- Oued EL Hamiz

En ce qui concernent l'Oued EL Hamiz, la présence d'un barrage portant le même nom à largement réduit les apports solides vers la mer. Actuellement, l'Oued EL Hamiz se jette en mer par une ouverture étroite d'une trentaine (30) de mètres de large, ce qui lui vaut une participation secondaire dans l'alimentation de la baie en apport solide (**LEM, 1996 in Bouchareb et Kamouche, 2013**).

1-5- Données hydrodynamique

1-5-1- Les houles

1-5-1-1- Principe de l'analyse des données du SSMO

Le principe de l'analyse de la houle au large est basé sur les observations faites à bord de navires. Les données sont reprises d'un document de l'U.S Naval Weather Command intitulé

« Summary of Synoptic Meteorological Observation ». Ces données s'étalent sur une période de huit (08) années (1963-1970). Une analyse statistique de ces données permet de définir les secteurs de la houle prédominant et leurs amplitudes respectives (**LEM, 1996 in Bouchareb et Kamouche, 2013**). Les observations de la houle sont classées par le SSMO par mois et annuellement en précisant les éléments suivants :

- Hauteur de la houle par direction suivant la force du vent.
- Hauteur des houles toutes directions confondues suivant la force du vent.
- Hauteur des houles avec leurs périodes respectives, toutes directions confondues.

Le tableau qui suit donne le nombre d'observation de la houle pour chacun de ces trois cas.

Tableau n°04 : Nombre d'observations d'état de mer par mois (SSMO, 1963-1970), période 08

Nombre d'observation	jan	fév.	Mar	Avre	mai	juin	juil.	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.	Total
par secteur de vent	726	706	802	746	791	709	716	799	689	782	711	693	8870
toutes directions par secteur de vent	787	766	877	820	888	796	796	860	767	838	778	756	9279
par période de houle	885	853	973	901	981	900	871	938	870	939	845	837	10793

On constate une bonne régularité des observations au cours des différents mois de l'année. Le nombre total d'observation pour le troisième cas est le plus élevé en raison du principe même adopté qui consiste à ne pas faire état du vent.

À partir du tableau ci-dessus et les amplitudes relevées, on établit une loi de régression linéaire donnant en fonction de la hauteur de la houle la fréquence de dépassement.

La probabilité annuelle de voir une houle d'amplitude donnée apparaitre au moins une fois sur **n** années est définie par la relation suivante :

$$P_n = 1 / (3 * 365 * n) \dots\dots\dots (1)$$

1-5-1-2- Direction de la houle au large

Du tableau ci-dessous, on constate que :

- Les houles d'Ouest et d'est sont les plus fréquemment observées.

➤ Le secteur nord a une répartition assez régulière durant l'année.

Tableau n°05 : Fréquence mensuelle de la houle au large par direction (1 mois=100%) (SSMO, 1963-1970).

Période	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Janvier	8.10	12.90	18.20	5.60	6.50	13.20	28.80	7.30
Février	8.80	10.30	12.60	4.00	6.10	16.90	35.60	5.80
Mars	11.30	12.60	15.80	3.60	4.50	12.30	30.50	9.20
Avril	11.70	15.40	16.00	2.00	4.40	13.70	26.70	10.20
Mai	8.20	26.30	31.90	3.00	3.30	7.20	13.90	6.20
Juin	9.20	29.10	29.80	1.80	1.40	8.20	16.40	4.20
Juillet	5.90	32.50	35.10	1.40	1.00	5.90	16.30	2.00
Aout	8.80	27.10	37.30	1.90	1.10	5.00	13.40	4.90
Septembre	6.70	26.10	40.50	2.20	2.30	4.60	14.80	2.50
Octobre	7.80	14.10	20.30	3.20	4.20	14.80	28.80	6.80
Novembre	5.50	5.80	10.00	5.10	8.00	15.90	40.40	9.40
Décembre	10.20	6.20	9.40	4.60	7.50	15.00	37.10	10.00

1-5-1-3- Relation Hauteur-Direction de la houle au large :

L'état de la mer est caractérisé par les degrés suivants correspondant aux amplitudes suivantes:

Tableau n°06 : Relation Hauteur-Direction de la houle au large (SSMO, 1963-1970).

Degrés	Hauteurs	Etat de la mer
Calme	0.25m	Ridée ou belle
Degré 1	0.25m-0.75m	Ridée ou belle
Degré 2	0.75m-1.75m	Modérée
Degré 3	1.74m-2.75m	Agitée
Degré 4	2.75m-3.75m	Forte
Degré 5	3.75m	Très forte

Toujours à partir des données du SSMO, nous pouvons faire ressortir les fréquences d'apparition des différents degrés d'agitation par direction. Ceci permet d'établir les roses de la houle trimestriellement et annuellement (**Figure n°07**).

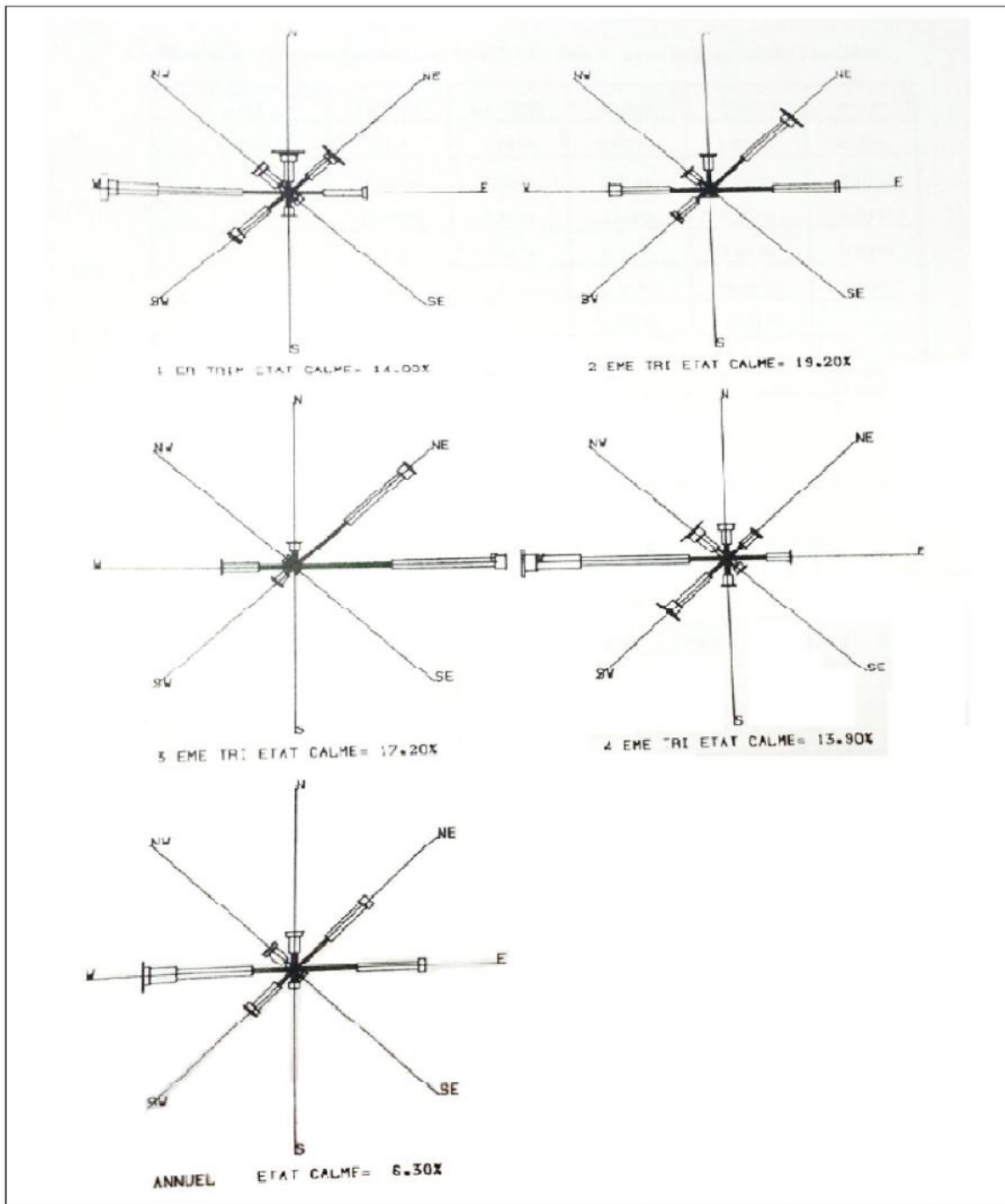


Fig. n°07 : Les roses des houles dans la baie d'Alger (SSMO, 1963-197).

Les conclusions sont :

- L'agitation provenant des secteurs Ouest et Est, est la plus fréquente. Néanmoins, pour
- Les fortes houles, le secteur Ouest prédomine.
- Les houles de tempête proviennent essentiellement du secteur Ouest.
- Pour le secteur Nord et Nord-Ouest les fréquences d'apparitions sont plus faibles.

Ces constatations ressortent également du tableau suivant qui donne la fréquence des états de la mer au large par direction

Tableau n°07 : Fréquences par direction des différents états de la mer au large (SSMO, 1963-1970).

Etat de la mer au large	Ouest	N-OUEST	NORD	N-EST	EST
Calme	2.90%	1.10%	2.00%	2.70	4.00
0	6.20%	2.00%	2.90	7.00	9.30
1	10.90%	2.70%	2.60	7.50	9.10
2	4.30%	0.60%	0.70	1.20	0.90
3	0.90%	0.10%	0.10	0.00	0.10
4	0.30%	--	0.00	0.00	--
Total	25.50%	6.50%	8.30%	18.40%	23.40%

1-5-1-4- Relation Amplitude-Période de la houle au large

Les observations du **SSMO** font ressortir la relation hauteur-période de la houle. Les résultats de ces observations sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau n°08 : Relation période-amplitude de la houle au large (SSMO, 1963-1970).

Etat de la mer au large	< 6s	6 à 7s	8 à 9s	10 à 11s	11 à 12s	13s
Calme	5.20	1.10	0.40	--	--	--
0	20.80	1.90	2.70	--	--	--
1	10.90	13.10	3.10	0.50	0.20	--
2	24.60	5.40	1.00	0.90	0.20	--
3	2.60	1.10	0.30	0.60	0.20	--
4	0.10	0.50	--	0.30	0.30	--
Total	53.70	22.10	7.50	2.30	0.90	--

On constate que 75% des houles ont une période inférieure ou égale à 7s et seul 3% des houles ont une période comprise entre 10 et 13s.

1-5-1-5- Caractéristiques de la houle au large

À partir de la relation entre les périodes et les amplitudes de la houle observées, on établit une loi de régression donnant en fonction de la hauteur de la houle sa fréquence de dépassement. Ci-après sont données les courbes de régression statistique de la houle au large pour les différentes directions. On définit par ailleurs, les probabilités d'apparition associées aux périodes de retour ces probabilités sont définies par la relation suivante :

$$P_n = 1 / (3 * 365 * n) \dots\dots\dots (2)$$

Ou n=période de retour

Les résultats sont données dans les tableaux n°09 et n°10

Tableau n°09 : Probabilités d'apparition de la houle associées aux périodes de retour (SSMO, 1963-1970).

Période de retour	Probabilités Associées
Biannuelle	$4,56 * 10^{-4}$
Quinquennale	$1,82 * 10^{-4}$
Décennale	$9,13 * 10^{-5}$
Vingtennale	$4,56 * 10^{-5}$
Cinquantennale	$1,82 * 10^{-5}$
Centennale	$9,13 * 10^{-6}$

Tableau n°10 : Statistique de la houle au large (SSMO, 1963-1970).

Période de retour	Est	Nord-Est	Nord	Nord-Ouest	Ouest	Toutes directions
Biannuelle	4,12m	4.93m	4.90m	4.16m	7.63m	7.44m
Quinquennale	4.70m	5.67m	5.75m	4.87m	6.43m	8.34m
Décennale	5.14m	6.23m	6.38m	5.40m	9.22m	9.02m
Vingtennale	5.59m	6.79m	7.02m	5.94m	10.02m	9.70m
Cinquantennale	6.17m	7.53m	7.87m	6.65m	11.08m	10.60m
Centennale	6.62m	8.08m	8.50m	7.18m	11.88m	11.27m

1-6- Les courants

1-6-1 Les courants liés au vent

L'intensité des courants ainsi que la fréquence et les directions des houles et des vents évaluent dans un même sens ; ces courants sont les facteurs essentiels qui entrent dans la dispersion et la remise en suspension des sédiments qui seront disposés au transport.

1-6-2 Les courants liés à la marée

Les marées astronomiques étant faibles en Méditerranée ne peuvent pas créer des courants de marée capable de jouer un rôle sur la distribution sédimentaire.

1-6-3 Les courants liés à la houle

Contrairement aux courants généraux et les courants liés à la marée qui n'ont aucune influence sur la distribution sédimentaire infra - littorale, les courants induits par la houle sont seuls à agir sur le transit sédimentaire. Ce sont des courants qui prennent généralement naissance à partir d'une houle oblique. On citera également deux types de courants liés à la houle :

A/ Les courants de retour (courant perpendiculaire à la cote)

Le courant de retour correspond à une zone de flot de retour à partir du déferlement de la houle contre la ligne du rivage. Les eaux superficielles poussées vers la cote s'écoulent par le fond en créant le courant de retour ; ce dernier peut atteindre des vitesses suffisantes pour éroder le fond et transporter vers le large les particules mise en suspension par déferlement.

B/ Les courants de dérive littorale (courant parallèle à la cote)

Les courants parallèles à la cote créent de dérive littorale qui provoque le transit le long du rivage. Ces courants n'apparaissent que lorsque la houle atteint la cote avec une certaine obliquité par rapport au rivage.

La vitesse de ce type de courant dépend des paramètres de la houle, de l'obliquité de celle-ci et de la pente de la plage, elle peut atteindre plusieurs nœuds.

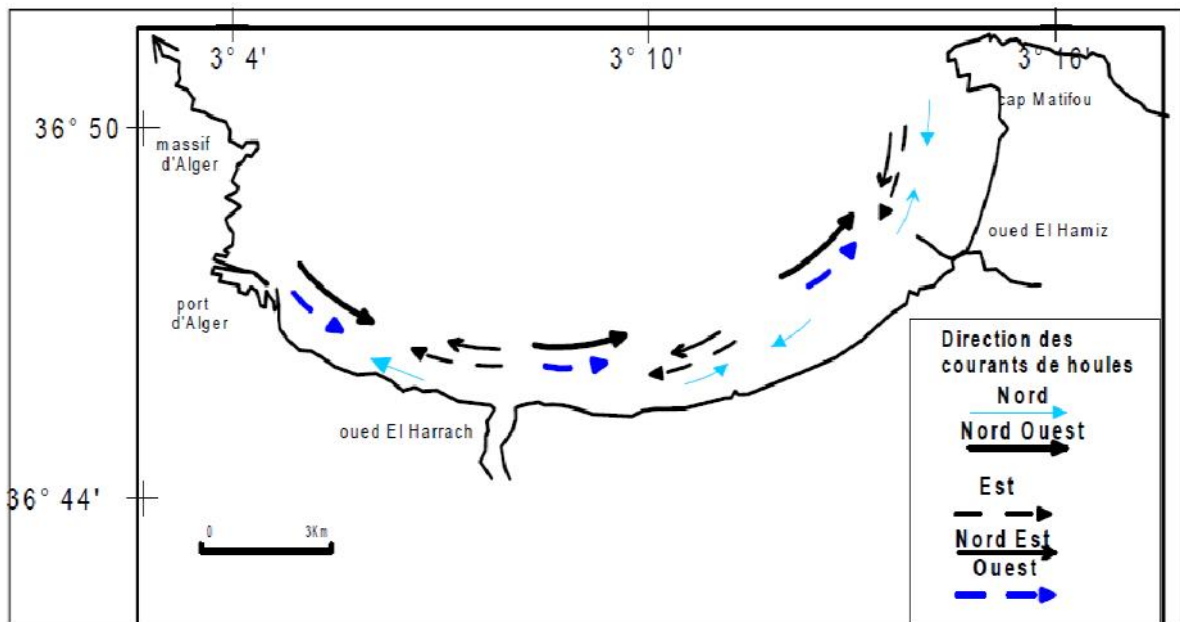


Fig. n°08 : Schéma synthétique de la dynamique littorale dans la baie d'Alger (Belkessa, 2005).

1-7- Évolution du trait de cote

En absence de données sur la partie ouest des sablettes pour l'année 1980, nous avons opté à étudier l'évolution du trait de cote de la partie est des sablettes, pour cela nous avons utilisé le logiciel Arc Gis 9.3. Les résultats obtenus sont représentés dans la figure ci dessous.



Fig. n°09 : Évolution du trait de cote des sablettes de 1980 à 2014.

La plage des sablettes a subit d'importantes variations ; en premier lieu on constate un recul de trait de cote pour la partie Est des sablettes de 1980 à 2000 (érosion). de 2000 à 2014, la plage a récupéré son budget sédimentaire (accrétion), cela est dû aux rôles des ouvrages de défenses côtières (épaves, brises lames) implantés dans cette zone et les apports de sédiments au niveau de la rive gauche de l'oued El Harrach.

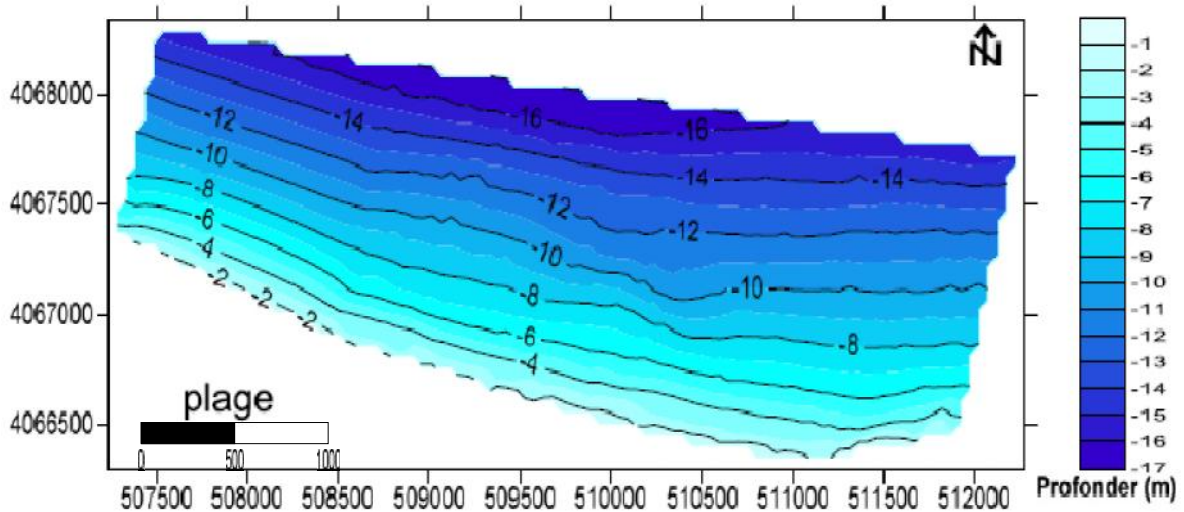
1-8- Analyse bathymétrique

1-8-1- Carte bathymétrique

Les cartes bathymétriques constituent un document fondamental et nécessaire pour connaître et interpréter la morphologie sous-marine.

En s'appuyant sur la carte bathymétrique de la zone d'étude, on peut connaître la morphologie et observer la distribution des profondeurs dans les différentes parties du site « Les sablettes ».

Ce levé bathymétrique a été traité par **Bouchareb et Kamouche** à l'aide du logiciel « **Surfer 11** ». Ils ont obtenus deux (02) représentations bathymétriques (2D et 3D) et des profils en travers pour interpréter le fond marin jusqu'à (-17m) de profondeur (figure et cartes ci dessous).



Carte n°3 : Représentation bathymétrique (2D) des sablettes, 2013, (source: Bouchareb et Kamouche, 2013) modifiée.

L'analyse globale de la carte bathymétrique du site « Les sablettes » :

- Des lignes isobathes parallèles à la ligne de rivage, plus ou moins régulières et espacées dans tous les parties de la zone. Cette partie de la baie est caractérisée par une morphologie sableuse avec des douces pentes.
- L'observation de la (**Figure n°10**) où se trouvent des isobathes moins serré sur la partie centre de la zone étudiée, cette partie caractérisée par une rupture de pente de (-7m a -12m) met en évidence la présence de fosse.

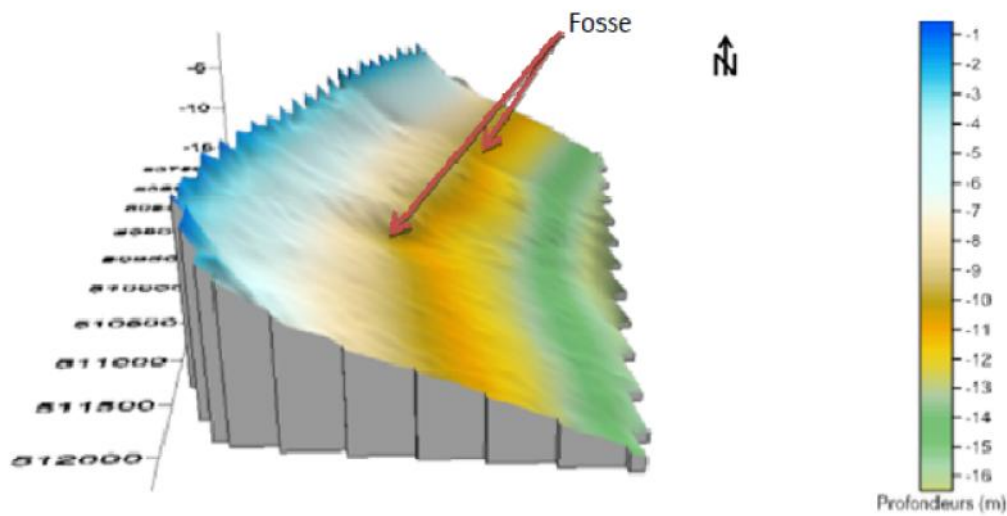
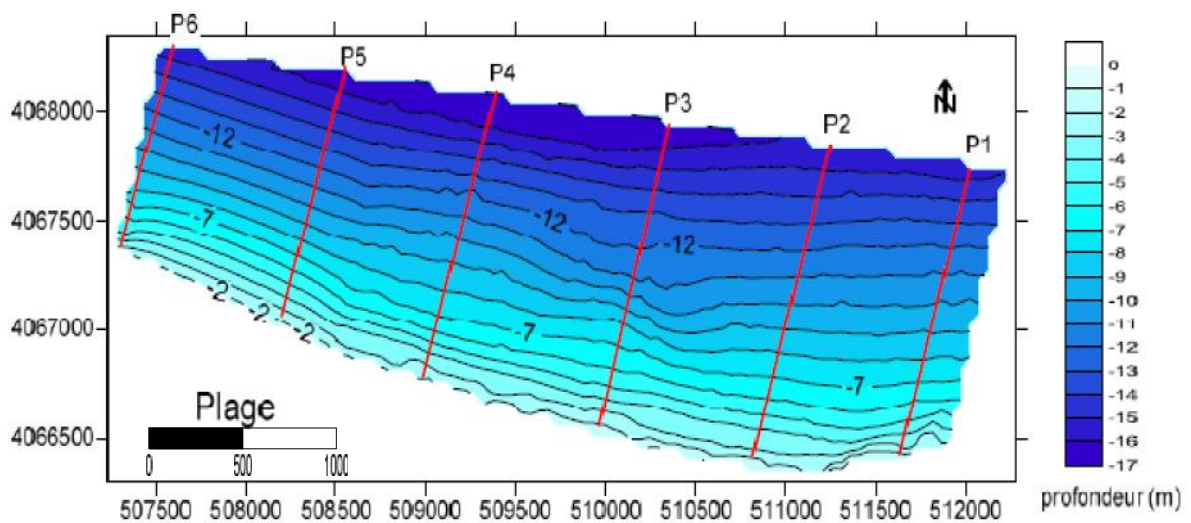


Fig. n°10 : Vue en relief de la barre prés littoral de la plage des sablottes, 2013

1-8-2 Les profils transversaux

L'étude de la carte bathymétrique permet de caractériser 06 profils représentatifs de la plage sous-marine de la côte vers le large. (Annexe)



Carte n°04 : Représentation bathymétrique interpolée et localisation des profils, (source: Bouchareb et Kamouche, 2013) modifiée.

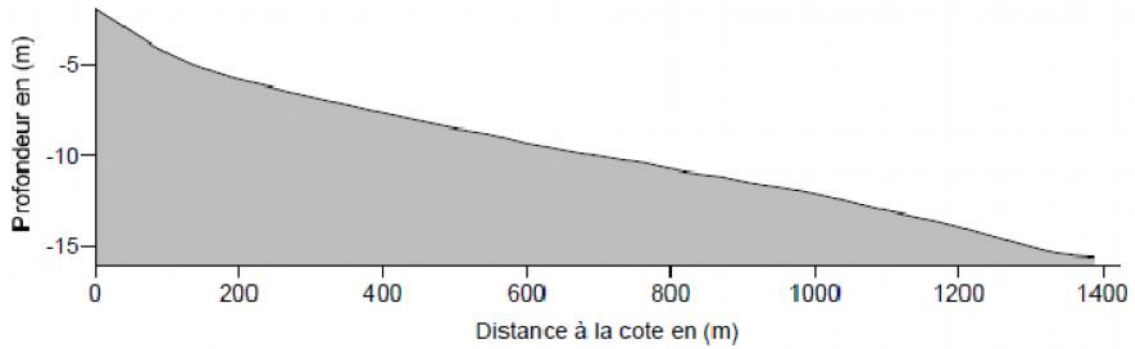


Fig. n°11 : Profil sous marin n°1

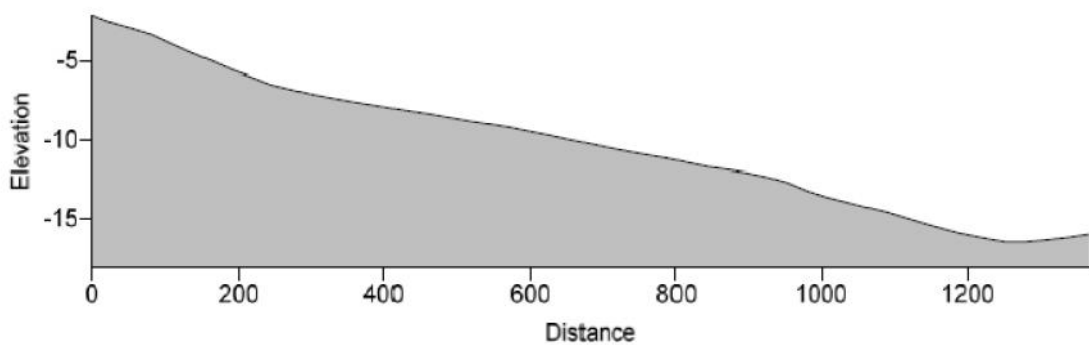


Fig. n°12 : Profil sous marin n°4

Interprétation des profils 1 et 4

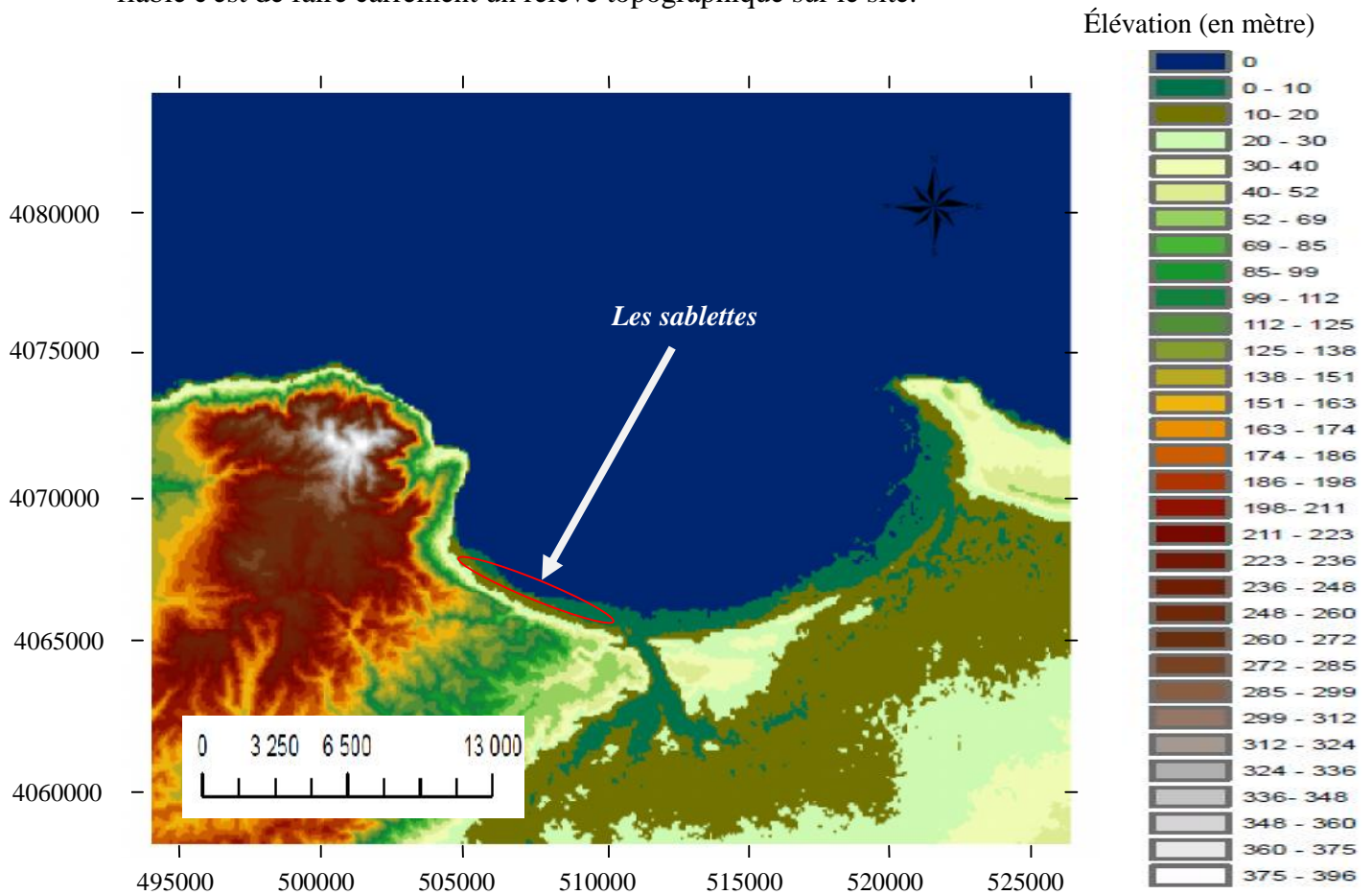
L'étude de la carte bathymétrique permet de caractériser 06 profils représentatifs de la plage sous-marine de la cote vers le large (**Annexe**) :

- Ces profils descendent en pente douce jusqu'à -15m de profondeur, avec une pente douce couvre toute la morphologie sous-marines de la zone d'étude.
- À partir des données précédentes (les vents, les houles,...) on constate que c'est une zone calme caractérisée par une faible énergie de la houle. Donc, l'influence de la houle sur le fonds plus ou moins faible dû à l'éloignement de la zone de déferlement à la côte, c'est-à-dire les vagues déferlantes au large (longueur d'onde) atteignant la côte avec un effet faible sur le fonds.

1-9- Analyse Topographie

À partir d'une image satellitaire issue du satellite "SRTM USGS" et manipulée à l'aide d'un logiciel SIG (ArcGis9.3), on a abouti à élaborer une carte topographique de la baie d'Alger et sa région. Cette dernière nous permis de déterminer les différentes altitudes et

caractériser les zones hautes et basses (**Carte n°05**) ; mais en sachant que la méthode la plus fiable c'est de faire carrément un relevé topographique sur le site.



Carte n°05 : Représentation topographique de la baie d'Alger et sa région

En analysant cette carte topographique on déduit que:

- La zone des sablettes appartient à la classe des zones basses.
- Son altitude est comprise entre 0 à 10 m.
- Sa topographie favorise son exposition à l'action marine et plus précisément à la submersion (zone vulnérable à l'action marine).

2- Les événements hydriques majeurs à Alger

Selon le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), l'Afrique du Nord est considérée comme la deuxième zone la plus vulnérable aux risques climatiques à l'échelle mondiale.

À ce jour, la rive sud de la méditerranée y compris l'Algérie a connu une amplification significatif des désastres naturels et perturbations atmosphériques. La moyenne annuelle de 3 catastrophes naturelles en 1980 a augmenté régulièrement jusqu'à plus de 15 en 2006. Au total, sur une période de 25 ans, la région a été touchée par 276 désastres naturels, dont 120

pendant les cinq dernières années Tout indique une augmentation des risques associés aux catastrophes naturelles, en raison également de l'exposition accrue de la population et des infrastructures. Les villes à forte croissance démographique font face à des risques concrets qui s'intensifieront au cours des prochaines décennies à mesure que les conséquences du changement climatique se feront sentir davantage.

Le tableau ci dessous représente quelques perturbations atmosphériques extrêmes sur Alger.

Tableau n°11: Perturbations atmosphériques extrêmes sur la région d'Alger, période 1998-2013, (source : Lalaoui, 2014)

Du 24 au 26 février 1998	Le premier épisode remarquable des 15 dernières années est celui du 24 au 26 février 1998, dans un flux de nord. le relevé est de 30 mm à Dar El Beida .accompagnée de fortes pluies sur le littoral. les cumulus relevés sont de 106mm sur 4 jours, du 31 janvier au 3 février, dont 39.2 mm le 31 et 41.5 mm le 1er février à Dar El Beida.
10 novembre 2001	Des pluies diluviennes d'une rare violence s'étaient abattues sur Bab El Oued. Les inondations sans précédent qui s'en étaient suivies, ont causé, en moins de 2 heures, la mort de près d'un millier de personnes.
12 novembre 2004	Une tempête, avec des pluies et des vents Violents"130km/h c'est abattue sur Alger et a fait échouer deux navires " le Batna", "Béchar"
21 au 24 novembre 2011	Plus récemment du 21 au 24 novembre 2011, des fortes précipitations touchent la wilaya d'Alger dans un flux d'ouest/ sud ouest. on mesure 206 mm sur tout épisode sur une station d'Alger, dont 89 mm en 24 heures. Le cumul quotidien de précipitations de durée de retour 5 ans est dépassé à Dar El Beida avec 78 mm
24 janvier 2013	De fortes pluies ont été enregistrées
24 avril 2013	Le 24 avril 2013, la wilaya d'Alger a mesurée de fortes pluies durant 24 heures sans interruption causant la mort de 2 personnes à Bologhine.

3- Les enjeux (Vulnérabilité)

3-1- Aménagements et occupations

3-1-1- Plage des sablettes dans le grand projet urbain de la baie

Dans le cadre de la consultation international d'urbanisme portant sur le plan d'aménagement et de développement de la baie d'Alger, le groupe Arte Charpentier

Architectes, déclaré lauréat, a eu la charge d'établir un plan de cohérence urbaine sur le long terme à l'échelle de la baie 50Km de longueur sur 500 mètres de profondeur.

Le premier axe du plan de cohérence c'est l'Eco-urbain mettant en relief des projets prioritaires pour revaloriser la façade maritime et requalifier l'espace urbain : restitution du centre historique, connexions de la ville à la mer, accès aux plages.

La réhabilitation de la grande promenade de la baie, qui s'étend de 43 km constitue plusieurs séquences. Elle a pour but de garantir la stabilité du trait de côte d'une part et de renouer le lien ville – mer d'autre part, en réfléchissant sur des solutions qui permettront un développement durable et harmonieux avec l'activité touristique (**Figure n°13**).

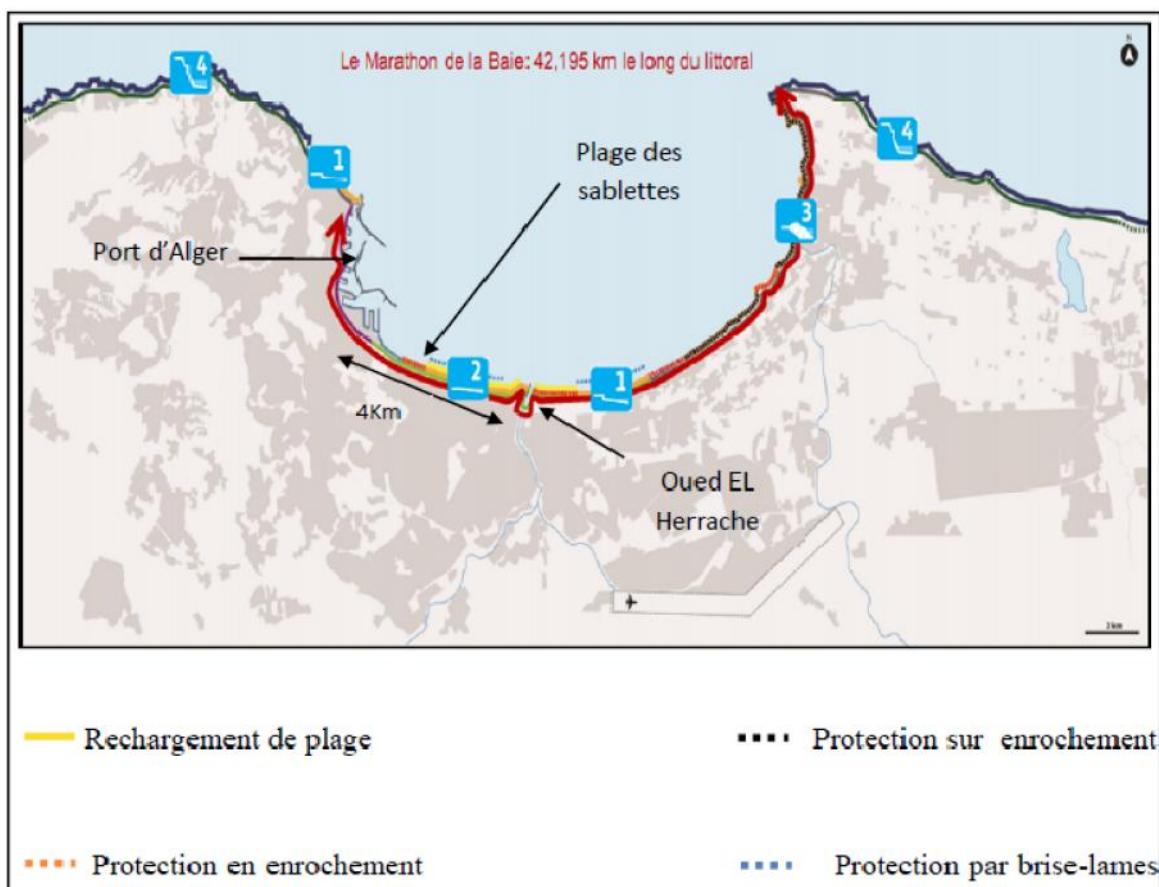


Fig. n°13 : L'aménagement de la grande promenade de la baie (Arte charpentier, 2013 in Bouchareb et Kamouche, 2013)

La plage dite « les sablettes » fait partie des sites retenus sur la baie d'Alger par le grand projet urbain 2009 -2029. Cette opération consiste en une action de valorisation et de protection de la plage, dans l'esprit du grand projet de la baie d'Alger. La plage est située entre le port d'Alger à l'Ouest et l'embouchure d'Oued EL Harrach à l'Est sur une longueur de 4Km.

3-1-2- Les aménagements terrestres

L'aménagement de site des sablettes ne s'agit pas seulement d'une création de plage Protectrice, mais il s'agit d'un vaste champ balnéaire et touristique, il sera doté de multiples services de loisirs qui répondent aux besoins des touristes fréquentant le site (espace vert pour la détente, parking, chemins d'accès orientés, piste piétonne, piste cyclable, et autres...). (Figure n°14 et Photos).



Fig. n°14 : Les différents enjeux (occupations) au niveau des sablettes.

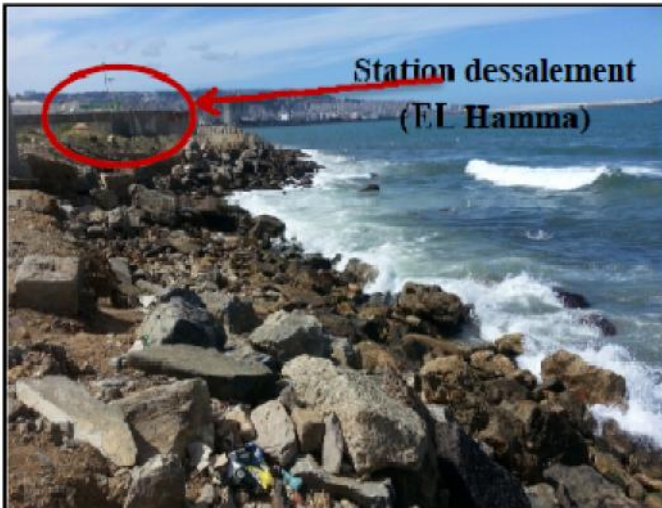


Photo 1: Station de dessalement



Photo 2: Aire de jeux



Photo 3: Terrain de sport



Photo 4 : Aire de sport



Photo 5 : Allée pour piétons



Photo 6: Phase de réalisation des aménagements terrestres



Photo 7 : Achèvement d'une partie des travaux



Photo 8 : Implantation des espaces verts au niveau du site des sablettes

3-2- Le cadre de gestion (contexte juridique)

Dans le domaine des risques côtiers, le contexte juridique qui englobe l'ensemble des lois , textes réglementaires et les politiques de gestion constituent elles mêmes des enjeux et traduisent ainsi une autre forme de vulnérabilité qui est la vulnérabilité institutionnelle; puisque la plus part d'eux ne sont pas appliqués par manque de décret d'application ou de moyens techniques et financiers , par conséquent leurs effets et leurs impacts sur la vulnérabilité future ne cessent de croître (**Tableaux n°12 et n°13**).

Tableau n°12 : Politique de protection du littoral, (source: Lalaoui, 2014)

Politique de protection du littoral				
Textes	Acteurs	Principes	Limites	Impact sur la vulnérabilité future en 2030
<p>- Loi 02-02 du 05/02/2002 relative à la protection et la valorisation du littoral</p>	<p>- Le ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement (MATEV) et sa direction de l'environnement responsables l'élaboration de mesures relatives à la protection et à la préservation du littoral et de la zone côtière ainsi que à la mise en vigueur du cadre légale réglementaire</p>	<p>- Développer une politique intégrée de la zone côtière afin de protéger les ressources</p> <p>- Bornage du domaine littoral en application de la loi 02-02</p>	<p>- Manque de décrets d'application, handicapant ainsi l'application de la loi</p> <p>- Manque de moyens techniques et financiers des inspecteurs de l'environnement de la wilaya pour procéder au contrôle et à la surveillance du domaine littoral.</p>	<p>-Vulnérabilité humaine est très forte vu le manque de sensibilisation de la population et des présidents de l'APC à la protection du littoral.</p> <p>- La vulnérabilité des communes sensibles aux risques submersion marine n'est pas identifier.</p>
<p>-Loi 02-02, Décret exécutif n°04-113</p>	<p>- Commissariat National du littoral(CNL) Etablissement public à caractère Administratif</p>	<p>- Selon l'article 26, dans les communes riveraines de la mer et sensibles, il est institué un plan d'aménagement et de gestion de la zone de la zone côtière dénommé plan d'aménagement côtier afin de protéger les espaces côtiers.</p>	<p>- Conflit dans l'usage et l'affectation au sol entre la loi littoral, 90.29 relative à l'aménagement et l'urbanisation et la loi 03-03 relative à l'aménagement des zones et sites touristiques.</p>	<p>- Absence de prescription d'un plan de préventions des Risques-submersion Marine(PPR-SM) pour toutes les communes littorales.</p>

Tableau n°13 : Politique de gestion des risques, (source: Lalaoui, 2014)

Politique de gestion des risques				
Textes	Acteurs	Principes	Limites	Impacts sur la vulnérabilité future en 2030
<p>-Loi 04-20 du 25/12/04 relative à la prévention des risques et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable</p>	<p>- Délégation nationale aux risques majeurs, sous l'autorité du ministre, elle est chargée de coordonner la politique nationale de gestion des risques</p> <p>- Le Ministre de l'Intérieur</p>	<p>- Améliorer la prévention et la gestion des catastrophes dans une zone particulièrement vulnérable aux aléas naturels et aux inondations.</p> <p>- Déclenche le plan ORSEC nationale sur demande du directeur général de la protection civil nationale Haut patronage de la DNRM (Délégation nationale des Risques Majeurs)</p>	<p>- Politique nationale récente qui n'identifie pas clairement les institutions en charge de la relayer localement</p> <p>- Par manque de retour d'expérience les Plans ORSEC restent très limité, la gestion précise n'est pas encore instaurée.</p>	<p>- Sensibilisation insuffisante de la population et des responsables des politiques d'aménagement et d'urbanisme à la question des risques.</p> <p>- La vulnérabilité institutionnelle (manque dans la gestion de crise) fera augmenter les autres types de Vulnérabilité et la Vulnérabilité urbaine.</p>
<p>- Sous Tutelle du MATEV par l'arrêt interministériel 15-2-2007</p>	<p>- Agence Nationale des changements climatiques (ANCC)</p>	<p>- Etudier l'évolution du climat, des modèles climatiques et l'impact sur l'ensemble des activités socioéconomiques</p>	<p>- Incertitudes sur les projections climatiques restent importantes</p>	<p>- L'échelle locale n'est pas prise en charge</p> <p>- La vulnérabilité va augmenter avec les changements climatiques.</p>

Conclusion

Dans ce chapitre on arrive à conclure que les "sablettes" est une zone à multiple enjeux, elle représente à la fois une vulnérabilité institutionnelle et territoriale.

À l'instar des perturbations atmosphériques d'Alger citées précédemment, notre zone d'étude subirait d'avantage des événements plus remarquables voir en principe la submersion et les tempêtes occasionnelles à mesure que les conséquences du changement climatique se feront sentir d'avantage. C'est ce qu'on verra dans le prochain chapitre.

Chapitre 3 :

Les 'sablettes' : Approche de l'aléa de submersion

CHAPITRE 3

Les ‘sablettes’ : Approche de l’aléa de submersion

Introduction

En cette fin de siècle, l’Algérie et bien d’autres pays du monde viennent de subir des inondations et des tempêtes d’une rare violence, entraînant des pertes humaines et des dégâts considérables. Selon les dernières estimations pour le siècle prochain, l’élévation du niveau des mers risque de concerner dramatiquement les centaines de millions de personnes vivant près des côtes.

Dans ce présent chapitre on a pour objet de faire une approche global de l’aléa de submersion au niveau du littoral algérien y compris notre zone d’étude (les sablettes) vu qu’elle fait partie des zones sensibles à l’action marine.

1- L’aléa de submersion en général

La submersion marine est une inondation temporaire de la zone côtière par la mer, dans des conditions météorologiques extrêmes," pouvant cumuler dépression atmosphérique, vent violent, forte houle, associés aux phénomènes marégraphiques provoquant une surélévation du niveau de la mer, aggravés lorsque ces phénomènes se conjuguent à l’occasion d’une tempête.... provoquant des ondes de tempêtes (ou strom surge) (**Diren, 2008**). La submersion marine implique un état des conditions météorologiques, mais aussi, de la mer spécifique. Ainsi " l’altitude des zones côtières par rapport au niveau de la mer est donc, un enjeu majeur dans la définition des zones à risques" (**Przykluski et Hallegatte, 2010**).

Ce terme de "submersion marine" est défini en juillet 2008 par le service des aménagements et Risques littoraux de la Direction Régional de l’Equipement du Languedoc-Roussillon en ce sens:

« La submersion marine désigne l’envahissement temporaire et brutal d’un domaine continental littoral par la mer sous l’action de processus physiques se manifestant de manière extrême (forte dépression atmosphérique, vent violent, forte houle,...), associés à des phénomènes naturels plus réguliers (marée astronomique, variation de température de l’eau,

flux hydrique régulier, inversion des vents jour/nuit...). (**Direction Régionale de l'Équipement du Languedoc- Roussillon, 2008**).

Les variations du niveau marin sont les causes de ce phénomène .les processus physiques principaux et bien identifiés, responsables de la fluctuation du niveau marin, sont listés dans la figure ci dessous.

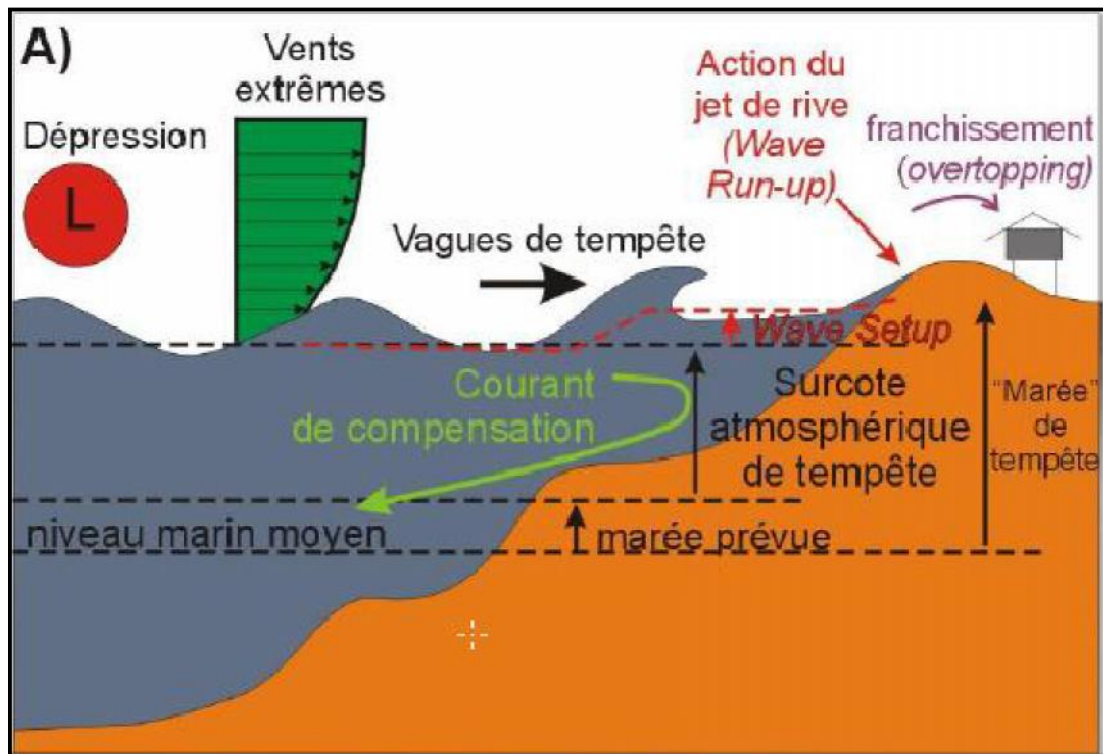


Fig. n°15 : Le phénomène physique de la submersion, (source : Gervais in BRGM, 2013).

2- Élévation à long terme du niveau marin (Situation durable)

Cette élévation du niveau de la mer est irréversible. Elle est liée aux impacts du changement climatique qui relèvent le niveau des mers et des océans et menacent de submerger les zones côtières basses notamment.

2-1- Les projections de l'élévation du niveau de la mer au niveau mondial

Des prévisions de l'élévation du niveau des mers au cours des prochaines décennies peuvent être faites à partir de simulations numériques de l'évolution future du système climatique. Pour différents scénarios plausibles d'émissions de gaz à effet de serre et d'expansion démographique. Quelque soit le scénario, la hausse du niveau de la mer déjà actuellement observable se poursuivra au cours des prochaines siècles à une vitesse dépendant du scénario étudié, mais généralement supérieur à ce que nous connaissons aujourd'hui.

Une étude récente (**Rahmstorf et al, 2007**) a comparé la hausse observée du niveau de la mer aux modèles de projections du GIEC (3ème rapport, 2001) (**Figure n°16**) depuis 1990. Elle suggère que les prévisions actuelles concernant l'augmentation du niveau de la mer ont été sous estimées. Basée sur une approche semi-empirique, et sur les scénarios climatiques du GIEC, elle prévoit que, d'ici 2100, le niveau de la mer pourra augmenter de 0,5 à 1,4 mètres au-dessus des niveaux de 1990).

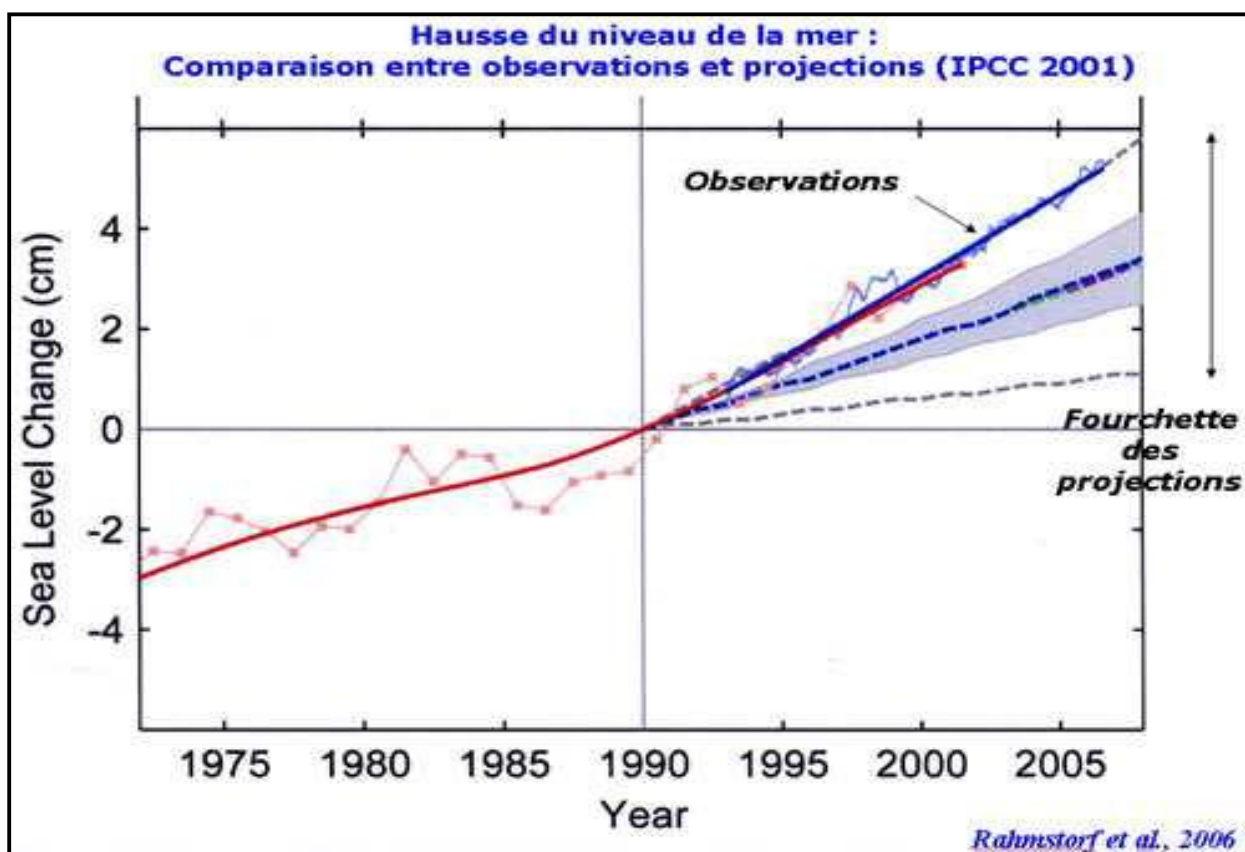


Fig. n°16 : Comparaison entre les observations et les projections de l'élévation du niveau la mer entre 1990 et 2006. (D'après Rahmstorf et al, 2006), source : <http://www.legos.obs-mip.fr>

Le taux d'élévation du niveau de la mer pour la période 1961-2003 est estimé à 3.3 ± 0.4 mm par an à partir des mesures altimétriques (Cazenave, 2010) alors que dans le troisième rapport du GIEC (2001), pour la même période la meilleure projection donnait 1.9 mm par an.

Le quatrième rapport du GIEC (2007) donne également une élévation du niveau de la mer du même ordre de grandeur à 10% près. L'observation de la (**figure n°16**) montre bien que l'élévation actuelle est nettement supérieure aux projections.

À l'heure actuelle, il est encore difficile d'évaluer les variations dans le temps des niveaux futurs des eaux compte tenu du décalage entre les données mesurées et les projections des

modèles. La raison principale est liée à la difficulté d'évaluer l'incidence de la fonte des nappes de glace de l'antarctique et du Groenland, quoi qu'il en soit, il est plus certains que des valeurs de 50 cm en 2100 ne peuvent être exclues. Rajoutée à la contribution due au réchauffement des océans, le niveau moyen de la mer est estimé à la fin du siècle largement au dessus du niveau actuel. Les chercheurs prévoient une montée des eaux tout au tour du globe allant de 8 à 23 cm d'ici 2030, par rapport au niveau de 2000, de 18 à 48 cm d'ici 2050, et de 50 cm à **1.40 m d'ici 2100**.

2-2- Élévation global du niveau de la mer sur le bassin méditerranéen

En méditerranée, il n'existe que quatre séries de données de longue durée disponibles: une à Marseille et trois en Italie. Il existe d'autres stations de mesure plus récentes mais aucune ne se situe sur la façade d'Afrique du nord à l'exception d'Alexandrie. Les données de mesures sont donc limitées ce qui oblige à s'appuyer sur les données satellitaires en compléments. Les résultats de la modélisation (**figure n°17**) montrent que le niveau des eaux change dans la totalité du bassin méditerranéen mais ce changement est faible le long des cotes (moins de 5 cm). Le niveau sera plus élevé dans la partie ouest du bassin méditerranéen (> 0.25 m) que dans la partie est (0.1 à 0.15m). L'élévation moyenne dans le bassin oriental sera de **0.11 m** alors qu'elle sera de **0.18m** dans le bassin occidental.

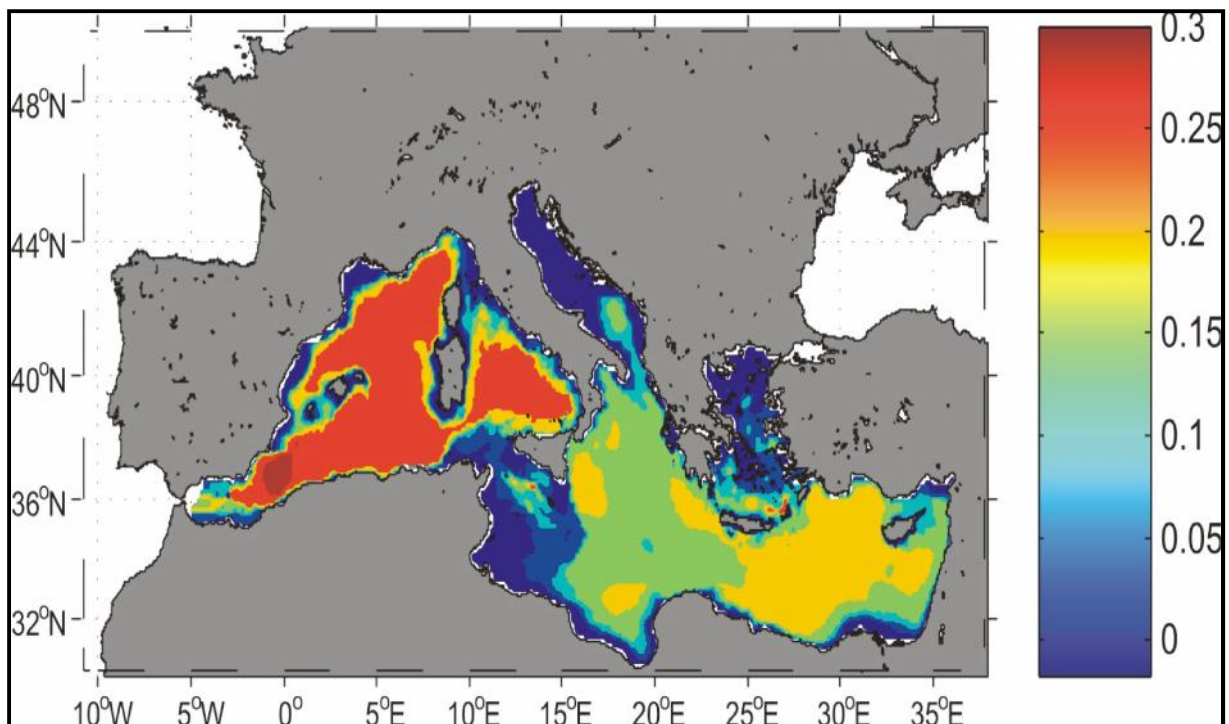


Fig. n°17: Différence d'élévation du niveau des eaux sur la période 1961-1990 et 2070-2099, source : *Tsimplis et al, 2008*.

2-3- Prévision de taux d'élévation global des eaux le long du littoral algérien en 2030

Dans le cadre de son travail de magister soutenu en 2014, Lalaoui fournit des indications sur l'élévation globale du niveau de la mer à proximité de notre littoral. À l'horizon de 2030, il est difficile de fixer une fourchette de l'élévation moyenne du niveau de la mer à partir des derniers travaux, car cette date est très proche d'aujourd'hui. Selon l'étude du BRGM en 2013, elle se situe au démarrage des courbes des récentes projections. Toutefois, en extrapolant les données issues des dernières travaux de Cazenave *et al* en 2010, le niveau moyen des eaux s'élèvent de 13 centimètres. Si l'on conserve la même pente de la courbe issue des observations satellites, cette valeur se situant bien en partie haute de la fourchette de valeurs proposées par les projections du GIEC 2007). Toujours cité par Lalaoui, sur la base des courbes de Rahmstorf *et all* , l'élévation moyenne des eaux en 2030 se situerait aux environs de 15 cm avec un maximum de 20 cm et un minimum de 10 cm.

En tout état de cause, compte tenu des incertitudes actuelles sur les projections récentes effectuées, des observations satellitaires nettement plus précises que les mesures marégraphiques , et des observations d'accélération de la fonte des glaces en particulier au Groenland et en antarctique, une valeur extrême de **20 cm** peut être envisagée à l'horizon 2030 en bordure des cotes. C'est celle que nous retiendrons dans le cadre de cette recherche.

3- Élévation à court terme du niveau marin (submersion par les ondes de tempêtes)

L'élévation non durable du niveau de la mer se traduit par des surcotes temporaire (non durable), en raison des épisodes de basses pression, qui provoquent des régimes de houles virulents submergeant les profils côtiers bas. Des dégâts importants sur le rivage sont provoqués durant les épisodes de paroxysme de tempête.

3-1- Les événements historiques sur le littoral algérois

L'historique des phénomènes catastrophiques dus à la houle sur le littoral algérois montre la survenue de plusieurs événements depuis XVI siècle, comme le montre le tableau ci-dessous.

Tableau n°14 : Événements historiques sur le littoral algérois, source: Lalaoui, 2014

Les événements historiques des ondes de tempêtes et de submersion marine sur le littoral		
Date	Source	Description
25 octobre 1841	Lespes René. Le port d'Alger in: annales de géographie: 1921	Lors de l'expédition de Charles Quint à Alger, sur la plage du Hamma, en fin d'après midi, un orage d'une violence inouïe éclate. La tempête va se déchaîner toute la soirée et même la nuit entière plus 140 navires sont fracassés sur la cote alors que des dizaines d'autres ont coulé à pic avec hommes et biens
1848	http://www.larousse.fr	Le ressac était très violent dans le port par vents du Nord-ouest et du Nord, assez fort pour briser les chaînes des navires amarrés au niveau du port d'Alger.
12 Décembre 1931	http://alger-roi.fr	Tempêtes à Alger
3 février 1934	CIHEM- Options Méditerranéennes	ROUGH cite des cas extrêmes: houle de 9 m dans le port d'Alger
25 octobre 1951	Ina.fr.Les Actualités Françaises	Tempêtes au niveau de la baie d'Alger
12 novembre 2004	Etude du cadastre littoral d'Alger	Tempête avec des vents très violents, la vitesse a pu atteindre les 100 à 130 km/h en entraînant de multiples dommages sur deux navires qui étaient en rade dans la baie d'Alger au niveau de la plage sablette.

3-2- Les événements hydriques en augmentation sur le littoral Algérois en 2030

Deux tendances confirment la vulnérabilité croissante du littoral algérois aux inondations et submersion marine pendant les deux prochaines décennies:

- Le changement climatique, dont l'ampleur et les impacts futurs restent incertains, ce qui rend les statistiques climatiques du passé inutilisables comme indicateurs de risques climatiques futurs, ces perturbations contribuent à augmenter la fréquence et l'intensité des inondations.
- L'élévation du niveau de la mer liée au changement climatique, qui est un risque critique pour les villes côtières, est un inconnu significatif. le niveau élevé de la mer à l'horizon 2030 aggraverait les ondes de tempêtes amplifiant ainsi, les risques de Submersion marine et d'érosion du littoral, surtout que la zone littorale d'Alger et particulièrement soumise à des vents très violents.

La direction des vents nord-ouest-sud-est a une grande influence sur le mouvement des vagues et leurs déferlements sur la côte (cf. les données sur le vent). Les travaux du BRGM indiquent que « Ce phénomène peut créer des tempêtes avec une violence qui peut déclencher un fond de lame déferlent comme une sorte de "tsunami",.... ». La journée du 12 novembre 2004 est un témoin de l'ampleur que peut avoir ce phénomène, la vitesse du vent a pu atteindre les 100 à 130 km/h en entraînant de multiples dommages sur deux navires cités précédemment.

En l'absence de données collectées à Alger, la surcote au rivage due à la marée, à la pression atmosphérique et à la houle, a été déterminé par le Bureau de Recherche Géologique et Minière (BRGM) en 2013 en se basant par un calcul empirique .

Sur cette base, le LEM a ainsi estimé que l'amplitude d'une grande lame déferlante, sur le rivage de Bab El oued (Alger) d'environ $HB = 4.80$ m, conduit à estimer la surcote entre **1,5 m et 2m** (valeur a priori forte).

Les travaux du BRGM propose par ailleurs, qu'en cas de tempête exceptionnelle à l'horizon 2030, le niveau extrême de surcote serait équivalent à **+1.84 m NGA à + 2,34 m NGA.**(Annexe).

4- Zoning du risque de submersion sur le littoral Algérois

L'étude faite par BRGM en 2013 sur la vulnérabilité et l'adaptation de la Wilaya d'Alger au changement climatique et aux risques naturels montre le degré d'exposition de ces zones au risque de submersion ainsi que leur sort en 2030, comme la montre la figure et les tableaux ci dessous.

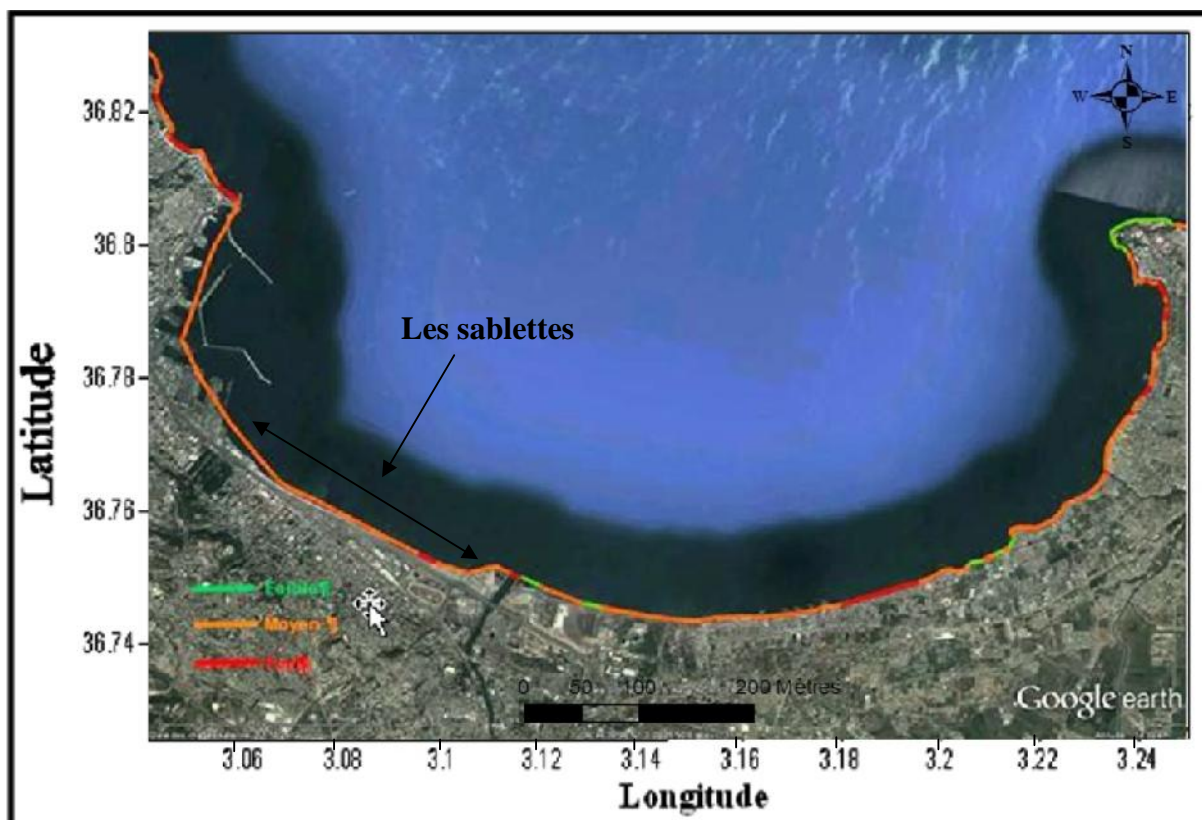


Fig. n°18 : Risque de submersion en baie d'Alger, source: BRGM., 2013

Interprétation de la figure:

- Le risque de submersion est globalement moyen
- Quelques plages présentent un risque élevé comme la plage de Tamenfoust et la plage de Verte Rive ainsi que des portions des plages de Sidi El Hadj, des Ondines sud et Ondines nord.
- Les **sablettes** présente un risque plus ou moins élevé en particulier la zone située à l'ouest de l'oued El Harrach.
- Á l'Ouest de la baie les plages de Bab El Oued (R'Mila et El Kettani); et de Kaa Sour (commune de Casbah) présente également un risque de submersion élevé.

Tableau n°15 : Linéaire de littoral de la wilaya d'Alger concerné par classe de risques (en %), source: BRGM, 2013

	Fort (Km)	Moyen (Km)	Faible (Km)
Risque d'érosion	22.4%	62.2%	15.4%
Risque de submersion	13.1%	73.6 %	13.3 %

Tableau n°16 : Linéaire de littoral à l'horizon 2030 de la wilaya d'Alger concerné par classe de risques (en %), source: BRGM, 2013

	Fort (Km)	Moyen (Km)	Faible (Km)
Risque d'érosion	29.5%	56.6%	13.9%
Risque de submersion	15.2%	71.5%	13.3%

Interprétation des tableaux:

- Tous le littoral algérien est exposé au risque de submersion et d'érosion.
- Un quart de linéaire côtier représente un risque de submersion et d'érosion élevé
- Augmentation du risque érosion fort à l'horizon 2030.
- **Augmentation du risque de submersion fort à l'horizon 2030.**

Conclusion

La frange côtière algéroise y compris notre zone d'étude (les sablettes) représente un risque de submersion, ce dernier serait plus important dans les années à venir puisque ces événements hydriques occasionnels (tempêtes, surcote...) et l'élévation contemporaine du niveau de la mer seront plus accentués en raison des impacts générés par le changement climatique.

Chapitre 4 :

Perception et évaluation du risque de submersion

CHAPITRE 4 :

Perception et évaluation du risque de submersion

Introduction

Ce chapitre est en relation avec la première partie qui indique les paramètres et les composantes du risque côtier et les parties suivantes où nous avons collecté et présenté les données et informations nous permettant d'appliquer une démarche de perception et d'évaluation de ce risque.

Notre objectif dans ce chapitre est de construire un outil de perception et d'évaluation du risque à fin de tester sa fiabilité dans le cas de la zone des 'sablettes'.

1- Construction de l'outil

L'hypothèse principale de la démarche est de considérer que la perception et l'évaluation du risque sont systémiques. Elles résultent de la combinaison des 3 indices relatifs à l'aléa, la vulnérabilité et les enjeux. On propose de faire cette approche systémique à travers le canevas ou les points suivants :

- Détermination du contenu de chacun des 3 indices
- Élaboration d'une grille de cotation pour l'estimation de chaque indice
- Élaboration d'une échelle d'évaluation par indice
- Représentation graphique sur le radar d'Excel

1-1- Les composantes

Pour mener à ce travail, l'étape d'identification des éléments qui compose chacun des trois indices constituant le risque de submersion (aléa, vulnérabilité et enjeux) reste inévitable.

Dans la deuxième partie de ce chapitre, on essayera d'éclairer et de déterminer ces contenus rapportés pour chaque indice en les appliquant à notre zone d'étude "les sablettes", à fin de les évaluer et suivre notre démarche.

1-2- Les grilles de cotation et l'évaluation des indices

À partir des composantes (Cf. paragraphe précédent) chacun des indices ou critère indiciaire (**Ck**) est donc déterminé par un nombre de paramètres (**Pn**), pour lesquels on attribue une cotation répartie sur une fourchette de 1 à 4 selon les caractères suivants.

Tableau n°17 : Grille d'évaluation des indices

Cotations →	1	2	3	4
Alea	Inexistant	Faible	Moyen	fort
Vulnérabilité	Inexistante	Faible	Moyenne	forte
Enjeux	Aucun	Faible	Moyen	fort

Le tableau ci dessous représente le modèle de grille de détermination des Paramètres (Pn) et de leur cotation appliqué à chacun des 3 indices : Aléa, vulnérabilité, enjeux.

Tableau n°18 : Grille de cotation des paramètres

PARAMETRES	1	2	3	4
P1 ↓ Pn				
COTATIONS	Co1	Co2	Co3	Co4

À partir de ce modèle de grille il s'agit de déterminer pour chacun des 3 indices :

- Sa **cotation de référence Cr** soit
$$4 \cdot \frac{N}{Pn}$$
 (c'est la Cotation maximale)
- Sa **cotation observée Co** soit
$$Ni \cdot \frac{N}{Pn}$$
 (Ni étant la valeur réelle de chaque paramètre)
- Son **évaluation globale C k** =
$$\frac{Co}{Cr}$$

1-3- L'échelle d'évaluation

L'échelle d'évaluation de chaque indice global de risque est formulée selon le modèle de cotation suivant

Tableau n°19 : Échelle d'évaluation de l'indice global

Cotations →	1	2	3	4
Fourchettes (en %) des valeurs observées	Inexistant 0% - 25 %	Faible 25 % - 50 %	Moyen 50 % - 75 %	Fort 75% - 100 %

L'évaluation de ces trois indices globaux nous permet d'appréhender le degré d'exposition d'une zone donnée au phénomène de submersion et estimer le niveau ou le degré du risque côtier qui menace le site.

1-4- La représentation graphique

En travaillant sur radar d'Excel on peut représenter graphiquement l'approche systémique du risque qui combine les composantes retenues pour chacun des 3 indices relatifs à l'Aléas, la Vulnérabilité et les Enjeux.

Nous pouvons faire une simulation en donnant les valeurs suivantes, à partir de l'échelle d'évaluation ci-dessus, à chacun des 3 indices :

Tableau n°20 : Exemple de cotation des indices

Indices	Cotations
ALN (aléa)	2
VLN (vulnérabilité)	3
ENJ (enjeux)	4

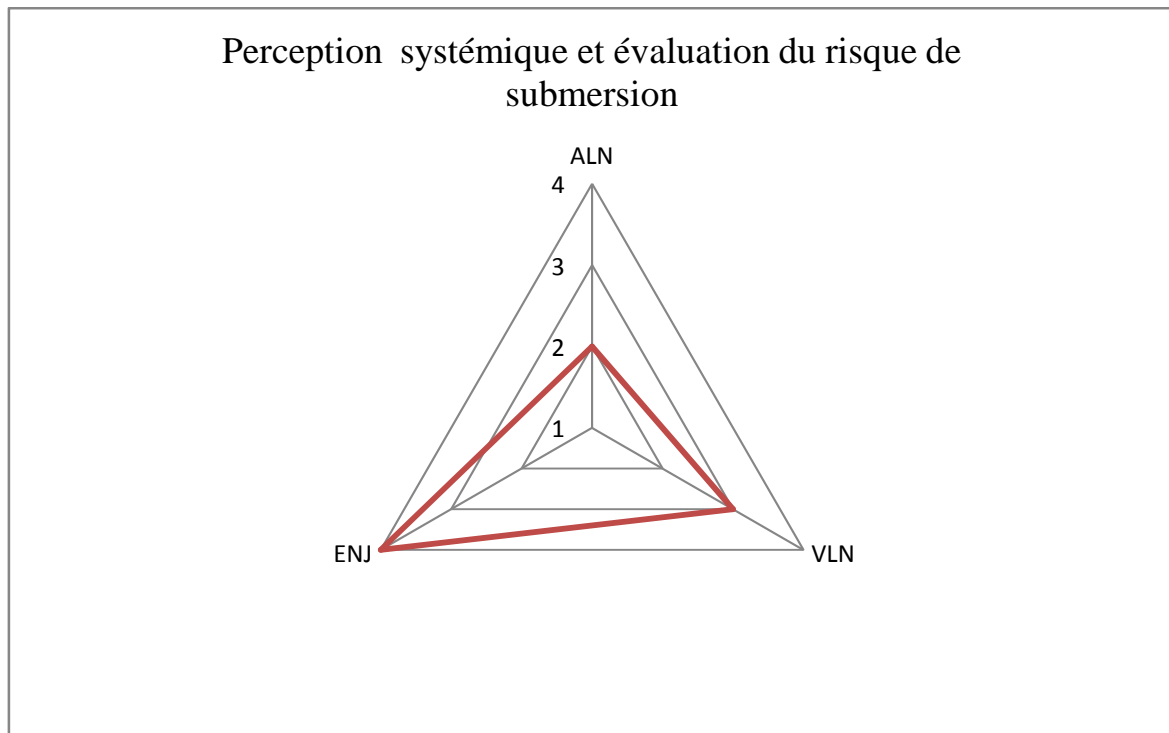


Fig. n°19 : Exemple d'un diagramme systémique du risque.

Cette représentation graphique est l'aboutissement de notre démarche. Cette dernière nous a permis de construire un outil d'aide à la décision pour la gestion du risque de submersion. Elle traduit en fait 3 cas de figures:

- Le risque est inexistant quand je suis dans une zone côtière naturelle ou la submersion n'est pas du tout une menace. Il n'y a pas d'aléa hydrodynamique, aucune situation de vulnérabilité et aucun enjeu. Dans la figure, cette situation est représentée par une surface minimale qui est en fait le point 1.
- Le risque est total et maximal. Dans ce cas il est représenté par la surface du *grand triangle*. Ses composantes présentent des cotations extrêmes en termes d'aléa, de vulnérabilité et d'enjeu. Mais on peut dire que c'est une situation théorique qui me permet de me positionner par rapport à cet état de paroxysmes.
- Le risque est réellement perçu et évalué. Ceci se traduit par la surface du *petit triangle* en rouge. C'est l'état de la situation existante qui permet d'évaluer l'importance réelle du risque encouru, dans sa globalité, par rapport à la menace de la submersion et de ses conséquences. On pourrait même quantifier ce phénomène en mettant en rapport la surface du petit triangle sur celle du grand triangle.

2- Application à la zone d'étude

L'outil que nous venons de construire va être testé en l'appliquant à la zone d'étude 'les sablettes'. pour cela, on suivra les différentes étapes précédentes en se basant sur toutes les données et informations présentées en 2^e et en 3^e chapitres du mémoire.

2-1- Détermination et organisation des composantes relatives aux trois indices

Les tableaux ci dessous représentent les composantes de chacun des trois indices constituant le risque de submersion à savoir l'aléa, la vulnérabilité et les enjeux ainsi que leurs caractères sur le site des sablettes.

Tableau n°21 : Les composantes de l'indice aléa et ces caractères sur le site des sablettes

Indices	Composantes (paramètres)	Caractères
Aléa	<ul style="list-style-type: none">- Élévation à long terme du niveau marin - Élévation à court terme du niveau marin	<ul style="list-style-type: none">- En moyenne 20 cm en 2030 (prévisions du GIEC). - Tempêtes occasionnelles rapprochées, surcotes estimées de +1.84 m NGA à + 2,34 m NGA (BRGM).

Tableau n°22 : Les composantes de l'indice de vulnérabilité et ces caractéristiques sur le site des sablettes.

Indice	Composantes (paramètres)	Caractères
Vulnérabilité	<p><i>Morphologique</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Topographie côtière (pente douce). <p><i>Structurelle</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Insuffisance des ouvrages de défense contre la mer (brise-lame, digue...). <p><i>Institutionnelle</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Efficacité des lois et des politiques de gestion du risque et de protection du littoral (Loi 04-20 du 25/12/04, Sous Tutelle du MATEV par l'arrêt interministériel 15-2-2007, la loi 02-02-Décret exécutif n°04-113). - Efficacité des organismes ou acteurs de protection du littoral (CNL, MATEV, Le Ministre de l'Intérieur). - Absence de prescription d'un plan de préventions des Risques-submersion Marine (PPR-SM). - Insuffisance des outils d'aménagement (POS, PDAU). - Manque de moyens techniques et financiers des inspecteurs de l'environnement pour procéder à la surveillance du littoral. 	<ul style="list-style-type: none"> - L'altitude est comprise entre 0 à 10 m. la topographie favorise l'exposition de la zone au phénomène de submersion. - Les ouvrages actuellement en cours de réalisation sont inefficaces en cas de tempêtes exceptionnelles. - Les lois de gestion du risque et de protection du littoral sont moins appliquées par manque de décret d'application. elles sont à l'origine de la densification des enjeux. - Les acteurs sont moins crédibles et moins responsables. - Les plans de prévention des risques sont inexistant par manque de retours d'expérience et de connaissance des aléas et du risque, ce qui augmente les vulnérabilités. - Les outils d'aménagements sont moins établis et moins efficaces, - Insuffisance de ces moyens est qu'une suite logique du non reconnaissance de la vulnérabilité des communes sensibles au risque de submersion.

Tableau n°23 : Les composantes de l'indice enjeu et ces caractères sur le site des sablettes.

Indice	Composantes (paramètres)	Caractères
Enjeux	<ul style="list-style-type: none"> - La population résidente - Les équipements stratégiques (routes, centrale électrique, unité de dessalement) - Les aménagements récréatifs (zone balnéaire, aires de jeux, espace verts) 	<ul style="list-style-type: none"> - La population est quasiment inexistante à l'heure actuelle. - Ces équipements sont moyennement importants mais ils sont les plus menacés par le phénomène de submersion. - Les aménagements récréatifs sont en rigueur importants au niveau des sablettes à l'heure actuelle, ils seront plus ressentis à l'avenir avec l'avancement des travaux (projet), ce qui accentuera ce risque de submersion.

2-2- Élaboration des grilles de cotation par indice

Les paramètres ou les composantes représentées dans les tableaux ci dessus seront évalués dans une grille de cotation pour chacun des trois indices (tableaux ci dessous).

Ces cotations allouées à chaque paramètre définissant les indices de risque, sont le résultat d'une appréciation personnelle. Cette évaluation serait plus fiable si elle émane d'une concertation au sein d'un groupe multidisciplinaire et selon une démarche participative. C'est en effet dans ce cas seulement que la cotation serait le résultat d'une appréciation consensuelle et que par conséquent l'évaluation et la perception du risque de submersion auront plus de crédibilité. On aurait pu pallier à cette insuffisance par une enquête directe sur le terrain avec les différentes parties prenantes (experts, décideurs, gestionnaires, citoyens,). Mais, pour faire cette enquête, le temps disponibles était trop court.

a) L'indice aléa

Tableau n°24 : Grille de cotation de l'indice aléa

PARAMETRES	1	2	3	4
• Élévation à long terme du niveau marin				
• Élévation à court terme du niveau marin				
COTATIONS	0	0	6	0

 : cotation observée pour le paramètre P(n)

À partir de ce tableau, on calcule les trois cotations (paramètres) à savoir Co, Cr et Ck:

$$- Cr = 4 \cdot \frac{N}{1} \quad Pn = 4 \cdot 2 = 8 \longrightarrow \mathbf{Cr = 8 \text{ (cotation de référence)}}$$

$$- Co = Ni \cdot \frac{N}{1} \quad Pn = 3 + 3 = 6 \longrightarrow \mathbf{Co = 6 \text{ (cotation observée)}}$$

$$- Ck = \frac{Co}{Cr} = \frac{6}{8} = 0.75 \longrightarrow \mathbf{Ck = 75\%}$$

b) L'indice vulnérabilité

Tableau n°25 : Grille de cotation de l'indice vulnérabilité

PARAMETRES	1	2	3	4
• Topographie côtière				
• Insuffisance des ouvrages de défense contre la mer				
• Efficacité des lois et des politiques de gestion du risque et de protection du littoral				
• Efficacité des organismes ou acteurs de protection du littoral				
• Absence de prescription d'un plan de préventions des Risques-submersion Marine (PPR-SM)				
• Insuffisance des outils d'aménagement (POS, PDAU)				
• Manque de moyens techniques et financiers des inspecteurs de l'environnement pour procéder à la surveillance du littoral				
COTATIONS	0	0	15	8

: cotation observée pour le paramètre P(n)

Le calcul des trois indices (Co, Cr, Ck):

N

- $Cr = 4 \cdot \frac{P_n}{N} = 4 \cdot \frac{7}{7} = 28 \longrightarrow Cr = 28$ (cotation de référence)

1

N

- $Co = \sum_{i=1}^N Ni \cdot \frac{P_n}{N} = 15 + 8 = 23 \longrightarrow Co = 23$ (cotation observée)

1

- $Ck = \frac{Co}{Cr} = \frac{23}{28} = 0.82 \longrightarrow Ck = 82\%$

c) L'indice enjeu

Tableau n°26 : Grille de cotation de l'indice enjeu

PARAMETRES	1	2	3	4
• La population résidente				
• Les équipements stratégiques				
• Les aménagements récréatifs				
COTATIONS	1	0	3	4

: cotation observée pour le paramètre P(n)

Le calcul de Co, Cr et Ck:

$$-Cr = 4 \cdot \sum_{n=1}^N P_n = 4 \cdot 3 = 12 \longrightarrow \mathbf{Cr = 12 \text{ (cotation de référence)}}$$

$$-Co = \sum_{n=1}^N Ni \cdot P_n = 4 + 3 + 1 = 8 \longrightarrow \mathbf{Co = 8 \text{ (cotation observée)}}$$

$$-Ck = \frac{Co}{Cr} = \frac{8}{12} = 0.66 \longrightarrow \mathbf{Ck = 66\%}$$

2-3- Évaluation des indices globaux

Les trois indices globaux qu'on vient de calculer pour chacun des trois composantes du risque côtier sont évalués à la base du modèle de cotation précédent. Les résultats obtenus sont représentés dans les tableaux ci dessous.

Tableau n°27 : Évaluation et cotation de l'indice global pour la composante aléa

Cotations →	1	2	3	4
Fourchettes (en %) des valeurs observées	Inexistant	Faible	Moyen	Fort 75%

notre zone d'étude représente un aléa fort , ce dernier favorise des submersions importantes pouvant menacer tous enjeux présents sur le site .

Tableau n°28 : Évaluation et cotation de l'indice global pour la composante vulnérabilité

Cotations →	1	2	3	4
Fourchettes (en %)des valeurs observées	Inexistante	Faible	Moyenne	Forte 82%

D'après ce tableau on constate que la zone des sablettes représente une vulnérabilité forte définie à la fois par la vulnérabilité institutionnelle, morphologique et structurelle, cette dernière augmente le degré d'exposition de la zone au phénomène de submersion et accentue ainsi ce risque manifestant le site.

Tableau n°29 : Évaluation et cotation de l'indice global pour la composante enjeu

Cotations →	1	2	3	4
Fourchettes (en %)des valeurs observées	Inexistant	Faible	Moyen 66%	Forte

En s'appuyant sur les résultats de ce tableau, on conclut que la zone des sablettes est moyennement urbanisée et aménagée.

Sur la base des informations présentées dans le deuxième chapitre du mémoire sur le grand projet urbain inachevé jusqu'à nos jours et qui s'étend sur une période de 20 ans (2009-2029), on déduirait que ces enjeux seraient plus ressentis à l'avenir ce qui aggrave ce risque de submersion dans cette zone.

Tableau n°30 : Grille de cotation des indices

Indices	Cotation
ALN (Aléa)	4
VLN (Vulnérabilité)	4
ENJ (enjeux)	3

2-4- Perception systémique et évaluation du risque de submersion

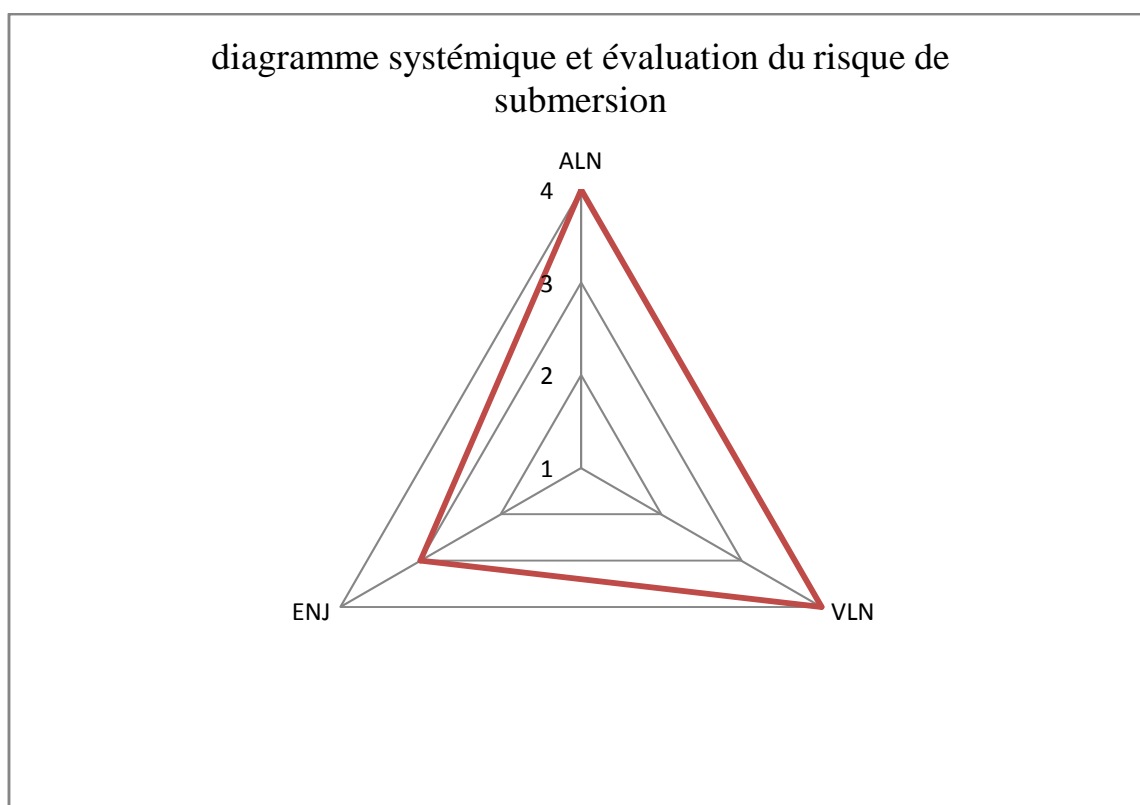


Fig. n°20 : Diagramme systémique du risque pour la zone d'étude les 'sablettes'.

Interprétations des résultats:

La surface du triangle en rouge représentée sur le diagramme systémique indique la situation actuelle existante au niveau de la zone des sablettes, elle se traduit ainsi par un risque important, dont certains de ces composantes présentent des cotations jugées importantes ou extrêmes, à savoir l'aléa et la vulnérabilité. En revanche si on anticipe sur le devenir de la situation actuelle, on constaterait un état de risque total et maximum, cela est dû en premier lieu à l'intensification de l'aléa de submersion avec l'accélération du changement climatique et en deuxième lieu la densification ou l'augmentation de ces enjeux en terme d'espaces aménagés et d'occupations par inefficacité des lois de protection du littoral et insuffisance des plans d'occupation du sol.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Conclusion générale

A travers ce mémoire, on a essayé d'abord d'expliquer la notion du risque de submersion en montrant qu'il est un concept complexe combinant en plus de l'aléa (le phénomène physique), les enjeux qui sont l'ensemble des personnes et des biens susceptibles d'être affectés par ce phénomène et la vulnérabilité qui est les conséquences dommageables de cet aléa sur les enjeux. Par conséquent, la maîtrise de sa gestion nécessite obligatoirement la connaissance des trois notions ; d'une part la compréhension du fonctionnement de l'aléa et d'autre part la maîtrise de l'occupation du sol.

Dans notre zone d'étude "les sablettes" qui a une longueur de 4 Km et qui fait partie de la grande promenade de la baie d'Alger, la problématique des géorisques côtiers est importante et il est prévu qu'elle augmente au cours de ce siècle. Ceci est dû tant à l'augmentation des aléas côtiers dans un contexte de variation environnementale et de changement climatique qu'à la densification des constructions littorales par inefficacité des politiques de protection du littoral et insuffisance des plans d'occupation du sol ; ces « désadaptations » et ces insuffisances de la loi peuvent avoir plusieurs causes: une trop grande confiance accordée aux ouvrages de protection contre la mer ou une prise de risque consciente pour bénéficier de l'attrait panoramique et touristique que peut représenter la côte. Pour cela assurer une gestion efficace est donc un enjeu majeur pour cette région.

Dans ce sens, on a essayé de développer une méthodologie d'évaluation et de perception du risque de submersion en représentant graphiquement sur le radar Excel l'approche systémique du risque qui combine les composantes retenues pour chacun des 3 indices relatifs à l'Aléas, la Vulnérabilité et les Enjeux. Cette représentation constitue un outil d'aide à la décision pour la gestion du risque de submersion. D'après ce diagramme on a constaté que notre zone d'étude représente un risque de submersion élevé, alors il s'accorde à dire qu'il faut agir dès maintenant.

Pour finir , nous essayerons de proposer quelques mesures potentielles ou méthodes de gestion pour ce risque de submersion qui s'imposent comme des solutions pour faire face de façon méthodique aux risques et aux conséquences potentielles leur étant associées ; il s'agit:

- d'accroître la responsabilisation des divers acteurs à l'égard des risques associés à leurs activités courantes et non seulement lors de sinistres.
- d'accroître la crédibilité des divers acteurs.
- réviser et améliorer les plans d'occupation du sol.
- d'assurer de la conformité des actions réalisées aux lois aux normes en vigueur.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1/ **Achachi, H. et Boudjemai, S. (2010).** Les risques de submersion marine sur les littoraux sableux, cas de l'embouchure de l'oued Soummam, (Golf de Bejaia). Mémoire d'ingénieur. USTHB. Alger.
- 2/ **Adjer, N.W. (2006).** Vulnerability. Global Environmental Change. Vol.16, n°3. 268. p.
- 3/ **Agence Européenne pour l'Environnement. (2009).** Glossaire disponible en ligne sur: <http://glossary.fr.eea.europa.eu/>
- 4/ **Article 2 du protocole relatif à la gestion intégrée des zones côtières (GIZC) de la Méditerranée. (2008).**
- 5/ **Atlas des risques en France. (2009).** La diabolique histoire des risques naturels.
- 6/ **Bauer, A. et Steurer, R. (2014).** Multi-level governance of climate change adaptation through regional partnerships in Canada and England .Geoforum. Vol.51. 121. p.
- 7/ **Belkessa, R. (2005).** Les ports d'Alger : Ensablement, pollution et dragage des sédiments. Thèse de doctorat. Université de Constantine.
- 8/ **Bindoff et al. (2007).** Observations: oceanic climate change and sea level. 409. p.
- 9/ **Bouchareb, B. et Kamouche, Y. (2013).** Contribution à l'aménagement du site «les sablettes» et à son intégration dans le projet de la baie d'Alger. Mémoire d'ingénieur. ENSSMAL. Alger. 101. p.
- 10/ **BRGM. (2013).** Etude sur la vulnérabilité et l'adaptation de la Wilaya d'Alger au changement climatique et aux risques naturels, Phase 1 – Evaluation et représentation des sources de vulnérabilité, érosion et submersion marine.
- 11/ **Cazenave, A. (2006).** Changement climatique et hausse du niveau de la mer "session" Risques littoraux majeurs ", journées scientifiques et techniques du Cetmef.
- 12/ **Cazenave, A. (2010).** Contemporary sea level rise, Revue 'Sciences,' n° 217.
- 13/ **Chapin, F. (2009).** Principles of ecosystem Stewardship : resilience - based Natural resource management in a changing world. New York: Springer. 241. p.
- 14/ **Dauphiné, A. et Provitolo, D. (2013).** Risques et catastrophes : *observer, spatialiser, comprendre, gérer*, 2^e éd. Paris : Armand Colin. pp. 21-47.
- 15/ **D'ercole, R. (1994).** Les vulnérabilités des sociétés et des espaces urbains, concepts, typologie, mode d'analyse, *Revue de géographie alpine*.
- 16/ **Direction Régionale de l'Equipement du Languedoc- Roussillon. (2008).** La submersion marine en Languedoc- Roussillon, France.
- 17/ **Diren, I. (2008).** Guide d'élaboration des PPR Submersion marine en Languedoc- Roussillon, MATE (France).
- 18/ **Dossier enjeux des géoscience. (2014).** Risques littoraux et changement climatique.

- 19/ Drejza, S. (2010).** Impact et efficacité des zonages des risques côtiers dans un contexte de changements climatiques. mémoire. université de Québec à Rimouski. p. 46.
- 20/ Fussel, H.-M. (2007).** «Vulnerability : A generally applicable conceptual framework for climate change research ». *Global Environmental Change*. Vol. 17. 155. p.
- 21/ Gallopin, G. (2006).** « Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity », *Global Environmental Change*. Vol. 16. pp. 293-297.
- 22/ GIEC. (2007).** Impacts: Adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change .Cambridge : Cambridge University Press. 781. p.
- 23/ Gouvernement du Canada. (2004).** Impacts et adaptation liés aux changements climatiques : Perspective canadienne. Ottawa, ressources naturelles Canada.
- 24/ Lalaoui – Hechiche, L. (2014).** La prospective urbaine face aux enjeux du changement climatique : Le cas des communes littorales de la wilaya d’Alger. Mémoire de Magister - laboratoire ville urbanisme et développement durable. EPAU. Alger.
- 25/ LEM. (1996) in Bouchareb, B. et Kamouche, Y. (2013).** Contribution à l’aménagement du site «les sablettes» et à son intégration dans le projet de la baie d’Alger. Mémoire d'ingénieur. ENSSMAL. Alger. 101. p.
- 26/ Lemmen, D.S et al. (2008).** Vivre avec les changements climatiques au Canada: Gouvernement du Canada. Ottawa (Ontario). p. 448 .
- 27/ MATE. (1997).** Plans de prévention des risques littoraux (*PPR*). Paris: La documentation française.
- 28/ MEDD (Ministère de L'Écologie et du Développement durable, France). (2004).** Les mouvements de terrain -dossier d'information, collection sur les risques naturels majeurs.
- 29/ Melloul, M. (2014).** Impacts des changements climatiques sur les régions côtières de l'est et de l'ouest de Canada et les stratégies d'adaptation associées. Mémoire. Université de Sherbrooke. Canada. pp. 7-20.
- 30/ Meur-Feree, C. (2006).** De la dynamique naturelle à la gestion intégrée de l'espace littoral: Un itinéraire de géographe, document présenté en vue de l'habilitation à diriger des recherches. France: Université de Nantes. p. 96.
- 31/ Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer. (2010).** La gestion du trait de côte. France: Quae. pp. 38-39.
- 32/ MSP (Ministère de la Sécurité Publique du Québec). (2008).** Concept de base en sécurité civile. pp. 8-15.

- 33/ Ozer, P. (2008).** Introduction aux risques naturels. pp.1-10.
- 34/ Paskoff, R. (1993).** Les littoraux, Impact des aménagements sur leur évolution. Paris: Masson. pp. 16-25.
- 35/ Paskoff, R. (2003).** Les littoraux, impact des aménagements sur leur évolution. 3^e éd. Paris: Armand Colin.
- 36/ Pellegrini, M. (2008).** Construction et représentations d'un paysage littoral. D'un outil de compréhension vers l'invention d'un territoire. Actes du colloque international pluridisciplinaire "Le littoral: subir, dire, agir". pp. 4-10.
- 37/ Piégon, P. (2002).** Réflexions sur les notions et les méthodes en géographie des risques dits naturels. *Annales de géographie*.
- 38/ Przykluski, V. et Hallegatte, S. (2010).** Analyse de l'exposition des enjeux assurés aux phénomènes de submersion marine. Mission risques naturels. France.
- 39/ Rahmstorf et al. (2007).** A semi empirical approach to projecting futur sea level rise. Revue 'Sciences' n° 315. pp. 368 – 370.
- 40/ Smit, B. et Wandel, J. (2006).** Adaptation ,adaptive capacity and vulnerability. Global environmental change. Vol.16. p. 283.
- 41/ Tsimplis et al. (2008).** Century Mediterranean sea level rise: Steric and atmospheric pressure contributions from a regional model, Global and Planetary Change Vol. 63. pp. 105-111.
- 42/ Walker, B. et Salt, D. (2006).** Resilience thinking : Sustaining ecosystems and people in a changing world. Washington : Island press.

Sites web

- **Llovel, W. (2014).** Variations actuelles du niveau de la mer - Observations et causes climatiques. Consulté le [15 /04/2015]. Disponible à l'adresse: <http://www.legos.obs-mip.fr>
- **Meur-Feree, C. et Morel, V. (2004).** L'érosion sur la frange côtière : Un exemple de gestion des risques. Consulté le [17/04/2015]. Disponible à l'adresse: <http://www.cairn.info/revue-natures-sciences-societes-2004-3-page-263.htm>

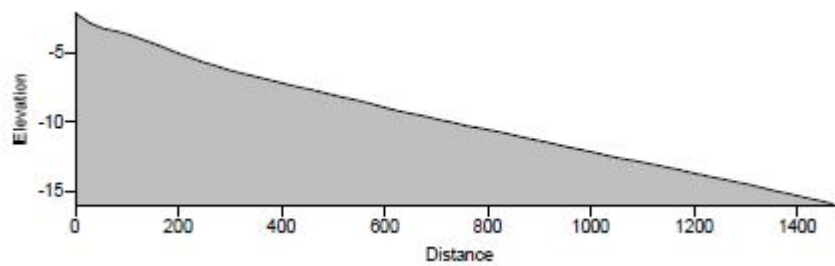
ANNEXES

Le tableau suivant représente la variation des niveaux des eaux à Alger.

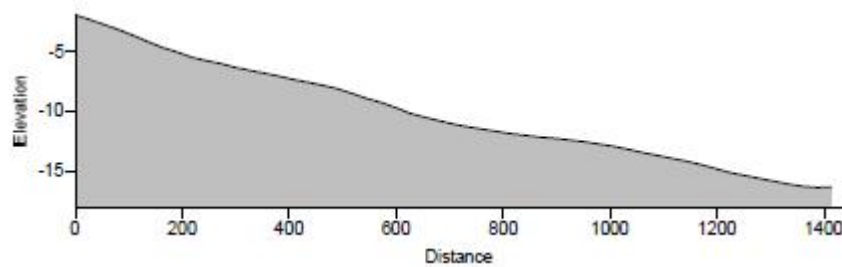
Secteur	Surcote (m)	Set up (m)	Niveau extrême(m ZH)	Dif. entre ZH et NGM (m)	Niveau extrême (m NGA)
Alger	1.5 à 2	0.48	1.98 à 2.48	0.34	1.64 à 2.14

source: BRGM., 2013

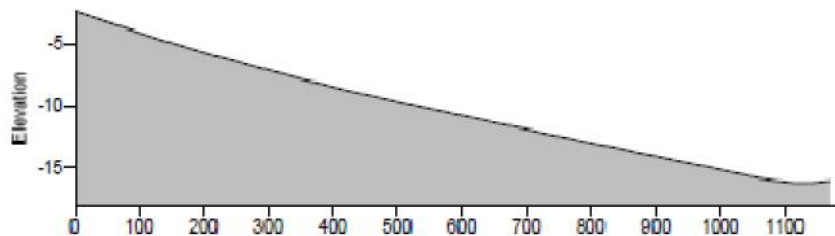
Les profils bathymétriques (Source : Bouchareb et Kamouche., 2013)



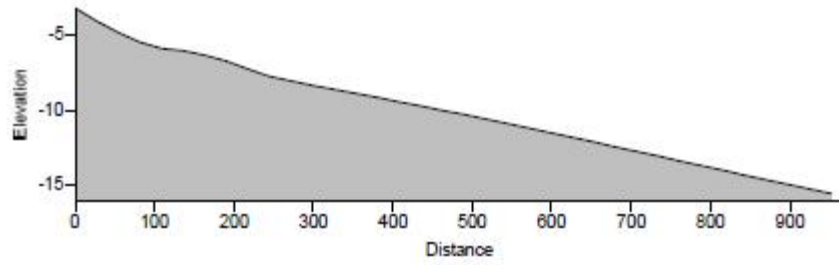
profil sous-marin 2



profil sous-marin 3



profil sous- marin 5



profil sous- marin 6