

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية لعلمو البحر و تهيئة الساحل

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



MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME
D'INGÉNIEUREN SCIENCES DE LA MER
Spécialité : AMÉNAGEMENT DU LITTORAL

Thème :

Approche systémique pour la gestion du risque de submersion marine
(Hussein dey et El Mohammadia)

Présenté par:

- **Kerdel Lounes**

Soutenu le 28 /06/2016 devant le jury suivant :

Bachari_ Houma Fouzia	Professeur	Présidente
Larid Mohammed	Maitre de conférences A	Promoteur
Grimes Samir	Maitre de conférences A	Examineur
Mezouer Khoudir	Maitre de conférences A	Examineur

Promotion : 2015/2016

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 : **Professeur Bachari-Houma** d'avoir accepté de présider le jury de cette Soutenance.*

***Mr Mezouer et Mr Grimes** d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*Mes chaleureux remerciements sont destinés au **Professeur Meur-Ferec Catherine** qui m'a encadré durant la formation intitulée « La gestion des risques côtiers »*

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 tous mes camarades de ma promotion qui m'ont encouragé durant toute la période de réalisation de ce travail.

*Mes remerciements vont aussi à mes amis, **Kacimi Adel, Mesbahi Yasmine et Mechouet Ouzna**. 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 oncle **Ouehmed**, mon cousin **Yahia**.*

Je dédie ce travail:

*A mes parents **Arezki** et **Ouardia**, à ma grande sœur **Sonia** et son mari **Abdallah** et leurs deux petits trésors **Rihab** et **Aya**, sans oublier mes petites sœurs **Yasmina**, **Narimane** et **saloua** ; à mon unique frère **Messaoud**.*

*Ce modeste travail est dédié à toute la famille **Kerdel** et **Mehalli** et en particulier mes **grands parents** que je leurs souhaite une longue vie.*

*A tous mes amis: **Fayssel**, **Adel**, **Chabane**, **Amine**, **Haroun**, **Abd El jalil**, **Bilel**, **Ilyes**, **Yasmina**, **Safia**, **Ferdoues**, **Narimane**.*

Citation

« Les espèces qui survivent ne sont pas les espèces les plus fortes, ni les plus intelligentes, mais celles qui s'adaptent le mieux aux changements »

Charles Darwin

Liste des figures :

Figure 01 : Aléas, enjeux et risques selon la définition classique.....	19
Figure 02 : Les composantes des risques côtiers.....	20
Figure 03 : Le schéma de vulnérabilité systémique.....	24
Figure 04 : Le projet d'aménagement d'Oued EL Harrach.....	29
Figure 05 : Rose des houles annuelles au large d'Alger.....	41
Figure 06 : Distribution simplifiée des différents types de côte de la wilaya d'Alger.....	52
Figure 07 : Risque Érosion: croisement entre l'aléa érosion et les enjeux de la baie d'Alger.....	47
Figure 08 : Evolution moyenne du trait de côte de part et d'autre de l'embouchure de l'oued El Harrach sur une période pluriannuelle (1957 -1999).....	48
Figure 09 : Evolution du trait de côte de part et d'autre de l'embouchure de l'oued El Harrach.....	49
Figure 10 : Evolution du trait de côte de la zone d'étude à partir des images Google earth.....	57
Figure 11 : Inventaire des différents ouvrages de protection du secteur d'étude.....	59
Figure 12 : Schéma des phénomènes contribuant à la submersion marine.....	65
Figure 13 : Schéma d'un phénomène de vagues-submersion au passage d'une tempête.....	68
Figure 14 : Modèle numérique du terrain de la zone d'étude (Aster Gdem, 2014).....	75
Figure 15 : les profils de plage de piquet blanc.....	79
Figure 16 : Risque de submersion marine de la côte algéroise.....	87
Figure 17 : Graphe représentatif du sondage de perception des risques côtiers.....	97

Liste des cartes :

Carte 01: situation géographique de la zone d'étude.....	28
Carte 02: grands ensembles géomorphologiques de la baie d'Alger.....	32
Carte 03 : la géologie de la Baie d'Alger.....	34
Carte 04 : bathymétrie de la baie d'Alger	35
Carte 05 : Densité de population de la métropole d'Alger.....	43
Carte 06 : Localisation des zones urbaines (en orange) dans la wilaya d'Alger.....	44
Carte 07 : Occupation du sol de la wilaya d'Alger de l'année 2012.....	46
Carte 08 : Occupation du sol en 2012 dans le secteur d'étude.....	47
Carte 09 : Occupation du sol de la wilaya d'Alger pour l'année 2030.....	48
Carte 10 : Projets urbains Alger 2030.....	49
Carte 11: Equipements stratégiques d'Alger.....	49
Carte 12 : Zones d'activité industrielle d'Alger.....	50
Carte 13 : Infrastructures logistiques d'Alger.....	50
Carte 14 : Représentation topographique de la baie d'Alger et sa région.....	58
Carte 15: Tendances d'élévation du niveau de la mer en méditerranée.....	67
Carte 16 : Indice de vulnérabilité des zones côtières (CVI) pour la côte de la baie d'Alger.....	85
Carte 17 : les enjeux physiques de la zone côtière de Mohammadia.....	104
Carte 18 : les enjeux physiques de la zone côtière de l'Hussein dey.....	104

Liste des photos :

Photo 01 : DGPS utilisé lors de la sortie terrain.....64

Photo 02: installation et la prise des coordonnées du théodolite.....65

Photo 03: GPS utilisé pour les levés des coordonnées.....66

Photo 04 : réalisation du sondage.....79

Liste des tableaux :

Tableau 01: Les plages du centre de la baie d'Alger.....	46
Tableau 02 : Caractéristiques des amplitudes Hs des houles du large en fonction de période de retour.....	52
Tableau 03: Les événements historiques des ondes de tempêtes et de submersion marine sur le littoral algérois.....	59
Tableau 04 : Caractéristiques des niveaux d'eau, en tenant compte de vagues moyennes.....	61
Tableau 05 : Caractéristiques des niveaux d'eau, en tenant compte de vagues de tempêtes.....	61
Tableau 06 : Caractéristiques des niveaux d'eau, en tenant compte d'un évènement exceptionnel.....	62
Tableau 07 : Matrice d'évaluation du risque de submersion marine.....	70
Tableau 08 : Linéaire de littoral de la wilaya d'Alger concerné par classe de risques (en %) en 2013.....	72
Tableau 09 : Linéaire de littoral de la wilaya d'Alger concerné par classe de risques (en %) à l'horizon de 2030	72
Tableau 10 : Vulnérabilité des deux communes Hussein dey et Mohammadia par rapport aux aléas d'inondation et de submersion marine.....	73
Tableau 11 : vulnérabilité institutionnelle par rapport à la politique de protection du littoral.....	74
Tableau 12 : vulnérabilité institutionnelle par rapport à la politique de gestion foncière.....	75
Tableau 13 : vulnérabilité institutionnelle par rapport à Politique de décentralisation et d'intercommunalité.....	75
Tableau 14 : vulnérabilité institutionnelle par rapport à la politique urbaine.....	76
Tableau 15 : vulnérabilité institutionnelle par rapport à la politique d'urbanisme et d'usage du sol.....	76
Tableau 16 : vulnérabilité institutionnelle par rapport à la politique de gestion du risque.....	76
Tableau 17 : canevas destiné au sondage de perception du risque de submersion marine.....	78

Tableau 18 : impact de la submersion marine sur les différents enjeux.....81

Tableau 19 : Les enjeux identifiés selon l’occupation au sol en 2030 associés aux aléas
côtiers.....82

Liste des Acronymes :

APPL : Agence de Protection et de Promotion du Littoral

APC : Assemblée populaire communale

Arte charpentier : Agence française international spécialisée en architecture intérieur urbanisme et paysage.

BRGM : Bureau de Recherche Géologique et Minière.

CNREU : Centre National d'Etudes & de Recherches Appliquées en Urbanisme

COCORISCO : projet de connaissance et compréhension des risques côtiers

DGPS : Differential global positioning system

GIEC : Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

LEM : Laboratoire d'Etudes Maritimes

MNT : Modèle Numérique de Terrain

NGA : Nivellement Général Algérien.

ONERC : Observatoire National des Effets du Réchauffement Climatique

ONM : Office National de la Météorologie

ONS : Office National des Statistiques

PAC : Programme d'Aménagement Côtier

PDAU : Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme

POS : Plan d'Occupation des Sols

RGPH : Recensement Général de la Population

SDAAM : Schéma Directeur d'Aménagement de l'Aire Métropolitaine

SDAT : Schéma Directeur d'Aménagement du Territoire

ZH: Zéro Hydrographique.

Table des matières

Remerciements	II
Dédicaces.....	III
Citation.....	IV
Liste des cartes et figures.....	V
Liste des tableaux.....	VIII
Liste acronymes.....	X
Introduction générale.....	16
Chapitre 1 : la notion du risque (composante et gestion)	
1. L’appréhension du risque et ses composantes	19
1.1 Approche classique du risque.....	19
1.2 Approche systémique du risque.....	19
1.3 L’évaluation du risque.....	20
1.4 La résilience.....	21
2. La notion de la vulnérabilité.....	21
2.1. La vulnérabilité côtière.....	22
2.2. La vulnérabilité systémique.....	23
3. Risques côtiers et leur gestion.....	24
3.1. Définition des risques côtiers.....	24
3.2. Typologie des risques côtiers.....	24
Chapitre 2 : Présentation et perspective du site d’étude	
1. Situation géographique.....	27
1.1. La baie d’Alger.....	27

1.2. Commune El Mohammadia.....	27
1.3. Commune Hussein Dey	27
1.4. Plage des sablettes.....	27
2. Le projet d'aménagement de la baie d'Alger.....	29
2.1 Le contenu du projet.....	29

Chapitre 3 : le diagnostic territorial

1. Définition du diagnostic territorial.....	31
2. Les caractéristiques naturelles du territoire.....	32
2.1. Les grands ensembles géomorphologiques.....	32
2.2. La géologie locale.....	33
2.3. La bathymétrie locale.....	34
2.4. Les données climatiques et hydrodynamiques de la zone.....	35
2.4.1. Les vents et vagues, marées.....	35
3. Les données socioéconomiques.....	37
3.1. Evolution démographique.....	37
3.2. Urbanisation.....	38
3.2.1. Evolution de l'urbanisation en secteur	39
3.3. Occupation du sol.....	40
4. Les données liées aux risques côtiers.....	45
4.1. Caractéristiques générales du littoral de la zone d'étude.....	45
4.2. Inventaire des plages de secteur d'étude.....	46
4.3. Historique d'érosion côtière.....	47
4.4. La topographie de la zone d'étude par rapport au niveau de la mer.....	50
4.5. Inventaire des ouvrages de protection de la zone.....	51
5. Récapitulatif de diagnostic territorial.....	51

Chapitre 4 : Approche de l'aléa de submersion marine

1. Généralités sur la submersion marine.....	54
2. Observation à long terme du niveau de la mer (Situation durable).....	55
2.1. L'élévation du niveau de la mer à l'échelle globale.....	55
2.2. Le contexte méditerranéen.....	56
2.3. Prévision de taux d'élévation du niveau global des eaux le long du littoral algérien en 2030.....	57
3. Observation à court terme du niveau marin.....	58
3.1. Les ondes de tempêtes.....	58
3.2. Les événements historiques qui confirment l'exposition du littoral d'Alger aux ondes de tempêtes et de submersion marine.....	59
4. Qualification de l'aléa submersion marine : les surcotes à considérer en 2030.....	60
4.1. Les facteurs aggravants la submersion marine.....	60
4.2. Les scénarios possibles de submersion marine dans le secteur d'étude.....	60
5. La détermination de la topographie (altimétrie) des territoires.....	62
5.1. Modèle numérique de terrain.....	63
5.2. Profils topographiques.....	63
5.2.1. Mesure par GPS différentiel (DGPS).....	64
5.2.2. Théodolite.....	65

Chapitre 5 : Approche de la vulnérabilité.

1. Définition de la vulnérabilité.....	68
2. La vulnérabilité physique.....	68
2.1. Application de l'indice de vulnérabilité côtière (CVI).....	68
2.2. Détermination du niveau de risque par rapport à la submersion marine.....	70
2.3. La vulnérabilité côtière du littoral des deux communes Hussein dey et Mohammadia face au risque de submersion marine:.....	73
3. La vulnérabilité institutionnelle.....	73
3.1. La définition de vulnérabilité institutionnelle.....	73
3.2. Les politiques de gestion présentant un impact sur la vulnérabilité institutionnelle.....	77
4. La vulnérabilité sociétale.....	77
4.1 La définition de la vulnérabilité sociétale.....	77
4.2. Les composantes de la vulnérabilité sociétale.....	77
4.3. L'importance de s'intéresser à la dimension sociétale.	78
4.4. Les enquêtes, méthode pour mettre en œuvre la perception du risque de submersion	78

Chapitre 6 : Approche d'enjeux

1. Définition d'enjeux.....	81
2. types d'enjeux.....	81
3. Les conséquences de l'aléa de submersion marine sur les enjeux.....	81
4. Les enjeux exposés au risque de submersion marine à l'horizon de 2030 dans le secteur d'étude.....	82
5. Cartographie des enjeux physiques susceptibles d'être exposés à la submersion marine dans le secteur d'étude.....	83

Conclusion générale.....	85
---------------------------------	-----------

Bibliographie.....	87
---------------------------	-----------

Introduction

La zone côtière est un espace complexe et vulnérable. Il est le siège de multiples activités humaines où interviennent des événements météo-marins parfois paroxysmaux. Ces deux éléments combinés sont à l'origine de risques d'origine naturelle et anthropique (Robin *et al.*, 2004). Cette vulnérabilité est aggravée par les changements climatiques, notamment dans le pourtour méditerranéen (GIEC, 2007).

Les enjeux socio-économiques et écologiques et les conflits générés au sein du territoire côtier imposent un besoin croissant de gestion plus globale, prenant en compte les milieux, leurs ressources et les activités qui s'y développent. La gestion intégrée de la zone côtière est devenue un objectif prioritaire.

En effet, la gestion d'un milieu requiert une connaissance de base importante sur sa structuration, son fonctionnement et ses usages ainsi que des moyens d'analyse et de restitution des problèmes rencontrés pour identifier les solutions à apporter.

La zone côtière algérienne, qui se situe dans la partie sud du bassin méditerranéen est davantage vulnérable, parce qu'elle a toujours eu une évolution liée au climat et à sa variabilité (Agoumi A, 2003), et qu'elle est soumise à de multiples risques naturels. Cette région connaît en effet une grande variabilité spatiale et temporelle des précipitations, qui se traduit par des épisodes fréquents de sécheresse, des inondations importantes (Agoumi A, 2003), comme celles qu'a connues Alger en 2001, qui ont fait un millier de victimes et d'importants dégâts matériels. C'est aussi une zone de grande activité sismique (un séisme de 3,5 sur l'échelle de Richter est enregistré tous les deux mois et de risques de Tsunami,; l'érosion prend des proportions préoccupantes, surtout dans la partie Est de la côte. Les risques d'érosion et/ou submersion marine sont très importants, En certains de ses sites, la côte algéroise recule en moyenne de 2.25 m/an (Benkortbi, 2000).

Le littoral de la wilaya d'Alger présente une alternance de falaises, baies rocheuses, plages, dunes et zones humides. En fonction du faciès rencontré, les risques d'érosion côtière et de submersion marine sont plus ou moins importants. En situation actuelle, 24 % du linéaire côtier de la Wilaya d'Alger est considéré en risque fort d'érosion, et 2,2 % en risque fort de submersion. (Boutiba ; 2012).

Les pouvoirs publics ont initié un projet stratégique global de développement durable de la métropole algéroise (Alger 2009-2029). L'un de ses volets concerne l'aménagement côtier au niveau de la baie d'Alger.

Au niveau de ce document on va s'attacher à porter notre contribution à l'appréhension du risque en question au niveau de deux linéaires côtiers (en baie d'Alger) relevant des municipalités d'Hussein dey et de Mohammadia (zone côtière en pleine mutation).

Globalement trois grands points vont être traités qui sont une approche et une analyse de l'aléa, un diagnostic territorial de la zone et une perception de la vulnérabilité (contraintes morphologiques, enjeux).

L'objectif de ce travail de confirmer l'hypothèse suivante « le risque de submersion marine à l'échelle pluri temporelle (changement climatiques) n'est pas pris en compte ».

Pour mener à terme cette étude nous avons structuré notre mémoire en six chapitres :

Premier chapitre : Il est consacré à l'appréhension des notions fondamentales de ce mémoire qui sont le risque, aléa, vulnérabilité, la résilience, représentation, changements climatiques et la zone côtière, l'approche systémique du risque côtier comme démarche et outil de gestion du risque.

Deuxième chapitre : Il porte sur la situation géographique de la zone d'étude et les différents projets d'aménagement en cours et en perspective.

Troisième chapitre : Il consiste en un diagnostic territorial de la zone qui porte sur les données naturelles du site et aussi les données socioéconomiques et toute donnée intéressante à l'analyse du risque de submersion marine.

Quatrième chapitre : Il a pour objet la caractérisation et l'analyse de processus de submersion marine au niveau du site à l'échelle du temps court (événements extrêmes) et à l'échelle du temps long (celle de l'irréversible) tel que les changements climatiques.

Cinquième chapitre : Il est consacré à la détermination de la vulnérabilité physique, institutionnelle et sociétale du site d'étude.

Sixième chapitre : Cette dernière partie sera dédiée à identifier les aménagements et les infrastructures stratégiques, la population et l'habitat qui sont exposés à l'aléa de submersion marine.

Chapitre 1 :
La notion du risque
(composante et gestion)

1. Appréhension de la notion du risque

Pour définir les risques en général et les risques côtiers en particulier, il existe deux approches :

1.1. Approche classique

Le risque résulte de la combinaison d'un (ou de plusieurs) aléa(s) d'un niveau donné (intensité) avec les enjeux.

L'aléa est considéré comme un événement d'origine naturelle ou humaine potentiellement dangereux dont on essaie d'estimer l'intensité et la probabilité d'occurrence par l'étude des périodes de retour ou des prédispositions du site (Garry et al., 1997) ;

Le terme **aléa** fait référence à la probabilité qu'un phénomène d'une certaine étendue, intensité et durée, entraînant des conséquences négatives, a de se produire. Ce premier aspect de la notion de risque fait l'objet de l'analyse des périodes de retour et de représentation cartographique (cartes de fréquence).

Les enjeux représentent la valeur humaine, économique ou environnementale des éléments exposés à l'aléa (Garry *et al.*, 1997). Plus prosaïquement, ils constituent ce que l'on risque de perdre (D'Ercole et Metzger, 2011) et rassemblent par conséquent à la fois les biens et les personnes ;

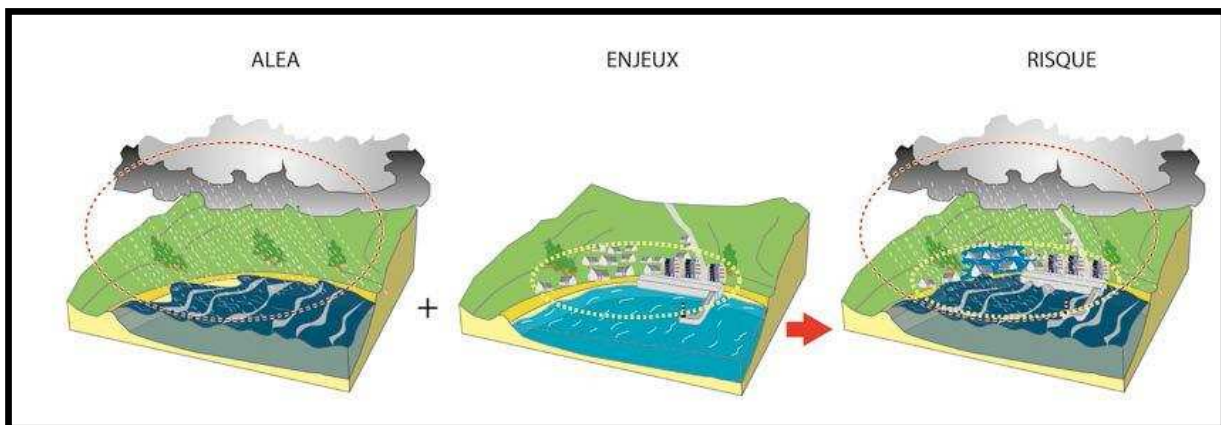


Figure 1 : Aléas, enjeux et risques selon la définition classique (www.cocorisco.fr ; élaboré par Alain Hénaff)

1.2. Approche systémique

Le risque est déterminé par l'exposition des enjeux aux aléas. Cependant, si cette approche permet de circonscrire les enjeux exposés au risque, elle reste insuffisante pour contrôler et prévenir ce dernier. Il convient alors d'élargir l'approche du risque en intégrant la notion de vulnérabilité et

de développer l'analyse selon une dimension systémique. Evaluer la vulnérabilité, revient à prendre en compte d'autres paramètres : (COCORISCO, 2014).

- **Les représentations**, une notion qui correspond à différentes formes de connaissances (ex : des croyances, valeurs, stéréotypes, informations) envers un objet (ex : risque), en lien avec les comportements, chez une personne ou un groupe de personnes (ex : habitants, élus) ;
- **La gestion du risque**, qui correspond aux politiques et outils de prévention, aux mesures de protection et de réparation adoptées et mises en œuvre par les différentes Autorités compétentes.

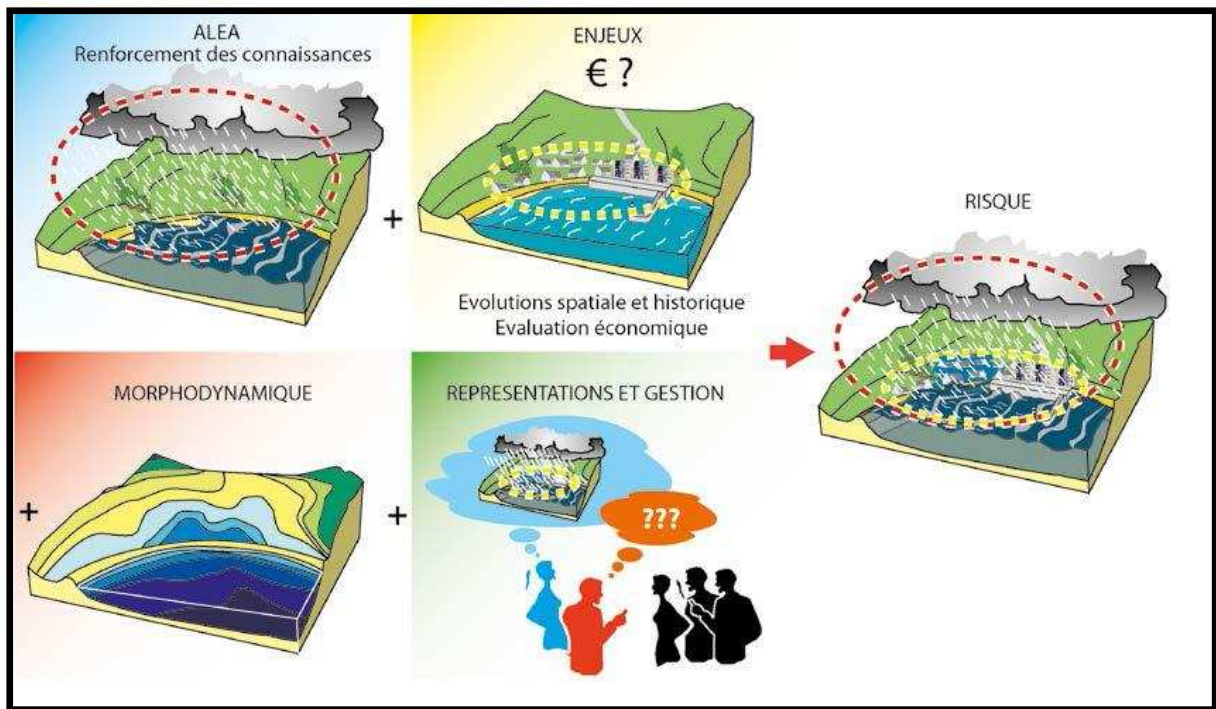


Figure 2 : Les composantes des risques côtiers tels qu'ils sont envisagés dans le projet Cocorisco.

(Source : Alain Hénaff et Nicola Guidicelli)

1.3. L'évaluation du risque : qui est un processus d'estimation, pour une zone donnée, de la probabilité d'occurrence d'un phénomène potentiellement désastreux d'une amplitude donnée et à une période donnée. L'évaluation des risques nécessite l'analyse des données historiques "officielles" ou non, et une bonne interprétation des cartes météorologiques, topographiques, géologiques, géomorphologiques, hydrologique et d'utilisation du sol existantes. L'évaluation est un processus interdisciplinaire qui doit être entrepris par étapes et implique des enquêtes sur le terrain, la *collecte*, la *traitement*, la *analyse* et la *interprétation* d'information provenant de différentes

sources concernant les pertes directes et indirectes, les effets à court et à long terme. Cela nécessite une attention à la fois aux besoins à court terme et les implications à long terme.

La planification à court et long terme nécessite une évaluation quantitative de la vulnérabilité aux risques naturels pour la zone côtière. Cette évaluation quantitative a pour but de minimiser la vulnérabilité à d'éventuels risques naturels des individus et des communautés (collectivités). Bien qu'il y ait de nombreuses techniques pour évaluer quantitativement la vulnérabilité aux catastrophes naturelles, des développements méthodologiques et technologiques sont encore nécessaires pour l'intégration des différentes disciplines et données relatives aux risques naturels dus aux changements climatiques. (Cooper et McLaughin, 1998, McLaughin, 2002).

1.4. La résilience

La résilience est liée aux notions d'adaptation au changement climatique et à 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 (Adjér, 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).

2. La notion de vulnérabilité

La **vulnérabilité** fait référence à l'impact du phénomène sur la société, c'est justement l'accroissement de la vulnérabilité des enjeux qui augmente l'incidence des risques naturels. Le bureau des secours des Etats-Unis définit la vulnérabilité comme: "*le degré de pertes d'un élément ou d'un ensemble d'éléments à risque résultant de l'occurrence d'un phénomène naturel d'une ampleur donnée. Il est exprimé sur une échelle de 0 (pas de dégâts) à 1 (dégâts total)*". La vulnérabilité intéresse et concerne de nombreux acteurs impliqués dans l'aménagement et la gestion du territoire ou des structures (bâtiments, etc.), elle dépend fortement de la réponse de la population face au risque. (Gallopain, 2006).

2.1. La vulnérabilité côtière

Puisque l'évaluation a pour but de minimiser l'impact sur l'homme, sur son environnement (infrastructure, équipement, etc.) et ses activités, la vulnérabilité de la zone côtière peut être considérée comme fonction de la nature physique de la zone côtière, c'est-à-dire des caractéristiques qui contrôlent sa capacité à répondre aux perturbations, de la nature (fréquence et magnitude) de la perturbation (les facteurs de forçage) et des répercussions d'un tel changement sur les activités de l'homme et son environnement, elle peut être exprimée ainsi (Cooper et McLaughlin, 2010):

Vulnérabilité = f des caractéristiques de la côte (résilience et susceptibilité) + le forçage côtier + les facteurs socio-économiques

Ainsi, l'analyse des données sur les caractéristiques physiques de la côte (géologie, géomorphologie, etc.), sur les forçages côtiers (vent, marée, houle, vague, etc.) et autres facteurs régissant le fonctionnement de la côte, peuvent être utilisés pour évaluer d'une façon globale la susceptibilité éventuelle d'une zone au changement morphologique. Par contre, les variables socio-économiques sont nécessaires pour déterminer l'impact de tels changements sur la société. De ce point de vue par exemple, une zone côtière non développée, qui s'érode rapidement n'a pas de vulnérabilité puisque elle va s'ajuster à la perturbation à travers le processus naturel pour atteindre un nouvel équilibre.

Les variables socio-économiques elles-mêmes ne quantifient pas toute la vulnérabilité parce que ça dépend du changement physique de la cote ; une cote stable avec une infrastructure abondante n'a pas de vulnérabilité. Le choix des variables socio-économiques ajoute à l'indice un biais culturel inhérent. Gornitz et al., (1993) ont suggéré "...c'est la valeur sociale et économique perçue des ressources dans la région à risque qui va déterminer quels sont les efforts, s'il y en a, qui sont faits pour protéger une zone donnée..." Une telle approche basée sur le coût-bénéfice est habituelle dans l'évaluation des ouvrages côtiers de défense (qui néglige, cependant, souvent les implications environnementales et sociales ; Cooper et McKenna, 2008). Dans de nombreux indices de vulnérabilité côtière qui ont été développés auparavant, les facteurs socio-économiques ont souvent été identifiés comme des composantes ayant été inadéquatement incorporée ou ont été recommandées à plus d'étude (Cooper et McLaughin, 1998, McLaughin, 2002).

Aussi, la vulnérabilité résulte-t-elle de la combinaison des facteurs, les aléas, les enjeux qui y sont exposés, les pratiques de gestion mises en œuvre (ou pas) pour prévenir et traiter les risques ainsi

produits, ainsi que les représentations que s'en font les usagers et les gestionnaires des sites concernés.

2.2. La vulnérabilité systémique

Certaines démarches proposent de mettre la vulnérabilité au cœur de la gestion du risque. La notion de vulnérabilité systémique est alors préconisée. Elle résulte de la combinaison des aléas, des enjeux exposés, des pratiques de gestion mises en œuvre (ou pas) pour prévenir et traiter les risques ainsi produits, et les représentations que s'en font les usagers et les gestionnaires des sites concernés (Meur-Ferec *et al.*, 2013).

Au XXe siècle, les recherches sur les risques dits « naturels » ont longtemps privilégié l'étude des aléas et donc des approches issues des sciences de la Terre et de l'ingénieur.

Les autres dimensions du risque, notamment les enjeux, étaient abordées essentiellement en termes de vulnérabilité structurelle ou matérielle (résistance des matériaux, moyens de mitigation physique...). Puis, les sciences sociales ont peu à peu investi le champ des risques naturels et ont développé dans les années 1980, la notion de vulnérabilité sociale, prenant en compte les facteurs structurels et fonctionnels des sociétés exposées (structure de la population, organisation sociale et politique, usages, croyances...). L'objectif est alors de mieux cerner la fragilité d'un système dans son ensemble et ses capacités de reconstruction (Becerra, *et al.*, 2009 ; D'Ercole et Metzger, 2011).

Pour autant, dans les politiques publiques, la prise en compte de l'aléa apparaît encore très prégnante, souvent selon une vision technique, tandis que celle des enjeux bien qu'évoquée, n'est pas réellement intégrée dans toutes ses composantes (sécurité civile, urbanisme, patrimoine, valeur environnementale, cadre de vie, etc.) et que la question des représentations est encore très largement éludée. (COCORISCO, 2014).

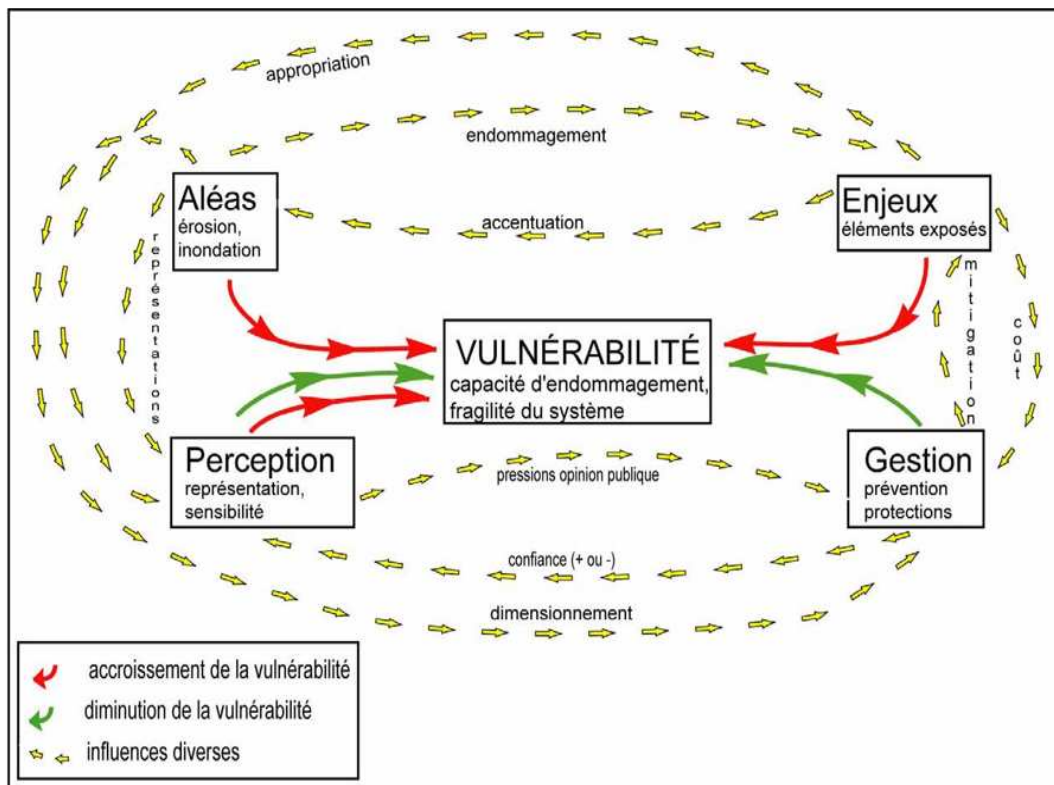


Figure 3 : Le schéma de vulnérabilité systémique. (C.Meur-Ferec, 2006).

3. Risques côtiers et la vulnérabilité des côtes.

3.1. Définition des risques côtiers :

Le risque implique l'exposition des populations humaines et de leurs infrastructures à un événement catastrophique. On parle des risques côtiers, quand cette exposition d'enjeux à l'aléa est associée à la zone côtière. Le risque est dit majeur lorsque les dégâts qu'il occasionne et le nombre de victimes est importants.

3.2. Typologie des risques côtiers.

Il est possible d'identifier les risques suivants et de les classer :

Une première catégorie de risques liés à la zone côtière sont associés aux risques naturels d'origine maritime :

Tempête : Perturbation atmosphérique importante sur terre ou sur mer, caractérisée essentiellement par un vent violent (souvent accompagné de précipitations) et, en mer ou sur un lac, par de fortes vagues. (Ifremer, 2013).

Érosion : L'érosion côtière résulte de la conjonction de facteurs d'origines naturelles et humaines. (Ifremer, 2013).

Parmi les causes non anthropiques de l'érosion, on peut citer :

L'élévation du niveau de la mer : ce phénomène peut provoquer un démaigrissement et un recul des plages plus ou moins importants.

Les tempêtes : les fortes vagues associées aux tempêtes attaquent les hauts de plages et peuvent emporter les cordons littoraux meubles ;

Les transports sédimentaires par les courants, les houles et les vents : les courants marins ont une influence sur les processus sédimentaires.

Submersion : La submersion marine désigne une inondation temporaire de la zone côtière par la mer dans des conditions météorologiques extrêmes. (DREAL Nord - Pas-de-Calais Picardie Direction Régionale de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement, 2013).

Tsunamis : Onde océanique superficielle engendrée par un choc tellurique, comme un séisme, une éruption sous-marine, un glissement. (Se propageant très rapidement 800 km/h avec une faible amplitude 1 m, il n'est pas ressenti par les bateaux. En abordant les côtes, la vitesse diminue et la hauteur augmente parfois jusqu'à 20 m.) (La Rousse, 2015)

Une seconde catégorie de risques associés à la zone côtière sont liés aux activités d'exploitation des ressources naturelles (surpêche, impact de l'aquaculture, impact du développement de l'éolien, saisonnalité des activités), aux activités industrielles qui s'y concentrent (pollution régulière ou accidentelle) et aux mouvements migratoires vers, ou originaire de, la zone côtière (impact foncier, démographique). À ces risques sont liés une série d'enjeux de gouvernance. (Ifremer, 2013).

Chapitre 2 :
Présentation et
perspective du site
d'étude

1. Situation géographique

La wilaya d'Alger est limitée par la mer Méditerranée au Nord, par la wilaya de Blida au Sud, par la wilaya de Tipaza à l'Ouest et par la wilaya de Boumerdès à l'Est ; et est comprise entre les longitudes $2^{\circ} 49, 22$, et $3^{\circ} 23, 40$, Est; Latitude $36^{\circ} 42, 50$, et $36^{\circ} 46, 30$, Nord. Le linéaire côtier s'étend sur une longueur de **80 km**, et se divise en trois zones distinctes:

- le secteur Est, allant du Cap Matifou à Oued Réghaïa;
- le secteur centre, comprenant quant à lui la baie d'Alger; et
- le secteur Ouest, qui s'étend de Rais Hamidou jusqu'à l'Oued Mazafran.

1.1. Baie d'Alger

Située dans la partie centrale de la côte algérienne, elle s'inscrit en creux dans la plaine de la Mitidja .De forme semi-circulaire et d'une superficie approximative de l'ordre de 180 km², elle est délimitée par deux caps, la Pointe-Pescade (Rais-Hamidou) à l'Ouest et le cap Matifou (Bordj El-Bahri) à l'Est. Elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée. Les coordonnées géographiques de son étendue la situe entre une longitude Est de $03^{\circ} 13' 25''$ à $03^{\circ} 02' 21''$, et une latitude Nord de $36^{\circ} 48' 53''$ à $36^{\circ} 44' 38''$ (*in Houma-Bachari, 2009 ; modifiée*).

1.2. Commune El Mohammadia

C'est une commune située au cœur de la baie d'Alger. Elle dépend de la circonscription administrative de Dar El Beida, sa superficie est de 799 hectares. Les coordonnées géographiques de son étendue la situent entre une latitude Nord $36^{\circ} 44' 00''$ et une longitude Est $3^{\circ} 08' 00''$

1.3. Commune Hussein Dey

C'est une commune littorale située à l'intérieur de la baie d'Alger avec une superficie de 4.9 km² Elle dépend de la circonscription administrative de Dar El Beida.les coordonnées géographiques de son étendue la situe entre une latitude Nord $36^{\circ} 44' 40''$ et une longitude Est $3^{\circ} 05' 31''$.

1.4. Plage des Sablettes

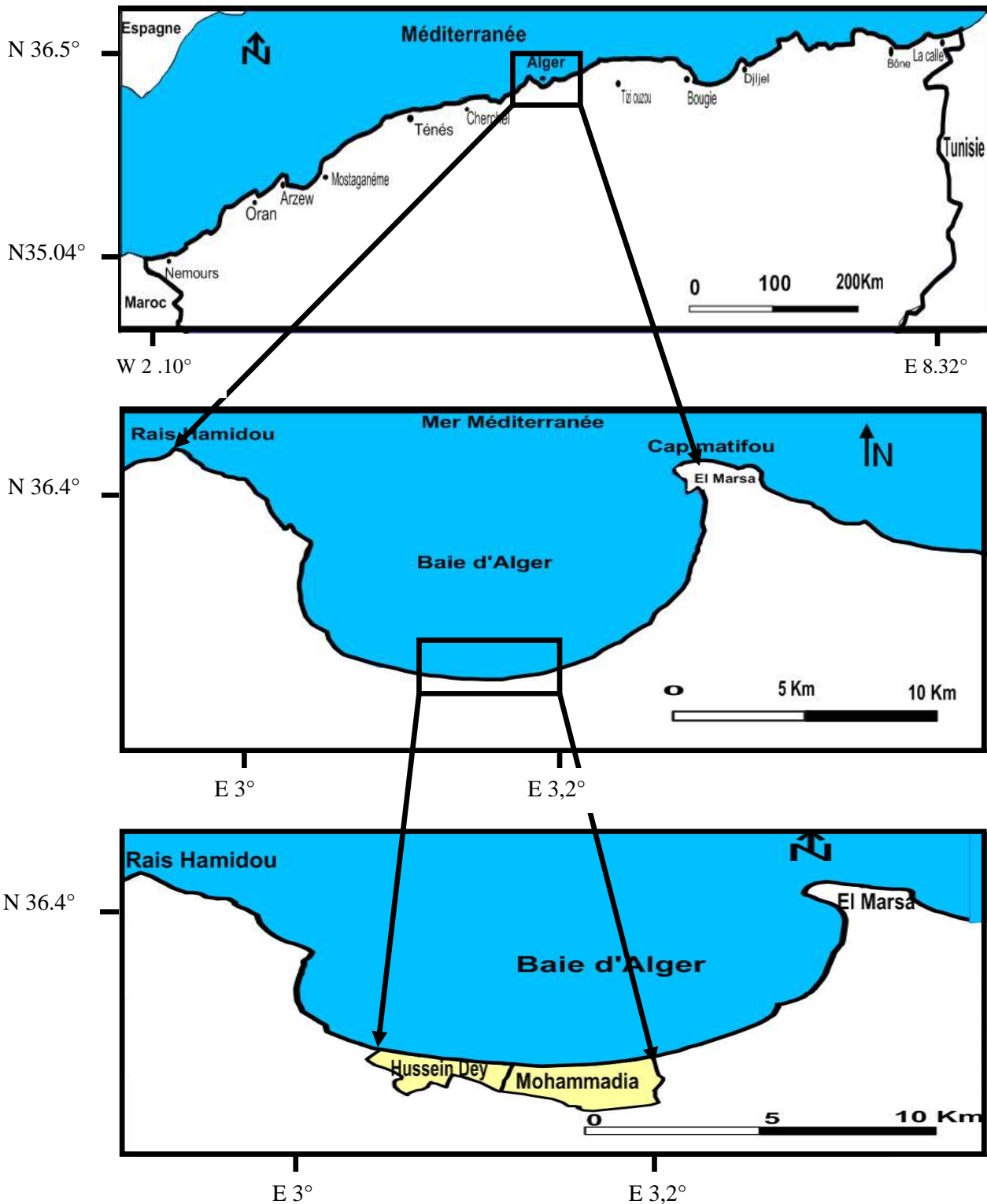
Le site « les Sablettes » appartient à l'unité physiographique qui est la Baie d'Alger. La plage des sablettes et elle situe entre les parallèles $36^{\circ}44'50''$ et $36^{\circ}45'10''$ de latitude Nord et $3^{\circ}04'40''$ et $3^{\circ}05'20''$ de longitude Est. Le site d'étude est limité par :

Le port d'Alger à l'Ouest.

Oued El Harrach à l'Est

La mer Méditerranéenne au Nord.

La commune Hussein dey.



Carte 1 : situation géographique de la zone d'étude.

2. Le projet d'aménagement de la baie d'Alger

Afin d'accompagner et favoriser la croissance, dans une vision de développement durable, les pouvoirs publics engagent un plan d'aménagement et de développement sans précédent, et envisagent de grands travaux d'infrastructures, d'équipements et d'embellissement de la ville d'Alger » (Arte Charpentier Architectes, 2013).

2.1 .Le contenu du projet

Selon le **PDAU** d'Alger, la mise en œuvre des différents projets va s'étendre jusqu'en 2029 en distinguant trois phases

- Court terme : 2009-2014
- Moyen terme : 2014-2024
- Long terme : 2024-2029

La première phase de mise en œuvre des projets est stratégique à plus d'un titre. Tout d'abord, elle permet d'amorcer le renouveau d'Alger par des opérations emblématiques qui vont contribuer à renforcer son rayonnement à l'échelle régionale, nationale et internationale. Ensuite, le choix des projets et leur bonne mise en œuvre vont déterminer la mise en place ultérieure des projets stratégiques à moyen, moyen-long et long terme.



Figure 4 : Le projet d'aménagement d'Oued EL Harrach (Arte Charpentier, 2013)

Chapitre 3 :
Le diagnostic
territorial

1. Définition du diagnostic territorial

Un diagnostic territorial est un document de synthèse qui permet de présenter les caractéristiques démographiques, économiques, environnementales, morphologiques, etc. d'un territoire. Il s'agit d'une sorte de « carte d'identité » d'un territoire. Commencer par un diagnostic territorial est une approche classique de toutes les études d'aménagement du territoire. (COCORISCO, 2014).

Le diagnostic constitue un moment important dans le processus de développement d'un territoire. Il l'instrumente, l'accompagne et cherche à l'orienter. Il aboutit à une dynamique d'actions qui doit être préparée. Pour cela, nous posons qu'il comporte quatre phases articulées entre elles.

- L'état des lieux proprement dit : c'est-à-dire l'analyse organisée des faits et des actions qui caractérisent un territoire. L'état des lieux consiste souvent à considérer le territoire comme un système organisé et hiérarchisé, dont on analyse à la fois les éléments structurants et les relations entre ces éléments.
- La détermination des enjeux : c'est la formulation en termes économiques, sociaux ou environnementaux des effets possibles des dynamiques à l'œuvre et des risques encourus.
- Le choix d'une stratégie : c'est la hiérarchisation des enjeux en fonction des dynamiques observées et des objectifs visés.
- La proposition de pistes d'actions possibles : c'est l'argumentation ouverte de mesures ou d'actions permettant le changement dans le sens voulu par les acteurs. (LARDON ET PIVETEAU, 2005)

Le diagnostic peut rester très général, ou bien s'orienter vers une thématique plus précise, étudiée ensuite de façon plus approfondie (les risques naturels, ou l'urbanisation, le développement économique, etc.).

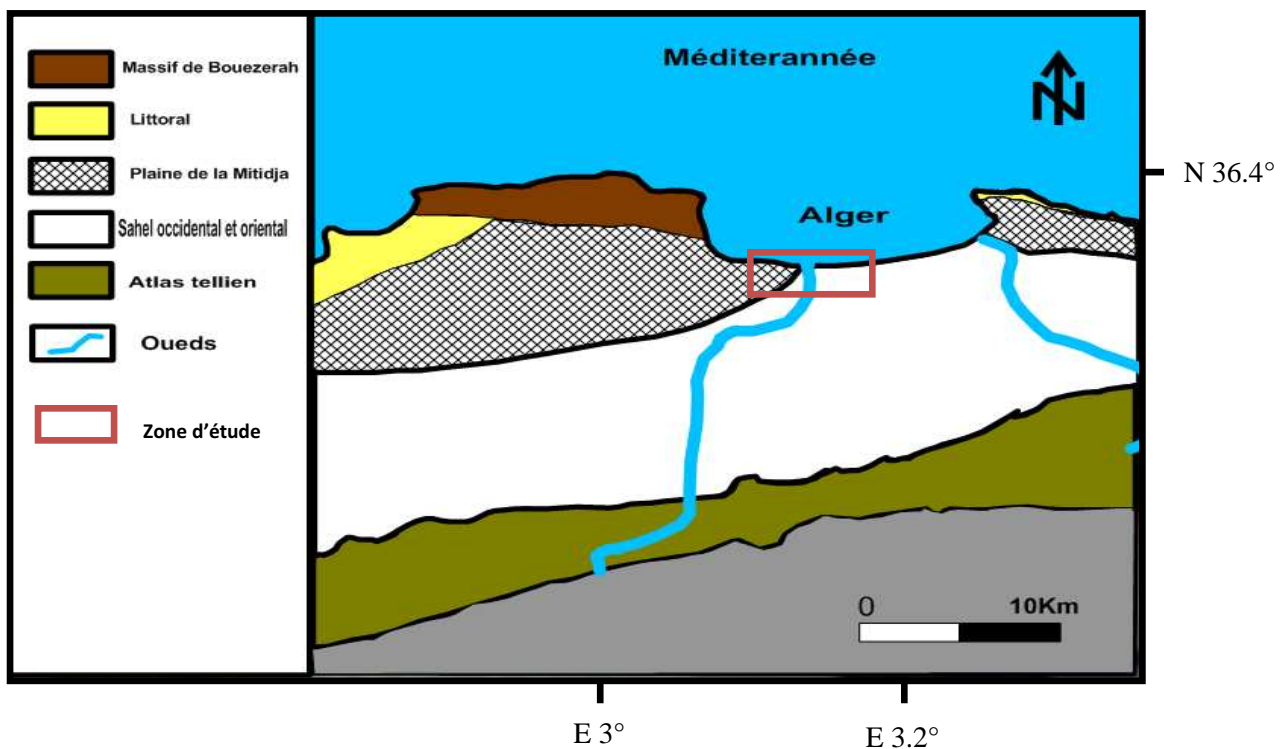
Dans un diagnostic préparant un travail sur les risques côtiers par exemple, on développe davantage l'évolution de la ligne de rivage, l'historique des tempêtes, des constructions d'ouvrages de défense. Un tel diagnostic peut se faire à plusieurs échelles, mais on le réalise souvent à l'échelle communale pour disposer des données les plus détaillées. (COCORISCO, 2014)

Dans notre présent travail, on va essayer de présenter deux diagnostics territoriaux des deux communes côtières algéroises qui sont Hussein dey et Mohammadia et pour chacune on va déterminer ses caractéristiques naturelles, socioéconomiques et un aperçu sur les variantes liées aux risques côtiers dans cette zone.

2. Les caractéristiques naturelles

2.1. Les grands ensembles géomorphologiques

La baie d'Alger est subdivisée de point de vue géomorphologique en plusieurs ensembles qui sont le massif de la Bouzaréah, le Sahel d'Alger, deux plaines littorales qui sont celle d'El Hamma et de la Mitidja. Et un cordon littoral dunaire qu'il s'agit sous forme d'une petite barrière sablo gréseuse allongée parallèlement au rivage. (LEM ,1996).



Carte 2 : les grands ensembles géomorphologiques de la baie d'Alger (LEM ,1996) modifié.

Notre zone d'étude s'étale sur deux ensembles morphologiques différents qui sont la plaine de la Mitidja sur laquelle se repose la commune de l'Hussein dey, la Mitidja est un vaste synclinorium bordé au Nord et au Sud par des flexures. C'est une plaine synclinale à remplissage Mio-Plio-Quaternaire orienté suivant un axe Est-Nord-est / Ouest-Sud-ouest. Elle est limitée au Nord par l'anticlinal sahélien et à l'Est par le massif cristallophyllien de la Bouzaréah.

Différemment de l'Hussein dey la commune de Mohammadia se repose sur le Sahel d'Alger Allongé d'Est en Ouest, il englobe les reliefs qui s'étendent entre le massif d'Alger, la rive gauche de l'Oued El Harrach et la rive droite de l'Oued Mazafran. (LEM ,1996).

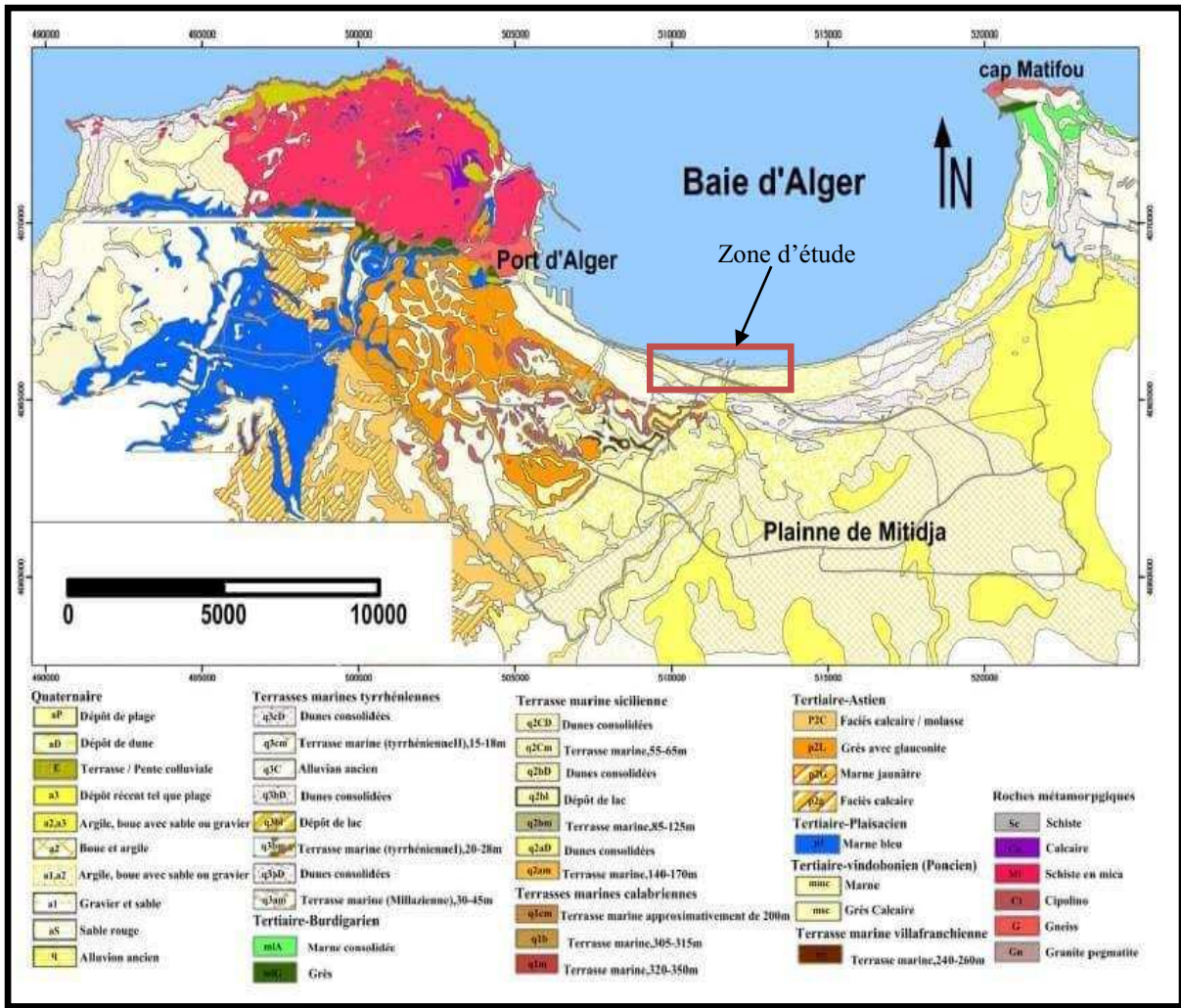
Entre les deux communes se trouve l'Oued EL Harrach qui se caractérise par un long étiage de six (06) mois et des crues d'hiver et de printemps soudaines et rapide. Avec un débit solide de l'ordre de 107000 m³/an et 53 Hm³/an en débit liquide. (ANRH, 2014).

Le bassin versant de l'Oued EL Harrach couvre une superficie de 387 Km², c'est un bassin difficile d'accès caractérisé par de fortes dénivelées, une végétation peu dense et une pluviométrie importante. A 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 200m 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**).

Le cordon littoral dunaire est présent aussi dans notre zone d'étude il s'agit d'une petite barrière sablogréseuse allongée parallèlement au rivage. Il se développe sur la rive droite de l'Ouest El-harrach.

2.2. La géologie locale

Les régions dures constituent le plus souvent les caps alors que les baies se creusent dans les roches plus tendres (cas de la baie d'Alger). dans la région d'Alger, l'essentiel des déformations et des plissements d'âge Néogène, a donné naissance aux anticlinaux du massif d'Alger au cap Matifou, du Sahel ainsi que la formation du synclinal de la Métidja. La baie d'Alger qui est prolonge du bassin Néogène de la Mitidja, s'inscrit en creux entre les deux horsts du massif d'Alger et de la bane de Matifou.



Carte 3 : la géologie de la Baie d'Alger (LEM, 1996).

Les zones entre le port et cap Matifou ou se situe notre zone d'étude sont caractérisées par leur nature sableuse qui leur donne une particularité fragile aux agressions marines (LEM, 1996).

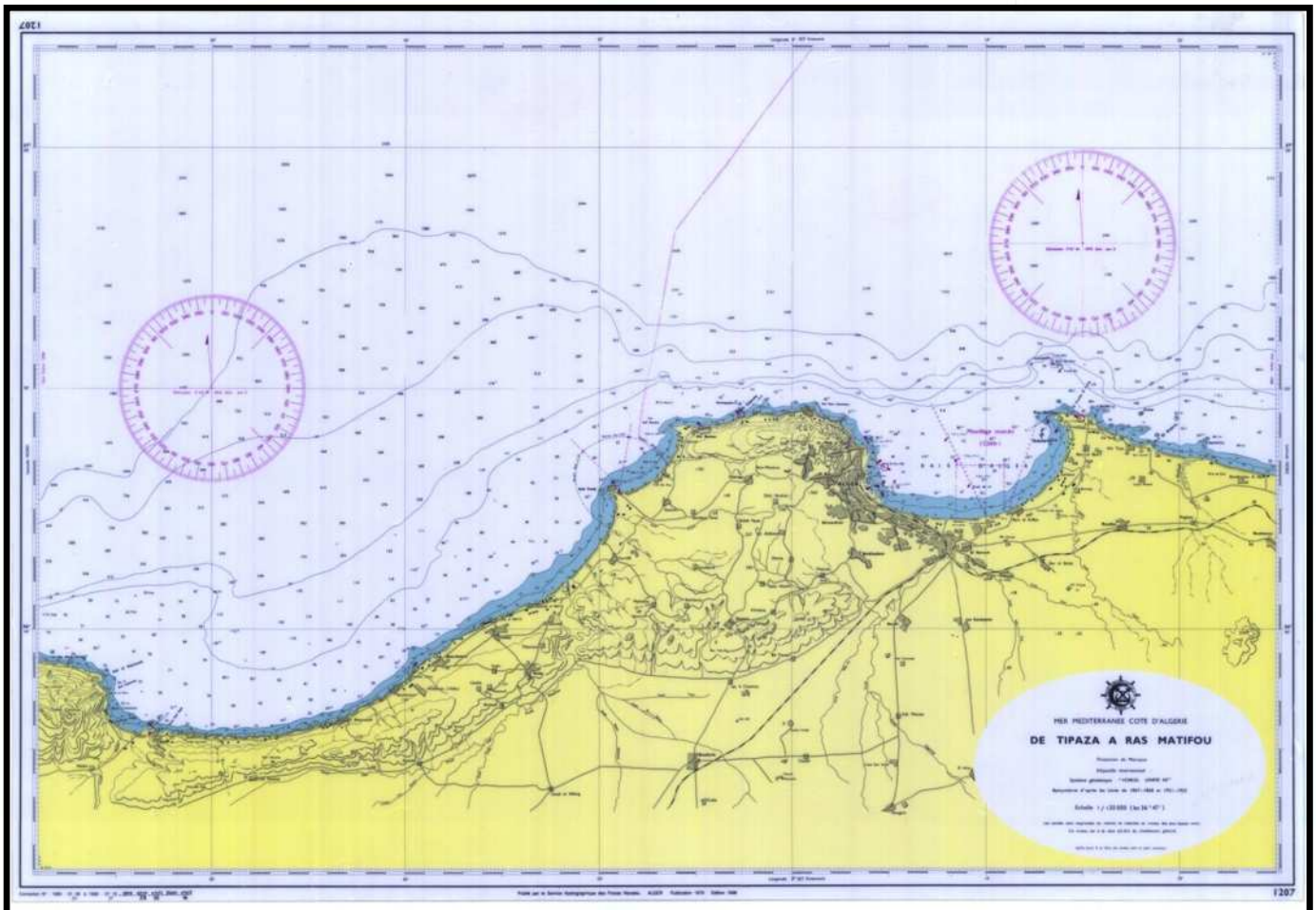
Le littoral de la zone d'étude est caractérisé par des dépôts sédimentaires récents du quaternaire qui amènent à la formation des plages.

2.3. La bathymétrie

La carte bathymétrique de TIPAZA A RAS MATIFOU au 1/120 000 publié par le Service hydrographique de la Marine Nationale Algérienne (édition 1980) permet de visualiser la morphologie générale des fonds de la zone d'étude.

A l'Ouest, les fonds entre le rivage et la ligne bathymétrique -100m ont une pente inférieure à 1%. Ensuite au fur et à mesure que l'on se dirige en direction de l'Est vers le cap Caxine (commune d'Ain Benian), la pente des fonds s'accroît pour atteindre environ 4,2%.

Dans notre zone d'étude qui se situe au fond de la baie d'Alger, les pentes sont considérées faibles ; elles sont de l'ordre de 7% ce qui est néanmoins élevé. (AMIS, 2008).



Carte 4 : bathymétrie de TIPAZA A RAS MATIFOU au 1/120 000 (Service hydrographique de la Marine Nationale Algérienne ,1980).

2.4. Les données hydrodynamiques

2.4.1. Les vents et vagues, courant

a) les vents

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 N270° (fréquence=11,5°) sont dominants en période hivernale qui s'étale d'Octobre à Avril.

b) Les houles et vagues

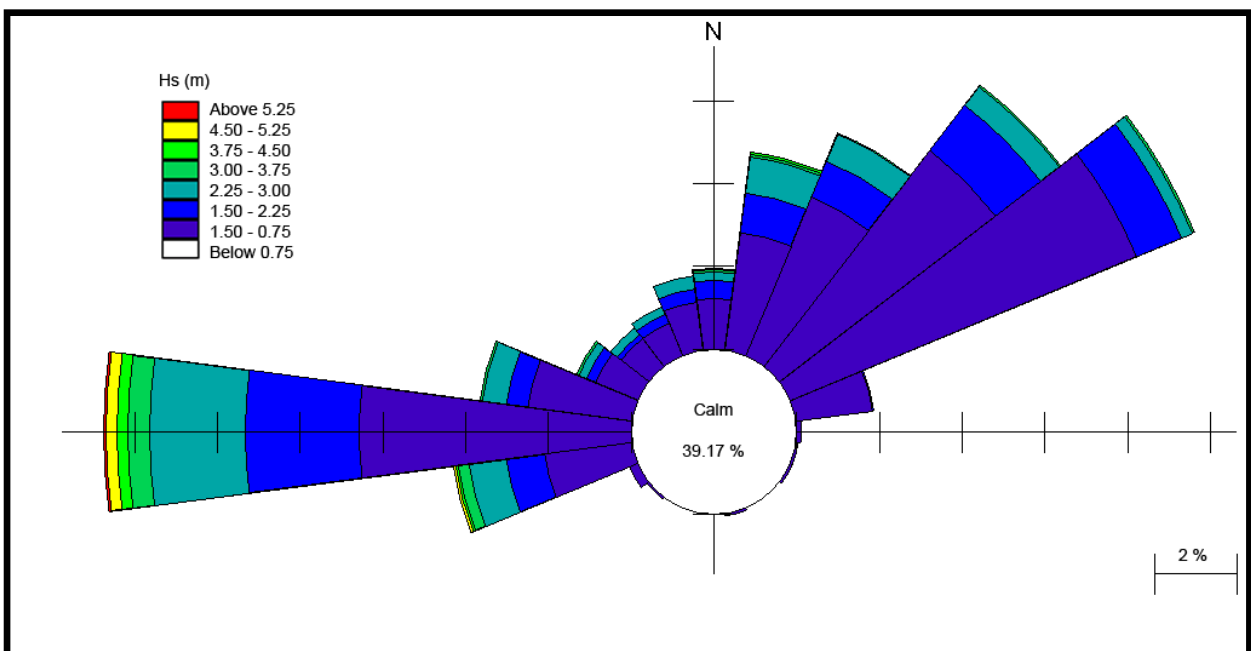


Figure 05 : rose des houles annuelles au large d'Alger (AMIS, 2008)

La rose des houles annuelles montre au large d'Alger deux secteurs principaux de houle :

Les houles significatives les plus fortes (5.00 -6.00m) proviennent de l'ouest (270°) et représentent 0.1% des observations alors que les houles de 4.00 – 5.00 m représentent 0.4% des observations du secteur ouest (255°-285°).

Les houles significatives les plus élevées du secteur nord-est (45°-60°) représentent 0.2% des observations et se situent entre 3.00 et 3.50m. - le secteur ouest (255°-285°) qui représente 27.41% des observations, - le secteur nord-est (45°-60°) qui représente 34.42% des observations. (AMIS – Vol/IV-2008).

c) Les marées

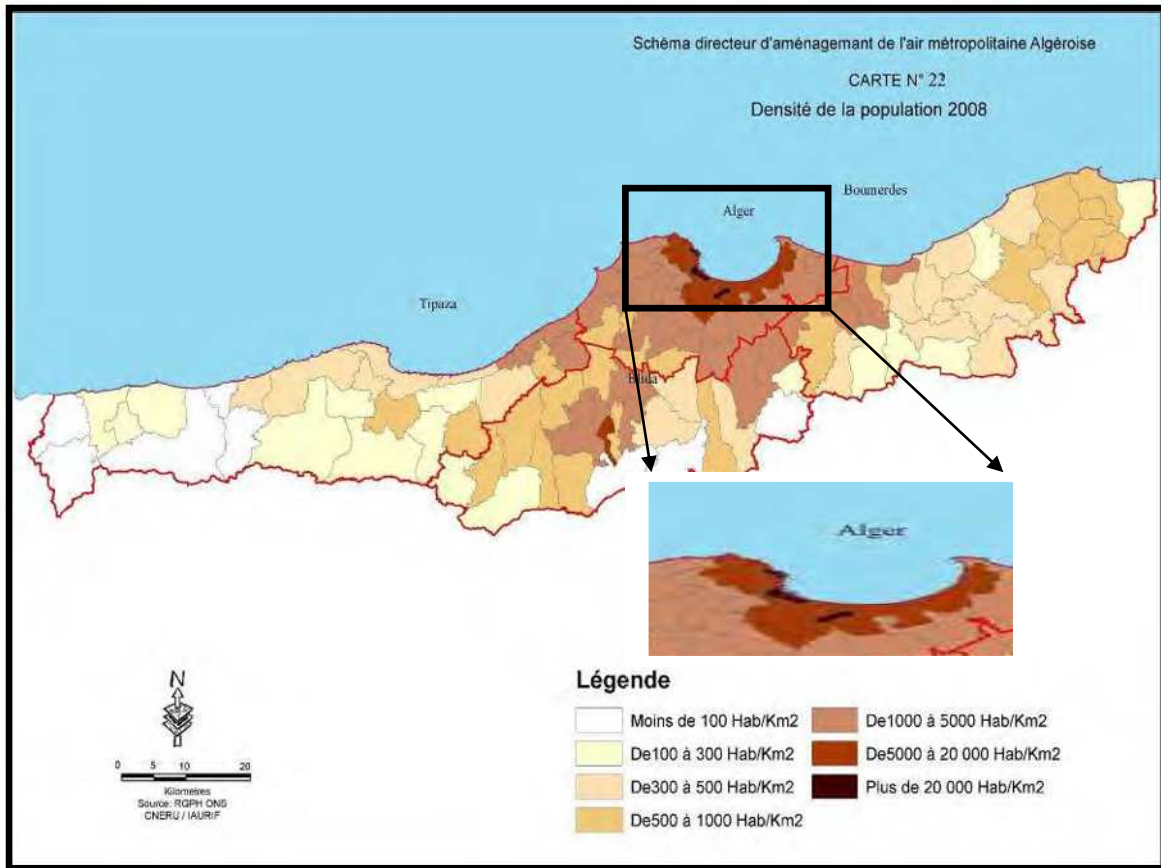
Le long des côtes algériennes, l'amplitude moyenne des marées astronomique est de l'ordre de 6cm. Les variations du plan d'eau sont soumises plus à l'effet des vents (phénomène de seiche) qu'à l'attraction luni-solaire. Les variations journalières observées sur les côtes algériennes sont inférieures à dix (10) cm. La différence entre valeur maximale et valeur minimale de la marée ne dépasse pas 50 cm. (LEM, 1996).

3. Les données socioéconomiques

La métropole d'Alger regroupe plus de 5,3 millions d'habitants (2008) dont près des deux tiers habitent dans la wilaya d'Alger. Elle représente le premier pôle d'activité économique hors hydrocarbure du pays et concentre les fonctions de commandement (gouvernement, siège sociaux des grandes entreprises). Son importance stratégique justifie un niveau d'équipement supérieur aux autres territoires du pays, mais rend d'autant plus important la nécessité d'une prévention efficace pour faire face aux risques naturels. (ONS, 2009).

3.1. Evolution démographique

La population algéroise a connu un rythme de croissance très rapide dans la période récente. Selon les différents recensements de la population, la wilaya d'Alger serait passée de 994.751 habitants en 1966, 1.587.898 en 1977 selon le découpage de 1984 (33 communes) à 2.128.419 en 1987, 2.562.428 en 1998 (+1.66/an) et **2.947.461 en 2008** (+1.44/an) selon le découpage de 1997 (57 communes). Toutefois, le rythme de croissance, très rapide au cours des années '70 tend à se tasser depuis les années '80 avec un exode rural quasiment terminé et une baisse de la fécondité qui confirme la seconde phase de la transition démographique, amorcée dans les années '80.



Carte 05: densité de population de la métropole d’Alger (SDAAM, 2011).

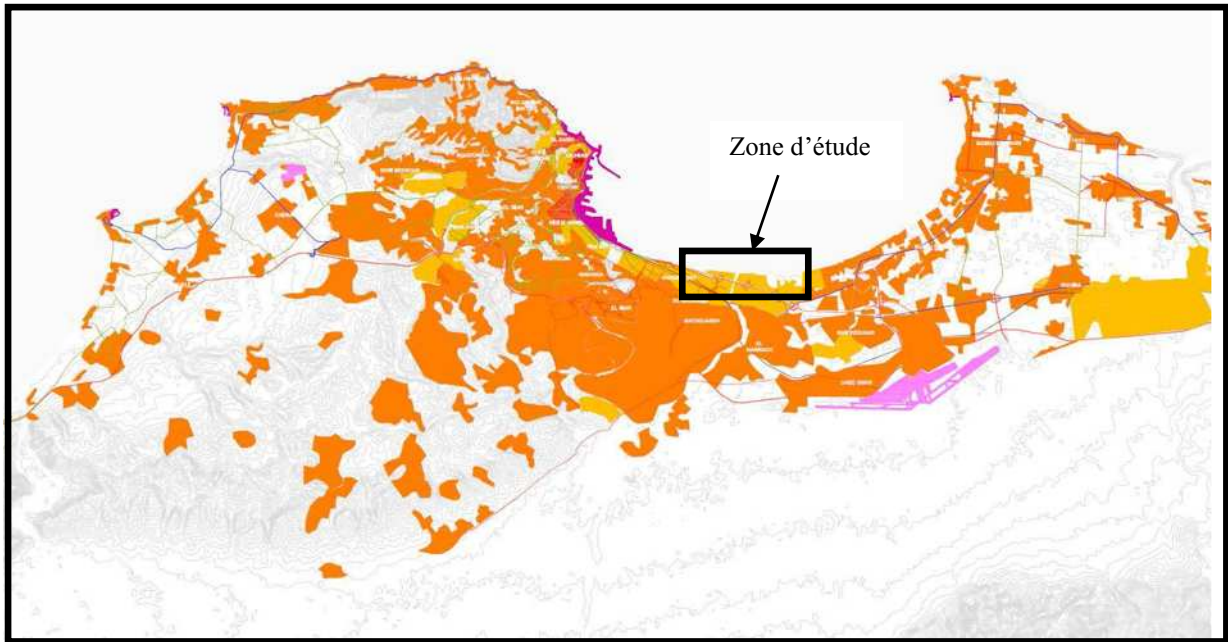
Les communes côtières algéroises y compris l’Hussein dey et El Mohammadia sont caractérisées par une densité importante de population, comme il est clair sur la carte ci-dessus la densité varie entre 5000 à plus de 20000 hab/Km²

La population en accroissement rapide est de plus en plus concentrée sur le littoral ce qui est très consommateur d’espace, d’autant que les difficultés de logement favorisent une prolifération de constructions illégales à la périphérie des centres urbains. L’urbanisation et l’implantation des infrastructures se concentrent sur le littoral et multiplient les remblais pris sur la mer, souvent au détriment des petits fonds rocheux les plus riches et des herbiers (RGPH, 2008).

.3.2 .Urbanisation :

La wilaya d’Alger est une zone très urbanisée (40 % de sa surface totale et 70 % de son linéaire côtier sont artificialisés en 2013) surtout dans la région centre où l’on dispose de toutes les commodités (transport, administrations, hôpitaux...). Ajouter à cela la nature historique et géologique du site. Lors de la colonisation, les communes à l’Ouest et à l’Est d’Alger étaient des zones plus favorables à l’agriculture qu’à être urbanisées. Après cela s’en est suivi l’exode rural

dans les années 60 /70, encombrant ainsi les grandes villes. (Abbad Katia, 2013).



Carte 06 : Localisation des zones urbaines (en orange) dans la wilaya d'Alger (AMIS, 2008)

3.2.1 Evolution de l'urbanisation en secteur d'étude

a) Commune Hussein dey

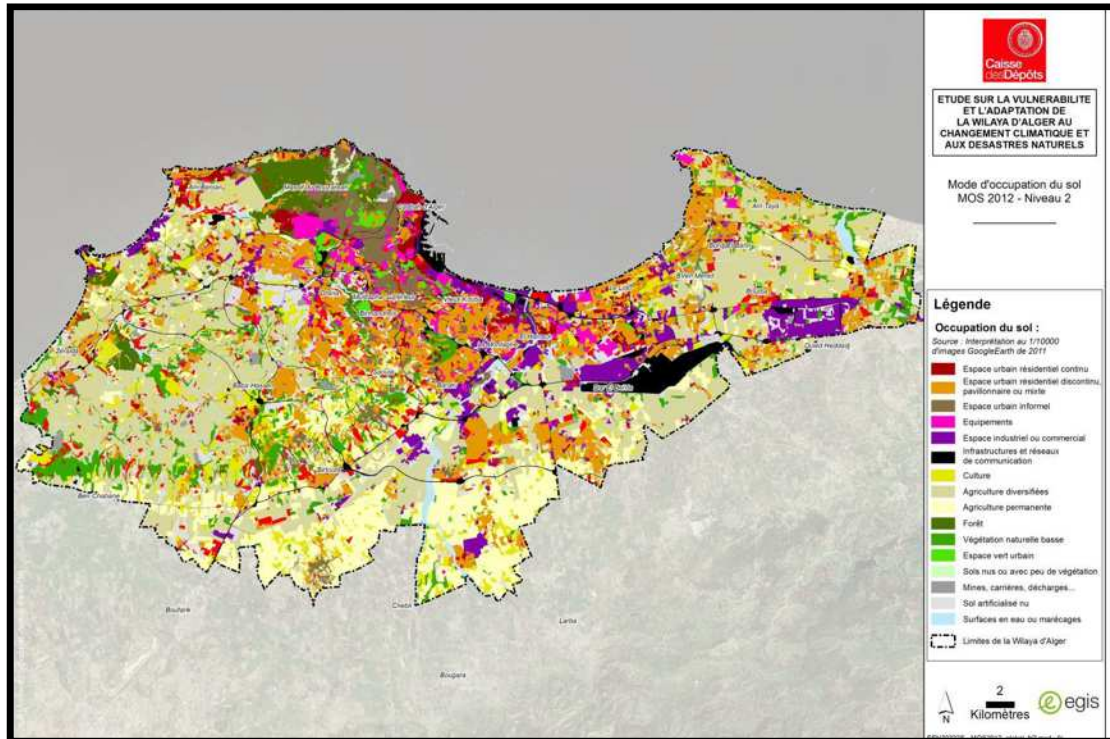
La zone centrale de la wilaya, plus précisément, les communes Bab El Oued, Cabah, Alger, El Hamma et **Hussein dey** présentent un fort taux d'urbanisation, qui frôle les 100%, faisant d'elles des communes saturées voir sursaturées.

b) Commune Mohammadia

Toutefois, la commune d'El Mohammadia présente une anomalie ; c'est la seule zone dont la surface urbanisée a diminué de manière considérable, entre 2006 et 2013 passants de 90% à 72%. Bien que dans certaines autres communes comme Cheraga, il y a eu régressions d'entités urbanisées, mais cela est négligeable. Cette régression de l'urbanisation se traduit par le transfert du port sec dans une autre région.

3.3. Occupation du sol

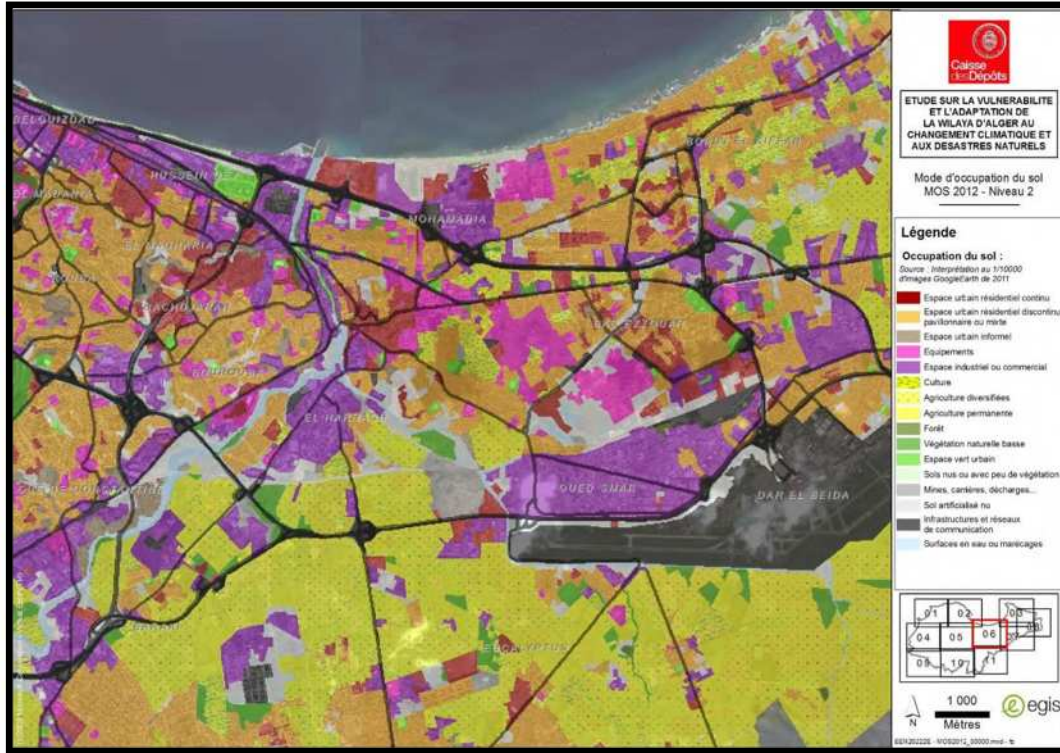
L'occupation des sols de la wilaya d'Alger se caractérise par une urbanisation littorale qui s'étend sur les reliefs du Sahel et dans la plaine Est de la Mitidja, de vastes espaces agricoles dans la plaine Sud et Ouest de la Mitidja, des espaces forestiers sur des surfaces limitées, deux zones humides (Réghaïa et Mazafran).



Carte 07: Occupation du sol de la wilaya d'Alger de l'année 2012 (BRGM, 2013)

Alger, métropole de rang international, présente un caractère d'occupation du sol déséquilibré dont les espaces urbains résidentiels et aussi les espaces industriels et commerciaux sont tous concentrés au niveau du centre d'Alger et en particulier la zone côtière. (POS, 2013).

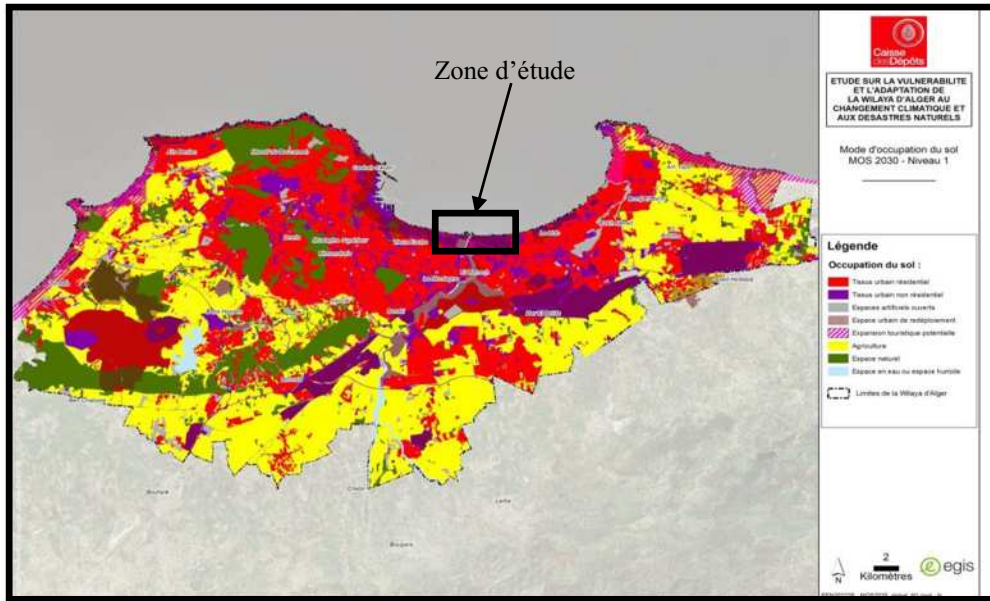
La présence des espaces urbains informels et aussi le manque des espaces verts et la concentration des réseaux de communication au niveau de la zone côtière sont les caractéristiques qui donnent à la wilaya d'Alger ce caractère non équilibré en termes d'occupation du sol.



Carte 8 : Occupation du sol en 2012 dans le secteur d'étude (BRGM, 2013)

Pour notre zone d'étude, la commune d'Hussein dey est caractérisée par un espace industriel et commercial très intense alors que la commune d'El Mohammadia à cette caractéristique d'un espace urbain résidentiel continu.

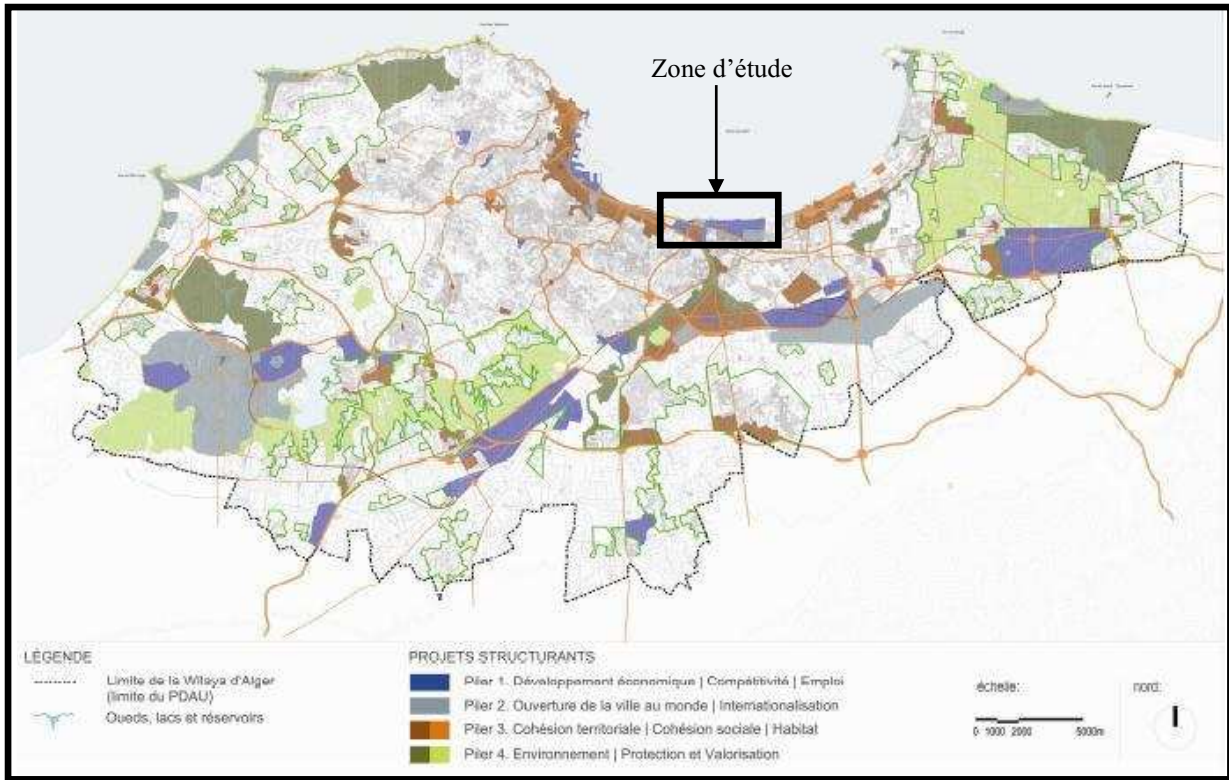
Cette zone présente une évolution très importante dont les prévisions pour l'année 2030 sont présentées par la carte suivante.



Carte 09 : Occupation du sol de la wilaya d’Alger pour l’année 2030 (BRGM, 2013).

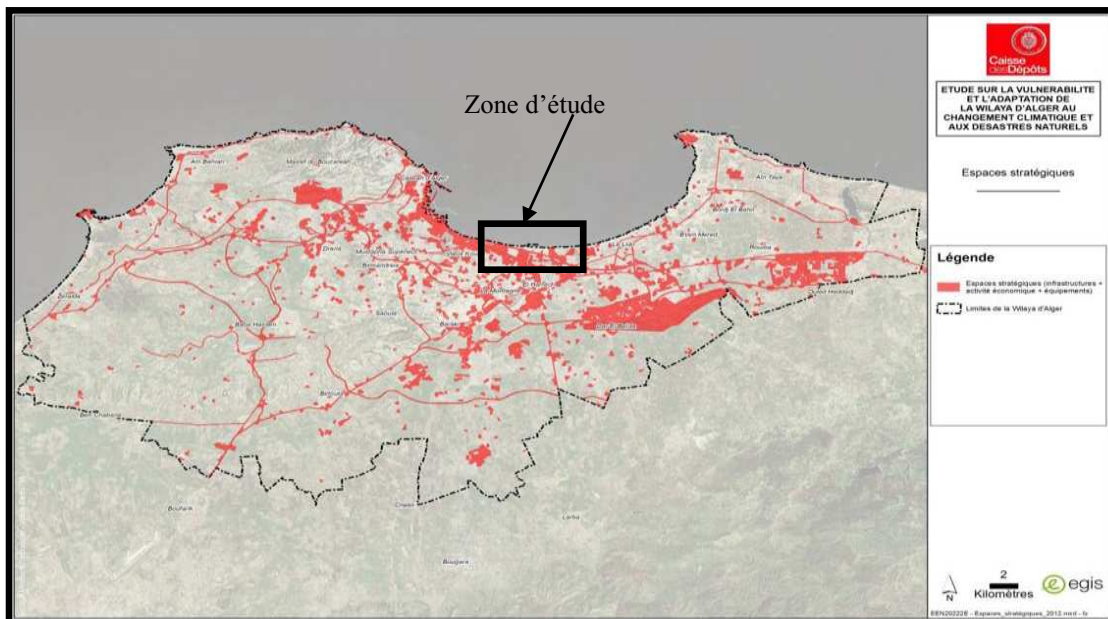
Pour l’horizon de 2030 un grand changement sera remarqué sur la zone de El Mohammadia et cela est peut être expliqué par le grand projet d’aménagement de la baie d’alger qui concerne en grande partie cette commune telque la construction de la grande mosquée d’Alger et le lancement du complexe immobilier de service réactif « Alger médina » lancé par le groupe DAHLI au niveau de cette commune.

Cette zone est concerné par un developpement économique important ce qu’il va lui donner cette caractéristique d’espace urbain non résidentiel comme il est claire sur la carte au dessus et comme la confirme la carte suivante qui montre que la zone de El Mohammadia va recevoir des grands projets de caractère économique dans l’horizon de 2030.

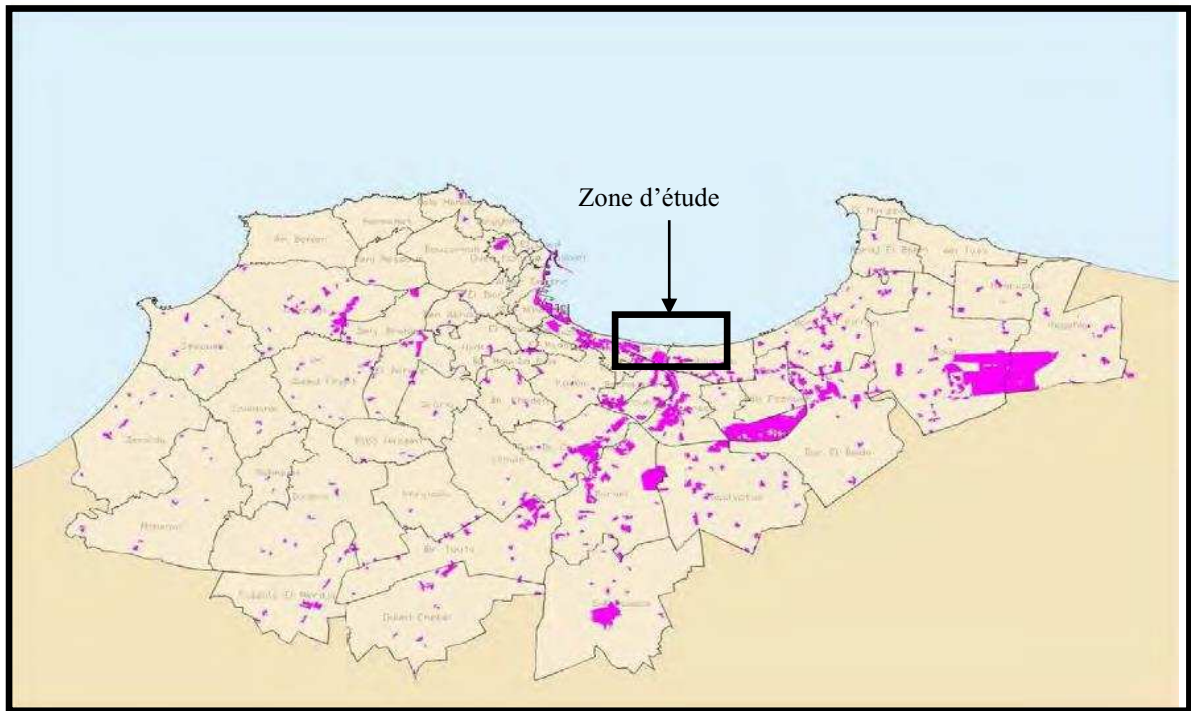


Carte 10 : Projets urbains Alger 2030 (BRGM, 2013).

La commune Hussein dey est déjà sursaturé donc elle ne va pas être concernée par des grands changements dans l'horizon de 2030. mais elle est concernée par des projets de cohésion territorial et sociétal de son territoire.



Carte 11 : Equipements stratégiques d'Alger (BRGM, 2013).



Carte 12 : Zones d'activité industrielle d'Alger (PDAU, 2011)



Carte 13 : Infrastructures logistiques de la baie d'Alger (PDAU, 2011).

En analysant les cartes des infrastructures logistiques et celle des activités industrielles, on remarque que la zone de l'Hussein dey présente un ensemble de sites et d'activités stratégiques beaucoup plus important que la commune d'El Mohammadia

4. Les données liées aux risques côtiers (submersion marine)

4.1. Caractéristiques générales du littoral de la zone d'étude

Le littoral de la wilaya d'Alger montre une distribution qui peut se résumer en falaises avec ou sans plages adossées, baies rocheuses ou sableuses entre promontoires rocheux, plages, dunes et zones humides (AMIS ,2008).



Figure 06: Distribution simplifiée des différents types de côte de la wilaya d'Alger et des protections existantes (photo : source Google) (AMIS ,2008)

Le littoral de la commune El Mohammadia est couvert d'une succession de plages, quasiment toutes dépourvues de dispositifs de défense contre la mer, contrairement à l'Hussein dey dont la zone littorale est couverte par une succession des ouvrages longitudinaux de haut de plage.

4.2. Inventaire des plages de la zone d'étude

Tableau 1 : Les plages du centre de la baie d'Alger (PAC, 2005)

Nom de la plage	Caractéristiques de la plage	Commune
Lido	Longue de 720m, le littoral est protégé sur toute sa longueur par un ouvrage longitudinal en enrochements.	Mohammadia
Les Pins maritimes	De 1650m de long, la largeur de la plage est faible (20m). Elle est constituée de sable fin.	Mohammadia
Mazela	De 1450m de long, elle a subi des remblaiements à la suite de la création d'une grande surface. Sa largeur est donc très réduite. Elle est constituée de sable fin.	Mohammadia
Piquet Blanc	Ce littoral long de 5400m, entre le port d'Alger et le débouché de l'oued El Harrach est limitrophe d'infrastructures structurant comme la route de la Libération Nationale.	Hussein Dey
Les Sablettes	Elle est protégée par un ouvrage longitudinal en enrochements quasiment d'un seul tenant et les plages sont inexistantes.	

4.3. Le recul des plages : l'érosion côtière

Le phénomène du recul du trait de côte (érosion côtière) prend de plus en plus d'ampleur sur la côte algérienne en général et dans le secteur d'étude en particulier les niveaux de recul sont critiques menaçant même les activités en zone côtière. La diversité des services qu'offrent les plages et la zone littorale en général s'amenuise avec le temps sous l'effet de cette érosion. En effet, en moyenne la côte algéroise perd 2.25 m/an ce qui est énorme. (PAC ,2005).



Figure 07 : Risque Érosion: croisement entre l'aléa érosion et les enjeux de la baie d'Alger (BRGM ,2013)

Historique de recul

Les mouvements du trait de côte ont été retracé grâce à l'utilisation des cartes topographiques anciennes types 1960 et 1986 et de photographies aériennes verticales de six missions: 1957,1972, 1983, 1992, 1999 et 2003. La position du trait de côte peut donc être déterminée à 4 ou 5 dates différentes selon les secteurs, sur une période variant de 40 à 45 ans en moyenne. (PAC, 2005).

Le trait de côte à l’embouchure de l’oued El Harrach

L’embouchure de l’oued El Harrach se situe au fond de la baie d’Alger. Des comparaisons historiques du trait de côte à des échelles de temps différentes ont révélés des résultats intéressants. En effet, sur une longue période de temps (1957-1999) l’histogramme de l’évolution du trait de côte à l’embouchure de l’oued El Harrach montre une large tendance vers l’érosion, le recul du trait de côte est maximal (-3 à -4.5 m par an).(PAC,2005).

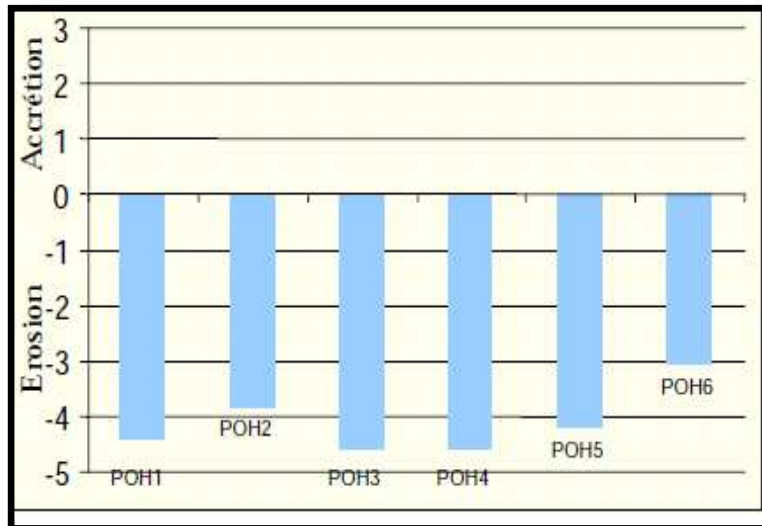


Figure 08: Evolution moyenne du trait de côte de part et d’autre de l’embouchure de l’oued El Harrach sur une période pluriannuelle (1957 -1999) (PAC, 2005).

(POH1, POH2, POH3, POH4, POH5, POH6) des stations situées au niveau de notre secteur d’étude qui est de part et d’autre d’oued el Harrach.

De 1957 à 1980 nous enregistrons un fort recul du trait de côte atteignant localement 4.3mètres par an. Cette tendance érosive du trait de côte se poursuit sur tout le long de la côte située à l’Ouest de l’embouchure de l’oued El Harrach jusqu’à 1983. Contrairement, le secteur Est a connu une stabilité sur toute sa partie.

De 1983 à 1992 le fond de la baie d’Alger a connu bien au contraire des apports conduisant à une accrétion du littoral (2 à 7 m par an). De 1992 à 1999 le recul du trait de côte s’est fait d’une manière spectaculaire, la zone de l’embouchure de l’Oued EL Harrach a vu son trait de côte reculer de 80 à 140 mètres.

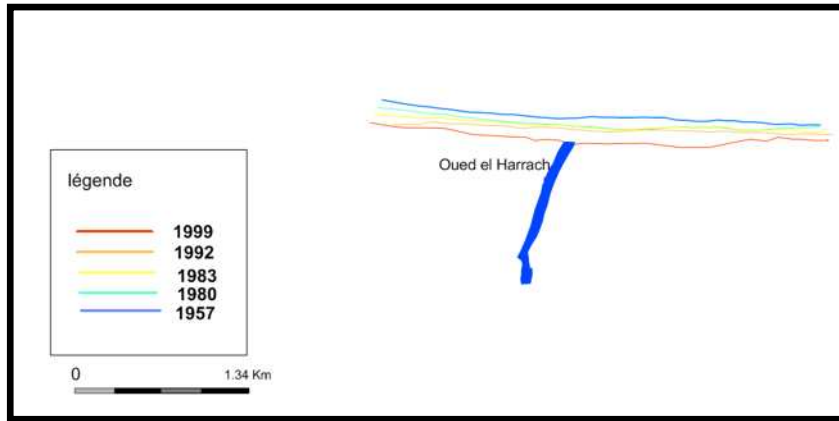


Figure 09: Evolution du trait de côte de part et d'autre de l'embouchure de l'oued El Harrach (PAC, 2005). (Modifié)

A partir des images de Google earth (même échelle) de l'année 2000 et 2016, on a pu retracer les traits de côtes de ces deux années et la superposition de ces deux images permet de nous donner une information sur l'évolution du trait de côte.

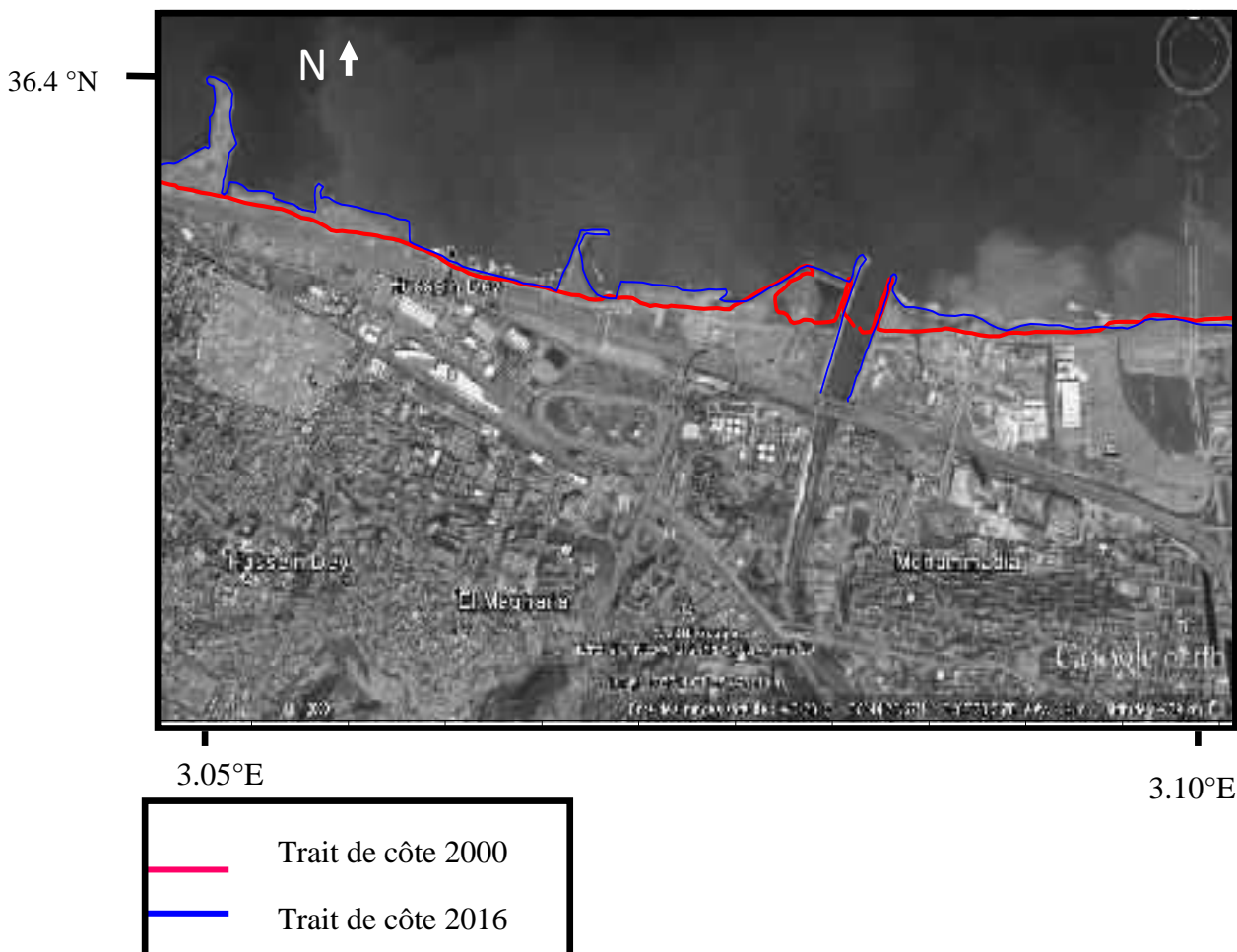
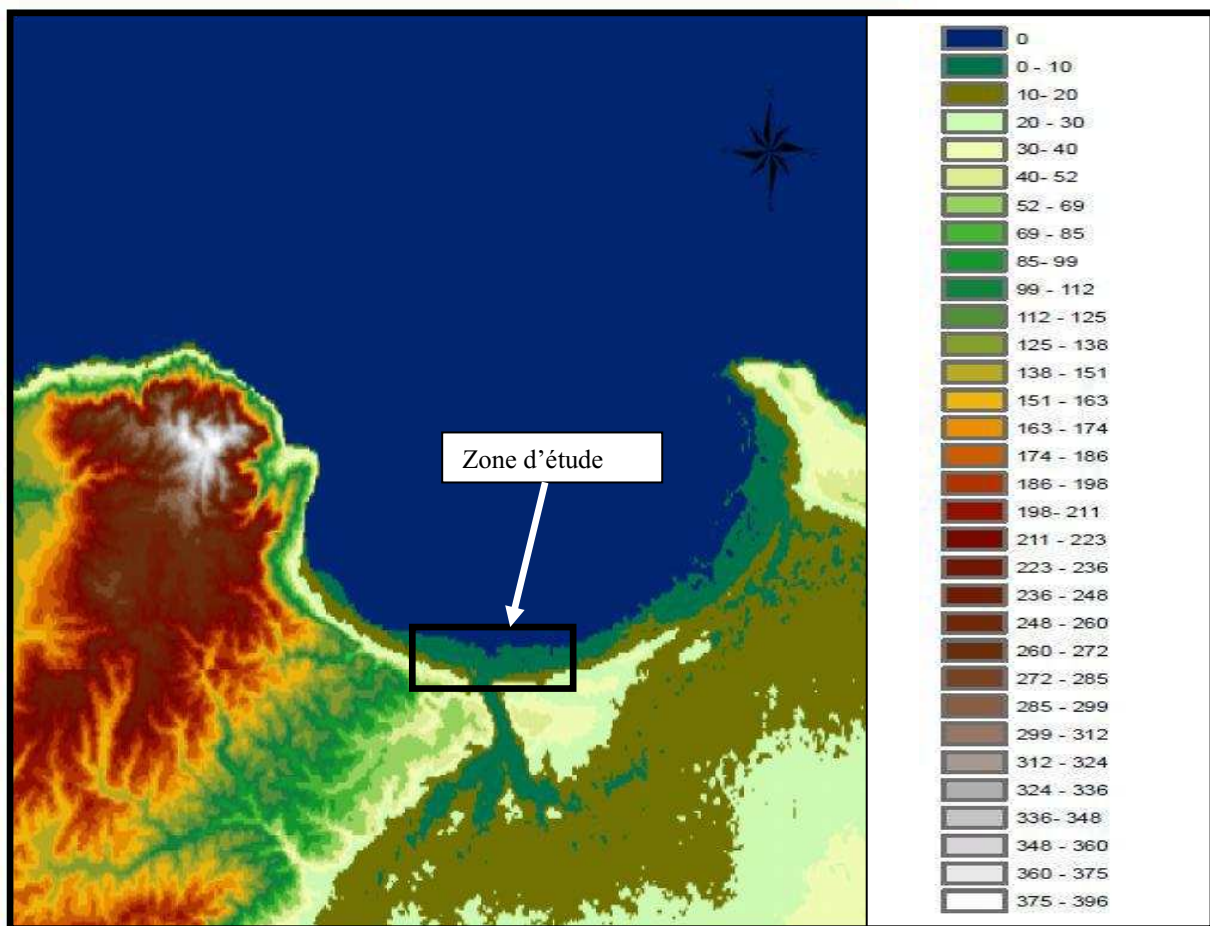


Figure 14 : Evolution du trait de côte de la zone d'étude à partir des images Google earth.

A partir des années 2000 la zone d'étude a connu une grande artificialisation de son linéaire côtier surtout à l'ouest d'oued el Harrach, on compte trois ouvrages de protection, ces derniers ont permis de gagner de la terre par rapport à la mer. Une alimentation artificielle de la plage de sablettes a permis de gagner plusieurs surfaces de la terre par rapport à la mer.

4.4. La topographie de la zone d'étude par rapport au niveau de la mer

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 mais sachant que la méthode la plus fiable c'est de faire carrément un relevé topographique sur le site. (BELABBAS, 2015).



Carte 14 : Représentation topographique de la baie d'Alger et sa région (BELABBAS, 2015).

.En analysant cette carte topographique on déduit que:

- La zone côtière d'Hussein dey et Mohammadia appartiennent à la classe des zones basses.
- Les altitudes sont comprises entre 0 à 10 m.
- La topographie favorise leur exposition à l'action marine et plus précisément à la submersion (zone vulnérable à l'action marine).

4.5. Inventaire des ouvrages de protection au niveau de la zone d'étude



Figure 11 : carte d'inventaire des différents ouvrages de protection du secteur d'étude (Google earth, 2016).

5. Récapitulatif de diagnostic territorial

En faisant le diagnostic territorial de la zone d'étude, on a pu sortir avec les points suivants qui sont nécessaires à la gestion systémique du risque de submersion marine :

- Zone d'étude est caractérisée par sa nature sableuse qui lui donne une particularité fragile aux agressions marines.

- Les pentes qui sont considérées faibles dans le secteur d'étude; ce qui favorise la submersion marine.
- Des agitations qui peuvent engendrer des foules significatives dépassant les 9m.

Tableau 2 : Caractéristiques des amplitudes Hs des houles du large en fonction de la période de retour (Arte Charpentier, 2008)

Période de retour	Houle significative HS en mètre
2 ans	5.80
5 ans	6.90
10 ans	7.60
20 ans	8.25
50 ans	9.00

- Hussein dey et El Mohammadia sont caractérisées par une densité importante de population, varie entre 5000 à 20000 hab/Km².
- Sur un linéaire côtier de 4.18 Km, 4.15 Km est urbanisé en 2013 au niveau de la commune d'Hussein dey et pour la commune Mohammadia 1,83 Km est urbanisé sur 4.12 Km.
- La commune d'Hussein dey est caractérisée par un espace industriel et commercial très intense alors que la commune d'El Mohammadia à cette caractéristique d'un espace urbain résidentiel continu.
- Pour l'horizon de 2030, El Mohammadia va recevoir des grands projets de caractère économique dans l'horizon de 2030.
- Hussein dey présente un ensemble de sites et d'activités stratégiques très important.
- Le littoral de la commune El Mohammadia est couvert d'une succession de plages, quasiment toutes dépourvues de dispositifs de défense contre la mer, contrairement à l'Hussein dey dont la zone littorale est couverte par une succession des ouvrages longitudinaux de haut de plage.
- La zone côtière d'Hussein dey et Mohammadia appartiennent à la classe des zones basses. et leur topographie favorise leur exposition à l'action marine et plus précisément à la submersion (zone vulnérable à l'action marine).

Chapitre 4 :
Approche de l'aléa de
submersion marine

1. La submersion marine

Les submersions marines sont des inondations temporaires de la zone côtière par la mer dans les conditions météorologiques (fortes dépression et vent de mer) et marégraphiques sévères provoquant des ondes de tempête. Elles envahissent en général des terrains situés en dessous du niveau des plus hautes mers, mais aussi parfois au-dessus si des projections d'eaux marines franchissent le cordon sédimentaire ou des ouvrages de protection. (Ifremer, 2010)

Les submersions marines correspondent au **niveau extrême atteint par la mer**.

Ce dernier conjugue :

La marée astronomique ;

La surcote météorologique ou atmosphérique (effets de la pression atmosphérique et du vent) ;

Le passage d'un important système dépressionnaire (cyclone, tempête) est caractérisé par des variations du niveau marin selon deux mécanismes :

- La chute de pression atmosphérique entraîne une surélévation du niveau du plan d'eau. C'est le phénomène de *baromètre inverse*. Une diminution d'1 hPa équivaut par exemple à une élévation d'1 cm du plan d'eau ;
- le vent génère des courants dans la masse d'eau poussant l'eau vers certaines zones. Si la bathymétrie est faible, les contre-courants ne peuvent s'installer induisant une accumulation d'eau responsable d'une surcote.

- **La surcote liée aux vagues (« wave set-up ») ;**

A l'approche de la côte, les vagues déferlent: elles transfèrent leur énergie sur la colonne d'eau, provoquant une élévation moyenne du plan d'eau (*set-up*). Cette force induite par la houle est appelée « tension de radiation ». Son intensité varie en fonction des hauteurs et des directions de vagues, elles-mêmes dépendantes des phénomènes de gonflement (*shoaling*), de réfraction, de diffraction et de dissipation qui ont lieu au niveau des côtes.

- **Le jet de rive (swash) et le run-up ;**

Pour obtenir le niveau instantané de la mer sur le rivage, il faut tenir compte par ailleurs du **jet de rive** (*swash*), c'est-à-dire le flux et le reflux des vagues sur la plage ou tout autre plan incliné (talus de digue par exemple). On appelle *run-up* la hauteur d'eau maximale atteinte par la mer au-dessus de son niveau moyen.

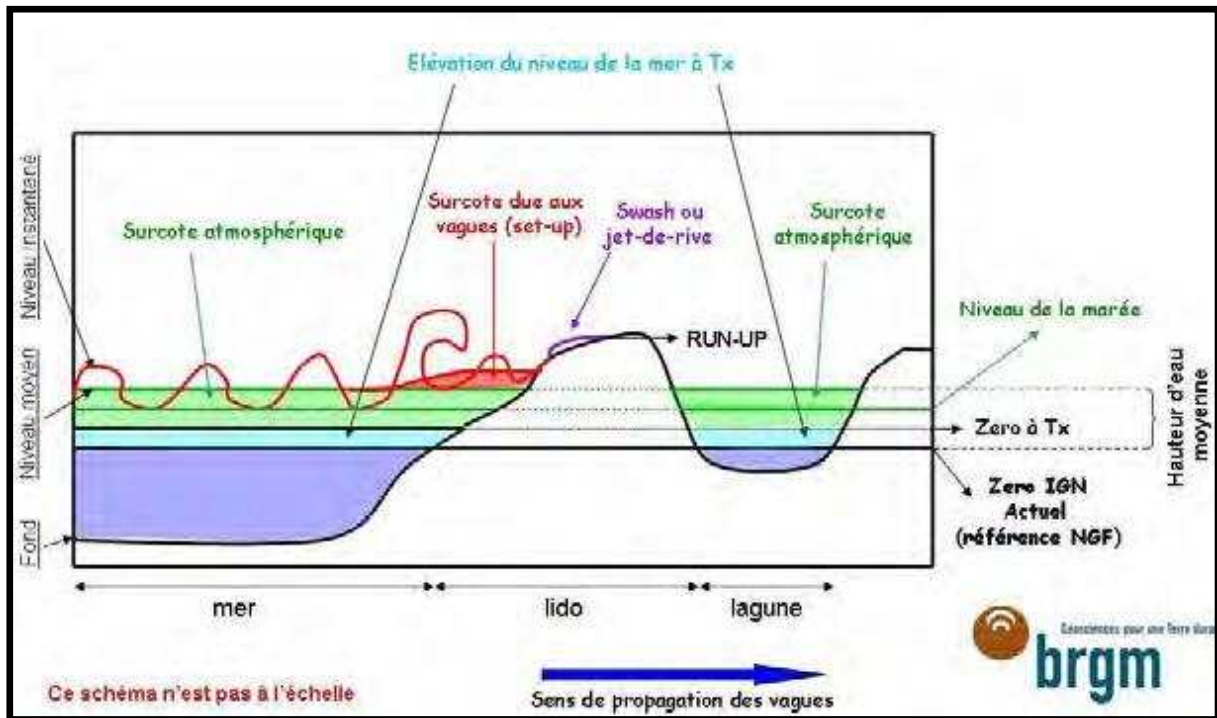


Figure 12: Schéma des phénomènes contribuant à la submersion marine. (BRGM, 2005)

2. Observation à long terme du niveau de la mer (Situation durable)

2.1 L'élévation du niveau de la mer à l'échelle globale

On constate actuellement une accélération dans l'augmentation du niveau de la mer due au changement climatique. Globalement depuis 1870, ce niveau s'est élevé de 20cm. Alors qu'il montait au XXe siècle au rythme de 1.7 mm par an, le niveau augmente désormais de 3.2 mm par an. Ainsi, à l'horizon 2100, les études prévoient une augmentation vraisemblablement comprise entre 50 cm et 1m (GIEC, 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.

Concernant le risque de submersion des zones côtières, il apparaît, en l'état des connaissances actuelles, que la remontée du niveau marin sera la cause principale d'aggravation de cet aléa. L'élévation du niveau marin pourra induire ou aggraver d'une part des submersions permanentes de zones basses (notamment de marais côtiers ou d'îles basses, entraînant alors leur disparition) et, d'autre part, des submersions temporaires liées à des tempêtes marines, autrement dit des inondations épisodiques de la zone côtière par la mer dans des conditions hydro- météorologiques sévères.

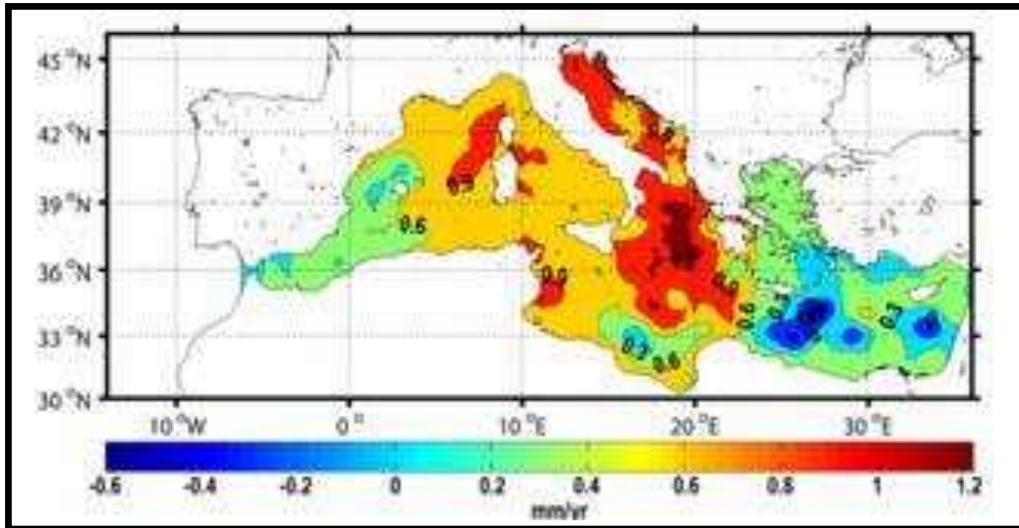
Les submersions seront à la fois plus importantes et plus fréquentes. L'élévation du niveau aura en effet des impacts sur chacun des trois modes de submersion. D'abord sur le « débordement » : l'élévation du niveau moyen de la mer pourra faciliter la submersion par débordement ; ensuite sur les « franchissements 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.

2.2. Le contexte méditerranéen

Le bassin méditerranéen a été défini, par le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), comme une "zone sensible", « particulièrement menacée par les submersions, l'érosion côtière et l'accentuation de la dégradation des sols » (GIEC, 2009).

Dans un contexte similaire, les résultats obtenus par l'étude intitulée « l'adaptation au changement climatique et la résilience aux désastres naturels dans les villes côtières d'Afrique du Nord » seront retenus et selon lesquels, les risques d'inondations, ainsi que les risques de submersions marines par ondes de tempêtes augmenteront à l'horizon 2030. Les zones urbaines du littoral algérois n'échapperont pas à ce fait.

Entre 1960 et le début des années 1990, le taux d'élévation du niveau des eaux serait resté stable (Tsimplis M.N., and T. F. Baker, 2000) alors que sur la période 1992-2000, une rapide élévation du niveau des eaux aurait été observée en méditerranée orientale (CAZENAVE, A., BONNEFOND, P., MERCIER, F., DOMINH, K. & TOUMAZOU, V, 2002).



Carte 15: Tendence d'élévation du niveau de la mer en méditerranée (Calafat and Gomis, 2009).

2.3. Prévision de taux d'élévation du niveau global des eaux le long du littoral algérien en 2030

A l'horizon de la recherche **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 relative (EGIS EAU, IAU-IDF, BRGM, 2013), elle se situe au démarrage des courbes des récentes projections. Toutefois, en extrapolant les données issues des derniers travaux de Cazenave et al, le niveau moyen des eaux s'élèverait de **13 centimètres** si l'on conserve la même pente de la courbe issue des observations des satellites, cette valeur se situant bien en partie haute de la fourchette de valeurs proposées par les projections du GIEC 2007.

Si l'on se base sur la valeur calculée par Cazenave et al (2009) de $2,2 \pm 0,28$ mm/an, déterminée entre 1993 et 2008, en 2030 l'élévation du niveau moyen de la mer serait de l'ordre de **5 cm** par rapport à 2008. Sur la base des courbes de Rahmstorf et al proposées par (Church et White, 2006), 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**.

On pourrait peut-être prendre ces deux hypothèses (optimiste –pessimiste) et considérer la moyenne comme probabiliste, soit au minimum d'environ 10 cm d'élévation à l'horizon 2030.

L'élévation du niveau de la mer méditerranée est par ailleurs difficile à estimer car à l'heure actuelle les modèles globaux de prévision ne prennent pas en compte les échanges d'eau entre la Méditerranée et l'Océan atlantique au niveau du détroit de Gibraltar. En tout état de cause, compte tenu des incertitudes actuelles sur les projections récentes effectuées, des observations satellitales 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 côtes.**

3. Observation à court terme du niveau marin :

3.1 Définition d'ondes de tempête

Une onde ou une vague de tempête est une augmentation anormale du niveau de la mer le long du littoral. Elle est causée par des grands vents, comme ceux qui se produisent lors d'un ouragan ou d'une tempête majeure. Sur les côtes exposées, les ondes de tempête sont souvent accompagnées de grandes vagues. Les ondes de tempête peuvent se produire rapidement et ne laisser que très peu de temps pour se préparer.

Ces vagues peuvent induire une submersion marine temporaire dans la zone côtière mais qui est réversible.

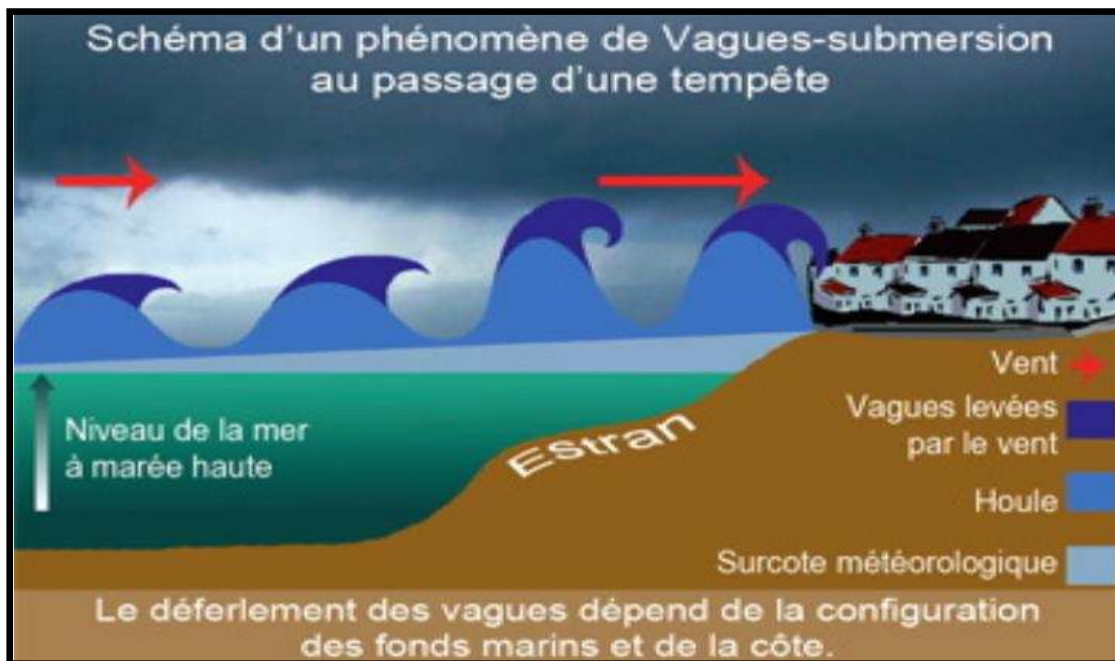


Figure 13 : Schéma d'un phénomène de vagues-submersion au passage d'une tempête (BRGM, 2005)

3.2. Les événements historiques qui confirment l'exposition du littoral d'Alger aux ondes de tempêtes et de submersion marine

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

Tableau 7: Les événements historiques des ondes de tempêtes et de submersion marine sur le littoral algérois.

Lalaoui – Hechiche, L. (2014).

Date	Source	Description
25 octobre 1541	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 de 140 navires sont fracassés sur la côte 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	CIHEAM - 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 Sablettes.

4. Qualification de l'aléa submersion marine : les surcotes à considérer en 2030

Les submersions marines touchent surtout les zones basses à proximité du littoral. Elles concernent n'importe quel type de côte, qu'elle soit exposée ou non. Les pourtours de la Mer Méditerranée ou de la baie d'Alger ont ainsi déjà été le théâtre de submersions. Les inondations dues au phénomène peuvent atteindre plusieurs mètres de haut et envahir le littoral sur plusieurs kilomètres à l'intérieur des terres. A proximité des zones littorales, l'écoulement des cours d'eau se fait ralentir, voire stopper, ce qui génère des débordements. Les dégâts peuvent être fortement aggravés en cas de violentes rafales de vent, de grosses pluies, de crues concomitantes et pour les communes du Mohammadia et Hussein dey, cette situation est envisageable. (Lalaoui – Hechiche, L, 2014).

4.1 Les facteurs aggravants la submersion marine dans la zone d'étude

L'intensité de la submersion dépend aussi fortement de la configuration des fonds marins, de l'estran (zone couverte et découverte par la marée) et des caractéristiques géographiques des côtes. L'analyse des fonds jusqu'à 30 m au niveau de la zone centrale de la baie d'Alger, montre une morphologie sous-marine régulière sans accident majeur, avec une pente moyenne de 1% dans la zone centrale (CNERU, 2004). La diminution de la profondeur de la mer à l'arrivée sur la côte fait que l'énergie des vagues se transforme en surélévation du niveau d'eau.

L'orientation de la côte au niveau de notre cas d'étude par rapport à la direction de propagation de la houle et des vagues va induire des courants littoraux très importants avec des variations de direction significatives qui amplifiera l'intensité de la submersion de cette zone.

L'élévation du niveau de la mer aura des conséquences plus graves selon les caractéristiques spécifiques de la zone d'étude. En effet, la combinaison de processus locaux d'érosion et de phénomènes de subsidence (phénomène pas suffisamment étudié, mais qu'on peut appréhender dans notre site d'étude du fait de son insertion dans la zone d'embouchure de l'oued El-Harrach...) peut provoquer d'importantes inondations. La simultanéité de ces phénomènes aggrave la submersion, accroît les débordements et permet à la mer d'atteindre des zones jusqu'aujourd'hui abritées. La gravité de ces débordements varie en fonction de la hauteur d'eau atteinte, des volumes entrants et de la vitesse d'écoulement des eaux. (Lalaoui – Hechiche, L, 2014). (Modifié).

4.2. Les scénarios possibles de submersion marine dans le secteur d'étude

Afin d'essayer d'évaluer l'effet de la surcote, une hauteur d'eau a été évaluée selon trois scénarios définis à partir des hauteurs de références pour la mer méditerranée (AUGIER, Henry, 1973).

- Les vagues moyennes de 3 m

- Les vagues de tempêtes avec une hauteur de 5 m
- le plus haut niveau qui est l'événement historique « exceptionnel » avec des vagues de 9 m.

Il en découle 3 scénarios d'aléa de submersion marine dans la zone d'étude (Lalaoui – Hechiche, L, 2014) :

Scénario 1 :

Tableau 4 : Caractéristiques des niveaux d'eau, en tenant compte de vagues moyennes

secteur	amplitude moyenne de la marée	Hauteur de vagues moyennes	Niveau extrême Actuel proposé	surcote constituant la prise en compte du changement climatique	Niveau extrême En 2030
Centre de la baie d'Alger	50 cm	+3m	+3,50	20 cm	+ 3,70

Scénario 2 :

Tableau 5: Caractéristiques des niveaux d'eau, en tenant compte de vagues de tempêtes

secteur	amplitude moyenne de la marée	Hauteur de vagues de tempêtes	Niveau extrême Actuel proposé	surcote constituant la prise en compte du changement climatique	Niveau extrême En 2030
Centre de la baie d'Alger	50 cm	+5m	+5,50 m	20 cm	+ 5,70 m

Scénario 3 :

Tableau 6 : Caractéristiques des niveaux d'eau, en tenant compte d'un évènement exceptionnel

secteur	amplitude moyenne de la marée	Hauteur de vague de tempêtes exceptionnelle « l'évènement historique le plus fort connu »	Niveau extrême Actuel proposé	surcote constituant la prise en compte du changement climatique	Niveau extrême En 2030
Centre de la baie d'Alger	50 cm	+9m	+9,50 m	20 cm	+ 9,70 m

Des simulations sur modèle réduit permettent de déterminer le degré d'exposition du territoire communal selon leur altimétrie dans les différents cas de figure.

5. La détermination de la topographie (altimétrie) des territoires

La zone littorale est le lieu d'incessants changements de topographie et de bathymétrie dans laquelle les échanges de sédiments entre l'océan et le continent s'effectuent. Les moteurs de ces échanges agissent à différentes échelles de temps et d'espace. Pour ce qui concerne les facteurs océaniques, ce sont essentiellement les vagues, les marées, les courants, et la variation des niveaux d'eau à la côte, gouvernés par le changement des conditions météorologiques (action des tempêtes par exemple). A ces facteurs, s'ajoute un effet tectonique qui agit sur une période de temps beaucoup plus longue pour abaisser ou relever le continent. En zone sableuse, les échanges sédimentaires entre le continent et l'océan modifient la géométrie de la côte qui peut avancer ou reculer. Ces déplacements modifient la topographie et la bathymétrie de la zone littorale et doivent donc être suivis pour d'une part, en comprendre les mécanismes, d'autre part, prévenir les risques éventuels lorsque ces modifications menacent les activités anthropiques (exemple de l'érosion des plages). Il est donc nécessaire de suivre la topo-morphologie de l'ensemble de la zone littorale (dune, plage intertidale, et plage sous-marine) dans le cadre de la prévention des risques côtiers. (COCOCRISCO, 2014).

Le suivi de la topographie peut être réalisé suivant deux types d'indicateurs morphologiques que sont les « profils topographiques » et les « modèles numériques de terrain » (MNT).

Ces représentations numériques de la topographie sont caractérisées par leur résolution spatiale et leur précision altitudinale. Elles varient selon les méthodes de recueil mises en œuvre.

5.1. Modèle numérique de terrain

Une représentation de la topographie en trois dimensions basée sur la méthode d'interpolation qui permet de construire un maillage de points topographiques régulier à partir d'un levé de points répartis de façon aléatoire sur le terrain.

Pour notre présent travail, on a fait recours à un MNT gratuit et téléchargeable sur internet de (ASTER GDEM) ASTER ("Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer") et le GDEM (Global Digital Elevation Model).

L'utilisation de ce MNT pour déterminer l'impact de la submersion marine sur le milieu littoral s'avère inutile et ceci est peut être expliquée par sa résolution faible.

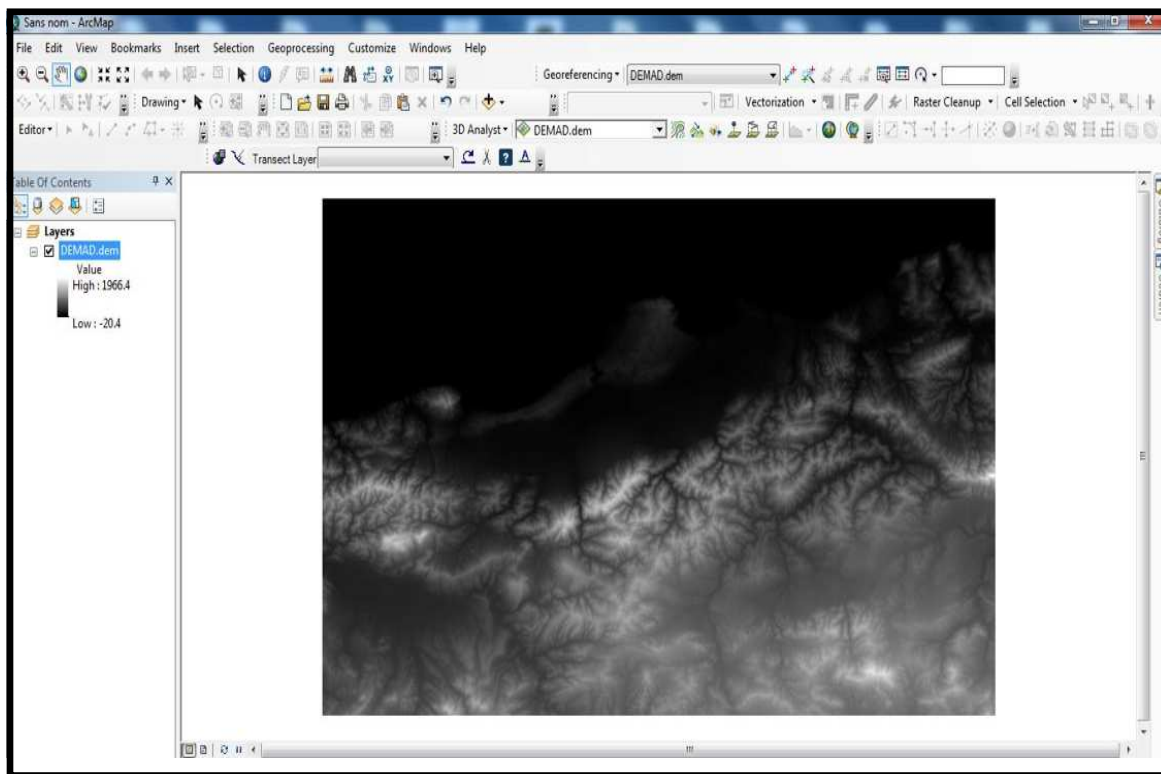


Figure 14 : Modèle numérique du terrain de la zone d'étude (Aster Gdem, 2014)

5.2. Profils topographiques

Ces profils sont décrits par des ensembles de points décrits par leurs coordonnées dans le plan (coordonnées planaire en X et Y) et par leur altitude (coordonnées verticale en Z). La représentation

de ces profils donne une idée de la topographie de la zone côtière à un instant donné et de son évolution au cours du temps.

Plusieurs méthodes sont utilisées pour mettre en œuvre cette topographie côtière telle que l'utilisation du Théodolite, DGPS.

5.2.1. Mesure par GPS différentiel (DGPS)

Le système de positionnement global, Global Positioning System (GPS), développé par le département de la défense américain et déployé depuis les années 1980, permet de connaître par tout temps et en tout point du globe une position géographique précise (jusqu'au centimètre selon les appareils utilisés).

Lors de l'élaboration de ce travail, j'ai bénéficié d'une formation de familiarisation avec l'appareil (DGPS) et ceci dans le cadre d'une sortie des agents de l'agence de protection et de promotion du littoral (APPL) au niveau de la plage de piquet blanc (Hussein dey).

Il est possible d'obtenir une précision de position différentielle supérieure à 10 mètres à l'aide du DGPS en n'utilisant que les signaux du service de positionnement standard.

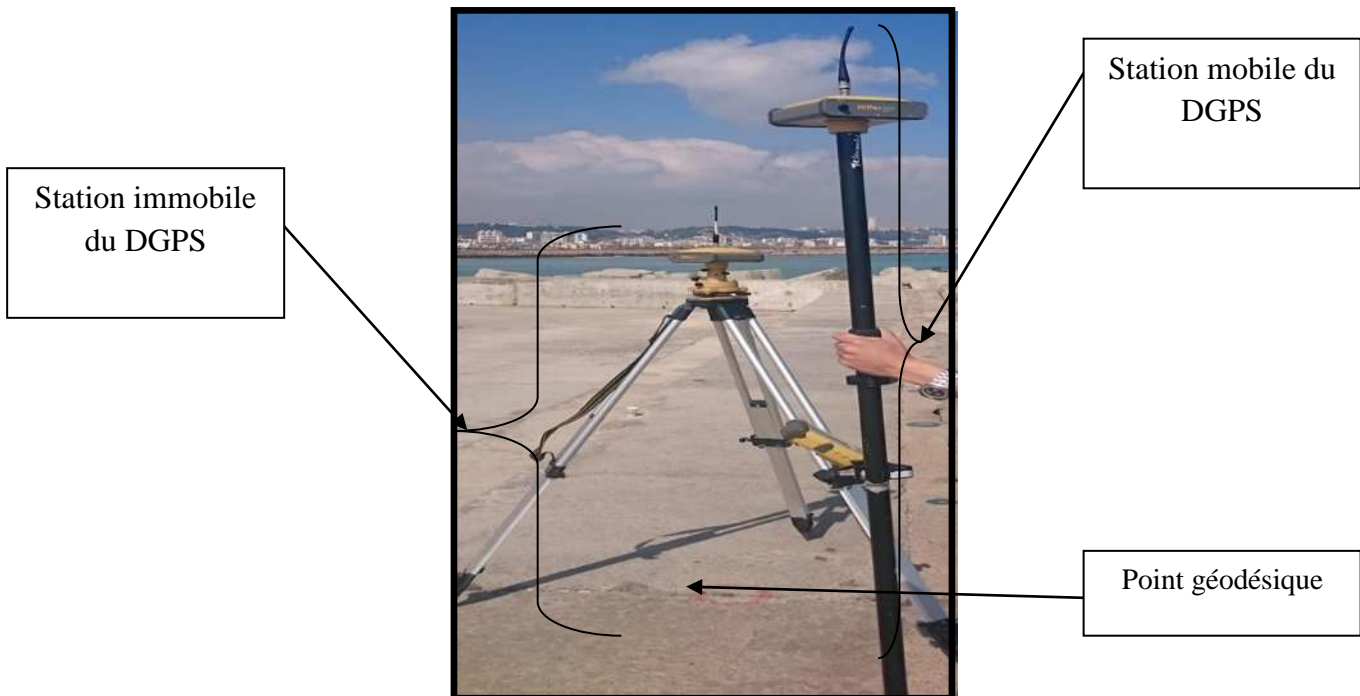


Photo 6: mise en place du DGPS

5.2.2 .Théodolite

Un théodolite est un instrument de géodésie complété d'un instrument d'optique, mesurant des angles dans les deux plans horizontal et vertical afin de déterminer une direction. Il est utilisé pour réaliser les mesures d'une triangulation : mesure des angles d'un triangle. C'est un instrument essentiel en topographie et en ingénierie. Un théodolite est une lunette montée sur les deux axes vertical et horizontal. Chacun des axes est équipé d'un cercle gradué permettant les lectures des angles. Dans le but de déterminer le profil de la plage de piquet blanc (Hussein dey), on a réalisé des levés terrain à l'aide du théodolite.

Vue que la plage est petite on a réalisé quartes profils contenant 12 points dans leur positionnement est localisé à l'aide de GPS.

La plage de piquet blanc : Ce littoral long de 5400m, entre le port d'Alger et le débouché de l'oued El Harrach est limitrophe d'infrastructures structurant comme la route de la Libération Nationale. (PAC, 2005).



Photo 8 : installation et la prise des coordonnées du théodolite.



Photo 9 : photo du GPS utilisé pour les levés terrains.

Les résultats obtenus sont représentés dans un tableau récapitulatif (voire Annexe).



Figure 23 : les profils de plage de piquet blanc

Tous les profils réalisés montrent la douceur de la pente de la plage et des élévations qui ne dépassent pas le 1.90 m par rapport au niveau de la mer ce qui favorise la submersion marine.

Chapitre 5 :
Approche de la
vulnérabilité

1. Approche de la vulnérabilité

La vulnérabilité territoriale permet d'identifier les espaces susceptibles de subir des dommages importants mais aussi les lieux à partir desquels 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 stratégiquement, qu'à l'occurrence d'un aléa. (Dauphiné et Provitolo, 2013).

Dans notre présent mémoire on va essayer d'aborder cette approche selon trois axes principaux qui sont la vulnérabilité physique, institutionnelle et sociétale.

2. La vulnérabilité physique

2.1. L'application de l'indice de vulnérabilité côtière (CVI) sur la zone d'étude (M. K. Mihoubi, R. Belkessa, and M. A. Latreche, 2014)

Le CVI définit par Gornitz et al. 1994, une méthode empirique utilisée largement par United States Geological Survey (USGS).

Rappelons que cet indice peut être utilisé pour identifier les zones à risque et les personnes les plus vulnérables à une élévation du niveau de la mer à partir de la combinaison simultanée de six variables liées au risque. Selon la relation suivante:

$$ICV = \sqrt{\frac{1}{6}(a*b*c*d*e*f)}$$

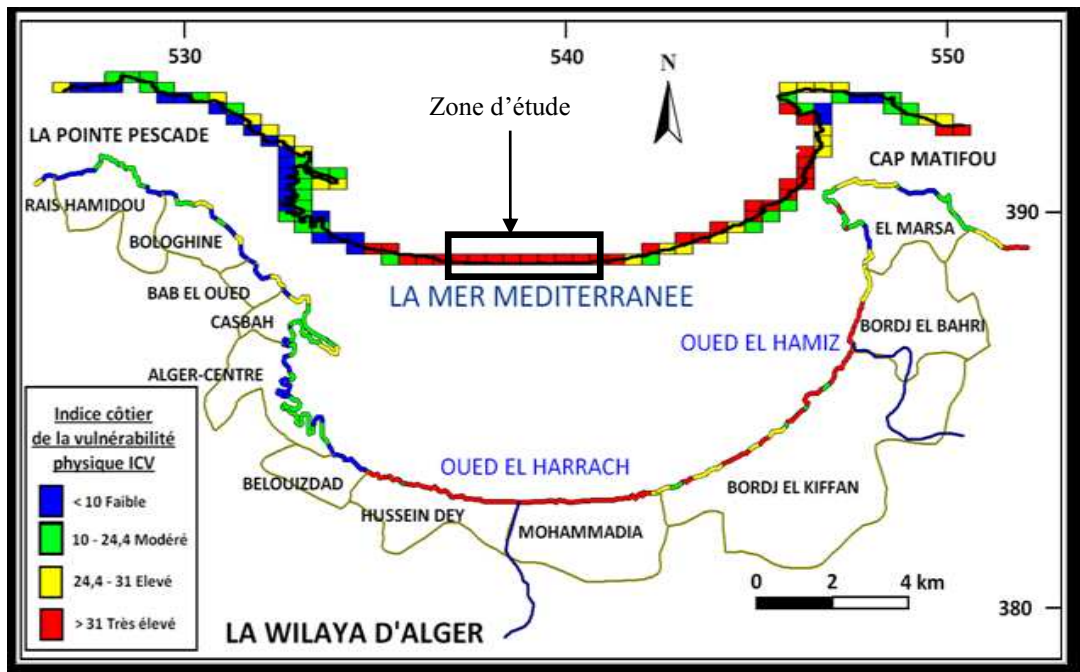
- a: la variable géomorphologique,
- b: pente côtière,
- c: taux relatif de l'élévation du niveau de la mer,
- d: évolution du littoral,
- e: marnage moyenne,
- f: hauteur moyenne des vagues.

Les variables en raison de leur utilisation dans la mesure du risque pour la côte. Elles sont classées selon une échelle linéaire de 1 à 5, et dans un ordre croissant de vulnérabilité valeur de 1 correspondrait à un risque très faible et 5 à un risque très élevé.

Quatre classes de risque sont déterminées par la suite:

- 1) Indice faible: faible risque sont inférieurs à 10.
- 2) Indice modéré: plage de risque modéré entre 10 et 20.
- 3) Indice élevé: risque élevé sont entre 20 et 30.
- 4) Indice très élevé: risque très élevé sont supérieurs à 30.

Cet indice ne prend pas en compte les variables socioéconomiques et considère que toutes les variables physiques ont la même influence sur la vulnérabilité côtière. Ces deux hypothèses traduisent le caractère indicatif du CVI et peuvent être considérés comme des limites de sa fiabilité.



Carte 23 : Indice de vulnérabilité des zones côtières (CVI) pour la côte de la baie d'Alger. (M. K. Mihoubi et al., 2014).

La vulnérabilité du rivage communal d'Hussein Dey, Mohammedia, Bordj El Bahari et Bordj El Kiffan est très élevée, cela est principalement dû à la morphologie de ces zones. La structure des plages (dépôts et accumulations sableuses) et une topographie côtière à pente généralement très faible, rendent la côte plus vulnérable à l'érosion et les inondations du sol. La vulnérabilité est plus forte à l'embouchure de l'Oued El Harrach et Wadi El Hamiz en raison de l'absence de protection efficace. (M. K. Mihoubi et al, 2014). (Modifié)

2.2 Détermination du niveau de risque par rapport à la submersion marine

Une étude sur la vulnérabilité et l'adaptation de la Wilaya d'Alger au changement climatique et aux risques naturels a été établie a Alger lors Réunion de sensibilisation 9 avril 2013. Dont la première phase a porté sur l'évaluation et la représentation des sources de vulnérabilité d'érosion et de submersion marine.

Pour l'évaluation de la submersion marine il a été proposé la matrice suivante pour évaluer ce risque d'inondation marine.

Tableau 11 : Matrice d'évaluation du risque de submersion marine.

		Enjeux		
		Faible	Moyen	fort
Aléa submersion marine	faible			
	moyen			
	fort			

	Risque faible
	Risque moyen
	Risque fort



Figure 16 : représentation du risque de submersion marine de la côte algéroise (BRGM, 2013).

Le risque de submersion apparaît 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. A 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. (BRGM, 2013).

La zone de l’embouchure d’oued El Harrach apparaît comme une zone du risque élevé par rapport à l’aléa de submersion marine et cela est peut être expliqué par rapport à la morphologie de la zone qui est considéré de point de vue morphologique comme zone basse.

Tableau 08 : Linéaire de littoral de la wilaya d’Alger concerné par classe de risques (en %) en 2013 (BRGM, 2013).

	fort	Moyen	faible
Risque d'érosion	22.4%	62.2%	15.4%
Risque de submersion marine	13.1%	73.6%	13.3%

Tableau 09 : Linéaire de littoral de la wilaya d’Alger concerné par classe de risques (en %) à l’horizon de 2030 (BRGM, 2013).

	fort	Moyen	faible
Risque d'érosion	29.5%	56.6%	13.9%
Risque de submersion marine	15.2%	71.5%	13.3%

- Augmentation de 7% du risque érosion fort à l’horizon 2030.
- Augmentation de 2% du risque de submersion fort à l’horizon 2030.

2.3 La vulnérabilité côtière du littoral des deux communes Hussein dey et Mohammadia

Tableau 14 : Vulnérabilité des deux communes Hussein dey et Mohammadia par rapport aux aléas d’inondation et de submersion marine. (Lalaoui – Hechiche, L, 2014)

Inondation et submersion marine

	Données topographiques	Tissu urbain bas	Projet de la baie d'Alger	Présences d'installation à grand risque technologique	Zone d'embouchure Zones les plus vulnérable au phénomène	Insertion de grand projet et Nouvelle centralité	Passage de tramway	Passage du métro	Tissu urbain vulnérable	Σ enjeux	Vulnérabilité actuelle 2012	Vulnérabilité en 2030
Hussein dey	Morphologie littorale basse plage « érosion marine » 1	1	1	Station Naftec 1	Embouchure d'oued Kniss Embouchure d'oued el Harrach 1	Nouvelle centralité 1	1	1	1	9	Vulnérable	Très vulnérable
Mohammadia	Morphologie littorale basse plage « érosion marine » 1	1	1	0	Embouchure d'oued el Harrach 1	La grande mosquée d'Alger et Alger médina 1	1	0	1	7	Vulnérabilité moyenne	vulnérable

La zone centrale de la baie est particulièrement vulnérable aux inondations et à la submersion marine, elle est soumise actuellement à des fortes pressions liées à l'accélération de la croissance urbaine .D'autre part, la ville abrite beaucoup de structures empiétant sur des zones inondables.

3. Vulnérabilité institutionnelle :

3.1. Définition

C'est une vulnérabilité en relation avec la réglementation, les politiques publiques, les instruments et les structures impliquées directement ou indirectement dans la gestion des risques environnementaux. Elle englobe aussi les aspects, les dispositifs et les mesures qui visent principalement l'identification et l'évaluation des risques, leur gestion au sens de la protection civile, et des questions de responsabilités et d'indemnisation des dommages.

Le plan national de prévention des catastrophes et d'organisation des interventions de secours, a recensé et identifié 14 risques : 7 d'origine naturelle et 7 d'origine industrielle. Dans la typologie des risques naturels, on peut citer : le séisme, les inondations, les vents violents, la sécheresse, les feux de forêts, les mouvements de terrains et le risque acridien (KERDOUN, 2011). On remarque bien que le risque de submersion marine n'est pas pris en compte.

3.2. Les insuffisances des textes existants accentuent la vulnérabilité institutionnelle

Globalement, les textes réglementaires existants ne mentionnent pas des dispositions explicites, en rapport avec le risque de submersion. Du coup on ressent un manque flagrant en matière de prise en charge juridique de ce phénomène. Les tableaux ci-dessous indiquent l’indigence flagrante des politiques publiques dans le domaine du risque côtier et relatent la fragilité de la vulnérabilité institutionnelle, qui en résulte.

Selon (Lalaoui – Hechiche, L, 2014) (modifié) :

a) Politique de protection du littoral

Tableau 11 : vulnérabilité institutionnelle par rapport à la politique de protection du littoral

Textes	Acteurs	Impact sur la vulnérabilité
Loi 02-02 du 05/02/2002 relative à la protection et la valorisation du littoral.	Le ministère de l’aménagement du territoire et de l’environnement (MATEV)	Les zones côtières les plus exposées et les plus sensibles aux risques submersion ne sont nulle part mentionnées dans le texte.
Décret exécutif n° 04-113 (Plan d'aménagement côtier)	Commissariat National du Littoral (CNL) Etablissement Public à caractère Administratif	Absence de prescription d’un Plan de Préventions des Risques – Submersion Marine (PPR-SM) pour toutes les communes littorales.

b) Politique de gestion foncière

Tableau 12 : vulnérabilité institutionnelle par rapport à la politique de gestion foncière

Textes	Acteurs	Impact sur la vulnérabilité
Loi 87-19 de 1987 sur le mode d'exploitation des terres agricoles	L'AGERFA, agence de gestion et de régulation foncière d'Alger placée sous l'autorité du wali	L'hyper centre d'Alger, où la vulnérabilité est la plus forte est marqué par une grande attractivité. Forte demande sur le foncier littoral qui est marqué par une grande spéculation. La valeur du terrain conduit à des aménagements pied dans l'eau pour amortir le prix du foncier, en ne tenant pas compte du risque de submersion marine

c) Politique de décentralisation et d'intercommunalité

Tableau 13 : vulnérabilité institutionnelle par rapport à Politique de décentralisation et
d'intercommunalité.

Textes	Acteurs	Impact sur la vulnérabilité
Loi 90-08 du 7/04/90 relative à la commune Loi 90-09 du 7/04/90 relative à la wilaya.	Wilaya d'Alger	Non identification des responsabilités et confusion des compétences entre les acteurs dans la prévention et gestion des risques.

d) Politique de planification urbaine

Tableau 14 : vulnérabilité institutionnelle par rapport à la politique urbaine.

Textes	Acteurs	Impact sur la vulnérabilité
Loi 90-29 du 1/12/90 relative à l'aménagement et l'urbanisme	Initiative et suivi des PDAU et POS par les APC et leur président	Utilisation insuffisante de la notion d'inconstructibilité pour cause de risque.

e) Politique d'urbanisme et d'usage des sols

Tableau 15 : vulnérabilité institutionnelle par rapport à la politique d'urbanisme et d'usage du sol.

Textes	Acteurs	Impact sur la vulnérabilité
Loi 90-29 du 1/12/90 relative à l'aménagement et l'urbanisme	Le Wali et ses services	Développement de certains quartiers sur les zones vulnérables et les zones à risque et en particulier des risques côtiers, en contradiction avec les normes de planification et d'organisation urbaine.

f) Politique de gestion des risques

Tableau 16 : vulnérabilité institutionnelle par rapport à la politique de gestion du risque.

Textes	Acteurs	Impact sur la vulnérabilité
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	Délégation nationale aux risques majeurs	Sensibilisation insuffisante de la population et des responsables des politiques d'aménagement et d'urbanisme à la question des risques.

<p>Arrêté interministériel 15 12-2007 portant sur la création de l'ANCC</p>	<p>Agence Nationale des Changements Climatiques (ANCC)</p>	<p>L'intégration des changements climatiques n'est pas maîtrisée et l'échelle urbaine n'est pas prise en charge</p>
---	--	---

4. Vulnérabilité Sociétale

4.1. Définition

Elle est essentiellement traitée sous la forme de retours d'expérience sur les réponses, les adaptations, les comportements face aux événements dommageables et leurs conséquences socio-économiques et territoriales. Les recherches la concernant s'inscrivent aussi dans une démarche d'évaluation des risques lorsque les auteurs cherchent à diagnostiquer la vulnérabilité humaine en étudiant la qualité de la perception des menaces ou de la mémoire, la connaissance des moyens de protection, les types de comportements potentiels, etc. Dans l'expérience française, les études de ce type ont conduit à des cartographies utiles pour définir des stratégies de prévention prenant en compte la dimension psycho-sociale des risques. (Hénaff, 2005).

4.2. Les acteurs à impliquer pour l'approche de la vulnérabilité sociétale

Dans un premier temps, il s'agit d'identifier toute personne susceptible d'être concernée, directement ou indirectement, par le phénomène de submersion marine. (COCORISCO, 2014).

Sans chercher à établir une liste exhaustive, il est possible de citer au niveau d'une commune :

- Les gestionnaires de la commune (le maire, les adjoints, les membres des services techniques...)
- Les habitants d'une commune ou les « simples » passants (les touristes, les promeneurs...);
- Les commerçants, les artisans, les professionnels en général.

A une échelle plus large que la commune, apparaissent également :

- Les gestionnaires, techniciens et politiques à l'échelon intercommunal, départemental, régional, national voire international ;
- Les scientifiques (économistes, ethnologues, géographes, géologues, juristes, psychologues sociaux ou environnementaux...) qui développent des méthodologies de recueil de données et construisent des connaissances qui sont éventuellement transférées aux usagers ou gestionnaires ;
- Toute autre personne non directement concernée par une commune mais impliquée dans la gestion ou ayant un intérêt pour un ensemble de sites sensibles aux risques côtiers.

4.3. L'importance de s'intéresser à la dimension sociétale

S'intéresser aux « gens » c'est important car ce sont eux qui sont susceptibles de subir les risques, de vivre avec, ce sont eux qui peuvent les étudier, développer des stratégies pour y faire face. En d'autres termes, ces personnes sont susceptibles, à un moment donné, d'être concernées par la gestion des risques côtiers, soit parce qu'elles devront y faire face en situation de crise, soit pour les prévenir ou s'y adapter.

En ce sens, ces « gens » peuvent se sentir concernés ou non, peuvent prévenir ou agir envers le risque ou non, s'y intéresser ou non, mais quelle que soit leur prise de position par rapport au risque, ces personnes ont en commun d'être en lien, direct ou indirect, avec le risque ou le territoire concerné. (COCORISCO, 2014).

4.4. Les enquêtes, méthode pour mettre en œuvre la perception du risque de submersion marine :

Pour appréhender la manière dont les personnes se représentent les risques, il existe une multitude d'outils. Les plus couramment utilisés sont l'entretien semi-directif individuel et le questionnaire mais d'autres techniques telles que l'observation *in situ*, l'entretien collectif focalisé, la carte mentale, la cartographie comportementale voire l'expérimentation peuvent être utilisées. Quel que soit l'outil choisi pour le recueil de données, il doit être construit en fonction des objectifs de l'étude et des particularités du terrain.

Afin de visualiser la perception du risque de submersion marine au niveau du secteur d'étude, une petite enquête sur terrain était l'objectif de ma sortie au niveau de la promenade du Sablettes le 16/05/2016.

La cible de l'enquête était l'un des acteurs de la zone qui sont les promeneurs. Dans ce travail on a pu enquêter 30 promeneurs de deux sexes, dont l'âge était de 20 ans à 40ans.

Le sondage était simple dont la question posée était sur les différents risques naturels qui peuvent affecter la zone sous la forme du canevas suivant :

Tableau 17 : canevas destiné au sondage de perception du risque de submersion marine. (voire Annexe)

Nom et Prénom	âge	Submersion marine	Erosion côtière	Risque de Tsunami



Photo 10 : prises lors du sondage.

Les résultats du sondage sont présentés par le graphe suivant :

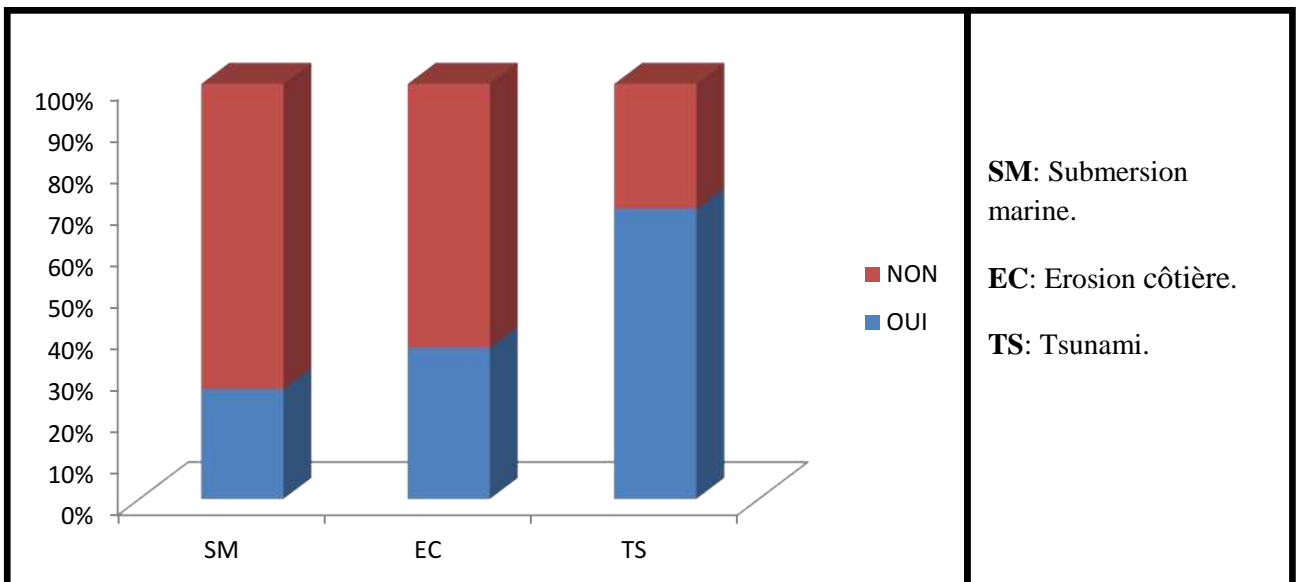


Figure 27: graphe représentatif du sondage de perception des risques côtiers.

Les résultats ont montré une inconscience presque totale du risque de submersion marine dont plus de 70 % des promeneurs ont répondu NON pour la question de connaissance du risque en question .

La conscience du risque d'érosion côtière est aussi non reconnue par les promeneurs contrairement au risque de tsunami dont la conscience dépasse les 70% de personnes ciblées par le sondage.

L'ignorance de l'aléa de submersion a un impact direct sur l'aggravation de la vulnérabilité humaine, et ceci nous conduit directement à une nécessité de sensibilisation des différents acteurs.

Chapitre 6 : Approche d'enjeux

1. Définition des 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.

Si l'on considère les enjeux comme ce que l'on risque de perdre (D'Ercole and Metzger, 2011), on comprend qu'en l'absence de personnes ou de biens exposés à un aléa, il n'y a pas de risque.

Dans une perspective de prévention et de gestion des risques, les enjeux constituent par conséquent, au même titre que les aléas, un élément central de la vulnérabilité des territoires : il est donc essentiel de les définir, de les identifier voire, lorsque cela est possible, de les qualifier ou de mesurer leur vulnérabilité.

2. Les types d'enjeux

Enjeux humains, liés à l'exposition des individus, dont découle une situation de mise en danger qui, parce qu'elle est considérée comme inadmissible, doit faire l'objet d'un traitement prioritaire. Elle repose sur la vulnérabilité particulière de certaines catégories de population, en fonction de leur âge et/ou de leur mobilité par exemple. Mais elle dépend également des situations, aménagements et équipements qui potentiellement par leurs caractéristiques sont susceptibles d'accroître la vulnérabilité des personnes à un aléa.

Enjeux matériels, pour lesquels on peut différencier des risques de pertes tangibles, directement mesurables par une valeur monétaire de l'objet endommagé ou le coût de sa remise en état, et les pertes intangibles, qui recouvrent tout ce qui n'a pas de valeur économique d'échange tel un écosystème, un espace récréatif ou un bien culturel.

Enjeux opérationnels, liés à la gestion de la crise, en situation (voies d'évacuation, sites refuges, infrastructures de secours et de commandement, activités ou établissements engendrant un risque supplémentaire ou « effet domino ») ou *a posteriori* (ressources en eau, accès à l'énergie, santé et salubrité, etc.).

3. Les conséquences de l'aléa de submersion marine sur les enjeux

Tableau 18 : impact de la submersion marine sur les différents enjeux

Enjeux	Inondations littorales ou submersion marine
Enjeux Humains	Risque humain direct en relation avec l'intensité de l'aléa

Enjeux Physiques	Elevé
Enjeux économiques	Risque économique très élevés

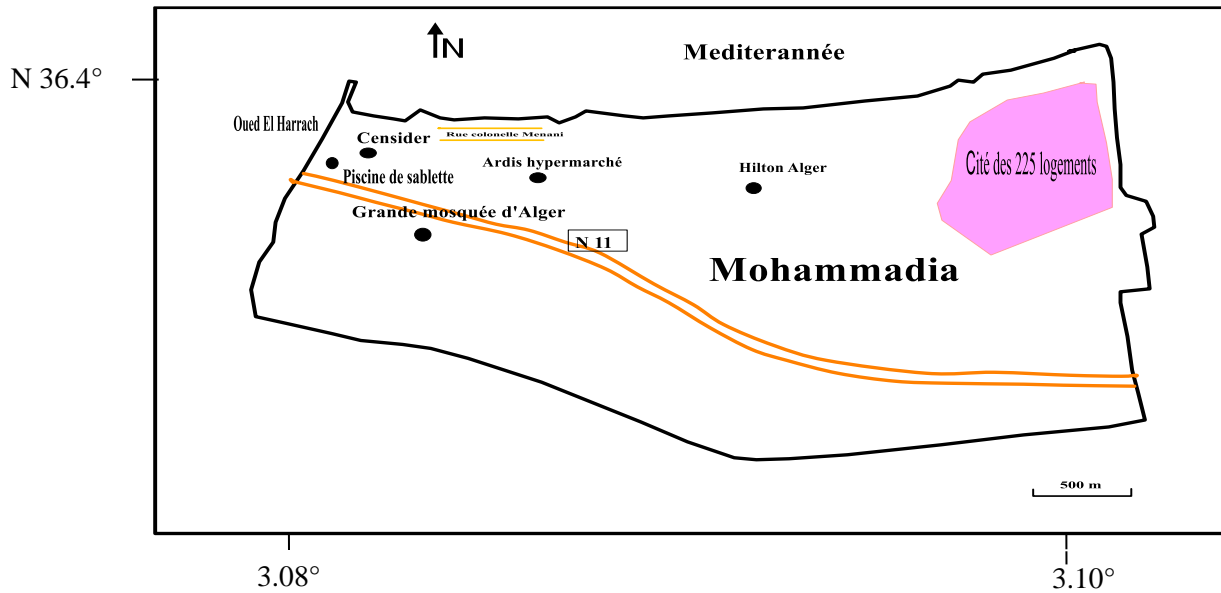
4. Les enjeux exposés au risque de submersion marine à l’horizon de 2030

Tableau 19 : Les enjeux identifiés selon l’occupation au sol en 2030 associés aux aléas côtiers (Lalaoui Hechiche, L, 2014).

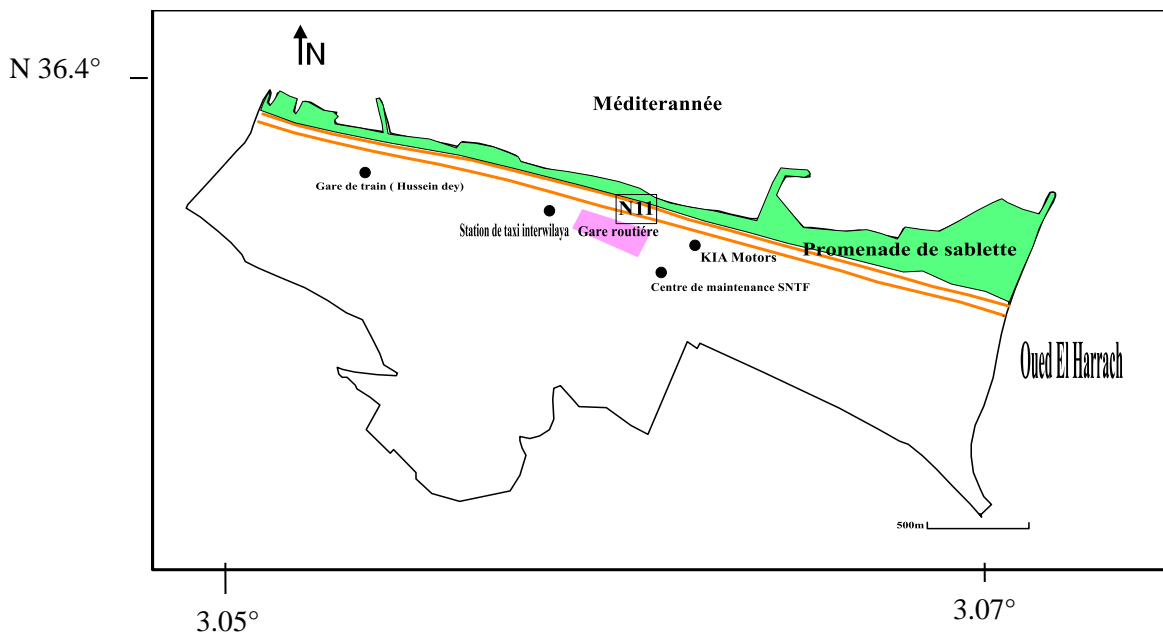
Enjeux	Occupation au sol	Risque		
		Hauteur de submersion 3.7 m	Hauteur de submersion 5.7 m	Hauteur de submersion 9.7 m
Zone d’habitat	denses		*	*
	Moyennement denses		*	*
Equipements	Grande bibliothèque	En partie	*	*
	Opéra	*	*	*
	Palais des sports		En partie	*
	Aquarium d’Alger méditerranéum		*	*
	Grande mosquée d’Alger		En partie	*
Equipements sensibles (équipement sociaux)	Station multimodale		*	*
Unité écologique	érosion et disparition de Plages	*	*	*
Principale infrastructure	Route nationale	En partie	*	*
	Voie de chemin de fer		En partie	*
	Ligne de métro		En partie	*
	Ligne de tramway			En partie
	Ligne de bus de haute qualité de service	En partie	*	*
	Station de dessalement	*	*	*
	Station électrique	*	*	*
	Gazoduc	*	*	*
Oléoduc	*	*	*	

* : zone inondée

5. Cartographie des enjeux physiques susceptibles d'être exposés à l'aléa de submersion marine dans le secteur d'étude



Carte 24 : les enjeux physiques de la zone côtière de Mohammadia



Carte 24: les enjeux physiques de la zone côtière de l'Hussein dey

Conclusion

Des investigations et de la réflexion que nous avons essayé de mener sur le risque de submersion en baie d'Alger, il en ressort deux conclusions essentielles.

- Au niveau académique et à celui des études d'expertise, les travaux effectués jusque-là ont plus ou moins cerné la vulnérabilité par rapport à cet aléa selon une approche physique et technique. Les études de ce risque côtier n'ont pas réellement intégré les composantes liées aux enjeux et aux réponses qui lui sont données sur le plan de la gestion urbaine : ses aspects institutionnels, réglementaires, patrimoniaux et ses représentations tant au niveau des gens qu'à celui des gestionnaires, sont encore largement négligés.
- La réflexion systémique et prospective, pourtant fondamentale pour ce risque côtier, n'a jamais été menée. Du coup les actions d'aménagement, en cours ou en projets en baie d'Alger, ont très largement éludé cette question.

Un ensemble de vulnérabilités sont identifiées par rapport au risque de submersion marine dans notre secteur d'étude. Une vulnérabilité physique directement liée aux des données naturelles du site d'étude et une vulnérabilité institutionnelle résultante des failles juridiques au niveau des textes et lois qui ne prennent pas en compte ce risque menaçant dans la zone.

Les différents acteurs qui sont une composante essentielle pour la gestion et la perception du risque de submersion marine présentent une inconscience et une ignorance totale de cette vraie menace.

Les risques de submersion marine ont été estimés à un niveau faible en 2012 par le PDAU d'Alger. Après analyse des événements historiques, et de la morphologie littorale, cette partie du littoral est exposée à des risques importants de submersion marine, où les ondes de tempête peuvent faire pénétrer l'eau de mer à l'intérieur de la ville avec des graves conséquences. Il y a des fortes chances pour que les tempêtes, aggravées par l'élévation du niveau de la mer, causent des dommages au front de mer, ce qui propagerait le risque de submersion marine à d'autres zones.

Devant tous ces points une gestion intégrée de ce risque s'avère indispensable, une gestion qui prendra au sérieux ce risque et analysera et évaluera ses impacts à moyen et long terme non seulement sur notre secteur d'étude mais aussi toutes la baie d'Alger et le littoral algérien.

Dans cette gestion il est nécessaire de combiner et d'associer l'ensemble de composantes du risque de submersion marine ayant un impact direct ou indirect, positif ou négatif sur la vulnérabilité systémique qui apparait comme le moyen le plus efficace pour une gestion durable, cette

vulnérabilité systémique sera alimenté par les différents types de vulnérabilités déjà identifiés auparavant.

Un ensemble de moyens humains et non humains doivent être mis en disposition des gestionnaires, tel que l'établissement d'un modèle numérique du terrain (MNT) précis du rivage afin d'évaluer l'ampleur en termes de superficies touchées par la submersion marine, et d'autre part la mise en place des réseaux de surveillance ce qui va permettre d'élaborer une base des données qui sera une source d'information pour la gestion de ce risque qui menace nos côtes.

La sensibilité des différents acteurs par rapport à cet aléa côtier et la création des plans de prévention de submersion marine sont deux moyens fiables pour réduire l'impact de ce risque sur les différents enjeux existants en milieu côtier.

Par rapport à notre zone d'étude, la partie relevant de la commune d'Hussein dey est devant un fait accompli : un ensemble de projets est réalisé sans la prise en compte de ce risque de submersion. Pour ce qui concerne la commune de Mohammadia, les projets d'aménagement ne sont pas encore lancés. Leurs promoteurs doivent intégrer dans leur conception les contraintes liées au phénomène de submersion à différentes échelles temporelles. Ceci va permettre de corriger certains paramètres pour que ces installations s'adaptent à l'élévation des niveaux d'eaux et à la présence des tempêtes qui risquent de s'accroître de plus en plus du fait du changement climatique global.

Pour les aménagements qui sont déjà installés, des études d'adaptation par rapport aux changements climatiques en général et l'élévation du niveau de la mer en particulier seront la meilleure procédure pour réduire les impacts néfastes de ces changements globaux qui touchent les côtes de la planète et nos côtes aussi qui ne sont pas à l'abri de ces phénomènes

L'étude que nous avons menée sur ce segment stratégique de la zone côtière algéroise est sûrement perfectible. Avec une meilleure disponibilité du matériel, de logiciel et de données, elle aurait pu être plus élaborée.

La submersion marine est une contrainte qui doit être impérativement intégrée à la conception des aménagements côtiers dans la baie d'Alger. Vu que ses effets ne se font sentir qu'à moyen et long terme, cette question cruciale ne semble pas attirer l'attention des différentes parties prenantes en général et des responsables locaux en particulier.

Le renforcement et l'adaptation des infrastructures déjà installés et la prise en compte de ce risque dans les projets d'aménagements futurs sont les deux meilleures solutions pour affronter ce risque de submersion marine.

Bibliographie

Bibliographie :

ABBAD, K. (2013). *Estimation par les systèmes d'informations géographiques de l'urbanisation dans le domaine littoral algérien (Exemple la Wilaya d'Alger)*. Mémoire de master. Aménagement du littoral. Alger : ENSSMAL, p. 40-50.

ADJER, N.W. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change*. Vol.16, n°3, 268 p.

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. Géomorphologie. Alger : USTHB, p. 62-75.

AGOUMIN, A. (2006). *La Relation entre l'îlot de chaleur urbain, phénomène du changement climatique et la densité du plan bâti : cas de la ville d'Alger*. Mémoire de Magister. Géographie et aménagement du territoire. Alger : USTHB, 82 p.

BACHARI, H. F. (2009). *Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir de l'imagerie satellitaire*. Thèse de doctorat. Sciences de l'Univers et Environnement. Paris : Université du Val de Marne Paris XII, 32 p.

BELABBAS, K. (2015). *Gestion et perception du risque côtier par la submersion dans le projet d'aménagement des 'sablettes' en baie d'Alger*. Mémoire d'ingénieur. Aménagement du littoral Alger : ENSSMAL. 65 p.

BELKESSA, R. (2005). *Les ports d'Alger : ensablement, pollution et dragage des sédiments*. Thèse de doctorat. Géomorphologie. Constantine : Université de Constantine, 97 p.

BENKORTBI, F (2000). *Méthodologie d'intégration de la dimension climatique en urbanisme. Les cahiers de L'EPA U*. Vol. 4, n° 9/10, p. 108-112.

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. Aménagement du littoral. Alger : ENSSMAL, 101 p.

BOUTIBA, A. (2012). *Variations spatio-temporelles de la sécheresse climatique en Algérie nord occidentale. Revue courrier du savoir scientifique*. Vol.5, n°11, p.71-79.

BRGM, (2005). *Étude intégrée de réduction de la vulnérabilité des zones urbaines de la Wilaya d'Alger aux catastrophes naturelles (hors massif de Bouzaréah) : Rapport 1*. Document non publié. Alger : BRGM.

BRGM. (2013). *Étude sur la vulnérabilité et l'adaptation de la Wilaya d'Alger au changement climatique et aux risques naturels, Phase 1 : Évaluation et représentation des sources de vulnérabilité, érosion et submersion marine*. Document non publié. Alger : BRGM.

CAZENAVE, A. (2010). *Contemporary Sea. Level Rise*. Vol.3, n°12, 320 p.

- CHAPIN, F. (2009).** Principles of ecosystem Stewardship: resilience - based Natural resource management in a changing world. *Journal of sea*. Vol.12, n°3, 241 p.
- CNERU. (2004).** Plan d'aménagement côtier, Zone côtière algéroise, la maîtrise l'urbanisation et de l'artificialisation des sols : Plan bleu. Document non publié. Alger : CNERU.
- COCORISCO. (2014).** *Guide méthodologique de gestion du risque d'érosion et de submersion marine*. N° 3. France: Alain Hénaff. p. 10-153.
- COOPER F., MC LAUGHLIN S. (2010).** *Analyse de l'exposition des enjeux assurés aux phénomènes de submersion marine*. N° 5. France : Masson édition. p. 20-56.
- DAUPHINE, A., PROVITOLLO, D. (2013).** *Risques et catastrophes : observer, spatialiser, comprendre, gérer*. N° 2. Paris : Armand Colin. p. 21-47.
- D'ERCOLE, R., METZGER, P. (2011).** Les risques en milieu urbain : éléments de réflexion. *Géomorphologie journal* [En ligne], /12640, [Consulté le 12 Avril 2016]. Disponible sur le web : <echogeo.revues.org>.
- DREAL, L. (2013).** Concepts, cadres et méthodologies pour évaluer la vulnérabilité et les stratégies d'adaptation. *Manuel Winograd*. Vol.7, n°5, 100 p.
- GALLOPIN, G. (2006).** Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*. Vol. 16, n°2, p. 293-297.
- GARRY, G., GRASZK, E., TOULEMONT, M. et LEVOY, F. (1997).** Plans de prévention des risques littoraux (PPR), guide méthodologique. *Risque côtier*. Vol.12, n°3, 54 p.
- GIEC. (2001).** « Bilan 2001 de l'évolution du climat : Incidences, adaptation et vulnérabilité », Contribution du Groupe de travail II au 3ème rapport d'évaluation du GIEC. *Journal de météorologie* [En ligne], échos, [Consulté le 12 Mars 2016], 14560/12. Disponible sur le web : <<http://www.ipcc.ch>>.
- GIEC. (2007).** Impacts: Adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. *Cambridge University Press*. Vol.6, n°3,781 p.
- HENAFF, A., MEUR-FEREC, C. et LAGEAT, Y. (2014).** Changement climatique et dynamique géomorphologique des côtes bretonnes. Leçons pour une gestion responsable de l'imbrication des échelles spatio-temporelles. *European Journal of Geography* [En ligne], [Consulté le 12 Mars 2016], 2608. Disponible sur le web : <cybergeo.revues.org/26058>.
- IFREMER, (2013).** Contribution de la méthodologie et de la technologie géodécisionnelle pour l'aide à l'évaluation des risques naturels dans le secteur de l'assurance en France. *Journal de l'ifremer*. Vol.10, n°5, p. 230-365.

JAUD, M. (2011). *Techniques d'observation et de mesure haute résolution des transferts sédimentaires dans la frange littoral* [En ligne].Thèse de doctorat. Géosciences. Brest : Université de Bretagne Occidentale. Disponible sur le web : <www.theses.fr/2011BRES2014>.

KERDOUN, S. (2011). Projet urbain, comprendre la démarche du projet urbain. *Collection urbanisme*. Vol. 3, n° 2, 120 p.

KHEDIMI, F. et ABDERRAHMANI, K. (2008). *Baie d'Alger : Étude de quelques paramètres de gestion du littoral et apport de la télédétection*. Mémoire d'ingénieur. Aménagement du littoral. Alger : ENSSMAL, p. 56-79.

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. Urbanisme et développement durable. Alger : EPA, p. 60-250.

LARDON, G. ET PIVETEAU, M. (2005). Vulnerability assessment of elements exposed to mass movement: Working toward a better risk perception. *Landslides*. Vol.3, n°3, p.1000-1500.

LE BERRE, I. (2014).Projet connaissance et compréhension des risques côtiers. Vol.5, n°2, p. 150-200.

LLOVELL, W. (2014). Variations actuelles du niveau de la mer - Observations et causes climatiques. *Seapress* [En ligne], [Consulté le 15 /04/2016], 35689/4. Disponible sur le web : <<http://www.legos.obs-mip.fr>>.

MEUR-FEREC, C. et MOREL, V. (2004). L'érosion sur la frange côtière : Un exemple de Gestion des risques. *Seapress* [En ligne], [Consulté le 17/04/2016], 95563/3. Disponible sur le web : <<http://www.cairn.info/revue-natures-sciences-societes-2004-3-page-263.htm>>.

MEUR-FEREC, C. (2006). *De la dynamique naturelle à la gestion intégrée de l'espace littoral : Un itinéraire de géographie*. Thèse doctorat. Géomorphologie. Nantes : Université de Nantes, 96 p.

MIHOUBI, M.K., BELKESSA, R., et LATRECHE, M.A. (2014). Study of the Vulnerability of Coastal Areas of the Algerian Basin with the GIS. *International Journal of Environmental Science and Development*, Vol. 5, n°6, 90 p.

ONM. (2012). Recueil de perturbations atmosphériques extrêmes en Algérie. *Journal de météorologie*. Vol. 3, n°2, p.100-164.

PAC. (2002). Indicateurs pour le développement durable dans les régions côtières. Rapport d'orientation. Alger : PNUE.

PAC. (2005). Indicateurs pour le développement durable dans les régions côtières. Rapport d'orientation. Alger : PNUE.

PDAU. (2011). Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme. Rapport d'Orientation. Alger : PDAU.

POS. (2009). Plan d'Occupation du Sol. Rapport d'Orientation. Alger : POS.

SDAAM. (2011). Schéma Directeur d'Aménagement d'Air Métropole d'Alger. Rapport d'orientation. Alger : SDAAM.

TSIMPLIS, M. N., BAKER, T. F. (2000). Sea level drop in the Mediterranean Sea: An indicator of deep-water salinity and temperature changes. *Geophysique Research*. Vol.3, n°2, p. 1731– 1734.

WALKER, B. ET SALT, D. (2006). Resilience thinking : Sustaining ecosystems and people in a changing world. *Island press*. Vol.4, n°3, p. 132-145.

Approche systémique pour la gestion du risque de submersion marine (Hussein dey et El Mohammadia)

Face aux changements climatiques, dont certaines conséquences sont d'ores et déjà visibles dans notre pays avec des événements climatiques extrêmes, les espaces urbains à travers les projets urbains apparaissent comme un échelon adéquat pour établir le lien entre les changements climatiques et l'urbanisme et pour pouvoir identifier les enjeux de ces changements climatiques, afin de mettre en place des stratégies d'adaptation. Cependant, si la prise de conscience semble avoir eu lieu au niveau national et international, il n'en est pas de même au niveau local qui doit se mobiliser pour s'adapter aux impacts climatiques locaux. Le contexte ne facilite pas les choses. Les acteurs urbains doivent faire face à une problématique globale à un niveau local dont les résultats ne seront pas visibles à court terme. De plus, des incertitudes subsistent sur l'ampleur du changement climatique et les faibles retours de projets d'adaptation ne permettent pas d'intervenir en s'appuyant sur une expérience passée.

Au niveau de ce document on va s'attacher à porter notre contribution à l'appréhension du risque de submersion marine au niveau de deux linéaires côtiers (en baie d'Alger) relevant des municipalités d'Hussein dey et de Mohammadia (zone côtière en pleine mutation).

L'objectif de ce travail de confirmer l'hypothèse suivante « le risque de submersion marine à l'échelle pluri temporelle (changement climatiques) n'est pas pris en compte ».

Mots clés : risque, côte, approche prospective, changements climatiques, élévation du niveau de la mer

Systems approach to risk management of marine submersion (Hussein dey and Mohammadia)

Abstract

Climate change, which some consequences are already visible in our country with extreme climate events, urban spaces through urban projects appear as a suitable level to establish the link between climate change and development and to identify the challenges of climate change, in order to implement adaptation strategies. However, if taking conscience seems to have taken place at the national level and internationally, it is not the case at the local level which must mobilize to adapt to local climatic impacts.

The context does not facilitate things. Urban actors face global problems at a local level whose results won't be visible in the short term. In addition, there is uncertainty on the extent of climate change and low returns of adaptation projects.

At this paper we will endeavor to bring our contribution to the understanding of the risk of coastal flooding at two coastal linear (in the Bay of Algiers) within the municipalities of Hussein Dey and Mohammadia (coastal zone changing).

The aim of this study confirms the hypothesis that "the risk of marine submersion in multi time scale (climate change) is not taken into account."

Key words: Prospective, climate change, risk, level sea rise, coastal

المقاربة النظامية لتسيير خطر الامتداد البحري على اليابسة (حسين داي و المحمدية)

ملخص

بمقابل التغيرات المناخية، التي تظهر آثارها جليا في بلادنا مع الأحداث المناخية المتطرفة ، تعد المناطق الحضرية كمستوى مناسب لإقامة الصلة بين التغيرات المناخية و التهيئة العمرانية لاضهار حيثيات التحديات الناتجة عن تغيير المناخ، من أجل وضع استراتيجيات التكيف. برغم الوعي العالمي و الوطني إزاء هذه المشكلة يظهر أن هناك لبس على المستوى المحلي ، حيث يستوجب مواجهة مشاكل عالمية على صعيد محلي. السياق لا يسهل الأمور و على غرار ذلك لن تكون النتائج مرئية على المدى القصير ، بالإضافة إلى عدم اليقين على تغير المناخ و عدم وجود مشاريع التكيف.

من خلال هذه المذكرة سنحاول أن نساهم في فهم خطر امتداد البحر على اليابسة و هذا في خليج الجزائر و بالتحديد ساحل

بلديتي حسين داي و المحمدية

الهدف من هذا العمل هو التحقق من الفرضية التالية:

"خطر الامتداد البحري على اليابسة في ظل التغيرات المناخية لم يؤخذ بعين الاعتبار"

الكلمات المفتاحية : الاستشراف الاستراتيجي -خطر- الساحل - التغيرات المناخية – ارتفاع مستوى البحر.