

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA 1  
**INSTITUT D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME**



**MEMOIRE DE RECHERCHE  
MASTER 2**

Discipline : Architecture

Option : Architecture en Zone Urbaine Littorale AZUL

Porteur de master : **Dr. Youcef ICHEBOUBENE**

Thème :

**Vers une meilleure stratégie de résilience  
des villes littorales face aux changements  
climatiques**

*Présenté et soutenu par :*

**M<sup>me</sup> Khir Meriem**

*Encadré par :*

**Dr Aouissi Bachir Khalil**

*Devant le jury composé de :*

**Dr Ahmed Chaouch Nabil.** Président  
Jury.

**Mr Tabti Mohamed....**Examineur.

Année universitaire : 2018/2019



## Sommaire

Introduction générale :	5
A. Thématique générale:	8
A.1. CARACTERISTIQUES DES VILLES LITTORALES :	10
A.1.1. Sur le plan Urbanistique	10
A.1.2. Sur le plan Architectural:	18
A.2. LES VOCATIONS DES VILLES LITTORALES:	21
A.2.1. La ville littorale à vocation commerciale et industrielle :	21
A.2.2. La ville littorale à vocation touristique :	22
A.2.3. La ville littorale à vocation agricole :	22
A.3. PRESENTATION DE LA VILLE LITTORALE ALGERIENNE :	23
A.3.1. Législation :	24
A.3.2. Problématique de la ville littorale algérienne indépendante:	26
Conclusion de la première section:	29
B. Thématique spécifique:	30
B.1. GENERALITES SUR LA RESILIENCE URBAINE:	30
B.1.1. Définition:	30
B.1.2. La résilience à l'échelle du bâtiment :	32
B.1.3. La résilience pour concrétiser la ville durable :	33
B.1.4. La résilience par l'adaptation du système urbain :	35
B.2. LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES :	38
B.2.1. Définition :	38
B.2.2. Les effets du changement climatique sur les forçages côtiers :	41
B.3. LE RISQUE COTIER:	43
B.3.1. Définition :	43
B.3.2. Les enjeux des villes littorales :	44
B.3.3. L'aléa climatique :	47
B.3.4. Méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité des zones cotières.....	56
B.4. STRATEGIES D'ADAPTATION DES VILLES LITTORALES AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES:	60
B.4.1. L'adaptation physique:	61
• Les aménagements lourds	61
• Les aménagements souples (ré ensablement, géotextile).....	62
• La réhabilitation des dunes et des zones humides:	63
B.4.2. L'adaptation stratégique:	64

B.4.3. L'adaptation par la connaissance:.....	65
Conclusion générale.....	66

## Liste des figures

<b>Figure 1: Evolution de la population mondiale (1950-2015)</b> .....	9
<b>Figure 2: La ville de Valras (France) au debut du 20 eme siecle</b> .....	10
<b>Figure 3 : La ville de Valras (France) en 2017</b> .....	10
<b>Figure 4: La ville de Carthagène (Espagne)</b> .....	11
<b>Figure 5 : la ville de Monaco - France</b> .....	11
<b>Figure 6 : La ville de Cherbourg en 2015.</b> .....	13
<b>Figure 7 : Le port de Marseille, France.</b> .....	14
<b>Figure 8: La ville de Barcelone - Espagne.</b> .....	14
<b>Figure 9 : l'Esplanade Saint-Jean - Marseille - France</b> .....	15
<b>Figure 10 : La place Brise de mer - Bedjaia - Algerie.</b> .....	15
<b>Figure 11 : Requalification de Rauba Capeu - Ville de Nice - France.</b> .....	16
<b>Figure 12 : La promenade de Rambla Del Mar - Barcelone - Espagne.</b> .....	16
<b>Figure 13 : Projet retenu pour la requalification du front de mer de Cagnes - France.</b> .....	17
<b>Figure 14 : Balcon urbain au boulevard de Garavan - Menton - France.</b> .....	17
<b>Figure 15 : Vue panoramique pour le Vista Palace, sur les hauteurs de Monaco.</b> .....	18
<b>Figure 16 : Immeuble de front de mer: manifestation evidente de la recherche de la vue.</b> .....	19
<b>Figure 17 : Villa Tanouri, en bord de mer à Cap d'ail, France.</b> .....	19
<b>Figure 18: Le MuCEM, Marseille, France</b> .....	20
<b>Figure 19 : Port de Barcelone, Espagne.</b> .....	21
<b>Figure 20: Port de skikda, Algerie</b> .....	21
<b>Figure 21: La station balnéaire La marina de yasmine, el hammamat, Tunisie</b> .....	22
<b>Figure 22: Le village touristique Oia, sur l'île de Santorin, Grece</b> .....	22
<b>Figure 23: La dominance des terres agricole dans la plaine du Var, France.</b> .....	23
<b>Figure 24: Répartition de la population sur l'espace algérien.</b> .....	23
<b>Figure 25: Bandes délimitées par la loi 02-02 du 05-02-2002.</b> .....	25
<b>Figure 26: La ville de Ain Turk, Algérie, en 1913.</b> .....	27
<b>Figure 27: Limite des aménagements sur le rivage pendant la période coloniale.</b> .....	27
<b>Figure 28: Exemples des résidences construites à quelques mètres de la mer à Ain Turk.</b> .....	28
<b>Figure 29: Dépassement des limites de la zone non constructible du rivage pendant la période postcoloniale.</b> .....	28
<b>Figure 30: Les domaines de l'utilisation du concept de la résilience.</b> .....	31
<b>Figure 31 : Les différentes échelles de la résilience urbaine.</b> .....	32
<b>Figure 32: Deux leviers permettent alors d'améliorer la résilience urbaine</b> .....	34
<b>Figure 33: Interdépendance entre quatre systèmes urbains.</b> .....	36
<b>Figure 34 : Le réchauffement dans le système climatique est inégal.</b> .....	38
<b>Figure 35: CO2 atmosphérique. Source : Global warming Art, décembre 2007.</b> .....	39
<b>Figure 36 : Hausse globale du niveau de la mer dans le monde. Source : Global warming Art, décembre 2007</b> .....	39
<b>Figure 37 : Différence de température de surface globale moyenne par rapport à la moyenne 1961-199 sur la période 1880-2009.</b> .....	39
<b>Figure 38: Les élévations passée, actuelle et future du niveau de la mer.</b> .....	42
<b>Figure 39: Différence (en mètres) entre le niveau de l'eau sur la période (1961 - 1990) et (2070 - 2099).</b> .....	43

<b>Figure 40: L'équation Aléa + Enjeux = Risque</b> .....	<b>44</b>
<b>Figure 41: Estimation de la densité de population sur le littoral en fonction de la distance à la mer</b> .....	<b>44</b>
<b>Figure 42 : Densité de population dans les régions des pays méditerranéens en 1995</b> .....	<b>45</b>
<b>Figure 43: Part des terres artificialisées à moins de 250m de la côte</b> .....	<b>46</b>
<b>Figure 44: Kilomètres d'infrastructures de transport inondées en cas de remontée du niveau de la mer de 1 mètre</b> .....	<b>46</b>
<b>Figure 45: Carte des risques d'inondation établie pour la région de Viserba, Province de Rimini, Italie</b> .....	<b>48</b>
<b>Figure 46: L'immeuble Le Signal en janvier 2014, Soulac sur mer, France</b> .....	<b>49</b>
<b>Figure 47: Le front de mer des Saintes-Mairies-de-la-Mer, France, en 1932 (à gauche) et en 2009 (à droite)</b> .....	<b>49</b>
<b>Figure 48: Recul de la ligne de cote de la ville de Valras, France, à cause des jetées de l'embouchure de l'Orb</b> .....	<b>50</b>
<b>Figure 49: Photo des Ganivelles utilisées pour la protection des plages de l'érosion</b> .....	<b>51</b>
<b>Figure 50 : Processus du phénomène de la submersion marine</b> .....	<b>52</b>
<b>Figure 51: Exemple de débordement de la mer, avec schéma</b> .....	<b>53</b>
<b>Figure 52: Exemple de rupture du cordon dunaire, avec schéma</b> .....	<b>53</b>
<b>Figure 53: Exemple de franchissement, avec schéma</b> .....	<b>54</b>
<b>Figure 54: Modélisation de la submersion marine lors de l'événement de tempête Johanna, le 10/03/2008, à Gavres, France. Quatre instants de l'épisode de submersion sont représentés ici</b> .....	<b>55</b>
<b>Figure 55: Méthodologie pour la modélisation de la submersion marine</b> .....	<b>56</b>
<b>Figure 56: IVC et ses trois sousindices</b> .....	<b>57</b>
<b>Figure 57: Les facteurs physiques</b> .....	<b>57</b>
<b>Figure 58: Caractéristiques physiques de la côte</b> .....	<b>58</b>
<b>Figure 59: Les facteurs socio-économiques sur la côte</b> .....	<b>59</b>
<b>Figure 60: Carte de l'indice de la vulnérabilité côtière sur la baie d'Alger</b> .....	<b>59</b>
<b>Figure 61: A gauche: Les Brises lames                      A droite: Les Epis</b> .....	<b>62</b>
<b>Figure 62: Ré ensablement par bateau- Ré ensablement terrestre- Boudins géotextiles</b> .....	<b>62</b>
<b>Figure 63: La réhabilitation des dunes et des zones humides. A gauche: Réhabilitation de la dune de Capbreton, ville de Capbreton, France. A droite: Parc écologique Izadia à Anglet, France</b> .....	<b>63</b>

# *Introduction générale :*

## *- Pourquoi le master en architecture?*

nos territoires , dépendants à un monde en pleine transformation et en multi-crise, se trouvent profondément altérés par l'intervention humaine. La métropolisation, les mégapoles, l'étalement urbain incontrôlé, les guerres et les reconstructions, sont parmi les sujets qui sont amenés à refonder la problématique du cadre bâti. D'une part, cette activité humaine intense ouvre des horizons inédits. D'autre part, elle nous met en garde face à des impasses probables. L'humanité se doit de trouver des solutions et des modes d'action avec une urgence qu'experts et grand public ressentent et partagent.

La recherche et l'innovation se mettent au service de cet appel. Appel adressé à des multiples vocations, expertises, professions et pratiques. Parmi celles-ci figure celle de l'architecte. L'architecture - art, métier et discipline à la fois - développe des méthodes, des processus, des idées et des formes anticipatrices de la vie de demain. L'architecte développe des projets à toutes les échelles (bâtiment, quartier, ville, territoire), fondés sur des savoirs et des savoir-faire enracinés dans la culture et fortement lié à la technologie et à ses évolutions.

Les savoirs et savoir-faire en architecture et en urbanisme ne sont pas seulement développés grâce à la pratique et l'expérience des architectes. Ils sont aussi, et de plus en plus, les produits de la recherche qui constitue avec l'enseignement l'échelon supérieur de l'élaboration et de la transmission des connaissances, et donne un excellent bagage pour partir dans une vie professionnelle tournée vers la maîtrise d'œuvre car il permet d'avoir des connaissances très utiles mais également d'acquérir une méthodologie de travail très performante. Il n'y a donc pas de théorie et de pratiques qui s'opposent. Vitruve (1847), en 90 av. J. C., le précise par ces termes : *«L'architecture est une science qui embrasse une grande variété d'étude et de connaissance....elle est le fruit de la pratique et la théorie»*

La pratique est l'application des principes et des réglementations, mais au moyen de la théorie que l'architecte puisse donner aux édifices le caractère qui leur est propre, alors la recherche constitue le moyen de confronter le monde professionnel et avoir une meilleure connaissances des enjeux pour identifier la dimension théorique d'un problème, d'où la nécessité des mémoires de recherche pour les architectes, qui ,à travers ces derniers, peuvent comprendre et relier ce qui a été écrit, et mobiliser ce qui sera utile pour répondre à une question.

Préparer un mémoire de master consiste à chercher *et* de réunir des travaux existants, des faits, des documents, des écrits, pour effectuer des rapprochements, comparer des argumentations tout en demeurant ouvert aux découvertes, à l'inattendu et aux remises en cause de ses choix. Relier les

disciplines et les périodes c'est établir des dialogues qui s'incarnent dans le mémoire, le construisent peu à peu et, à travers cette expérimentation, aboutissent à d'autres manières de penser... C'est un encouragement à penser par soi-même, à voir cette pensée réflexive se développer, à être actif, productif pour participer, ainsi, personnellement (et possiblement de manière inédite) à une réflexion globale sur l'architecture.

Le Master en architecture devrait plus fondamentalement, en intéressant l'ensemble de la formation architecturale et ses implications professionnelles, contribuer à un approfondissement et à un renouvellement des connaissances, stimulant le milieu lui-même. Le mémoire est un cheminement qui va solidement construire une pensée pertinente, mais aussi une posture critique afin d'apporter des réponses -et des doutes- pour irriguer la conception.

### ***- Présentation de l'option AZUL:***

L'option -AZUL Architecture en Zone Urbaine Littorale- (créée par Mr ICHEBOUBENE ) continuent depuis l'année 2003 d'attirer un grand nombre d'étudiants et d'architectes afin de développer des projets de différents thèmes (habitat, équipement, ports, aménagements touristiques ..... ) et même des sujets d'actualité. Elle s'intéresse :

- Au rapport **site - projet**, que l'explique **Christian Noberg Schulz**, historien et théoricien de l'architecture, par une notion plus spirituelle *«l'esprit du lieu»*, il part du principe que chaque lieu possède un esprit, une âme qui le rend unique, cet esprit peut être défini comme l'ensemble d'éléments matériels (architecture du site) et immatériels (architecture du peuple) qui contribuent de manière signifiante à marquer le site et à lui donner son identité, *«Un lieu est un espace doté d'un caractère qui le distingue, depuis l'antiquité, le geniusloci, l'esprit du lieu est considéré comme cette relation concrète que l'homme affronte dans la vie quotidienne. Faire de l'architecture signifie visualiser le geniusloci: le travail de l'architecte réside dans la création de lieu signifiant qui aide l'homme à habiter»* 1981

L'architecture en tant que construction dans l'espace et expression culturelle d'une civilisation entretient toujours un rapport avec son environnement. Le tissu urbain ancien représente la source, l'identité et l'histoire de la ville, qui doit être préservé afin d'empêcher sa détérioration, et rajeuni pour éviter qu'il meurt, alors un bon projet est celui qui met en valeur sa relation avec son environnement immédiat et le métier de l'architecte ne s'agit pas de faire le bâtiment qui manque, mais de défendre l'identité du lieu, et sa force repose sur une synthèse de savoirs multiples qui se situent sur trois créneaux principaux : la description, l'explication et la prévision, alors la connaissance de l'histoire, des acteurs de l'aménagement, des mécanismes d'élaboration et des réglementations s'avère de plus en plus nécessaire pour comprendre la structure d'une ville.



- Et au site choisi : les villes littorales, intéressante dans l'histoire, et surtout limitée par un véritable acteurs d'aménagement: qui est l'eau, qui donne à la ville une vitrine maritime.

Cet espace attire les architectes et les urbanistes à implanter au beau endroit un bon projet qui s'inscrit harmonieusement dans le paysage et dans les lieux avoisinants, ces villes constituent des espaces à la fois stratégiques et sensibles pour la conservation, la valorisation, l'aménagement et la gestion de l'urbanisation.

AZUL reflète le désir de maîtriser l'aménagement du littoral et permet d'étudier la particularité d'édifier près de la mer et de mieux comprendre les concepts architecturaux et urbanistiques des villes côtières.

### ***- Cadre général du mémoire:***

Cette recherche a pour but de s'approfondir dans la vaste discipline de l'architecture dans les villes littorales, Sa restitution s'organise en deux parties.

En premier lieu, Une thématique générale, ou on va présenter les villes côtières sur le plan architectural et urbanistique, citer ses formes de développement et ses aménagement spéciaux à travers des exemples.

Avant de focaliser dans une thématique spécifique en deuxième lieu, où on va présenter la résilience urbaine , dans différentes échelles, expliquer l'impact des changements climatiques sur les villes littorales, définir le risque côtier, et enfin donner des stratégies d'adaptation de ces villes aux changements climatiques.

# A. Thématique générale:

## Aperçu sur le littoral:

Le littoral est un espace qui revêt des caractéristiques physiques, environnementales, socio-économiques, géostratégiques et patrimoniales très variées.

Avant l'arrivée des grands moyens pour assainir et rendre constructible le littoral, ce dernier était peu favorable à l'établissement humain, dans la mémoire populaire et ce jusqu'à la fin du 18<sup>ème</sup> siècle, la cote était une "ligne indécise, soumises à toutes les incursions...." telle est la description faite de la mer selon des propos recueillis par l'historien Alain Corbin dans "Le territoire du vide" la mer était alors associée au mythe du déluge, les cotes sont alors jugées répugnantes.

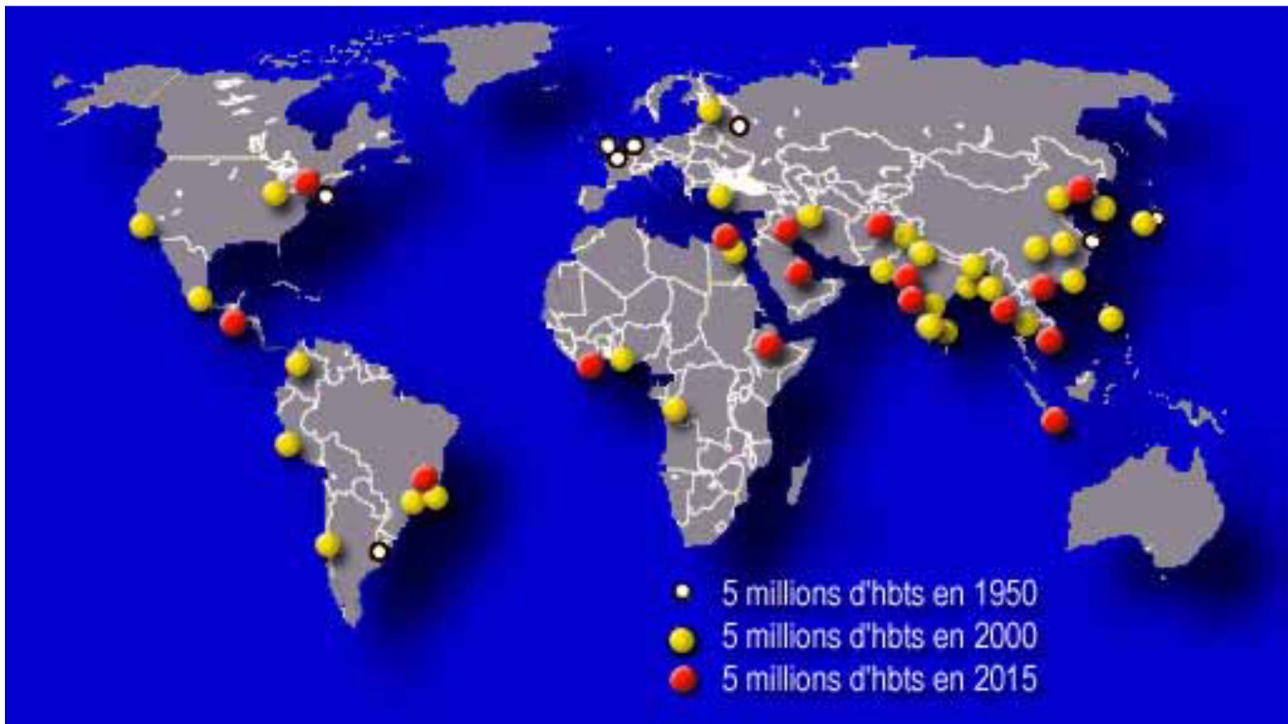
L'attractivité du littoral est relativement récente dans l'Histoire. Les études d'A. Corbin (1990) peignent une situation à l'aube du 18<sup>ème</sup> siècle très différente de celle d'aujourd'hui, pourtant, selon *Y. Lebahy (2002)*, « les hommes ont très tôt compris l'avantage que revêtait la confrontation des deux milieux. Mais leurs craintes de ce monde longtemps hostile et difficile à pratiquer les ont principalement contenus sur les plaines littorales où indirectement ils profitaient des bienfaits de lamer. Le littoral restait, pour sa part, abandonné avec sagesse à l'inconstance des éléments et délaissé à des populations marginales qui n'y faisaient que survivre. Le schéma était donc simple et le trait de côte n'y constituait, entre terre et mer, qu'un espace tampon, une marge vide d'hommes».

Il faudra attendre la seconde moitié 18<sup>ème</sup> du siècle pour que l'homme se rapproche de la mer et découvre ses atouts : « c'est entre 1750 et 1820 que s'éveille puis se déploie le désir collectif du rivage. La cote alors s'intègre à la riche fantasmagorie des lisières ; elle s'oppose à la pathologie urbaine. Au bord de la mer, mieux qu'ailleurs, l'individu se confronte aux éléments, jouit de la sublimité du paysage » (*Corbin, 1990*).

«la recherche d'exotisme, d'émotion, de nature vraie, de nostalgie, a inventé une autre dimension des zones côtières » (*Le Bouëdec, 2002*). Dans les années 1820-1830 s'esquisse un nouveau rapport à la mer, fait autour d'usages thérapeutiques, ludiques et même psychologiques avec les fascinations imaginaires assignées à la mer : « artistes, écrivains et touristes s'y côtoient avec une quête d'exotisme et de pittoresque, traduite par exemple à travers la pêche à pied, les activités de cueillette de goémon ou de coquillage qui rappelle l'aube de l'humanité». Le baigneur lui aussi va contribuer à faire évoluer la perception de la zone côtière : le bain de mer, d'abord pratiqué pour ses vertus curatives, devient rapidement associé avec la plage, aux loisirs et à la détente.

Le développement des sciences, l'industrialisation et l'internationalisation des échanges ont multiplié les activités maritimes. Parallèlement se développe une nouvelle perception du littoral, cet

écosystème riche est aujourd'hui de plus en plus désiré, voire convoité et partagé. Sa richesse a engendré des activités multiples et a suscité des intérêts souvent contradictoires, et génère des conflits d'usage et des dysfonctionnements.



*Figure 1: Evolution de la population mondiale (1950-2015).  
Source: wikipedia.org*

*D'après le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), 75 % de la population mondiale (soit 6,4 milliards d'habitants) vivra à moins de 60 km des côtes en 2030, soit l'équivalent de la population mondiale en 2007.*

L'organisation du littoral a largement été perturbée en raison des aménagements effectués, et qui ont affaibli, voire brisé l'équation de l'écosystème. Il en résulte une grande réflexion sur les enjeux liés à l'environnement littoral. Les zones littorales, particulièrement méditerranéennes, représentent à la fois un terrain essentiel d'activité humaine et économique, mais aussi un potentiel vital de ressources naturelles.

posait d'une façon large le problème de la cohabitation entre deux enjeux majeurs : la préservation d'un milieu naturel fragile, le littoral, et la réponse à la demande économique, touristique et résidentielle qui s'y exerce d'une manière de plus en plus forte.

## A.1. CARACTERISTIQUES DES VILLES LITTORALES :

### A.1.1. Sur le plan Urbanistique

Longtemps ignorés, voire redoutés, les côtes ont été l'objet, à partir du 19e siècle, d'un intérêt aussi soudain que spectaculaire. Ces lieux, qu'*Alain Corbin* a qualifiés de « territoire du vide », sont ainsi devenus l'espace où s'est développé le phénomène de l'urbanisation.

Comme le fait remarquer *Jean Palletier*, l'eau est l'un des éléments de base, quasi indispensable, pour la naissance et le développement des villes, d'une part par les besoins en eau, et d'autre part, par le développement des transports maritimes, de l'industrie et puis avec le boom balnéaire, ce qui a engendré une véritable « colonisation ». Cette colonisation, qui se traduit formellement par l'adoption d'un plan répétitif en forme de quadrillage qui montre l'intérêt exclusif à la relations entre la ville et la mer

- ***La ville de Valras (France) :***

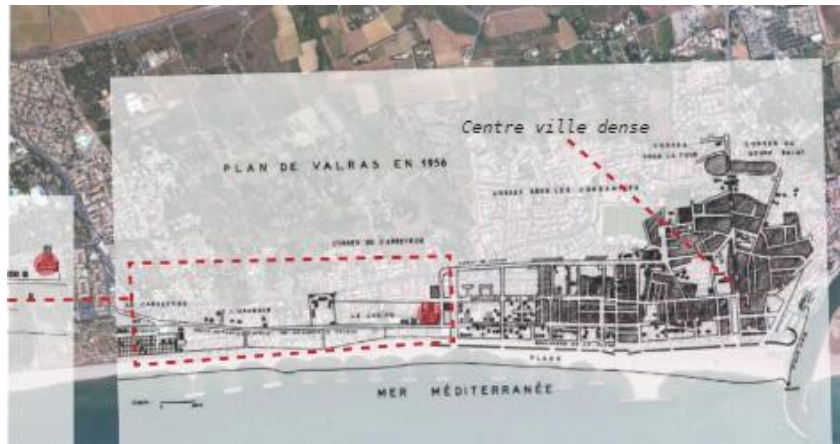


Figure 2: La ville de Valras (France) au début du 20eme siecle. Source: issuu.com

*Le principe de linéarité dans l'urbanisation de cette ville s'applique dès le début du 20eme siècle : deux quartier se distingue, un ensemble compact qui représente l'ossature de la vie, et un tissu d'extension lâche des villas le long de la cote.*



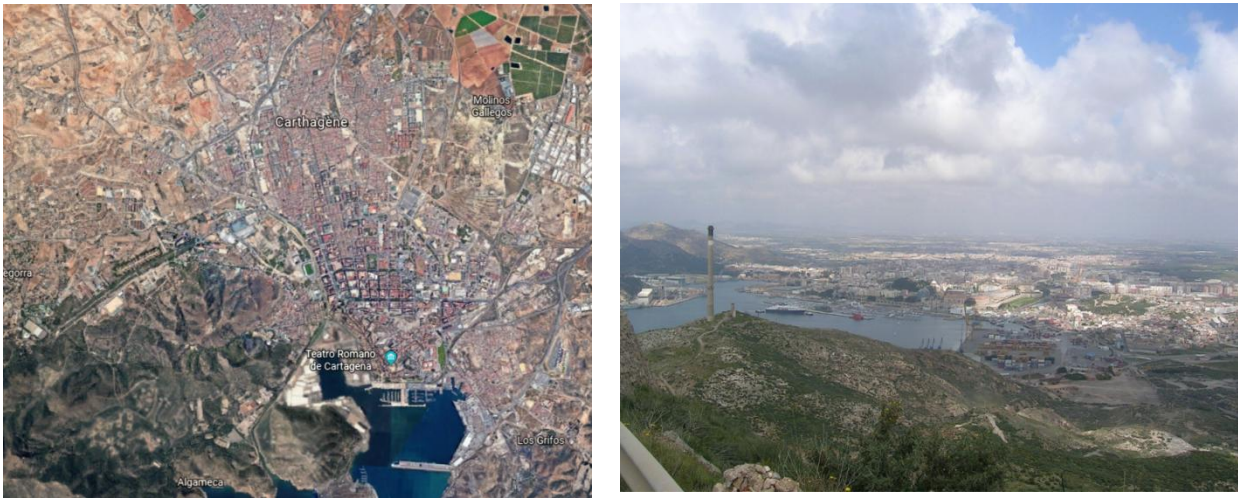
Figure 3 : La ville de Valras (France) en 2017. Source: issuu.com

*L'urbanisation marque deux tendances : celle qui s'étend le long de la cote, et une autre qui longe l'axe du fleuve (l'Orb), et s'ajoute un troisième axe qui est l'axe routier perpendiculaire à la mer pour joindre l'intérieur du pays. Aucune urbanisation s'effectue de l'autre côté de l'Orb, du fait de l'acquisition du domaine par le conservatoire du littoral en 1980. Pour se protéger de la mer, on remarque la construction de 11 brise lame qui agissent sur le dessin de la ligne de cote.*



- **La ville de Carthagène(Espagne) :**

La ville de Carthagène s'est développée perpendiculairement à la mer; ce type de développement des villes littorales est un cas exceptionnel, c'est souvent a cause des contraintes naturelles, préservations des terrains agricoles ou bien l'acquisitions des terrains par l'état dans le cadre de la conservation du littoral.

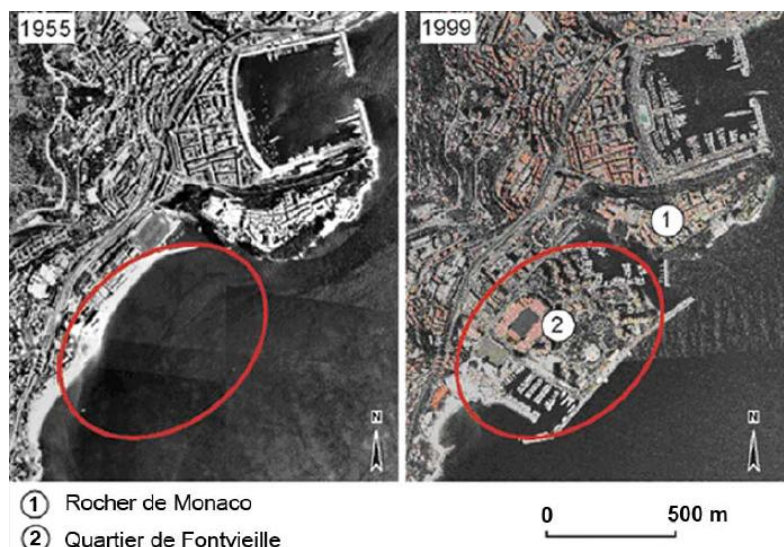


**Figure 4: La ville de Carthagène (Espagne)**  
Source: Google earth

*Carthagène se situe sur une incurvation de la côte méditerranéenne regardant vers le Sud, Le site est un site de collines, la côte est dans le détail assez découpée, souvent marquée par des falaises. Il n'existe pratiquement pas de plaine littorale, et ceci se traduit par l'absence de toute voie de communications importante le long de la côte. La ville s'insère dans un ensemble de collines, l'urbanisation se fait entre deux dépressions plus ou moins parallèles, d'une altitude décroissante de l'intérieur vers la mer, ce qui a fait une urbanisation perpendiculaire à la mer.*

- **La ville de Monaco (France) :**

La ville de Monaco représente un exemple du développement dans toutes les directions des villes littorales, au début de son urbanisation, la ville s'est développée parallèlement à la mer. Après 1897, due à la saturation de sa bande côtière, la ville prend le développement perpendiculaire à la cote. Depuis 1965 la ville a créé un espace privilégié sur mer, d'une surface de 22 Ha.



**Figure 5 : la ville de Monaco - France. Source: thèse/ La vue sur mer et l'urbanisation du littoral.**  
*Exemple d'urbanisation empiétant sur la mer, le quartier Fontvieille en Principauté de Monaco.*

- **La ville de Cherbourg (France) :**

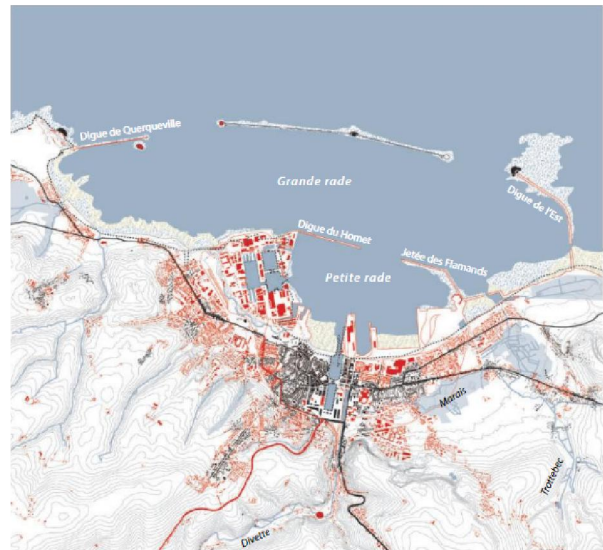
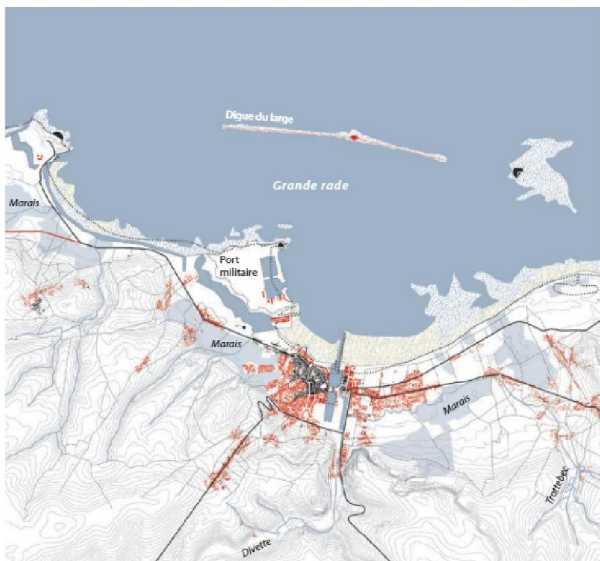


**Début de l'artificialisation :**

La ville a eu tendance à se protéger de la mer; elle était un petit port de pêche à l'embouchure et son paysage était constitué de lagunes et de marais.

**Ouvrages de défense :**

des grands ouvrages de défense prennent forme la ville ainsi protégée, on remarque le début de l'urbanisation sur les anciens marais.



**L'avancée vers la mer :**

On remarque l'avancée des infrastructures vers la mer tandis que l'urbanisation continue de se développer vers l'intérieur le long des grandes infrastructures routières (ces dernières constituent des axes d'urbanisation).

**La technique permet de s'affranchir des contraintes naturelles**

Construction sur les zones humide.





Figure 6 : La ville de Cherbourg en 2015. Source: issuu.com

De grands projets urbains dans toutes les directions, l'urbanisation continue le long de la cote, des axes routiers, et de 40 ha sur la mer (jusqu'a 2015).

- ***Les aménagement urbain spécifiques:***

Les espaces publics offre une scène qui peut faire l'objet d'un traitement du paysage, ils représentent et donnent à voir l'environnement construit et naturels de la ville, qui se caractérise comme un musée à ciel ouvert. Les urbanistes et les architectes composent l'espace public pour y générer des actions (marcher, s'asseoir...), des sentiments, des comportements et des images.

Dans les villes littorales, le souhait de vivre près de la mer, est le moteur premier de l'urbanisation des espaces publics. Dans la culture occidentale en effet, bénéficier de la vue sur mer est perçu comme un atout, une chance voire un privilège. C'est une marque de confort et d'aisance dont le but initial est de permettre le repos, d'offrir le confort et de satisfaire un désir de dépaysement, de détente et de distraction. Parmi ces aménagements urbains on peut citer :

- **Les ports:**

L'organisation de structures portuaires fait partie de l'aménagement spécifique des villes littorales. Ces structures nécessitent un traitement particulier et peuvent être accompagnées de divers équipements et activités; tel que la zone portuaire de Marseille, qui est accompagnée d'un terminal de grande capacité, doté de voies ferrées, de dispositifs d'échanges routiers et de portiques, sur une emprise de 10 hectares environ au cœur de la zone.

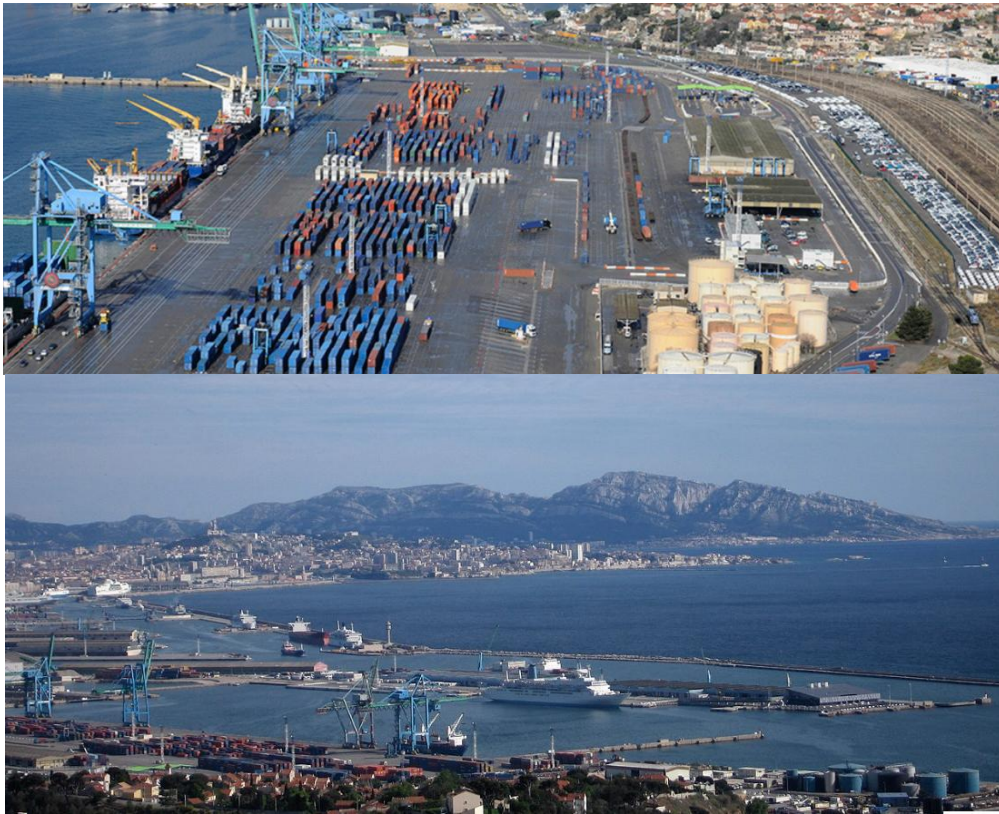


Figure 7 : Le port de Marseille, France. Source: <https://www.marseille-port.fr/fr/Page/14567>

- **Les percés :**

Les axes majeurs de Barcelone étaient traités de manière à assurer une continuité entre la ville et la mer.



Figure 8 : La ville de Barcelone - Espagne. Source: Google earth



- ***Les placettes :***

La vue sur mer est un facteur influençant les modalités de l'urbanisation sur les rivages et les usages de l'espace en zone côtière. Tout observateur aguerri des littoraux et de l'évolution de nos sociétés peut en avoir l'intuition.



**Figure 9 :** l'Esplanade Saint-Jean - Marseille - France. Source: <https://www.tourisme-marseille.com/fiche/esplanade-j4-promenade-robert-laffont-mucem-marseille/>

*idéalement placée en bord de mer, l'Esplanade Saint-Jean longe les quais du port et offre une vue magnifique à tous les promeneurs, cette esplanade à ciel ouvert, rénovée et aménagée, est un lieu d'accueil pour des événements spéciaux, cirques, spectacles de plein air, fêtes foraines, et de nombreux concerts l'été.*

- ***La place de la brise de mer Bedjaia:***



**Figure 10 :** La place Brise de mer - Bedjaia - Algérie. Source: Vers une reconquête urbaine de l'interface ville/port Cas de la ville de Bejaia, université de Bejaia, 2017.

*La brise de mer n'était il y a quelques années qu'un simple front de mer un peu délaissé, fréquenté principalement des pêcheurs. Il a fait peau neuve pour devenir aujourd'hui une belle promenade bordée de cafés et de restaurants de poissons et fruits de mer, envahie par les Bejaouis.*

- **Les promenades :**

«L'architecture (...) s'apprécie à la marche, avec le pied; c'est en marchant, en se déplaçant que l'on voit se développer les ordonnances de l'architecture.» LE CORBUSIER, O.C. 1910-1928

La promenade reflète la nécessité pour le piéton de s'inscrire dans la ville à travers la marche, et puisque la vue sur mer est un facteur déterminant de l'urbanisation et de l'organisation de l'espace sur les côtes, plusieurs front de mer ont été aménagés comme promenades, c'est-à-dire de la nature, du grand air, des distractions et des loisirs.

- **La promenade de Nice:**



Figure 11 : Requalification de RaubaCapeu - Ville de Nice - France. Source: thèse/ La vue sur mer et l'urbanisation du littoral.

La chaussée ne comporte que deux voies de circulation, laissant la place à une bande cyclable, à une promenade piétonne élargie et à un banc linéaire tourné vers la mer sur plus de 150 mètres.

- **La promenade de Rambla del mar :**



Figure 12 : La promenade de Rambla Del Mar - Barcelone - Espagne. Source:

[https://int.search.myway.com/search/AJimage.jhtml?&n=78497a89&p2=%5ECAN%5Exdm221%5ETTAB02%5Edz&pg=AJimage&pn=3&pth=7A9F5423-2B41-4C04-A51E-219D6AA1D302&qs=&searchfor=Rambla+Del+Mar&si=hts\\_nc&ss=sub&st=tab&tpr=sbt&trs=wtt&ots=1574972905617&imgs=1p&filter=on&imgDetail=true](https://int.search.myway.com/search/AJimage.jhtml?&n=78497a89&p2=%5ECAN%5Exdm221%5ETTAB02%5Edz&pg=AJimage&pn=3&pth=7A9F5423-2B41-4C04-A51E-219D6AA1D302&qs=&searchfor=Rambla+Del+Mar&si=hts_nc&ss=sub&st=tab&tpr=sbt&trs=wtt&ots=1574972905617&imgs=1p&filter=on&imgDetail=true)

Elle constitue un espace de déambulation qui correspond d'avantage à une promenade qu'à un secteur piétonnier à usage quotidien, dans la construction de cette rambla, l'utilisation du teck et de l'acier symbolise l'industrie navale, et les formes ondulées, la mer, la présence de dénivelés signale les espaces de repos: le bord de la mer est devenu un espace très fréquenté par les touristes.



- *La promenade de Cagnes :*

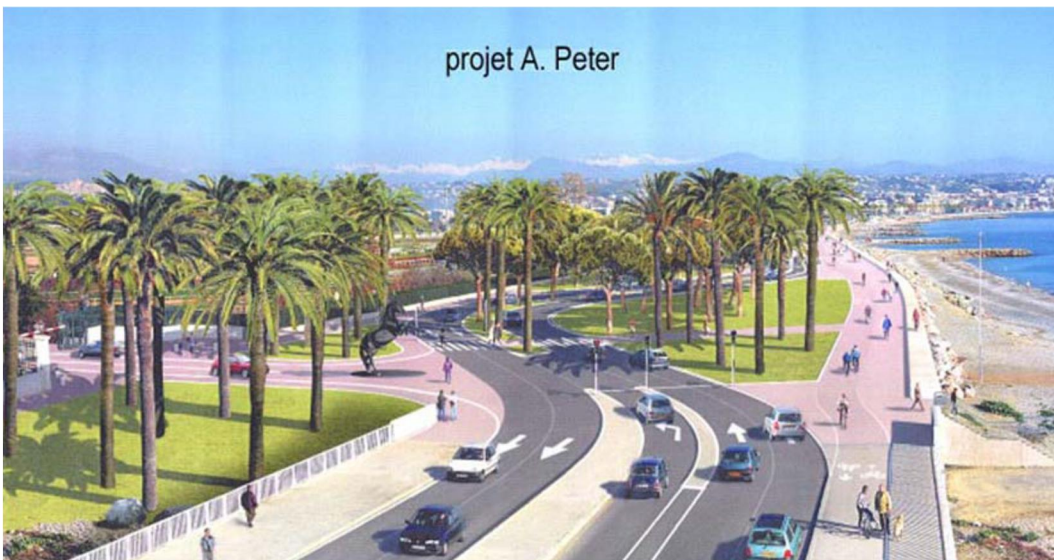


Figure 13 : Projet retenu pour la requalification du front de mer de Cagnes - France. Source: thèse/ La vue sur mer et l'urbanisation du littoral.

*Importance donnée aux espaces publics.*

- A Cagnes-sur-Mer, c'est la totalité du front de mer qui a fait l'objet d'une requalification entre 2004 et 2007, le projet a consisté à transformer une ancienne voie routière à grand gabarit en un boulevard urbain avec promenade piétonne et voie cyclable.

- *Balcon urbain :*



Figure 14 : Balcon urbain au boulevard de Garavan - Menton - France. Source: thèse/ La vue sur mer et l'urbanisation du littoral.

- A Menton, ce n'est pas le front de mer qui a fait l'objet des principales opérations, les travaux de requalification des 3 km du boulevard de Garavan ont été achevés au printemps 2004. Aménagement d'un véritable balcon sur la mer, cette voie dominant des quartiers, un port de plaisance et la vieille ville, a ainsi retrouvé sa fonction originelle de Balcon panoramique grâce à l'élargissement des trottoirs et à l'installation d'un mobilier urbain approprié.

Ces diverses réalisations mettent en avant le cadre de vie et tendent à donner davantage de place au promeneur, afin notamment qu'il puisse profiter du calme et communiquer avec le paysage. L'intérêt pour le paysage visible est manifeste dans la plupart des cas. Les vues sur la côte et la mer semblent dicter les options d'aménagement.

### A.1.2. Sur le plan Architectural:

- **Orientation des bâtiments :**

Le choix de l'implantation du bâtiment se fait selon plusieurs critères qui gèrent l'orientation par rapport au soleil et aux vents dominants, mais aussi par rapport au choix des vues sur la mer.

L'attrait des vues sur la mer a depuis longtemps été identifié par divers secteurs économiques comme une ressource dont il est possible de tirer profit. De nos jours, on peut considérer qu'elle est exploitée par l'industrie hôtelière, l'immobilier et le tourisme.

Assez tôt dans la mise en place de l'économie touristique sur les littoraux, les professionnels de l'hébergement ont compris que posséder un établissement offrant la vue sur mer était un atout pour attirer la clientèle. Sur la Côte d'Azur par exemple, les grands hôtels ont exploité des localisations offrant des panoramas de grande qualité sur la mer et la côte. Localisés en front de mer, ou en retrait du rivage mais en position élevée

Jusqu'à aujourd'hui, cette recherche de l'aménité paysagère par les professionnels de l'hébergement touristique ne s'est jamais démentie. De nombreux exemples d'hôtels ou de complexes hôteliers mettant en avant leur implantation géographique avec vue sur mer existent sur toutes les côtes. Leurs noms sont parfois tout à fait évocateurs : Bellevue, Bella Vista, Miramar, Panoramic, ...

L'information est également relayée dans les guides touristiques, lesquels n'hésitent pas à apporter leur jugement sur la qualité du panorama. La vue sur mer est, par conséquent, un argument commercial pour les hôteliers qui en tirent parti à maints égards.



Figure 15 : Vue panoramique pour le Vista Palace, sur les hauteurs de Monaco. *Source: thèse/ La vue sur mer et l'urbanisation du littoral.*

L'affiche conforte le nom de l'établissement pour indiquer la qualité du panorama.





Figure 16 : Immeuble de front de mer: manifestation evidente de la recherche de la vue.  
*Source: thèse/ La vue sur mer et l'urbanisation du littoral.*

A gauche: La Baule, Loire- Atlantique, France. A droite: Benidrom, Province d'Alicante, Espagne.

- *Terrasses et Balcons :*

bénéficier de la vue sur mer, et surtout l'accès direct à la mer, est perçu comme un atout, une chance voire un privilège. C'est une marque de confort et d'aisance.



Figure 17 : Villa Tanouri, en bord de mer à Cap d'ail, France. *Source: thèse/ La vue sur mer et l'urbanisation du littoral.*

terrasses aménagées en prolongements du jardin, avec une vue dominante et accès direct à la mer

- **Façades et matériaux :**

Les façades des projets architecturaux dans les villes littorales sont traitées d'une manière particulière pour qu'elles répondent aux exigences climatiques de ce milieu, connu par son climat agressif (les vents, l'humidité, le soleil, les risques naturels.....), mais aussi pour qu'elles soient esthétiques et attractives, en gardant toujours la relation visuelle avec la mer.

on prend comme exemple:

**Le MuCEM:** musée des civilisation de l'europe et de la mediterrannée, à Marseille, France

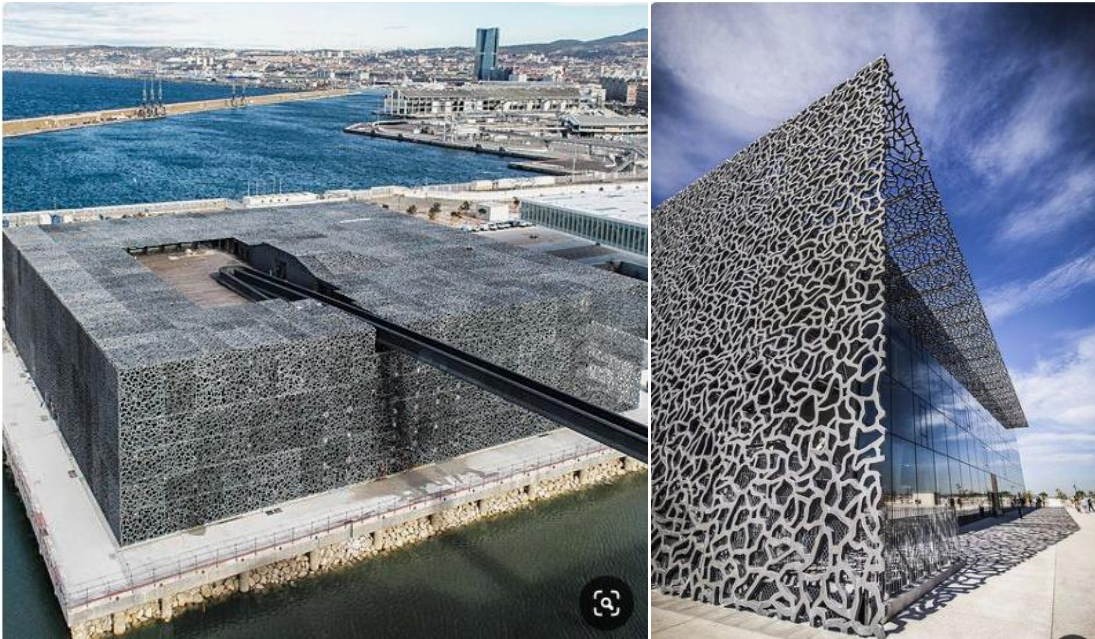


Figure 18: Le MuCEM, Marseille, France

Source: <https://www.pinterest.fr/pin/333477547378990563/>

Les façades les plus ensoleillées (sud et ouest) sont traitées en verre, et les deux autres en resille (une dentelle de béton).



## A.2. LES VOCATIONS DES VILLES LITTORALES:

### A.2.1. La ville littorale à vocation commerciale et industrielle :

Ces villes sont caractérisées par la présence des structures commerciales et industrielles qui nécessitent la proximité à la mer, l'impact de ces structures sur le plan architectural et urbanistique est marqué par la construction des hangars, des aires de stockage, des bâtiments commerciaux, des terminaux et des voies ferrées.



*Figure 19 : Port de Barcelone, Espagne.*

*Source:* [https://fr.wikipedia.org/wiki/Port\\_de\\_Barcelone#/media/Fichier:Barcelona\\_port.jpg](https://fr.wikipedia.org/wiki/Port_de_Barcelone#/media/Fichier:Barcelona_port.jpg)



**Figure 20: Port de skikda, Algerie.**

Source: <http://www.skikda-port.com/wp-content/uploads/2013/07/DSC1342-web-600x340.jpg>

### A.2.2. La ville littorale à vocation touristique :

L'impact de l'activité touristique sur l'environnement urbain des villes littorales est lisible. Les hôtels, les musées, les aquariums, les mini-parcs à thème, les commerces à dominante touristique et les signalétiques, influencent l'ambiance et l'esthétique de la ville, la rendent plus belle et attractive.



*Figure 21: La station balnéaire La marina de yasmine, el hammamat, Tunisie.*

*Source:* <https://www.voyage-tunisie.info/marina-de-hammamet-tunisie/>



*Figure 22: Le village touristique Oia, sur l'île de Santorin, Grèce.*

*Source:* [https://www.voyagetips.com/santorin/#2\\_Oia](https://www.voyagetips.com/santorin/#2_Oia)

### A.2.3. La ville littorale à vocation agricole :

Ces villes se caractérisent par la dominance de l'activité agricole qui influe sur le paysage architectural par la dominance des constructions légères: maisons individuelles, fermes, serre d'exposition, et aussi sur le paysage urbanistique par l'apparition des pôles urbains, car la préservation des terres agricoles constituent des obstacles de l'extension urbaine.





Figure 23: La dominance des terres agricole dans la plaine du Var, France.

Source: <https://www.nicematin.com/faits-divers/plaine-du-var-des-projets-germent-dans-l-eco-vallee-353549>

### A.3. PRESENTATION DE LA VILLE LITTORALE ALGERIENNE :

L'espace algérien se caractérise par un étalement complètement hétérogène causé essentiellement par une répartition dissymétrique des individus et se caractérisant par une polarité sur le nord du pays. Le littoral algérien s'étend d'Est en Ouest sur un linéaire côtier de 1622,48 Km, Ce dernier a été longtemps l'axe majeur de l'urbanisation. représentant 2% du territoire, le littoral est occupé par 36% des habitants (figure 24).

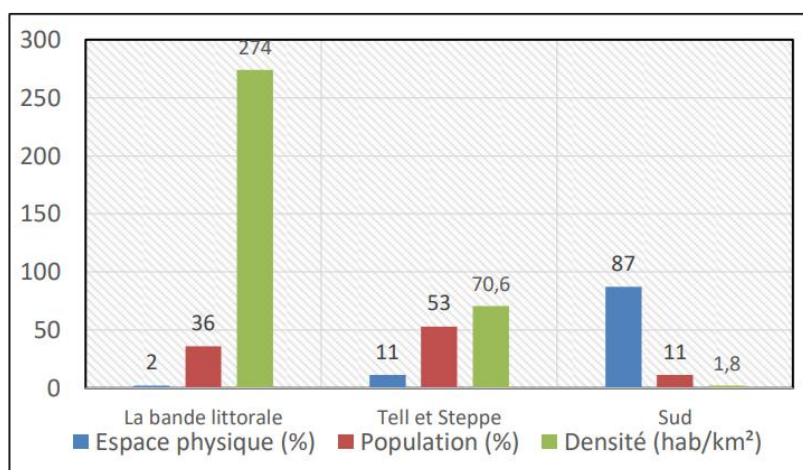


Figure 24: Répartition de la population sur l'espace algérien.

Source: Etude préliminaire sur le risque d'inondation en milieu urbain (Algérie) fait par Myriam NOURI<sup>1</sup>, André OZER<sup>2</sup> et Pierre OZER<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Département des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université de Liège, Arlon, Belgique.

<sup>2</sup> Département de Géographie, Université de Liège, Liège, Belgique.

<sup>3</sup> Département des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université de Liège, Arlon, Belgique

Outre la forte concentration de la population permanente, le littoral algérien constitue la destination privilégiée d'une population supplémentaire d'estivants (mais à l'heure actuelle, il n'y a pas de chiffres précis sur le nombre d'estivants). Pour la seule corniche oranaise, ce nombre a été estimé à 9 millions en 2005<sup>4</sup>.

Le littoral recèle d'atouts indéniables favorables à l'activité touristique. Depuis l'indépendance, et contrairement aux autres pays du pourtour méditerranéen, l'Algérie n'a pas accordé au secteur du tourisme un rôle conséquent dans ses différentes politiques de développement. En réalité, il n'existe aucune politique qui vise à gérer et à promouvoir le tourisme, encore moins d'une manière durable, même si en 1966 furent créées les Zones d'Expansion Touristiques (ZET). Actuellement la majorité des ZET ont été détournées de leur vocation initiale, leurs terrains d'assiettes ont servi pour implanter des lotissements et des coopératives immobilières.

#### A.3.1. Législation :

Le désir de maîtriser la gestion des espaces littoraux en Algérie est récent, la loi 90-29 du 1<sup>er</sup> décembre 1990 relative à l'aménagement et à l'urbanisme est le premier texte ayant défini des dispositions qui s'appliquent à toutes les îles, îlots ainsi qu'une bande de terre d'une largeur minimale de 800 mètres longeant la mer et incluant l'intégralité des zones humides et leurs rivages sur 300 mètres de largeur dès qu'une partie de ces zones est en littoral tel que défini. En outre toute construction sur une bande de terre de 100 mètres de largeur à partir du rivage est frappée de servitude de non aedificandi, toutefois sont autorisées sur cette bande les constructions nécessitant la proximité immédiate de l'eau (art. 45 de la loi 90-29).

Les dispositions de cette loi n'ont pas empêché l'urbanisation de s'étendre dans Les zones proches du rivage. Ces espaces connaissent également une dégradation importante due à l'extraction non autorisée du sable et à la fréquentation anarchique des plages. Ce n'est qu'en février 2002 qu'une loi spécifique au « littoral » a été promulguée. Il s'agit de la loi 02-02 du 05 février 2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral. Cette loi délimite trois bandes dans le littoral, dans lesquelles sont édictées des restrictions relatives à l'urbanisation (figure 25).

---

<sup>4</sup>source : Protection civile, दौरa d'Aïn El-Turck.

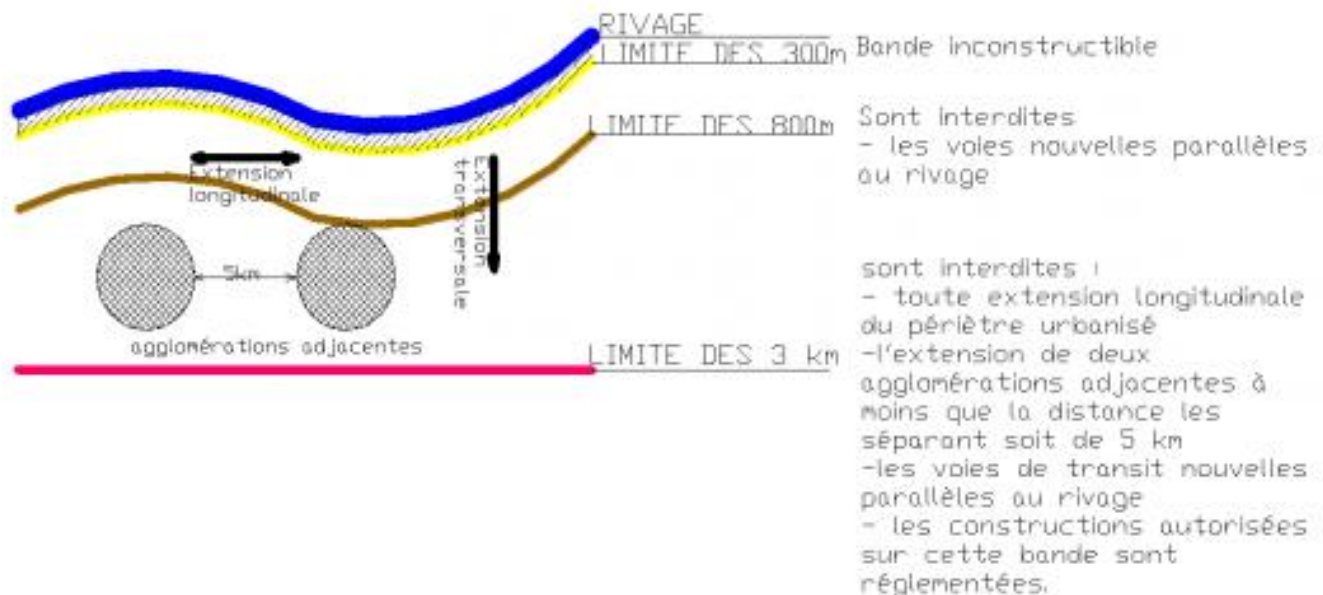


Figure 25: Bandes délimitées par la loi 02-02 du 05-02-2002.

Source: <https://journals.openedition.org/etudescaribeennes/docannexe/image/5959/img-1.png>

- **Le Plan d'Aménagement Côtier (PAC)**

Dans les communes riveraines de la mer et afin de protéger des espaces côtiers, notamment les plus sensibles, il est institué un plan d'aménagement et de gestion de la zone côtière dénommé plan d'aménagement côtier<sup>5</sup>, dont l'objectif est la délimitation de l'espace littoral, la précision des mesures de protection du milieu marin et la délimitation de la vocation générale des zones affectées au développement industriel et portuaire, aux cultures marines et aux activités de loisir.

- **Le Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (PDAU) et le plan d'occupation au sol (POS):**

Les PDAU et les POS ont été instaurés par la loi 90-29 du 01-12-1990, relative à l'aménagement et à l'urbanisme et ses décrets d'application 91-177 du 28-05-1991, et 91-178 du 28-05-1991.

Le PDAU fixe les orientations fondamentales de l'aménagement des territoires concernés, il détermine la destination générale des sols, la nature et le tracé des grands équipements d'infrastructure. Le PDAU doit être compatible avec les orientations de la loi 02-02 du 05-02-2002 et le plan d'aménagement côtier, et fixer les termes de référence des POS.

<sup>5</sup>Les modalités de sa mise en œuvre sont contenues dans le décret d'application N° 09-114 du 07 avril 2009.

En Algérie, le POS est un instrument d'urbanisme réglementaire, procédant d'une politique de protection. Dans le respect des dispositions du PDAU, le POS fixe de façon détaillée les droits d'usage du sol et de construction pour le secteur concerné.

Suite à la promulgation de la loi relative au littoral, il est urgent de rendre compatibles les PDAU de toutes les communes littorales ainsi que les POS déjà approuvés avec les dispositions de la loi « littoral », qui stipulent : « dans le cadre de l'élaboration des instruments d'aménagement et d'urbanisme concernés, l'état et les collectivités territoriales doivent :

- « Veiller à orienter l'extension des centres urbains existants vers les zones éloignées du littoral et de la côte maritime ;
- Classer dans les documents d'aménagement du littoral comme aires classées et frappées de servitudes de non aedificandi, les sites présentant un caractère écologique, paysager, culturel ou touristique ;
- Encourager et œuvrer pour le transfert vers des sites appropriés, des installations industrielles existantes dont l'activité est considérée comme préjudiciable à l'environnement côtier ». L'aménagement du littoral doit s'opérer dans un cadre juridique précis qui tient compte de la hiérarchie des normes et des instruments d'urbanisme.

Le plan directeur à l'échelle de la planification, en plus des orientations relatives à la destination générale des sols, et à l'équilibre entre urbanisation, activités économiques et préservation des espaces naturels, permet de localiser les zones de conflits d'usages, l'impact des pollutions, et l'existence des risques naturels prévisibles.

Le plan d'occupation des sols à l'échelle de la composition urbaine permet d'intégrer les spécificités du lieu (caractéristiques géomorphologiques, physiques et climatiques ; potentialités économiques) et de protéger les espaces sensibles notamment par l'interdiction de construire.

#### A.3.2. Problématique de la ville littorale algérienne indépendante:

A travers une simple étude de la ville de AinTurck, il s'avère que la loi « littoral » en Algérie rencontre de sérieuses difficultés d'application dues pour l'essentiel aux réticences qu'elle suscite chez les administrations locales (urbanisme, tourisme, etc.). Aussi, il n'existe pas de contrôle hiérarchique, les administrations centrales qui créent la législation, n'assurent pas de suivi au niveau local.

comme toutes les villes littorales algérienne, le processus d'urbanisation de la ville d'Ain El Turck a évolué à des rythmes différenciés, selon deux périodes: période de colonisation qui à façonné

l'espace, et une période postindépendance qui se caractérise par une anarchie urbanistique et architecturale.

De 1850 à 1980: En offrant des terrains vierges à construire, la municipalité autorise et encourage les nouvelles constructions. La ville suit un plan d'aménagement défini, conçue sur la base d'une extension en profondeur (vers l'intérieur), dans le but de ne pas consommer la totalité d'une ligne de côte limitée (Figure 25).



Figure 26: La ville de AinTurk, Algérie, en 1913. Source: Colloque francophone International "Le littoral Algérien entre dégradation et protection du patrimoine, cas de la commune côtière d'Ain El Türck"

Le cadre bâti s'est longtemps limité à un ensemble d'habitations coloniales réalisées dans les années quarante et cinquante. et les bâtiments qui se trouvaient à proximité immédiate des plages s'agissaient principalement de cabanons construits avec des matériaux légers comme le bois. Durant cette période, la construction au bord du rivage était interdite. Cependant une voie mécanique parallèle au rivage était réalisée à 80 mètres de la mer, limitant les constructions vers la plage et créant le boulevard du front de mer qui offrait une belle promenade tout au long de la côte.

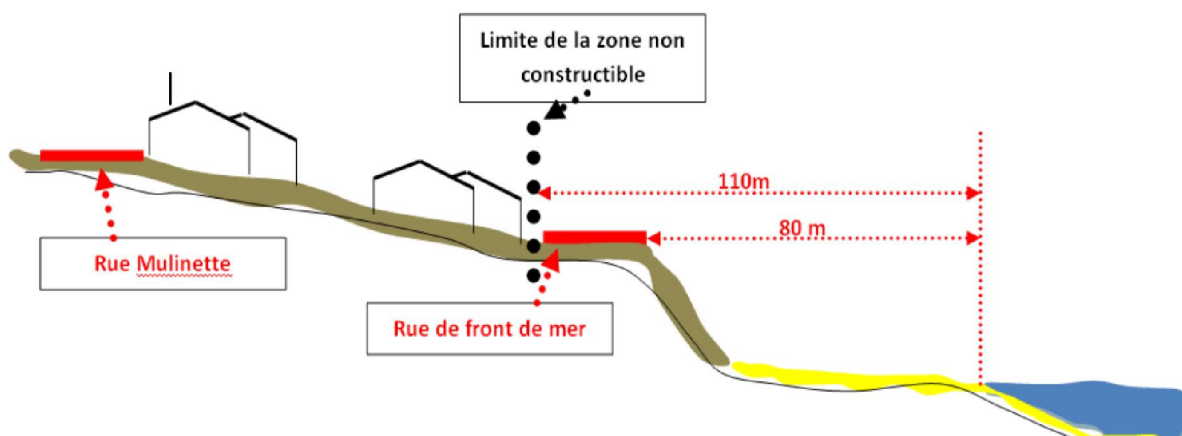


Figure 27: Limite des aménagements sur le rivage pendant la période coloniale. Source: Colloque francophone International "Le littoral Algérien entre dégradation et protection du patrimoine, cas de la commune côtière d'Ain El Türck"



Actuellement des habitations anarchiques sans permis de construire, à deux, trois voire quatre étages se dressèrent sur la plage. *"De mémoire turckoise, jamais le littoral oranais ouest n'a subi autant d'agressions que ces dernières années, au cours desquelles les constructions illicites ont poussé comme des verrues le long des plages. Le massacre est si féroce que certaines plages ont complètement disparu avec l'avancée du béton pratiquement jusqu'au bord de mer"*<sup>6</sup>. Ne respectant aucune loi urbanistique ces habitations sont de véritables excroissances situées à quelques mètres de la plage (Figure 28).

L'empiètement sur ces espaces pourtant protégés par plusieurs lois, toutes ces constructions dans la bande des 100 mètres sont illégales et non conformes aux prescriptions de la loi 02-02 du 05 février 2002. Cette liberté que s'est octroyée le citoyen est selon les textes punie par la loi.



Figure 28: Exemples des résidences construites à quelques mètres de la mer à Ain Turk. Source: Colloque francophone International "Le littoral Algérien entre dégradation et protection du patrimoine, cas de la commune côtière d'Ain El Türck"

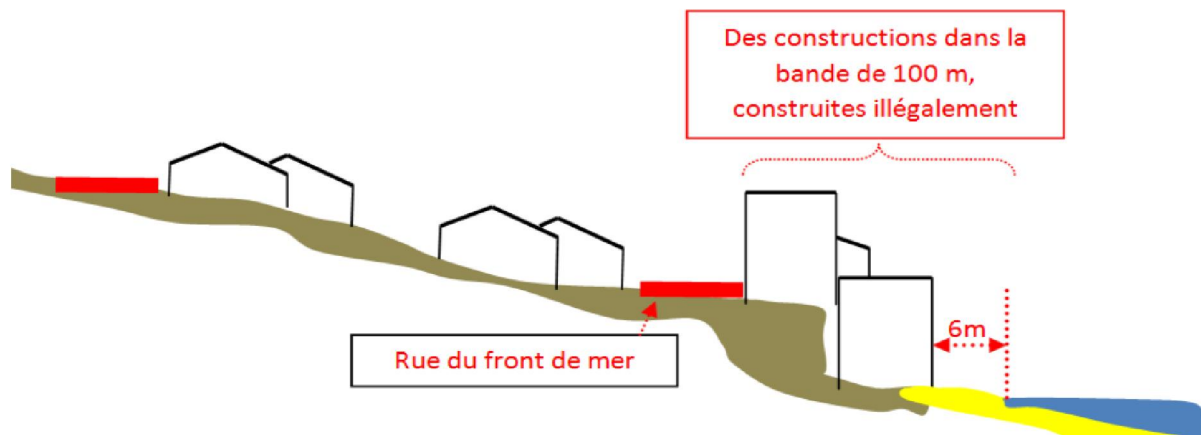


Figure 29: Dépassement des limites de la zone non constructible du rivage pendant la période postcoloniale. Source: Colloque francophone International "Le littoral Algérien entre dégradation et protection du patrimoine, cas de la commune côtière d'Ain El Türck"

Outre la construction des maisons individuelles, ces dix dernières années, les autorités applique une réorientation de la politique d'aménagement en faveur de l'habitat collectif, de nombreux programmes de logements sociaux ont pris place dans des zones à vocation agricole et/ ou touristique, où le logement est sensé être interdit. Certains logements sociaux se dressent à quelques centaines mètres de la plage. Ces terrains où se dressent des édifices en béton armé qui défigurent le paysage auraient pu accueillir d'autres usages plus compatibles avec la vocation de chaque ville.

<sup>6</sup>Bennacef K. «Ain El-Türck, sauvagement agressé par les constructions illicites», El Watan, 2 juin 2009

## ***Conclusion de la première section:***

Le littoral est une entité géographique qui appelle une politique spécifique d'aménagement, de protection et de mise en valeur. C'est une zone de contact entre la terre et la mer qui constitue aujourd'hui un espace de plus en plus sollicité, ce qui accentue sa fragilité.

La perception des zones côtières, a radicalement changé ces dernières années. Cet espace était d'abord considéré comme une zone vide, voire répulsive, ensuite, et avec le progrès des techniques de construction, l'eau est devenu un élément essentiel dans la naissance et le développement des villes. A partir de là, il y a une prise de conscience progressive des richesses de la frange littorale qui supporte forte pression de la part de ses divers utilisateurs.

L'espace littoral concentre un très grand nombre de projets de différentes natures et envergures. ces projets sont à l'interaction avec la mer, et l'architecte doit traiter des considérations spéciales qui doivent être prises en compte lors de l'implantation, l'orientation et la sélection des matériaux de construction pour un bâtiment côtier.

La dynamique d'urbanisation de la ville Algérienne est relativement récente, elle s'est traduite par la construction de nombreuses cités résidentielles, de centres de vacances et d'hôtels, privilégiant les parties proches de la mer et négligeant la relation entre front de mer et le reste de la ville. Une situation qui reflète une nette difficulté dans la gestion et la protection de cet espace convoité et fragile. Insuffisance de la législation, souplesse technique des autorités en matière de délivrance et de contrôle des autorisations de construction, grande liberté de la population à l'égard des lois se conjuguent donc pour expliquer le désordre spatial de la ville. Ce désordre urbanistique a des conséquences dramatiques sur la vie des citoyens.

# B. Thématique spécifique:

## *Introduction:*

La ville littorale est la zone d'interface entre l'espace continental et l'étendue maritime, cette définition est relativement statique, et ne décrit pas le caractère dynamique de l'espace littoral. Cette entité est en effet caractérisée par une mobilité dans le temps et dans l'espace, mobilité due aux hausses du niveau marin et aux accumulations sédimentaires, mobilité liée aux dynamiques tels que la dérive littorale, l'érosion et l'accrétion ainsi que les impacts des activités humaines (défense de cotes, barrages, extraction de sable .....), enfin une mobilité à une échelle courte et locale, liée aux marées, aux vagues et aux vents, ou encore à la submersion.

L'idée selon laquelle ces variations peuvent délimiter le littoral montre que le risque peut aussi être un angle de définition. La limite du littoral se trouverait alors au niveau des zones temporairement submergées et instables. Un événement n'est considéré comme un risque que s'il s'applique à une zone où des enjeux humains, économiques ou environnementaux sont en présence, alors les risques liés aux changements climatiques sont aujourd'hui grandissants, du fait de l'installation croissantes des infrastructures et populations en zones côtières.

Face au risque l'homme peut adopter trois attitudes: la fuite, la lutte et l'accommodation, les progrès techniques ainsi que le développement d'expertises spécialisées, ont appris à nos sociétés à apprivoiser le risque par le nouveau concept de "résilience urbaine". qu'est ce que la résilience urbaine? comment peut cette stratégie faire face aux changements climatiques?

### B.1. GENERALITES SUR LA RESILIENCE URBAINE:

#### B.1.1. Définition:

\* Etymologiquement, le mot résilience signifie rebond ou saut en arrière.

\* une notion ouverte utilisée par plusieurs disciplines.

\* Le concept de la résilience a été employé pour la première fois dans le monde de la physique pour mesurer la capacité d'un matériau à absorber un choc ou une déformation et ainsi sa remise à l'état initial.

Il a été repris ensuite par plusieurs disciplines dont la psychologie et qui ont fait évoluer au fur et à mesure sa signification. Celle-ci dérivait progressivement de son premier sens étymologique (saut



en arrière, rebond) pour être assimilé à une sorte d'adaptation et d'absorption de perturbation notamment en écologie.

Dans le domaine de l'urbanisme, la résilience est souvent synonyme de capacité de faire face à des perturbations, de récupération et de remise en service le plus rapidement possible.

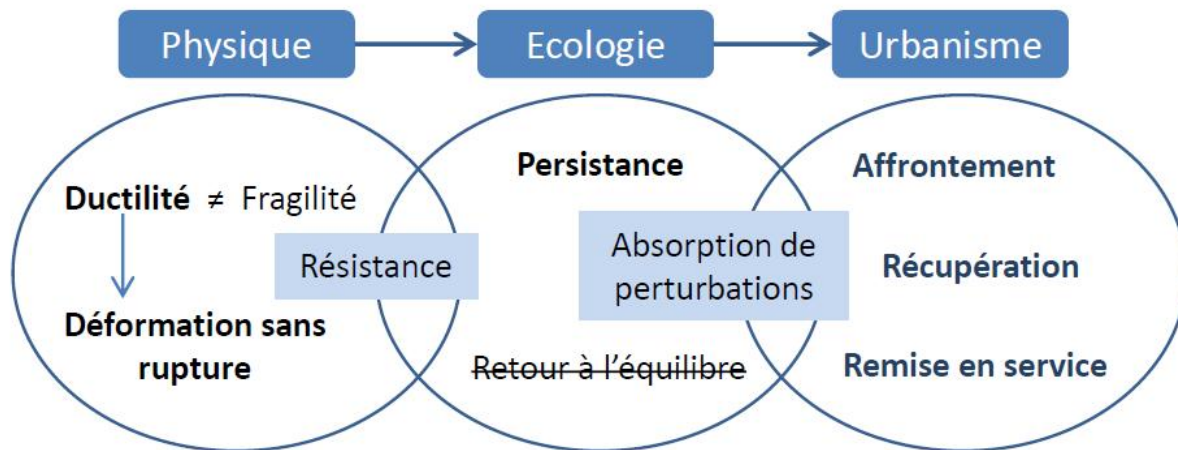


Figure 30: Les domaines de l'utilisation du concept de la résilience.

\* En urbanisme la résilience peut être utilisée à plusieurs échelles allant de celle du bâtiment jusqu'à celle du territoire. Ce fonctionnement multi scalaire permet en théorie de généraliser une certaine cohérence vis-à-vis du risque mais il se caractérise par sa complexité de mise en place à une grande échelle.

En effet, la résilience à l'échelle du bâtiment est possible grâce à des formes et des techniques qui permettent à l'édifice seul de résister aux chocs et d'offrir aux occupants des locaux sécurisés lors des crises.

Ces unités (bâtiments) ne pouvant fonctionner séparément, penser la résilience à l'échelle du quartier est indispensable afin de garantir aux habitants un mode de vie normal. Ce pendant, intégrer les composantes du quartier dans la logique de résilience augmente la complexité de mise en œuvre et de mise en relation mais accroît considérablement l'efficacité de fonctionnement du quartier, C'est la résilience d'une unité urbaine.

Pour parler de la "résilience urbaine" il faut réussir à appliquer ce processus à l'échelle de la ville. Une tâche difficile à mettre en œuvre car il s'agit d'étendre la réflexion sur l'ensemble de ses éléments, notamment les réseaux techniques qui se caractérisent par leur interconnexion avec une forte dépendance des uns aux autres dans un contexte d'isolement des gestionnaires, d'où la complexité de mise en place.

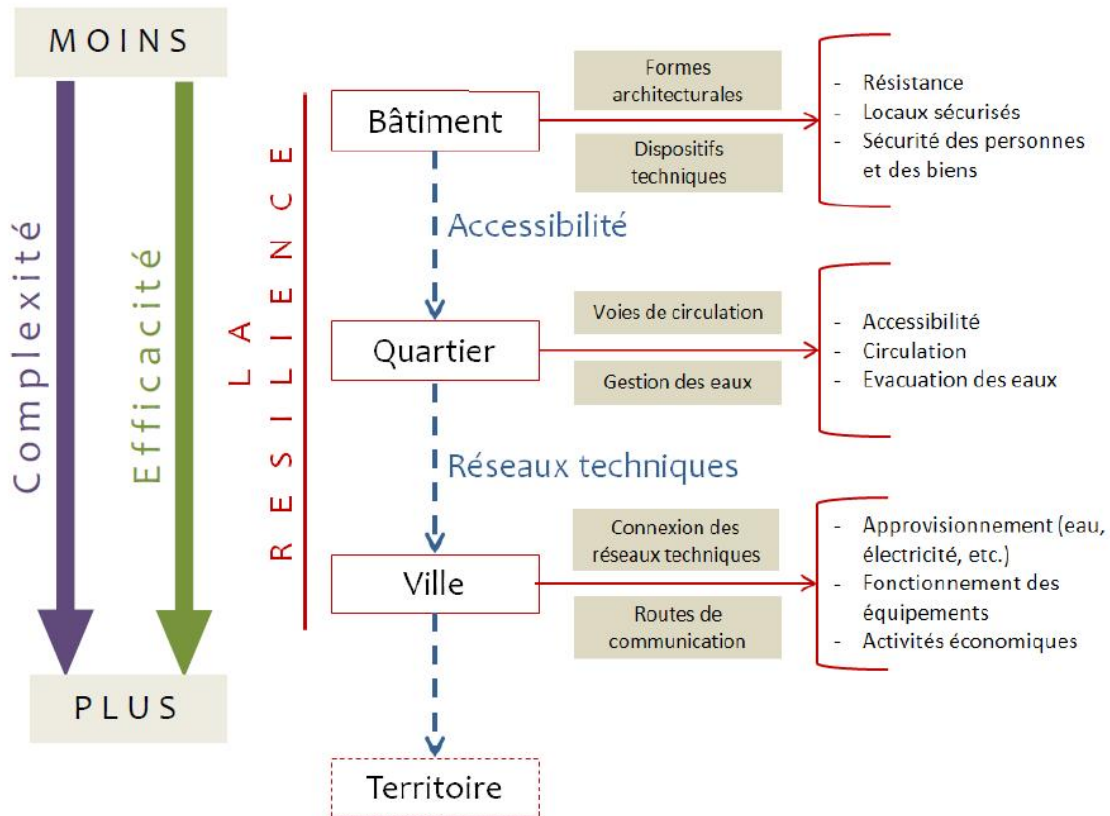


Figure 31: Les différentes échelles de la résilience urbaine.

### B.1.2. La résilience à l'échelle du bâtiment :

Avec le réchauffement climatique, la fréquence et/ou l'intensité des phénomènes extrêmes tend à augmenter. Les bâtiments, et donc leurs occupants, sont impactés par ces crises. Pour comprendre ces aléas et anticiper leurs conséquences, une stratégie de résilience s'impose.

En quoi le secteur du bâtiment est-il concerné par le changement climatique ?

Le changement climatique affecte le bâtiment à double titre :

d'une part, les étés plus chauds et les hivers plus doux modifient les consommations énergétiques des habitants (avec plus de climatisation et moins de chauffage par exemple) d'autre part, la multiplication des phénomènes extrêmes (canicules, inondations, épisodes de froid ou de neige...) qui impactent les bâtiments et donc les conditions de confort des habitants, voire leur sécurité et leur santé.

Les canicules par exemple, plus fréquentes ces dernières années, mettent le confort thermique à rude épreuve. Dans certains bâtiments, les occupants ont de grandes difficultés pour rafraîchir leur logement et subissent des températures qui restent très élevées même la nuit, avec des conséquences sur leur santé. Ainsi, ils se préoccupent de plus en plus de ces questions et souhaitent vivre dans des logements leur permettant de ne pas subir ces nuisances.

Appliqué aux bâtiments, la résilience c'est leur capacité à faire face à des crises (canicules, sécheresses, inondations...) et à reprendre un fonctionnement normal le plus rapidement possible, en ayant « appris » comment mieux se comporter lors de la prochaine crise. Avec le réchauffement climatique, la fréquence et/ou l'intensité de ces crises a tendance à augmenter. Bien sûr, ça n'est pas le bâtiment lui-même qui porte uniquement cette résilience, ce sont aussi les équipes qui assurent sa gestion.

La résilience se base sur une bonne connaissance des risques qui existent autour d'un bâtiment. Elle implique également la mise en place de stratégies qui permettent de minimiser les dégâts et d'assurer la continuité du fonctionnement du bâtiment. Mais elle va plus loin en recherchant la capacité à s'adapter à des situations non identifiées au préalable.

Par exemple, pour la canicule, les solutions visent à limiter le phénomène de concentration de chaleur autour du bâtiment.

Le simple fait de prévoir des volets aux fenêtres ou de végétaliser les abords des bâtiments permet d'apporter de la fraîcheur. Les constructeurs peuvent aussi s'inspirer des modes de construction traditionnels des régions les plus chaudes, habituées à faire face à ce type de climat.

Par ailleurs, tout ce qui concourt à rendre le bâtiment autonome pendant quelques jours renforce sa résilience. La mise en place de réserves d'eau sur un bâtiment ou de panneaux photovoltaïques avec une possibilité d'autoconsommation sont deux actions qui permettent d'anticiper une éventuelle déconnexion des réseaux d'eau ou d'électricité.

Pour se protéger des inondations, une stratégie globale doit être déterminée.

\* Céder: le bâtiment laisse l'eau rentrer, sur un niveau où les dégâts seront faibles, voire nuls. Il est par exemple possible d'installer les équipements techniques au-dessus du niveau d'eau le plus élevé constaté, dans la zone concernée, pour qu'ils ne soient pas endommagés par une éventuelle inondation.

\* Eviter: le bâtiment est conçu pour ne pas être touché par l'inondation. La seule solution existante aujourd'hui est de surélever le bâtiment sur une structure porteuse.

L'objectif est de faire émerger cette préoccupation chez les maîtres d'ouvrage et de sensibiliser aux phénomènes liés au changement climatique. Étant donné la durée de vie longue des bâtiments, il est essentiel que ce sujet soit pris en compte dès maintenant, car ses répercussions vont devenir de plus en plus importantes.

### B.1.3. La résilience pour concrétiser la ville durable :

La résilience apparaît comme un des moyens de mise en œuvre de la durabilité comme finalité sociétale. En partant de l'analyse des définitions des deux concepts de durabilité et de résilience appliqués à la ville, Marie Toubin (docteur en géographie de l'Université Paris Diderot – spécialité « dynamique des milieux et risques ») s'interroge sur la façon dont s'articulent les concepts de résilience et de ville durable, et propose des outils et des méthodes contribuant à la résilience de la

ville dans une optique de durabilité : pour faire face aux nombreuses perturbations agissant sur le système urbain, l'approche axée sur la résilience

cherche à améliorer la capacité d'adaptation du système afin de limiter les écarts à la trajectoire idéale de la durabilité. En favorisant une approche tournée vers le long terme, prenant en compte les incertitudes sur les évolutions de l'environnement physique, technologique, économique et social, l'amélioration de la résilience doit anticiper l'adaptation du fonctionnement du système et de ses composants.

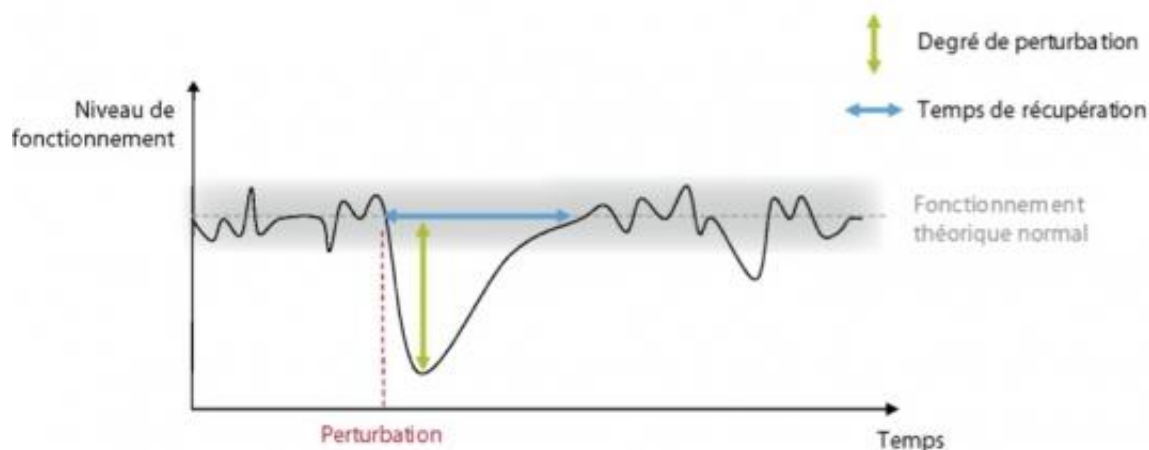


Figure 32: Deux leviers permettent alors d'améliorer la résilience urbaine ; 1) Une stratégie technique visant à limiter le degré de perturbation du système par une meilleure capacité de résistance et d'absorption ; 2) Une stratégie plus organisationnelle visant à accélérer le retour à la normale par une gestion optimisée des moyens et des ressources, et une bonne accessibilité.

Source: <https://journals.openedition.org/developpementdurable/docannexe/image/9208/img-1.jpg>

améliorer la résilience augmente les chances de s'approcher des finalités du développement durable dans un environnement changeant où l'avenir est imprévisible et la surprise probable. Le point de vue adopté soutient que la résilience future de nos territoires dépend non seulement de l'occurrence et de l'intensité des changements climatiques, mais également de notre capacité à cerner leurs vulnérabilités actuelles, à atténuer leurs effets et à anticiper les adaptations structurelles pertinentes, ceci à différentes échelles spatiales et temporelles.

La résilience définie comme la capacité à absorber puis se remettre de perturbations, a pour objectif, de permettre le maintien ou l'adaptation de la trajectoire d'un système urbain dont les composantes et le fonctionnement peuvent être définis selon les principes du développement durable. Ces perturbations ont un double rôle dans la poursuite du développement urbain durable. Pour certains, la catastrophe avérée peut créer des opportunités pour une reconstruction durable. Cependant, sans attendre le désastre, sa prise en compte dès la conception de nouveaux quartiers ou dans le cadre d'opérations de renouvellement urbain donne aussi les outils et indicateurs pour assurer une meilleure résilience du système par l'adaptation du système urbain aux perturbations potentielles et inévitables. La résilience du système permet alors, face à ses perturbations, d'éviter les phénomènes de rupture, de changement de régime brutal, ou d'effondrement. Dans l'articulation entre le réseau technique, le service urbain, le territoire et la population qui l'utilise, les organes de gouvernance

qui l'organisent, on fait apparaître des dimensions techniques (réseau support), organisationnelle (facteurs humains dans la gestion d'un service urbain et dans la crise), sociales (comportement des usagers des services, capacités d'autonomie et d'adaptation) et aussi politiques (organisation du territoire, choix de développement des réseaux, obligations aux gestionnaires, ...).

#### B.1.4. La résilience par l'adaptation du système urbain :

Pour faire face aux nombreuses perturbations agissant sur le système urbain, l'approche résilience cherche à améliorer la capacité d'adaptation du système afin de limiter les écarts à la trajectoire idéale de la durabilité. En favorisant une approche tournée vers le long terme, prenant en compte les incertitudes sur les évolutions de l'environnement physique, technologique, économique et social, l'amélioration de la résilience doit anticiper l'adaptation du fonctionnement du système et de ses composants. Face à une perturbation, prévue ou non, les moyens de gérer l'instabilité du système, d'en diminuer l'intensité, d'en réduire le temps d'impact sont autant de leviers à utiliser conjointement, ou séparément, pour ramener le système dans un mode dégradé acceptable puis dans les limites normales de son fonctionnement. Si ces perturbations et les fluctuations plausibles du système urbain sont prises en compte dès la conception, alors la mise en œuvre concrète de l'adaptation sera facilitée par des composants dont les modes de fonctionnement sont flexibles ou interchangeable et par des modes de gestion intégrant l'incertitude. Encore il faut veiller en parallèle au maintien d'une vision globale des enjeux de la perturbation et à la mise en place des mécanismes collaboratifs à l'échelle du système urbain. Le risque doit être pris comme une composante et non une contrainte du développement de la ville. On l'a vu, la perturbation peut créer des opportunités qu'il faut savoir mettre à profit, et pour cela le développement même de la ville doit avoir reconnu, accepté et intégré la possibilité de perturbations, éventuellement inconnues.

L'expérience a souvent montré l'importance des réseaux techniques de la ville lors d'une catastrophe (lors d'une inondation par exemple). En effet, ces lignes de vie sont nécessaires au déploiement de la ville et à sa performance car elles supportent les services essentiels dont les populations, les activités et les organes de gouvernance ont besoin : eaux, énergies, déplacements, télécommunications. Si ces services sont identifiés comme d'importance vitale pour la société et ont donc l'obligation de fiabiliser leur fonctionnement. En effet, des interdépendances fonctionnelles (par exemple, le réseau de transport utilise le réseau de télécommunications pour gérer le trafic) ne se traduisent pas nécessairement par des collaborations entre les multiples gestionnaires concernés.

Cette compartimentation entre acteurs publics et privés des services de la ville est donc un frein majeur à la mise en œuvre de l'adaptation du système urbain pour en améliorer la résilience globale. Que ce soit dans l'élaboration de nouveaux aménagements ou équipements (une usine de traitement

des déchets mal connectée au réseau viaire) ou lors de la gestion des situations de perturbations (l'opérateur de distribution d'énergie qui coupe l'électricité aux autres opérateurs avant qu'ils aient pu effectuer leurs mises en sécurité), le manque de collaboration entre gestionnaires remet fortement en cause la résilience du système global. Les réseaux se présentent également parmi les enjeux majeurs du développement urbain durable : transports, énergie, déchets ou eau .....alors dans l'optique de déterminer les points critiques du système urbain, où des solutions d'adaptation devront être étudiées et mises en œuvre, une bonne connaissance du comportement du système urbain est requise.

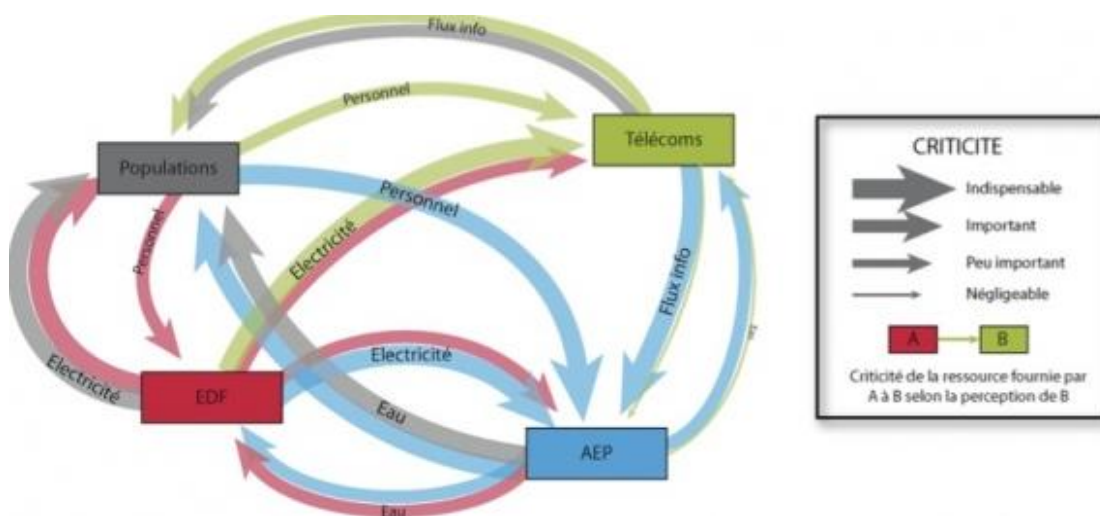


Figure 33: Interdépendance entre quatre systèmes urbains.

Source: <https://journals.openedition.org/developpementdurable/docannexe/image/9208/img-5.jpg>

L'approche choisie est systémique pour mieux identifier et caractériser les interactions ayant lieu à l'intérieur du système urbain, mais également avec les milieux extérieurs (environnement, autres villes, ...). Dans ce système urbain, les réseaux techniques occupent une place particulière. En effet, les réseaux techniques permettent les relations entre les différents composants du système : ils sont le support des flux de personnes, d'énergies, d'informations... De manière plus complexe, et peut être moins tangible, les réseaux orientent en partie ces flux.

La mise en avant de la fonctionnalité du système urbain passe ainsi par la mise en exergue de l'importance des réseaux techniques pour ce fonctionnement. Or, l'étude des réseaux techniques se révèle problématique. En effet, leur fonctionnement est complexe, car les interdépendances entre réseaux techniques sont nombreuses, variées et bouclées. C'est pourquoi, ils ne réagissent pas de façon linéaire à une perturbation. L'impact de la perturbation d'un composant peut ainsi aboutir à une chaîne d'événements d'une ampleur importante, même si ce composant ne semble pas a

priori majeur . Des méthodes issues de la sûreté de fonctionnement reposant notamment sur une analyse fonctionnelle de ces réseaux, couplée à l'analyse de leur structure, de leur configuration et de leur localisation sont actuellement développées, afin d'étudier ces réseaux et leurs interdépendances . Le croisement de ces méthodes a abouti au développement d'une méthodologie générale implémentée dans un premier prototype informatique. Plus précisément, ce prototype, permettant d'étudier la résilience des réseaux techniques, est un web SIG. Les technologies de type SIG permettent la hiérarchisation et la spatialisation d'informations de nature géographique (réseaux, zones d'aléa, bâtiments...). Cet outil permet d'analyser les impacts d'un aléa sur les réseaux techniques d'une ville, puis d'étudier la remise en service de ces réseaux à partir d'une analyse spatiale. Par exemple, des cartes peuvent être produites à l'aide du prototype SIG représentant les dysfonctionnements subits par différents réseaux (haut : eau potable ; milieu : électricité ; bas : assainissement) en fonction d'un scénario (les endommagements). Une attention particulière est portée aux interrelations et aux dysfonctionnements occasionnés par ces interrelations.

Pour mettre en œuvre les méthodes d'approfondissement de la connaissance du système urbain et de ses défaillances, il faut les accompagner d'outils de suivi et de gestion. Une fois les interdépendances identifiées, il s'agit de mettre en œuvre des solutions d'amélioration de la résilience des réseaux dans leur globalité ou de planifier l'aménagement du territoire et la gestion de crise de manière à tenir compte de leur comportement face à la perturbation. La gestion des interdépendances doit rester à l'échelle globale afin d'assurer la résilience de l'ensemble du système, et pas uniquement d'un sous-système. C'est pourquoi les outils développés sont dédiés aux collectivités qui devraient pouvoir donner les objectifs, coordonner les actions et les moyens pour assurer l'efficacité de la démarche.



## B.2. LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES :

### B.2.1. Définition :

Le climat de la Terre est en train de changer. Une série d'observations tend à confirmer cette conclusion et permet de mieux comprendre la rapidité de ces changements. C'est également sur les données tirées de ces observations que l'on se fonde pour tenter de répondre à une question encore plus difficile et qui est l'objet de notre recherche: quels sont les impacts de ces changements climatiques sur le littoral? Le changement climatique est défini comme étant le changement du temps moyen observé dans une région donnée, il comprend tout les éléments que nous associons habituellement au temps, à savoir la température, les caractéristiques des vents et les précipitations. (GIEC, 2001<sup>7</sup>).

Depuis sa création, le GIEC a édité une série de rapports d'évaluation (en 1990, 1995, 2001 et le dernier en date de 2007). Le cinquième rapport d'évaluation du GIEC a été publié en octobre 2014 avec la publication des rapports des groupes de travail entre septembre 2013 et avril 2014. Le rapport de synthèse dont sont issus les éléments de caractérisation du changement climatique décrits ci-après, constitue la dernière partie du quatrième rapport d'évaluation du GIEC de 2007. Il présente un bilan des changements climatiques fondé sur les conclusions des trois Groupes de travail du GIEC.

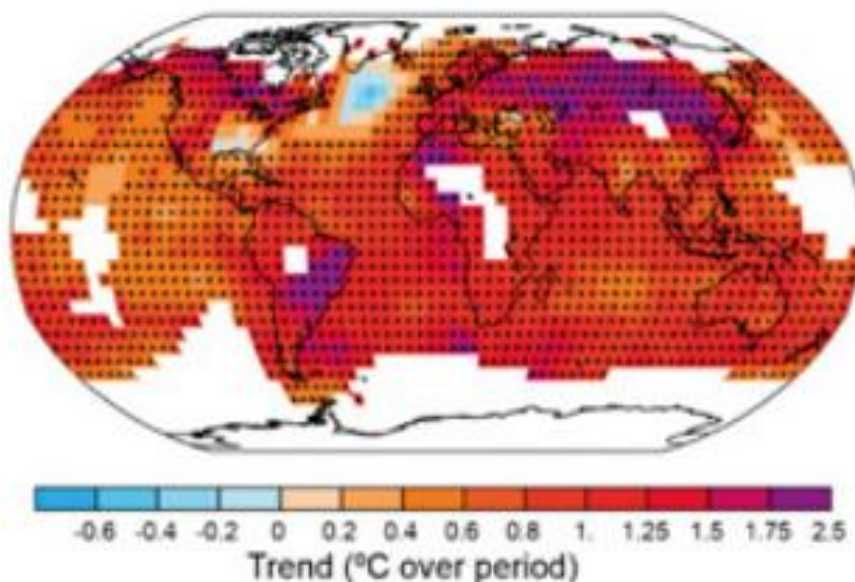


Figure 34: Le réchauffement dans le système climatique est inégal.

Source : GIEC, Bilan 2001 des changements climatiques

<sup>7</sup>Le Groupe d'experts intergouvernementaux sur l'évolution du climat (GIEC) est l'organe international chargé de l'évaluation des connaissances scientifiques, techniques et socio-économiques sur les changements climatiques. Créé en 1988 par l'Organisation météorologique mondiale et le Programme des Nations Unies pour l'environnement, il a pour mission de transmettre aux décideurs à intervalles réguliers un état des lieux du corpus scientifique en matière de changements climatiques, de leurs impacts et des risques futurs, et des options d'adaptation et d'atténuation proposées. Le cycle de production des rapports d'évaluation du GIEC dure 4 ans.



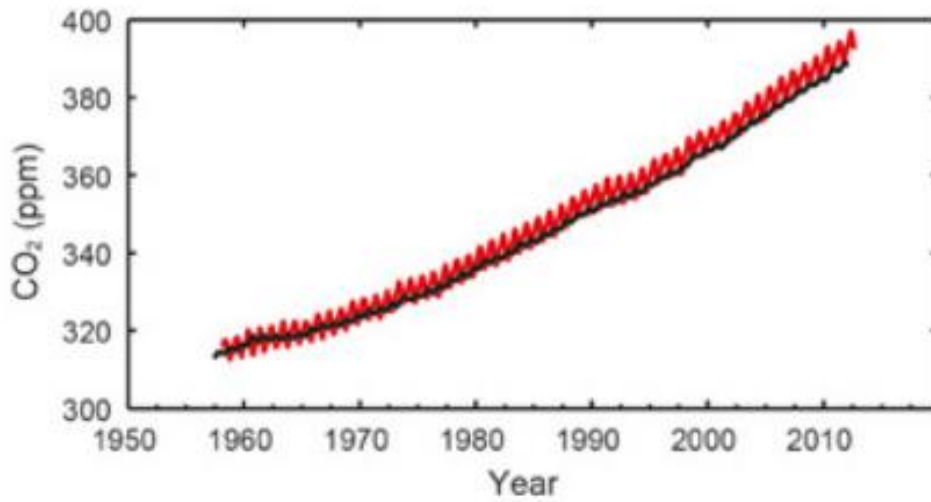


Figure 35: CO2 atmosphérique. Source : Global warming Art, décembre 2007

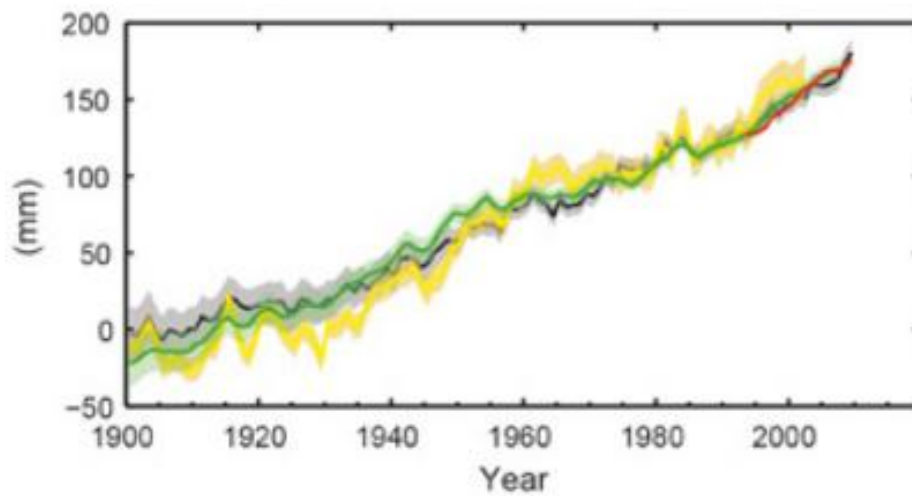


Figure 36 : Hausse globale du niveau de la mer dans le monde. Source : Global warming Art, décembre 2007

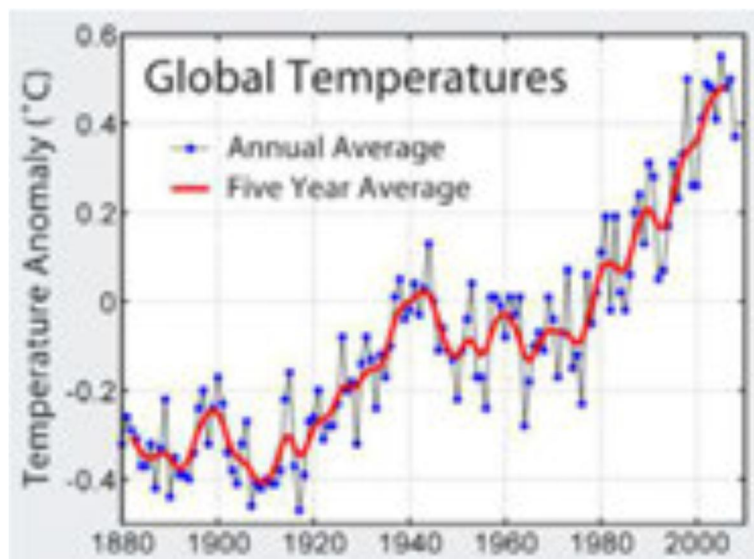


Figure 37 : Différence de température de surface globale moyenne par rapport à la moyenne 1961-199 sur la période 1880-2009.

Source : Global warming Art, décembre 2007

Dans les travaux du GIEC, le terme « changement climatique » fait référence à tout changement dans le temps, qu'il soit dû à la variabilité naturelle ou aux activités humaines<sup>8</sup>. Au contraire, dans la Convention cadre des Nations Unies sur le changement climatique, le terme désigne uniquement les changements dus aux activités humaines. La Convention-cadre utilise le terme « variabilité climatique » pour désigner les changements climatiques d'origine naturelle. Le climat varie sans cesse, à différentes échelles de temps, sous l'effet de différents phénomènes. Pour identifier l'importance d'un mécanisme particulier, tel que l'effet de serre<sup>9</sup>, la difficulté est de parvenir à séparer son signal du "bruit" ambiant, généré par l'ensemble des variations. Le quatrième rapport du GIEC évoque le caractère désormais incontestable du changement climatique« Le réchauffement du système climatique est sans équivoque. On note déjà, à l'échelle du globe, une hausse des températures moyennes de l'atmosphère et de l'océan, une fonte massive de la neige et de la glace et une élévation du niveau moyen de la mer ». (GIEC, 2007) .Depuis le début du siècle, la température moyenne a augmenté de 0,5°C. L'hypothèse la plus largement admise au sein de la communauté scientifique pour expliquer ce réchauffement est l'émission anthropique de GES et de précurseurs d'aérosols. Les projections des modèles climatiques présentées dans le rapport du GIEC (2007) indiquent que la température de surface du globe est susceptible d'augmenter de 1,1 à 6,4°C supplémentaires au cours du XXIe siècle. Les différences entre les projections proviennent de l'utilisation de modèles ayant des sensibilités différentes pour les concentrations de gaz à effet de serre et utilisant différentes estimations pour les émissions futures. La plupart des études portent sur la période allant jusqu'à l'an 2100. Cependant, le réchauffement devrait se poursuivre au-delà de cette date même si les émissions s'arrêtent en raison de la grande capacité calorifique des océans et de la durée de vie du dioxyde de carbone dans l'atmosphère. Ce phénomène implique de fortes conséquences humaines et environnementales à moyen et long terme. Contrairement à la prise de conscience du réchauffement climatique, la nécessité de s'adapter n'a été mise en exergue que bien des années plus tard. Effectivement, alors que le GIEC est créé en 1988, ce n'est qu'en 2001 qu'il

---

<sup>8</sup> Depuis le début de l'ère révolution industrielle, **les activités humaines modifient la concentration de GES (Gaz à Effet de Serre) dans l'atmosphère**. En renforçant la capacité de l'atmosphère à absorber de l'énergie, nos émissions de GES perturbent l'équilibre radiatif entre l'énergie solaire incidente et le rayonnement infrarouge terrestre réémis vers l'espace. De ce fait, une proportion toujours plus importante de rayonnement infrarouge est retenue dans l'atmosphère et contribue à son réchauffement.

<sup>9</sup> L'effet de serre est un phénomène naturel complexe qui contribue à maintenir l'équilibre thermique de la planète. L'énergie solaire nous parvient sous forme de rayonnement de courte longueur d'onde. L'énergie solaire nous parvient sous forme de rayonnement de courte longueur d'onde. Approximativement, 30% de ce rayonnement sont réfléchis vers l'espace par l'atmosphère (nuages, poussières). Les 70% restants sont absorbés par l'atmosphère ou par la surface terrestre, et sont alors réémis sous forme de rayonnement infrarouge de grande longueur d'onde. Or, tout rayonnement émis par la Terre est partiellement ou totalement absorbé par la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone, et d'autres gaz naturellement présents, appelés « gaz à effet de serre » (GES). Ces gaz laissent passer le rayonnement jusqu'au sol mais retiennent 95% du rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre, contribuant ainsi au réchauffement des couches inférieures de l'atmosphère. Les 5% de rayonnement infrarouge restants parviennent directement dans l'espace. Sans la présence de ces gaz dans l'atmosphère, tout le rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre s'échapperait vers l'espace et la température moyenne serait de -18°C. Ce phénomène naturel d'effet de serre augmente la température moyenne de la Terre à environ 15°C et permet des conditions climatiques assez stables pour le maintien de la vie.

propose dans son troisième rapport une définition de l'adaptation : « *L'adaptation aux changements climatiques indique l'ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques présents ou futurs ou à leurs effets, afin d'atténuer les effets néfastes ou d'exploiter les opportunités bénéfiques* ».

#### B.2.2. Les effets du changement climatique sur les forçages côtiers :

Le nombre d'études pour estimer l'évolution des forçages continue de croître, ce qui fournit un contexte favorable pour mieux caractériser les incertitudes associées à l'évolution des forçages. Ces effets ont été identifiés par le GIEC :

##### *Effets sur le régime des tempêtes*

Des changements de l'intensité, de la fréquence et de la trajectoire des tempêtes pourraient affecter la morphologie du littoral, via les vagues et les surcotes, et pourraient aggraver les aléas de l'érosion et la submersion

##### *Effets sur le régime de vagues*

Des changements de la période, la hauteur et la direction des vagues (et des courants côtiers associés) pourraient affecter la morphologie du littoral.

##### *Effets sur le climat de surcotes*

Une modification des régimes de tempêtes peut causer une modification des surcotes ( la fréquence ou l'amplitude) causant une augmentation ou une modération de l'aléa submersion.

##### *Effets sur le régime de précipitations*

Une augmentation des sécheresses ou des événements pluviaux peuvent changer les apports des sédiments pluviaux à la zone côtière et modifier l'aléa d'inondation côtière.

##### *Effets sur le niveau marin*

En dehors des calottes polaires, les glaciers représentent une faible quantité de glace (de l'ordre de 40cm d'équivalent élévation du niveau de la mer, si tous devaient fondre), ce qui limite leur contribution à l'élévation. Toutefois, la dilatation thermique des océans se poursuivra pendant des siècles, même après que la concentration dans l'atmosphère des gaz à effet de serre aura été stabilisée, à cause de la lenteur du transfert de chaleur de la surface aux profondeurs de l'océan.

Les simulations des modèles climatiques suggèrent une augmentation du niveau moyen de la mer de 0,2 à 0,6 m par degré Celsius de réchauffement global par rapport au climat actuel du seul fait de l'expansion thermique.

A l'heure actuelle, tous les modèles d'échelle globale tendent à une élévation future du niveau marin. Ils présentent cependant une importante variabilité avec des taux d'élévation allant de 4 à 10 mm/an en 2100.

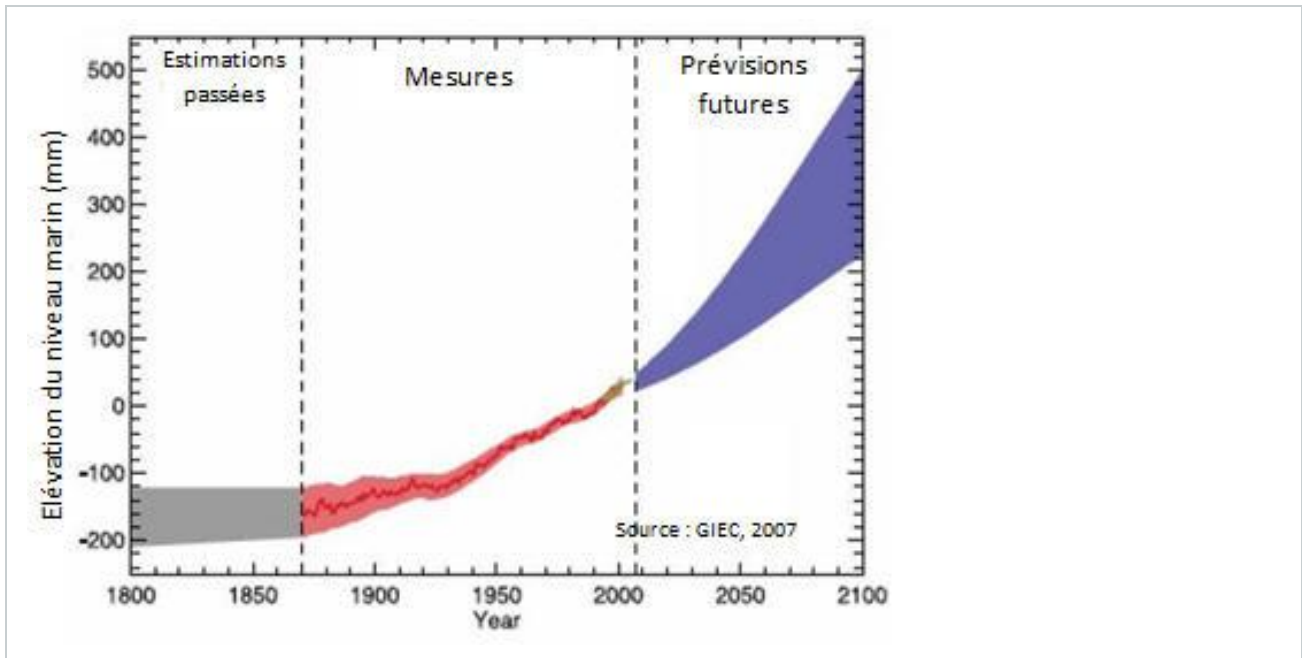


Figure 38: Les élévations passée, actuelle et future du niveau de la mer.

Source: GIEC 2007

En Méditerranée, il n'existe que quatre séries de données de longue durée disponibles : une à Marseille et trois en Italie. Il existe d'autres stations de mesure plus récentes mais aucune ne se situe sur la façade d'Afrique du Nord à l'exception d'Alexandrie. Les données de mesures sont donc limitées ce qui oblige à s'appuyer sur les données satellitales en compléments. Les résultats de la modélisation sont favorable pour la Méditerranée, car l'accroissement de l'élévation du niveau des eaux est faible. Les résultats montrent que le niveau des eaux change dans la totalité du bassin méditerranéen mais ce changement est faible le long des côtes. Le niveau sera plus élevé dans la partie ouest du bassin méditerranéen (>0.25m) que dans la partie est (0.1 à 0.15m). L'élévation moyenne dans le bassin oriental sera de 0,11m alors qu'elle sera de 0.18 dans le bassin occidental ce qui correspond à une élévation moyenne de 1mm/an et 1.6 mm/an respectivement sur la période de 110 ans.

Dans son étude sur l'élévation du niveau des eaux en Méditerranée au 21ème siècle, Tsimplis et al (2008) mentionne qu'à partir des trois stations les plus représentatives de la Méditerranée disposant de longues séries de données, l'élévation du niveau des eaux serait de l'ordre de 1,1 à 1,3 mm/an.

Entre 1960 et le début des années 1990, le taux d'élévation du niveau des eaux serait resté stable alors que sur la période 1992-2000, une rapide élévation du niveau des eaux aurait été observée en méditerranée orientale.

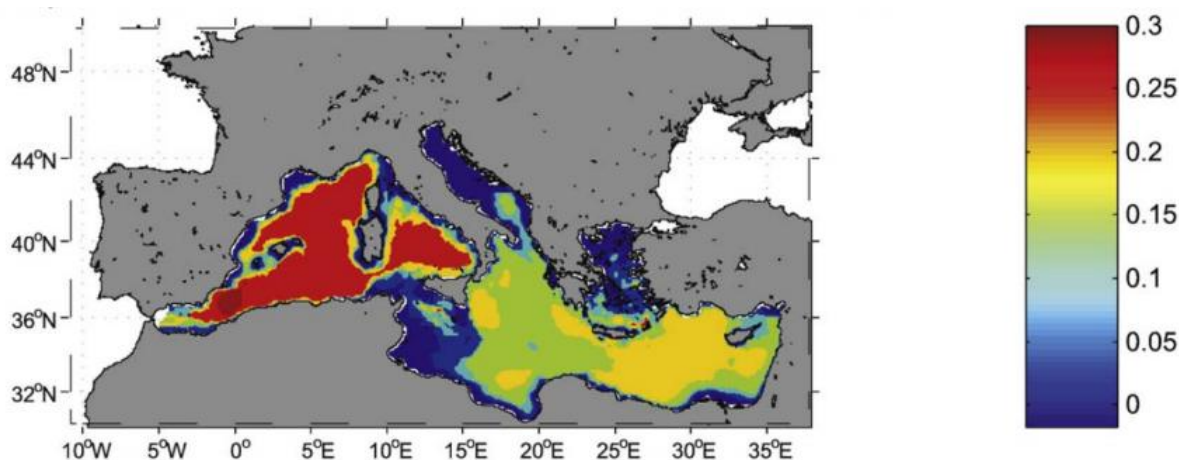


Figure 39: Différence (en mètres) entre le niveau de l'eau sur la période (1961 - 1990) et (2070 - 2099).

Source: Tsimplis et al (2008)

### B.3. LE RISQUE COTIER:

#### B.3.1. Définition :

Un risque est communément défini comme la probabilité de conséquences néfastes, ou pertes attendues (morts, conséquences socio-économiques et dommages environnementales) par le croisement d'un aléa et d'un ou plusieurs enjeux :

- **L'aléa** peut être défini comme la probabilité qu'un événement particulier (menace) se produira dans un délai donné période (niveau de période de retour), il correspond à tout phénomène d'origine naturelle susceptible de produire des dommages. Il est défini par une magnitude, une emprise spatiale, une durée d'action, une intensité de dommages et une probabilité d'occurrence.

- **L'enjeu** peut être définie comme le degré de perte d'un article ou un groupe d'articles situé dans la zone touchée par l'aléa. Il est défini par le MEDDE<sup>10</sup> comme la « valeur humaine, économique ou environnementale des éléments exposés à l'aléa ». Il peut être humain, économique ou environnemental et il correspond à l'ensemble des personnes et des biens (bâti, réseaux, activités économiques, etc.) exposés à l'aléa de niveau x.

Le risque constitue donc une mesure de la situation dangereuse résultant de la confrontation de l'aléa et des enjeux présents sur le territoire (Figure 40).

<sup>10</sup>MEDDE Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie.

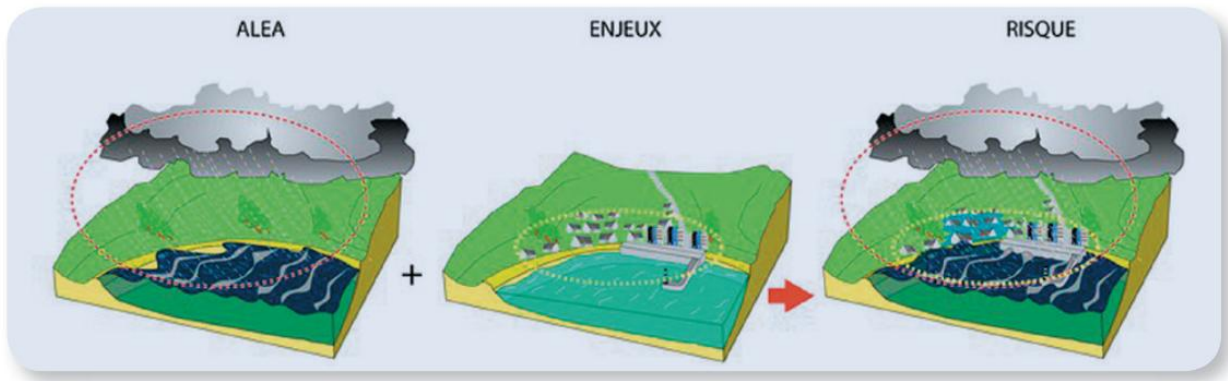


Figure 40: L'équation Aléa + Enjeux = Risque

### B.3.2. Les enjeux des villes littorales :

Le littoral présente des enjeux très spécifiques, tant du point de vue de la démographie, de l'urbanisation, des activités socio-économiques que du point de vue environnemental. Il est essentiel de donner quelques chiffres clés afin de bien appréhender l'impact potentiel du changement climatique sur les littoraux.

- **Une forte densité de population :**

À mesure que l'on approche du rivage, la densité de population augmente nettement.

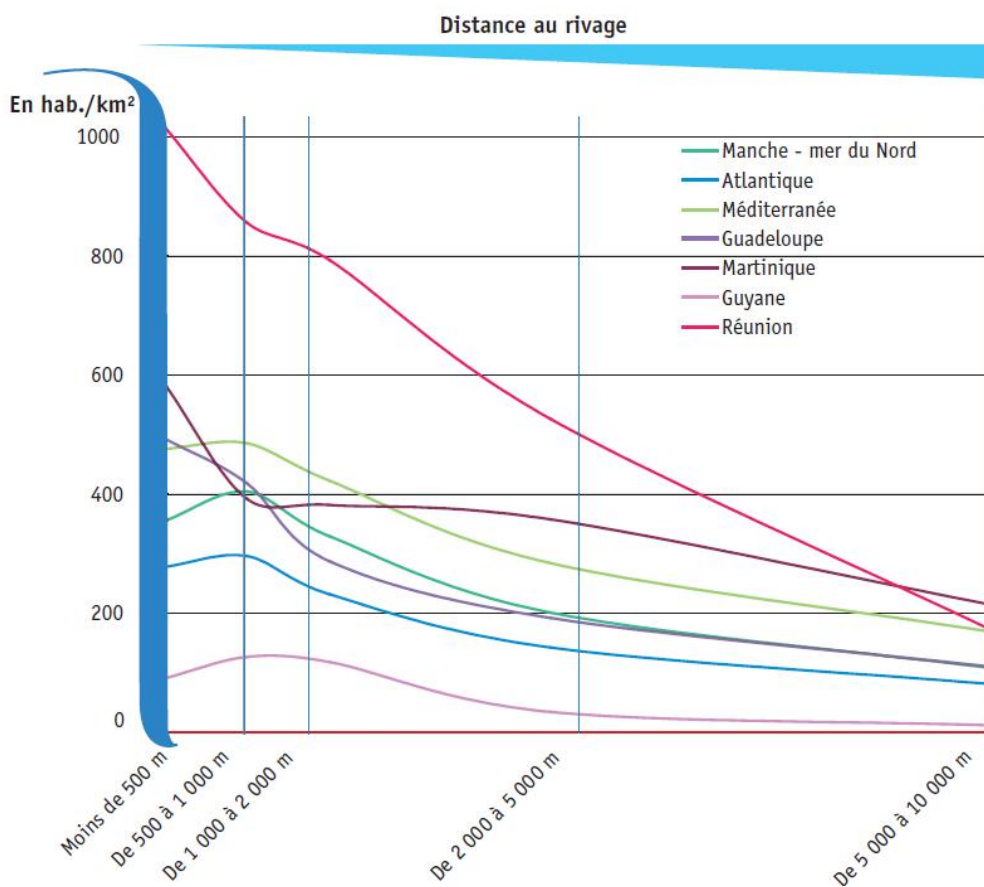


Figure 41: Estimation de la densité de population sur le littoral en fonction de la distance à la mer.

Source: Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique.



Par exemple, La population des régions littorales méditerranéennes s'élève actuellement à près de 136 millions d'habitants. Cette population représente environ 34% de la population totale des pays de la méditerranée, et elle se concentre sur 12% de la superficie totale de ces pays. La densité littorale moyenne s'élève à 132 hab./km<sup>2</sup>, près de trois fois supérieure à la densité moyenne de la totalité des pays (45 hab./ km<sup>2</sup>) . Les déséquilibres les plus marqués entre intérieur et littoral se rencontrent évidemment dans les pays possédant une superficie désertique importante, comme l'Algérie et la Libye.

L'urbanisation (villes de plus de 10 000 habitants) dans une bande côtière de 5 km de large met également en évidence l'attraction exercée par l'espace littoral. Pour l'ensemble du bassin méditerranéen, cette population urbaine représente 39 % de la population des régions littorales.

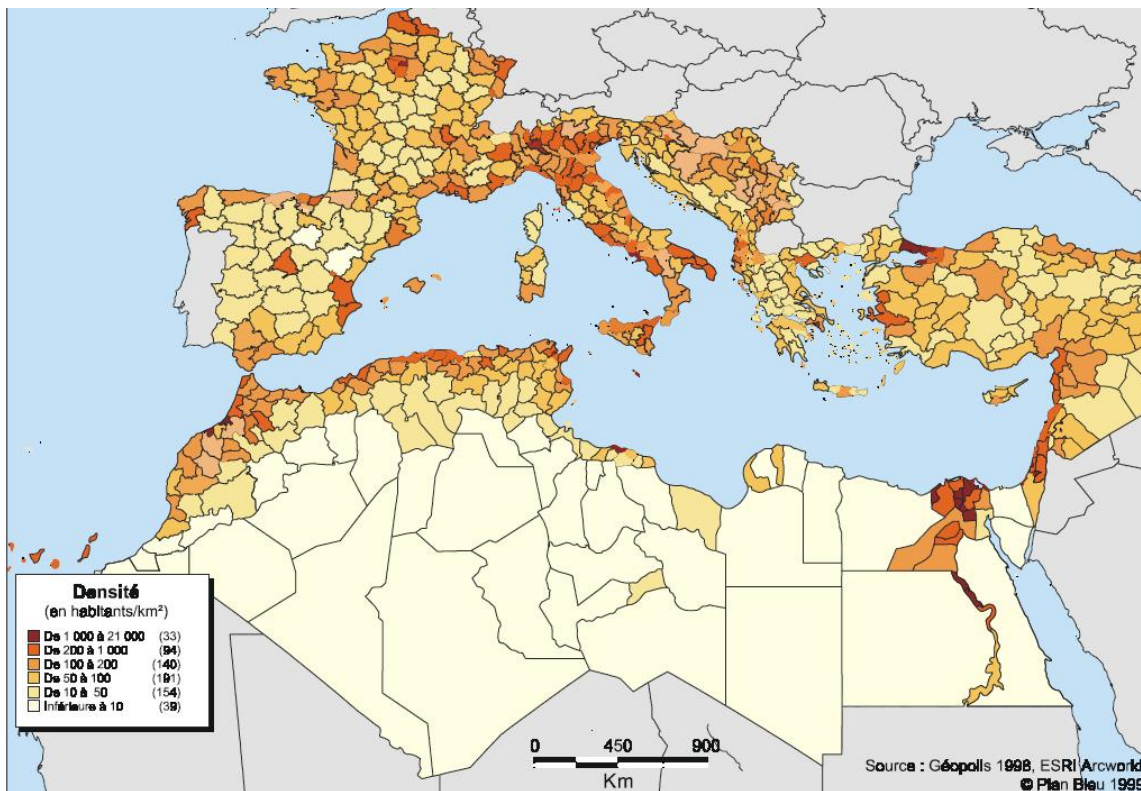


Figure 42 : Densité de population dans les régions des pays méditerranéens en 1995

- **De hauts niveaux d'artificialisation et de construction :**

Du fait de la forte population résidente et des importantes capacités d'accueil touristique, l'occupation du sol des communes villes littorales est marquée par une forte empreinte de l'artificialisation. Le niveau de l'artificialisation progresse fortement en bord de mer. Sur la période 1990-2012, la pression de la construction de logements, mesurée en mètres carrés construits par kilomètre carré, est 3 fois plus forte dans les communes littorales que sur l'ensemble du territoire des pays méditerranéens.

De même, la pression de construction de locaux non résidentiels (industrie, agriculture, services, etc.) est près de 2 fois plus forte en bord de mer que la moyenne.

En analysant des données précises et à grande échelle, on constate que les terres situées à moins de 250m de la mer sont artificialisées avec des niveaux très élevés.

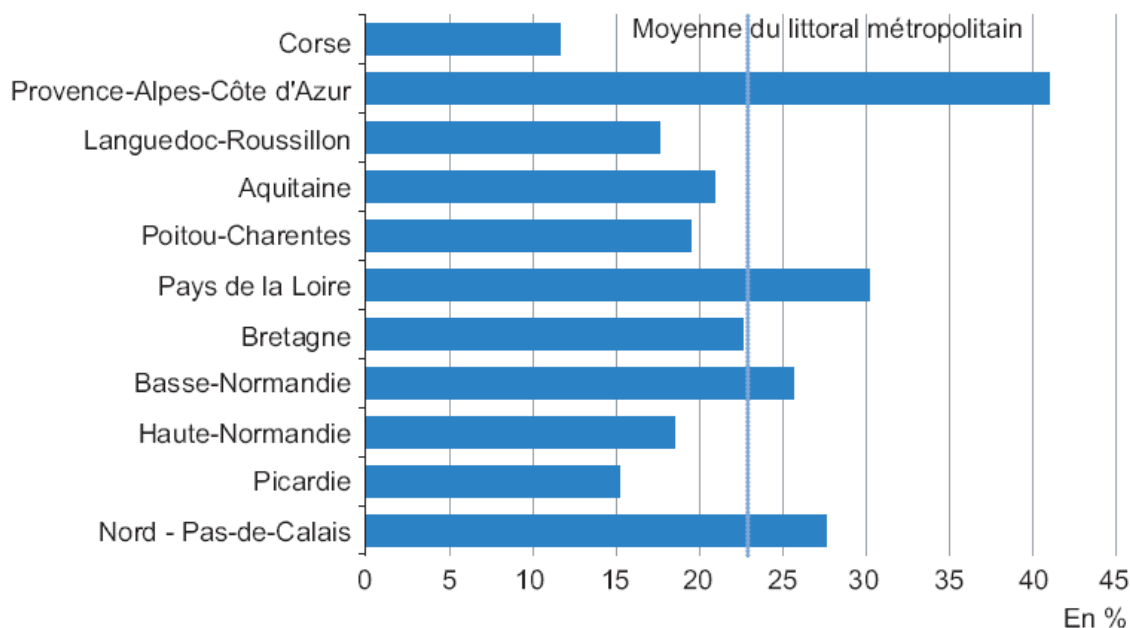


Figure 43: Part des terres artificialisées à moins de 250m de la côte.

Source: Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique.

En lien avec cette forte artificialisation, le nombre d'infrastructures de transport (sur le littoral français par exemple) inondées en cas de remontée de la mer de 1 mètre est très important .



Figure 44: Kilomètres d'infrastructures de transport inondées en cas de remontée du niveau de la mer de 1 mètre.

Source: Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique.

- **Des activités économiques liées à la mer**

Certaines activités économiques ont une forte spécificité littorale et emploient une proportion plus importante de salariés que dans le reste du territoire. On peut citer le tourisme, la pêche, les activités de transport par eau, la construction navale ainsi que plusieurs secteurs industriels liés aux activités portuaires : raffinage du pétrole, sidérurgie, industrie chimique organique.

En Méditerranée par exemple, la construction navale et aéronautique, le raffinage de pétrole et l'industrie chimique organique sont des plus importants, aux côtés du secteur de transport par eau.



### A.1.2. L'aléa climatique :

Le littoral est directement touché par le changement climatique. Les impacts y prennent des formes multiples, héritant des changements passés ou préfigurant les changements futurs.

Compte tenu des enjeux très forts autour du littoral décrits ci-dessus, il est important d'évaluer la forme que prendra ce changement climatique sur les zones littorales, et d'en peser les conséquences. C'est un préalable pour la prise de conscience des impacts induits et pour identifier puis mettre en œuvre les mesures d'adaptation nécessaires, dans le but de réduire les risques et les coûts associés. Le bord de mer concentre les zones soumises à :

#### **Les tempêtes :**

Pour un lieu géographique donné, le risque de tempête est défini par son intensité ainsi que par son occurrence temporelle (heure et fréquence). Ces derniers peuvent être estimés quantitativement, par exemple, en calculant la période de retour des événements de tempête (ou probabilité d'occurrence), soit sur une base purement statistique, soit en tenant compte des impacts enregistrés sur les zones côtières.

Une analyse historique des tempêtes d'un point de vue physique peut être réalisée par la collecte de données météorologiques (ou hydrodynamiques) au fil du temps. L'accès à ce type de données, telles que l'occurrence de tempêtes, ainsi que l'enregistrement de leurs effets (sur les propriétés et les infrastructures côtières, par exemple), est un élément essentiel de l'évaluation des risques côtiers et de la prévision des risques futurs.

Dans le contexte du changement climatique, la variabilité des types de tempêtes et l'élévation du niveau de la mer sont susceptibles de provoquer une augmentation des inondations côtières, ainsi qu'une augmentation de l'érosion, nécessitant ainsi des stratégies d'adaptation spécifiques.

La procédure d'évaluation de la vulnérabilité des côtes aux ondes de tempête nécessite généralement la réalisation de cartes de risque. Par exemple, aux États-Unis, l'Agence Fédérale de Gestion des Urgences a joué un rôle important dans l'identification des zones vulnérables en fournissant des cartes utilisées par les compagnies d'assurance pour se protéger contre les inondations. Ces cartes aidaient les citoyens à souscrire des assurances contre les inondations et reflétaient avec précision les risques pour une région donnée. La procédure adoptée par cette fédération pour l'identification des zones à risque prend en compte des facteurs tels que le forçage hydrodynamique et météorologique (vagues, marées et ondes de tempête), ainsi que la résilience (humaine ou naturelle).

Au niveau européen, la méthodologie proposée par le projet FLOODsite<sup>11</sup>- visant à obtenir des cartes de risque d'inondation côtière - souligne à nouveau l'importance de l'interaction entre le profil de la côte, les caractéristiques de la houle et le niveau de l'élan (l'élévation maximale atteint par les vagues lors des tempêtes). Le projet demande aux Etats membres de cartographier les zones géographiques sujettes aux inondations, selon différents scénarios basés sur les périodes de retour des événements. Selon cette directive, une carte des risques d'inondation pour chaque scénario devrait inclure les facteurs suivants: (1) l'étendue de l'inondation, (2) la profondeur de l'eau, (3) la vitesse actuelle.

Néanmoins, étant donné les caractéristiques spécifiques des inondations côtières, les cartes de risques peuvent indiquer non seulement l'étendue des zones susceptibles d'être inondées, mais également des zones le long de la côte qui sont vulnérables à d'autres risques côtiers tels que l'érosion des plages et des dunes suffisamment importante pour provoquer des inondations de l'arrière-pays. Un exemple de carte d'inondation côtière est donné à la figure 45.

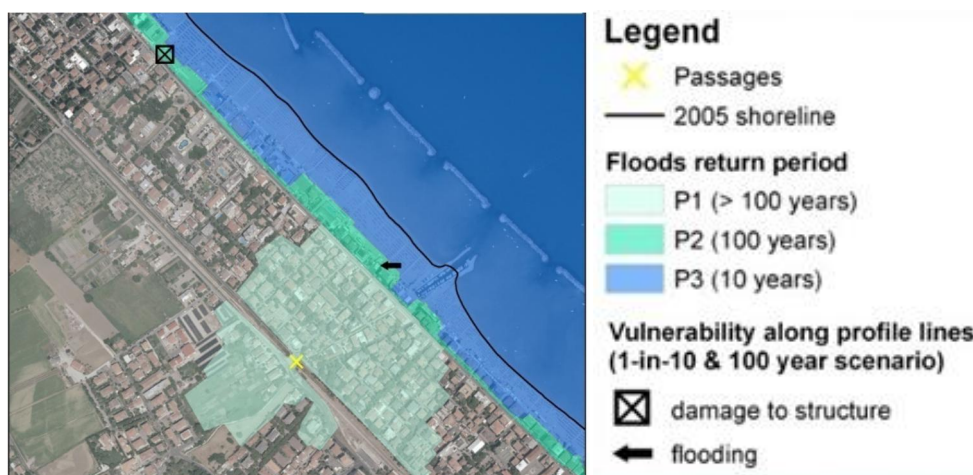


Figure 45: Carte des risques d'inondation établie pour la région de Viserba, Province de Rimini, Italie.

Les symboles représentent les typologies de vulnérabilité des scénarios de période de retour de 10 et 100 ans. La croix jaune représente l'emplacement d'un passage bas qui sert d'entonnoir pour les inondations.

Source: [www.iste.co.uk/quevauviller/storms.zip](http://www.iste.co.uk/quevauviller/storms.zip)

### L'érosion côtière :

C'est un phénomène naturel qui se définit comme une perte de matériaux vers la mer touchant tous les types de littoraux, qu'ils soient sableux, vaseux ou rocheux. Il résulte des effets combinés de la marée, de la houle et des courants induits, des vents. Lorsqu'elle touche les falaises rocheuses, on parle plutôt de mouvements de terrain (ex. : éboulement, glissement). L'érosion se traduit par un recul du trait de côte et/ou un abaissement du niveau des plages, temporaire ou permanent, avec la disparition progressive des stocks sédimentaires. ce phénomène perdure et peut menacer des enjeux humains (camping, voies de communication, etc.).

<sup>11</sup>Méthodologies intégrées d'analyse et de gestion des risques d'inondation: l'équipe comprend 37 organisations partenaires de 13 pays européens.

Par exemple, l'immeuble du Signal sur la commune de Soulac-sur-Mer en Gironde cristallise depuis quelques années toutes les attentions au regard de la problématique de l'érosion côtière et du recul du trait de côte. Ce bâtiment constitué de 78 appartements, édifié à plus de 200 mètres de l'océan en 1967 (et dont le permis de construire fût délivré par l'Etat), n'est plus aujourd'hui qu'à quelques mètres des eaux à marée haute. Malgré les travaux de rechargement en sable et les protections de fortune édifiées en prévision des fortes houles, la situation s'est fortement dégradée lors des tempêtes de l'hiver 2013-2014 et a fait craindre un effondrement du bâtiment. C'est pourquoi le Préfet de Gironde a pris un arrêté de péril imminent obligeant les habitants à quitter les lieux. Depuis, la question de l'indemnisation des propriétaires fait débat et donne lieu à un contentieux entre les copropriétaires, la commune et l'Etat. Des conséquences probables de l'élévation du niveau des mers dans les prochaines décennies.



**Figure 46:** L'immeuble Le Signal en janvier 2014, Soulac sur mer, France. Source: Youtube

Le centre historique des Saintes-Maries est un exemple d'une zone très sensible et menacé par l'érosion côtière. Le littoral de la commune doit donc être surveillé et conforté. Plusieurs techniques de fixation du trait de côte ont été utilisées. La digue frontale a été confortée, à côté de la digue à la mer. Des épis et des brise-lames ont été créés. Une plage a été rechargée en galets. Le bilan de ces équipements est positif, du point de vue de la municipalité, car aujourd'hui on observe plus de plages qu'il y a quatre-vingts ans.



**Figure 47:** Le front de mer des Saintes-Mairies-de-la-Mer, France, en 1932 (à gauche) et en 2009 (à droite). Source: Mairie des Saintes.

Le tourisme balnéaire peut également favoriser l'érosion côtière en fragilisant les dunes par le piétinement par exemple. Certaines activités humaines et aménagements du territoire peuvent aussi avoir un rôle aggravant sur l'érosion côtière : par exemple, les ouvrages de protection (digues, épis...) permettent de maîtriser l'érosion localement et de manière temporaire, mais ils ont généralement des effets négatifs sur les côtes voisines. L'exemple la station balnéaire de Valras en France, montre que la déstabilisation du littoral de la commune est fortement lié aux interventions humaines.

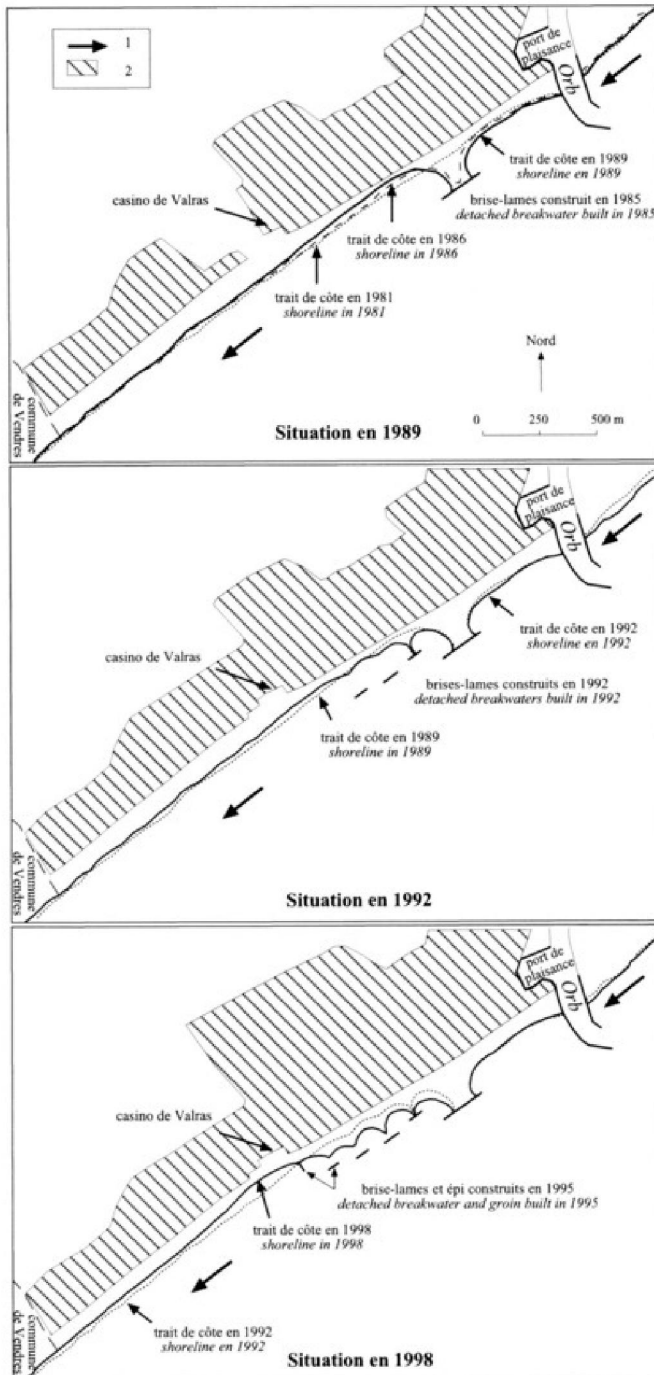


Figure 48: Recul de la ligne de cote de la ville de Valras, France, à cause des jetées de l'embouchure de l'Orb.

Source: [https://www.persee.fr/doc/morfo\\_1266-5304\\_2001\\_num\\_7\\_1\\_1087](https://www.persee.fr/doc/morfo_1266-5304_2001_num_7_1_1087)

humaines.

\* Entre 1968 et 1981 deux jetées ont été construites puis prolongées sur une longueur de 300 et 400 m. Ces travaux ont été effectués afin d'éviter l'ensablement du chenal d'entrée du port de plaisance.

\* L'entrée de la passe a été orienté vers l'est afin d'éviter un trafic des bateaux de plaisance à proximité de la plage très fréquentée, et aussi de rejeter la pollution liées aux apports de l'Orb en dehors de cette zone.

\* Par leurs orientation, les jetées dirigent les apports de l'Orb vers l'est. Lorsque le matériel est repris par la dérive, une partie va s'accumuler contre la jetée, augmentant le déficit sédimentaire des plages de la zone urbanisée.

\* La période entre 1968 et 1981 n'a été pas marquée par une plus grande fréquence et violence des tempêtes. La rupture de l'équilibre sédimentaire de la plage de Valras est donc directement liée à la construction puis le prolongement des jetées de l'Orb.

*Dérive littorale dominante*



*Zone densément urbanisée*



Une des dates marquantes dans cette ville, fut la tempête du 6 au 9 Novembre 1982, une des plus violentes de la région au XX<sup>ème</sup> siècle, la plage s'est reculée de pratiquement 400m, et la zone urbanisée en arrière gravement inondée sur plusieurs centaines de mètres. Face à la menace de la capitale touristique; la municipalité s'est orienté vers une politique de protection lourde. Elle fit construire un premier brise-lames de 200 m de long. Cependant, dès 1989, une accélération de la disparition de la plage (45 m entre 1981 et 1989) en aval, et ainsi de suite, entraînent un enchaînement de brise-lames.

Mais on remarque dans la figure 48 que les brise-lames construite en 1995 on accéléré l'érosion de la plage voisine (situation en 1998)

En mars 1999, cinq brise-lames ont été ajoutés et la plage a été rechargée en sable. Toute la côte se trouve alors protégée, à l'exception des derniers 500 m de la cote à l'ouest. Afin d'éviter la construction de nouveaux ouvrages, la décision fut de créer de manière artificielle un cordon dunaire avec deux rangées de ganivelles.



*Figure 49: Photo des Ganivelles utilisées pour la protection des plages de l'érosion*

Source:<https://www.lacompagniedesforestiers.com/metiers-2/lutte-contre-l-erosion/protection-du-littoral/>

Composante typique des paysages dunaires de nos rivages, la ganivelle est une clôture formée par l'assemblage vertical de piquets de châtaignier refendus, essentiellement, séparés par un espace plus ou moins large, et assemblés par du fil de fer galvanisé. Cette clôture s'appuie généralement sur des pieux battus dans le sol. Sa structure aérée provoque un ralentissement de la vitesse du vent et, par conséquent, une réduction du transport de matières telles que le sable. Cette faculté est très utile dans la reconstitution ou la protection des milieux dunaires.

## La submersion marine :

La submersion marine désigne une inondation temporaire de la zone côtière par la mer dans des conditions météorologiques extrêmes, pouvant cumuler dépression atmosphérique, vent violent, forte houle, associés aux phénomènes marégraphiques, provoquant une surélévation du niveau moyen de la mer, aggravés lorsque ces phénomènes se conjuguent à l'occasion d'une tempête, Il s'agit d'un phénomène brutal, de courte durée, qui se produit de manière périodique et qui s'aggravera avec les effets du changement climatique. Cette invasion par des eaux salées est particulièrement dommageable pour les biens bâtis ou non bâtis et contribue au recul du trait de côte.

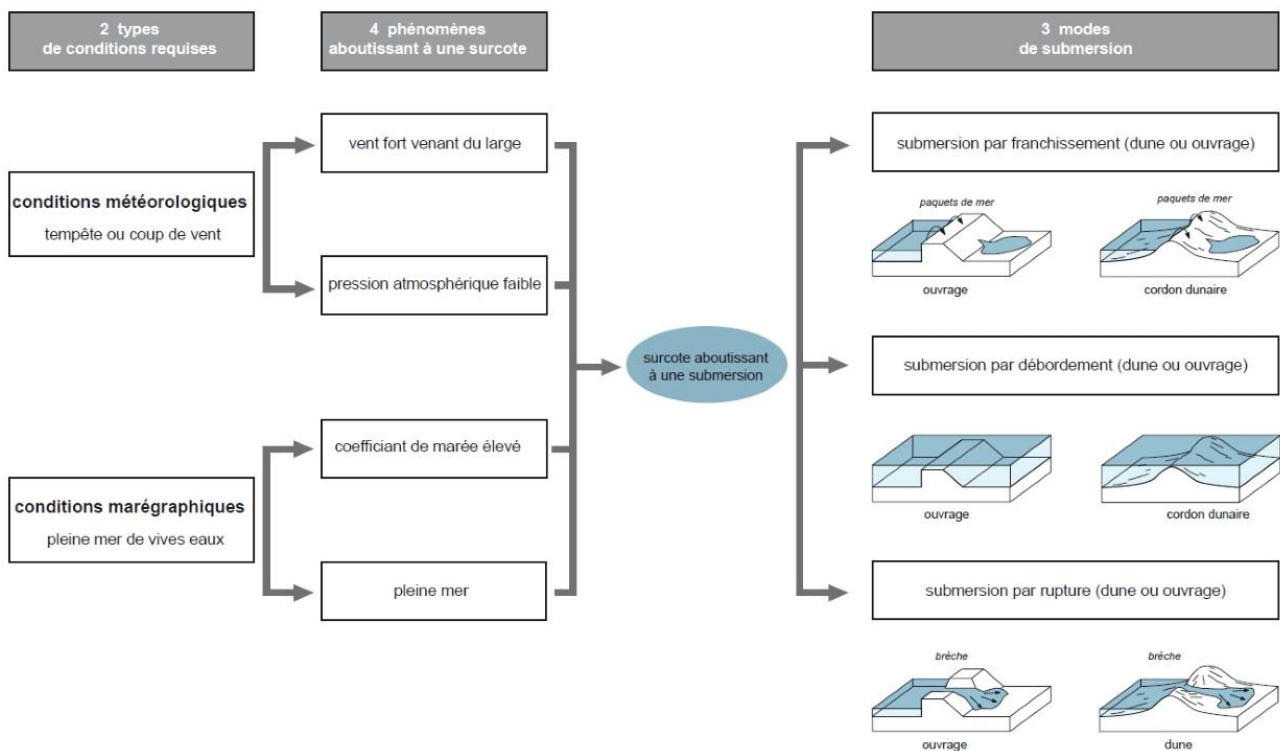


Figure 50 : Processus du phénomène de la submersion marine.

Source: <https://or2c.osuna.univ-nantes.fr/wp-content/uploads/2017/04/conditions-requises-submersions-marines.jpg>

Trois phénomènes peuvent alors se produire:



**Débordement** : la mer envahit par débordement les terres situées sous le niveau exceptionnel de la mer. (Le niveau d'eau est supérieur au niveau des ouvrages de protection).

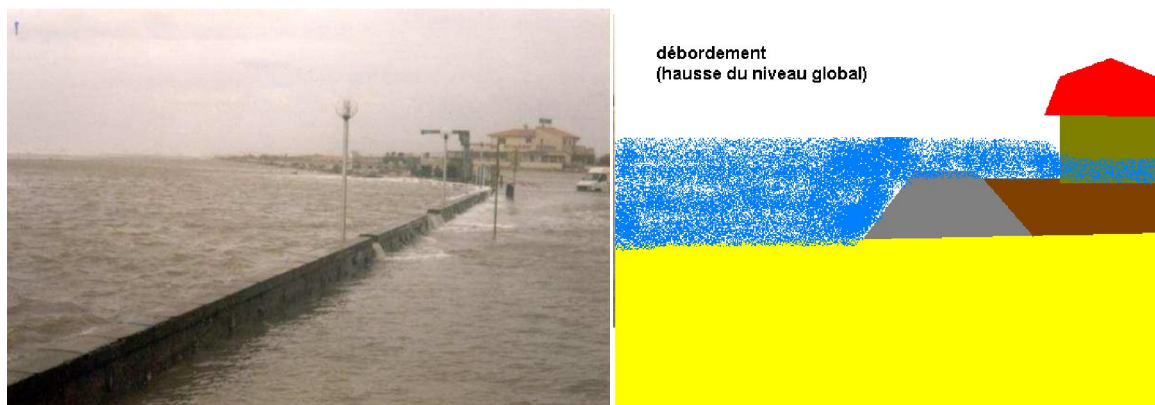


Figure 51: Exemple de débordement de la mer, avec schéma.

Source: <https://www.hauts-de-france.developpement-durable.gouv.fr/?Submersion-marine-Definitions-essentielles>

**Rupture** : les protections telles que les digues et les cordons dunaires peuvent céder sous l'effet de la mer, et créer des raz-de-marée. (Le niveau d'eau est inférieur au niveau de l'ouvrage mais une rupture laisse s'engouffrer l'eau dans des terres plus basses que le niveau de la mer).



Figure 52: Exemple de rupture du cordon dunaire, avec schéma.

Source: <https://www.hauts-de-france.developpement-durable.gouv.fr/?Submersion-marine-Definitions-essentielles>

**Franchissement** : les terres situées au-dessus du niveau de la mer peuvent parfois aussi être inondées, lorsque des projections d'eau de mer franchissent les ouvrages de protection sous l'effet de la houle. (Le niveau moyen de la mer est inférieur au sommet de l'ouvrage, mais du fait des vagues, l'eau franchit l'ouvrage par paquets de mer)



Figure 53: Exemple de franchissement, avec schéma.

Source: <https://www.hauts-de-france.developpement-durable.gouv.fr/?Submersion-marine-Definitions-essentielles>

Ces trois phénomènes peuvent se produire conjointement ou indépendamment. Cependant le phénomène de franchissement apporte des volumes d'eau négligeables en comparaison des volumes apportés par le débordement ou la rupture. De ce fait, le franchissement n'est pas étudié lorsque qu'une inondation est par ailleurs générée par débordement ou rupture.

- ***La modélisation numérique comme outil d'évaluation de l'impact de la remontée du niveau marin sur l'aléa submersion:***

Les outils de modélisation hydrodynamique permettent aujourd'hui de représenter l'ensemble des processus marins (marée, surcotes, vagues, etc.) du large jusqu'à la côte de manière satisfaisante. Pour ce qui concerne la modélisation des processus de submersion à terre, plusieurs approches ont été développées :

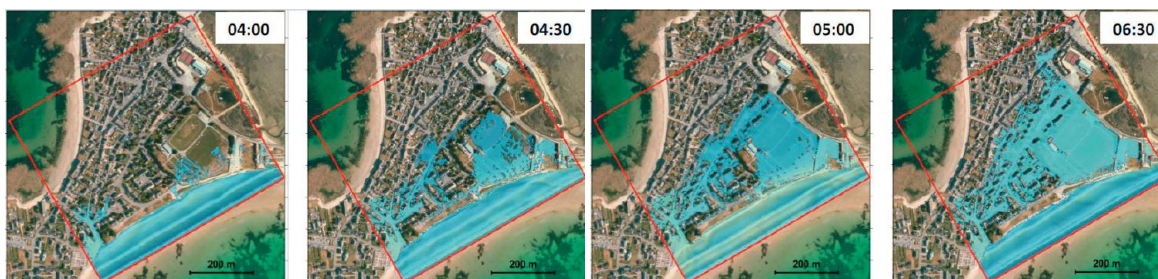
- la plus simple consiste à projeter un niveau marin extrême à la côte le long de contours topographiques, ce qui conduit généralement à surestimer les effets des tempêtes.
- les modélisations les plus avancées permettent de décrire toute la dynamique temporelle et spatiale de la submersion marine lors d'une tempête et de calculer des vitesses d'écoulement.

Ces dernières modélisations s'appuient sur des outils développés récemment et nécessitent une connaissance fine de la topographie, ainsi que de toutes les structures susceptibles d'être franchies ou au contraire de protéger de la submersion. À titre d'exemple, nous présentons en figure 54 des résultats de travaux de modélisation d'un événement de submersion passé : la submersion intervenue à Gâvres (France) lors de la tempête Johanna (10/03/2008).

La simulation de cet événement s'appuie sur une modélisation « emboîtée », allant de la modélisation au large des vagues et des niveaux d'eau, jusqu'à la submersion à terre, en prenant en compte explicitement le bâti. Le modèle utilisé a permis de reproduire la dynamique des phénomènes de submersion par franchissement, puis la propagation à terre. Le résultat de cette modélisation est en très bon accord avec les observations disponibles et les témoignages d'habitants. Cet exemple



illustre la maturité actuelle des outils de modélisation d'événements de submersion complexe en milieu urbain.



*Figure 54: Modélisation de la submersion marine lors de l'événement de tempête Johanna, le 10/03/2008, à Gavres, France. Quatre instants de l'épisode de submersion sont représentés ici.*

Source: [https://www.researchgate.net/publication/295855148\\_Le\\_climat\\_de\\_la\\_France\\_au\\_XXIeme\\_siecle\\_volume\\_5\\_Changement\\_climatique\\_et\\_niveau\\_de\\_la\\_mer\\_de\\_la\\_planete\\_aux\\_cotes\\_francaises\\_Rapport\\_DGEC\\_sous\\_la\\_direction\\_de\\_Jean\\_JOUZ\\_EL\\_68\\_pages/figures?lo=1](https://www.researchgate.net/publication/295855148_Le_climat_de_la_France_au_XXIeme_siecle_volume_5_Changement_climatique_et_niveau_de_la_mer_de_la_planete_aux_cotes_francaises_Rapport_DGEC_sous_la_direction_de_Jean_JOUZ_EL_68_pages/figures?lo=1)

Donc la connaissance des niveaux marins extrêmes le long des côtes permet, par comparaison avec la topographie des terres, d'identifier les sites potentiellement exposés à la submersion marine. Cette identification est ensuite ajustée et complétée par l'historique des submersions marines, qui fournit une connaissance des risques de rupture des digues et cordons dunaires. Pour chaque site ainsi soumis à l'aléa submersion, les conditions de mer définies pour les périodes de retour 10 ans<sup>12</sup>, 100 ans et 1000 ans sont ensuite simulées à l'aide d'un modèle numérique hydrodynamique. Ce modèle numérique calcule l'évolution dans le temps de l'inondation, et fournit les hauteurs de submersion et les vitesses d'écoulement permettant de caractériser l'aléa, ainsi que les temps de propagation de l'inondation. Les cartographies de l'aléa issues du modèle sont ensuite ajustées afin de classer en aléa fort les secteurs situés à moins de 100 m de la côte et des ouvrages de protection. Pour les sites dont les ouvrages de défense contre la mer sont susceptibles de se rompre, une largeur ayant déjà été observée lors des tempêtes historiques dans la région est alors étudiée. De plus, il aurait été possible de simuler simultanément plusieurs brèches dans une même digue ou dans une même dune, ou encore des ruptures en cascade des diverses digues de protection situées en retrait à l'intérieur des terres. Pour chaque période de retour, de multiples scénarios auraient donc pu être simulés, cependant seule l'hypothèse d'une unique brèche par site a été retenue afin de définir une configuration réaliste et probable, sans rechercher à majorer l'aléa. Il est à noter que l'identification des sites pouvant être soumis à l'aléa submersion est effectuée d'après l'état actuel des digues et cordons dunaires. De ce fait, les cartographies de l'aléa résultant de cette analyse représentent également la situation actuelle, et un suivi régulier de l'état des protections littorales est nécessaire afin de suivre l'évolution dans le temps du risque de submersion.

<sup>12</sup>cela signifie qu'il ne se produira qu'une seule fois en 10 ans. En réalité, il faut comprendre que, tous les ans, ce type d'événement a une chance sur dix de se produire.

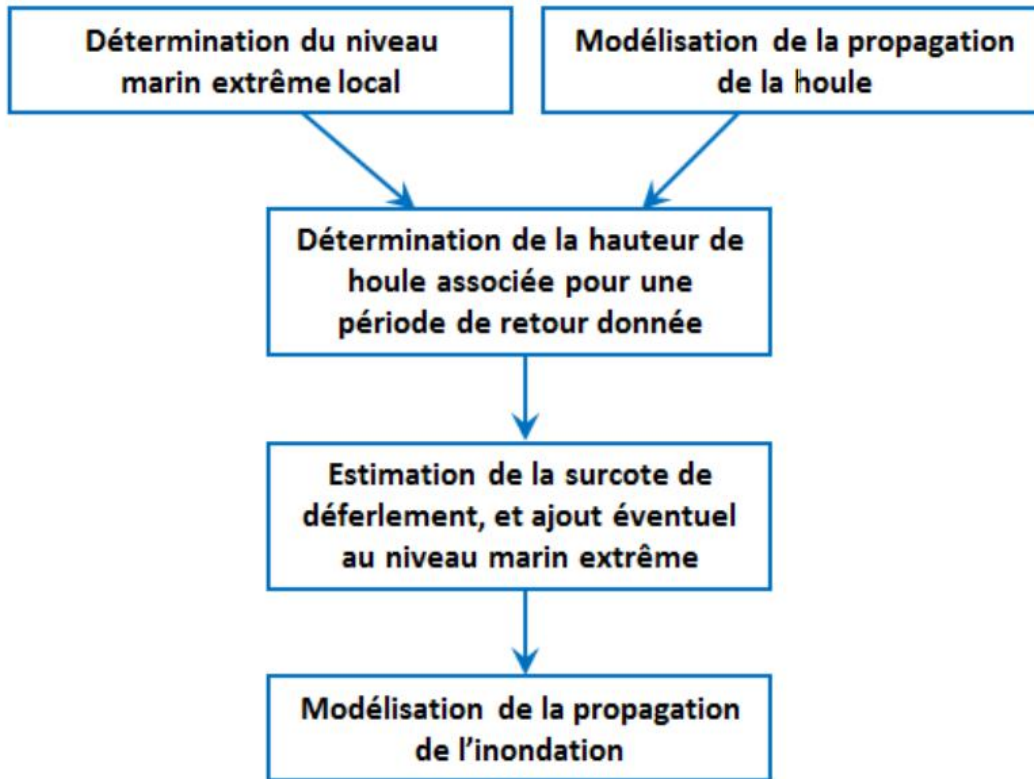


Figure 55: Méthodologie pour la modélisation de la submersion marine.

#### B.3.4. Méthodologies d'évaluation de la vulnérabilité des zones côtières :

Diverses méthodologies ont été élaborées pour évaluer la vulnérabilité des zones côtières. La plupart de ces méthodes reconnaissent la nécessité d'intégrer les aspects humains. Pour cartographier la vulnérabilité, on prend comme exemple une de ces méthodes :

**L'Indice de vulnérabilité côtière (IVC)**: développé à l'origine pour évaluer les risques d'élévation du niveau de la mer le long de la côte est des États-Unis, a été amélioré par ajout des facteurs socio-économiques et adapté aux caractéristiques des zones étudiées. En Algérie, plusieurs analyses ont déjà été réalisées.

C'est un indice simple d'utilisation, intégrant trois sous-indices : (1) un sous-indice décrivant la résilience et la susceptibilité côtière à l'érosion (2) les variables contribuant à l'érosion induite par les vagues et les marées (3) des facteurs socio-économiques décrivant les biens matériels et humains potentiellement menacés (population, réseau routier, occupation du sol...). Chaque sous-indice regroupe plusieurs facteurs.

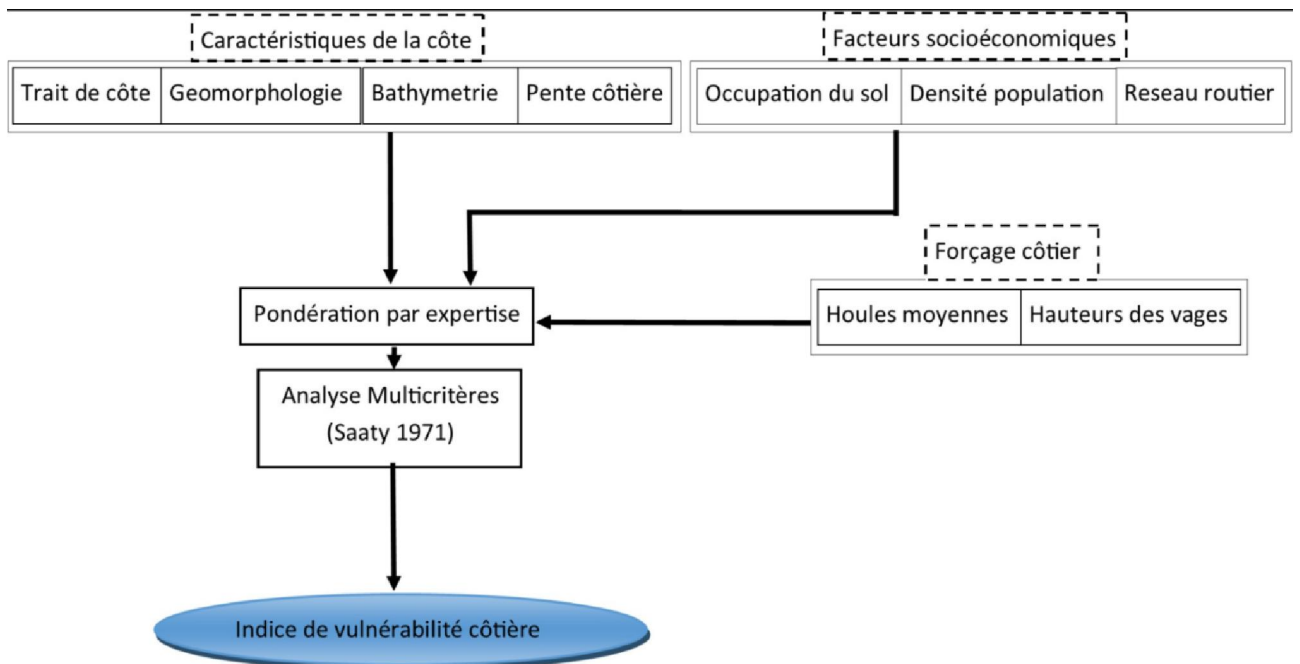


Figure 56: IVC et ses trois sous indices.

Source: <https://journals.openedition.org/mediterranee/docannexe/image/8625/img-2.jpg>

Cette méthode a été utilisée pour étudier la vulnérabilité de la baie d'Alger, les trois sous indices ont été analysés comme suit:

Caractéristique de la cote: trait de côte, géologie, bathymétrie, pente côtière.

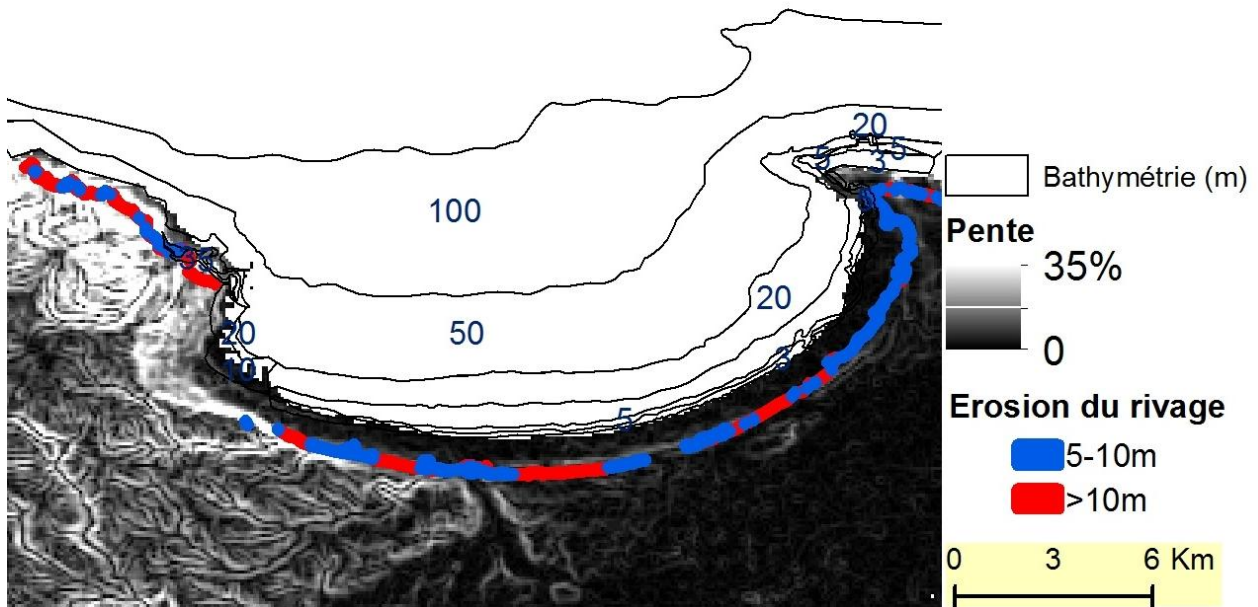


Figure 57: Les facteurs physiques.

Sources: <https://journals.openedition.org/mediterranee/docannexe/image/8625/img-3.jpg>

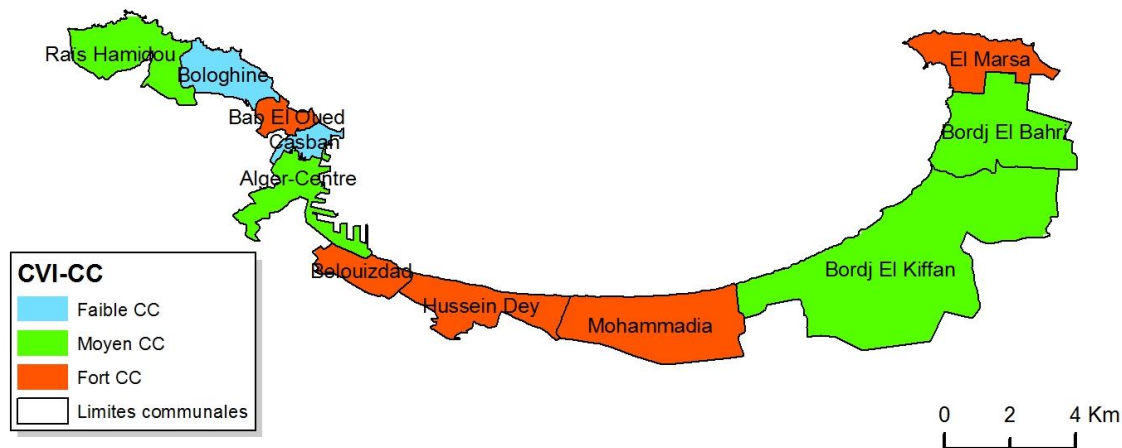


Figure 58: Caractéristiques physiques de la côte.

Source: <https://journals.openedition.org/mediterranee/docannexe/image/8625/img-11.jpg>

La bathymétrie: Elle a été extraite d'une combinaison entre une carte géologique géo-référencée et une carte bathymétrique issue de la GEBCO « Carte bathymétrique générale des océans ».

La pente côtière: En géomorphologie côtière, on considère parfois que les côtes où la pente est élevée sont les plus exposées à l'érosion. Les pentes varient entre 35 % d'inclinaison à l'ouest de la baie, à proximité des zones de relief, jusqu'à 2 % à l'est.

Trait de côte: L'extraction de l'érosion apparente s'est faite via une différenciation entre le trait de l'an 2000 et le trait de côte de 2015 sur un SIG. Le trait de côte a été extrait à l'aide d'une imagerie aérienne ancienne.

Géologie: C'est une carte géologique d'Alger, géo-référencée avec le système de projection (source : Carte géologique de l'Algérie, 1964) et une image aérienne ancienne (1999), la lithologie littorale a été numérisée, corrigée puis classée.

#### Facteurs de forçage côtiers (FC):

Moyenne des marées: La moyenne significative des marées est la différence verticale entre la marée la plus haute et la marée la plus basse. Dans le bassin algérois, la marée moyenne est de 0,16 m . Elle est considérée comme faible.

Hauteur significative des vagues: Les côtes algéroises se caractérisent par une hauteur moyenne de vagues faible à moyenne (entre 0,2 et 3 m d'amplitude). Malgré l'absence de données précises sur l'hydrodynamisme de la région, la hauteur maximale des vagues observées, au cours des dix dernières années, est de 3 m . Les hauteurs entre 2 et 3 m n'étant atteintes en Algérie que lors des épisodes spécifiques de haute énergie comme des tempêtes ou lors de séismes , on retiendra la hauteur de 1 m correspondant aux hauteurs les plus significatives en baie d'Alger .

### Facteurs socio-économique:

Trois couches composent ce sous-indice ; l'urbanisation, le réseau routier et la densité de population.

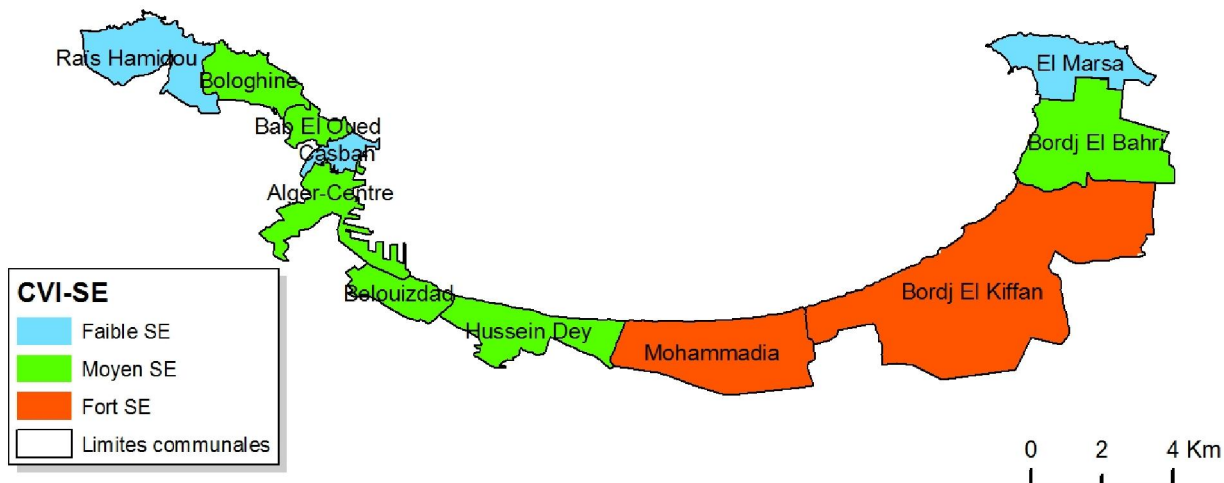


Figure 59: Les facteurs socio-économiques sur la côte.

Source: <https://journals.openedition.org/mediterrane/docannexe/image/8625/img-12.jpg>

Par pondération de ces trois sous indices on obtient la carte suivante:

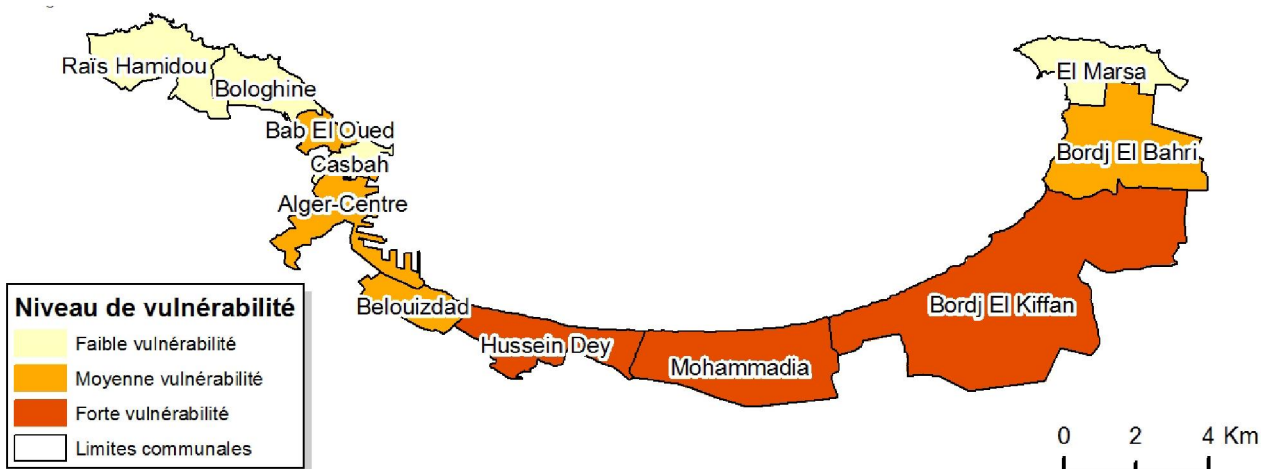


Figure 60: Carte de l'indice de la vulnérabilité côtière sur la baie d'Alger.

Source: <https://journals.openedition.org/mediterrane/docannexe/image/8625/img-13.jpg>

On remarque que les trois communes à très forte vulnérabilité (Hussein Dey, Mohammadia, Bordj El Kiffan) sont caractérisées par une forte vulnérabilité socioéconomique (urbanisation, forte démographie, densité du réseau routier), ainsi que par des caractéristiques physiques de la côte défavorables (érosion importante, littoraux sableux fragiles...). Ce sont donc des communes ayant connu une artificialisation intensive, car l'ouest de la baie (centre-ville historique) était déjà très urbanisé (Alger-centre, Casbah, Bab Eloued). C'est le centre et l'est de la baie qui ont subi les pressions humaines les plus importantes en matière de logement du fait de l'exode rural et d'un

foncier plus disponible. Les communes moyennement « vulnérables » (Bordj El Bahri, Belouizdad, Alger-Centre) se caractérisent par la présence d'au moins un facteur marqué de vulnérabilité : forte « densité de population » et fort « réseau routier » pour Alger-Centre, « érosion du trait de côte » pour Belouizdad, fort « taux d'urbanisation » pour Bordj El Bahri. Ces communes doivent faire l'objet de mesures anticipées, (limitation de l'urbanisation côtière, protection des dunes littorales et du sable de plage...), pour éviter de passer au niveau « forte vulnérabilité » dans un futur proche.

Certains ouvrages récents de protection côtière, ne sont que des solutions temporaires, souvent mal-adaptées. Elles ne font qu'accroître la vulnérabilité, ou dévier l'intensité des courants vers d'autres plages riveraines.

#### B.4. STRATEGIES D'ADAPTATION DES VILLES LITTORALES AUX CHANGEMENTS CLIMATIQUES:

La résilience renvoie à une triple capacité des systèmes urbains, permettant de distinguer trois phases dans la prise en compte d'une perturbation :

- la capacité à faire face, à résister à, ou à absorber (propriété de résistance) le choc au moment de l'événement.
- la capacité à récupérer ou à « rebondir » (aptitude à fonctionner en mode dégradé et à se réparer/reconstruire) pour mettre fin à la situation de crise et retrouver un mode de fonctionnement acceptable.
- la capacité à se réorganiser ou à s'adapter (processus d'adaptation/de transformation) une fois la crise passée pour se préparer à la survenue d'autres chocs ou perturbations.

Et avec le changement climatique, la vulnérabilité future des littoraux aux risques côtiers dépendra de l'ampleur et des impacts localisés de l'élévation du niveau de la mer d'une part, mais aussi des choix de gestion du trait de côte et d'aménagement dans les secteurs actuellement exposés et qui pourraient le devenir en raison de l'élévation du niveau de la mer.

Dans un contexte d'augmentation des phénomènes météo-marins comme les tempêtes et compte tenu de l'augmentation démographique des territoires côtiers, les communautés littorales doivent repenser la manière avec laquelle les littoraux sont aménagés. De ce fait, plusieurs stratégies ont été mises en place afin de protéger les enjeux sur les côtes. On distingue alors quatre types de stratégies d'adaptation :



### A.1.1. L'adaptation physique:

Elle se fait par des ouvrages de défense dits « **lourds** » permettant de repousser les assauts de la mer (épîs, murs, brise-lames ...). Ces techniques ont souvent une action protectrice très localisée avec des effets aggravant à proximité de la zone protégée. Afin de résoudre ces problèmes, d'autres systèmes de protection dits « **souples** » se développent et présentent l'avantage de mieux s'intégrer au paysage naturel et de présenter un impact moindre sur la biodiversité.



DIGUES EN DUR



ENROCHEMENT



BOUDINS GÉOTEXTILES



ÉPIS PERPENDICULAIRES



BRISE-LAMES



RÉENSABLEMENT

- **Les aménagements lourds**

Ces techniques se basent sur deux principes différents :

- les aménagements perpendiculaires à la côte, tels que les épîs, permettent notamment de minimiser le transport du sable par les courants latéraux (dérive littorale). Les plages se rengraissent en sable à l'amont et l'énergie des vagues est amoindrie dans le même temps.
- les aménagements parallèles à la côte (digues, brise-lames, enrochements ...) font obstacle aux vagues et fixent le trait de côte.

Inconvénients :

- impact extrêmement fort tant au niveau paysager que pour la biodiversité
- coûts très élevés
- perturbation voire suppression des activités de loisirs comme le surf
- érosion renforcée en aval de ces aménagements (ce qui revient à déplacer le problème)



*Figure 61: A gauche: Les Brises lames*

*A droite: Les Epis*

- ***Les aménagements souples (ré ensablement, géotextile)***

L'objectif est d'opposer à la mer une stratégie basée sur la diffusion de l'énergie des vagues et une moindre modification de l'écosystème. Ces aménagements permettent de garder une plage sèche à marée haute, contrairement aux aménagements en dur. En outre, l'impact paysager et le coût de ces méthodes dites « douces » est largement inférieur aux méthodes « dures ». Un autre avantage de la lutte active souple est que la plupart des activités de loisirs sur le littoral ne sont pas perturbées.



*Figure 62: Ré ensablement par bateau*

*Ré ensablement terrestre*

*Boudins géotextiles*

**Inconvénients :**

- durabilité et efficacité plus faible dans le temps
- aménagements demandant un entretien plus régulier
- bouleversement de la biodiversité pour le réensablement
- risque de manque de sable (exemple de Lacanau : pour un linéaire de 1,2 km, le besoin annuel en sable est estimé à 72 000 m<sup>3</sup>).

- ***La réhabilitation des dunes et des zones humides:***

Les dunes et les zones humides sont des protections naturelles du littoral. Leur réhabilitation ou leur renforcement peut ralentir le phénomène d'érosion et diminuer ainsi le risque de submersion.

La réhabilitation des dunes: Pour la réhabilitation des dunes, les processus naturels sont soutenus par la mise en place de ganivelles<sup>13</sup> et la plantation de végétation qui retiennent le sable. Cela permet d'empêcher le sable, emporté par le vent, d'avancer vers l'intérieur des terres. La dune se stabilise et peut même gagner du terrain face à la mer. Ce processus est lent et demande de la patience et une protection particulière afin d'éviter notamment le piétinement. Cela contraint les usagers à faire des détours pour accéder à la plage, mais ce petit effort est récompensé à long terme par le maintien d'une plage saine offrant toutes les possibilités à l'utilisateur de s'épanouir dans les activités littorales.



*Figure 63: La réhabilitation des dunes et des zones humides. A gauche: Réhabilitation de la dune de Capbreton, ville de Capbreton, France. A droite: Parc écologique Izadja à Anglet, France.*

Inconvénients :

- entretien régulier des dunes et mise en place de protections indispensable
- ralentit le processus d'érosion mais le stoppe pas
- seulement applicable sur les zones où un large cordon dunaire existe déjà

Réhabilitation de zones humides: Beaucoup de zones humides sur le littoral ont été asséchées au cours des derniers siècles pour gagner des terres cultivables ou constructibles ou pour pouvoir faciliter l'accès au littoral. Ces zones représentent pourtant des zones « tampon » qui peuvent absorber des quantités importantes d'eau et qui sont capables de ralentir les vagues lors de tempêtes. Elles diminuent ainsi considérablement le risque de submersion et rétablissent la biodiversité. En dehors de ses capacités à protéger la côte, la réhabilitation des zones humides permettrait de

---

<sup>13</sup>Ganivelle : barrière formée par l'assemblage de lattes de bois verticales séparées les unes des autres par un espace dont la largeur détermine la perméabilité de la barrière.

participer au développement d'activités de loisirs comme la pêche, l'observation naturaliste, les balades. Cela peut être un vrai atout pour un territoire et ses habitants, améliorant ainsi le cadre de vie dans une véritable démarche de développement durable.

Inconvénients :

- demande de laisser de larges zones du littoral à l'état naturel

B.4.2. L'adaptation stratégique:

La relocalisation prévoit la démolition et le déplacement des biens et des activités du front de mer vers l'intérieur des terres. Cette solution est envisagée quand le maintien du trait de côte devient techniquement impossible ou lorsque les coûts de celui-ci deviennent trop importants. Dans des zones à fort recul du trait de côte, la relocalisation peut également s'envisager lorsque peu de biens sont concernés et que le déplacement peut se faire facilement. Cette stratégie demande une anticipation forte de la part des collectivités, et s'appuie sur un important travail d'information pour convaincre les acteurs (habitants et commerces). Bien qu'elle semble être la seule solution à long terme face au risque d'érosion accru sur certaines zones, elle est très délicate à mettre en place, notamment du fait de l'épineuse question de l'indemnisation des personnes concernées, pour laquelle il est difficile de trouver les fonds nécessaires. A titre d'exemple, la résidence "Le Signal", située à Soulac-sur-Mer, en Gironde, a dû être évacuée d'urgence en 2014. Après quatre années de querelles administratives, le Sénat a voté en décembre 2018 l'indemnisation des copropriétaires.

Inconvénients :

- de nombreux points de blocages réglementaires, opérationnels et financiers à lever
- mise en place très longue, ce qui implique souvent de trouver une solution de protection temporaire coûteuse
- nécessite une étude de faisabilité en amont impliquant tous les acteurs locaux
- faible acceptabilité sociale (difficile de convaincre les personnes concernées)



#### B.4.3. L'adaptation par la connaissance:

Pour que le littoral conserve sa productivité et ses fonctions naturelles, il faut donc améliorer la planification et la gestion de son développement. En effet, l'aménagement des zones littorales doit se fonder sur une base scientifique tenant compte de ses caractéristiques géomorphologiques et climatiques et conciliant les exigences des divers secteurs économiques dont la survie dépend de ces écosystèmes, donc les décideurs doivent avoir une meilleure connaissance des aléas et des enjeux, d'où la nécessité d'approfondir les recherches et les études pour:

- caractériser la sensibilité physique des sites au changement climatique ;
- élaborer des scénarios d'évolution climatique du littoral.
- définir les orientations à long terme de l'aménagement du littoral de façon à adapter sa stratégie au changement climatique.

**\*\*** Bien que les impacts liés aux changements climatiques soit déjà perceptible sur le territoire, il existe une forme de déni de la part des populations locales, en terme de méthodologie, il est donc plus que nécessaire de sensibiliser les habitants par des actions pédagogiques, L'adaptation peut donc concerner aussi l'information du public et des décideurs, accentuer la couverture par les médias des impacts des changements climatiques, afin de faciliter la responsabilisation et la prise de décisions, et même la formation des acteurs pour la mise en place des mesures.

## Conclusion générale :

Le développement des zones côtières se fait par une connaissance globale des ses spécificités, atouts et contraintes lié à la présence de la mer, d'ou la nécessité des aménagements spécifique, sur le plan urbanistique et architectural ,qui prennent en compte les potentialités naturelles et les particularités environnementales, économiques et sociales de ce milieu.

La ville littorale est soumise à une pression écologique, démographique, urbanistique et économique qui pourrait engendre une menace sur son écosystème, donc c'est un espace extrêmement complexe dont le fonctionnement et l'évolution sont conditionnés par plusieurs paramètres naturels et anthropique.

Face à un problème aussi rapidement évolutif que le problème climatique, il existe un besoin très fort de surveillance et de vigilance face aux risques des changement climatiques, ce besoin recoupe un besoin de mieux comprendre la dimension systémique des évolutions en cours. Alors l'analyse des comportements et réactions des sites face aux aléas nous impose de réfléchir à des actions qui tiennent compte des différents temps de l'événement: Le premier temps est lié à l'identification du risque, à sa mesure qui engendre forcément des mutations et une capacité à mettre en alerte. Le deuxième temps demande des mesures de gestion et des espaces de replis dans la ville. Le troisième temps fait appel à la capacité de régénération d'une ville, mais également aux traces que laissent l'événement et qui fondent la mémoire du risque.

D'ou est né le concept "résilience" qui cherche à tirer parti de la sensibilité du territoire pour dessiner et orienter des actions qui assurent un développement de la ville conscient et averti des risques, et plus encore en harmonie avec les usages contemporains.

*"Réfléchir à partir des risques auxquels le territoire doit faire face a permis de faire le lien entre contrainte et développement, sans opposer ces deux réalités, mais plutôt en considérant le risque comme l'un des composantes de l'aménagement du territoire" Frédéric Bonnet, ibidem, p9.* Cette nouvelle manière d'envisager l'aménagement de la ville fait du risque un véritable levier, une opportunité pour repenser le projet, et l'événement climatique devient un élément du système territorial, un élément de composition du projet architectural et urbain.

Enfin, cette recherche a voulu être une base de réflexion aux différents acteurs urbains dans les villes littorales algériennes pour pouvoir aider la gestion locale de l'adaptation aux effets des changements, Il s'agit plus précisément de comprendre comment nos territoires littoraux subissent un changement global pour pouvoir définir les enjeux et après adopter une stratégie d'aménagement valable à court et à long terme, et c'est exactement le but de la résilience urbaine.

## **Ouvrages:**

- CORBIN A., 1990. *Le territoire du vide. L'Occident et le désir de rivage, 1750-1840*. Paris,

## **Memoires et thèses:**

- *La vue sur mer et l'urbanisation du littoral. Approche géographique et cartographique sur la Côte d'Azur et la Riviera du Ponant, pour l'obtention du titre de docteur de Géographie de l'université de Nice Sophia-Antipolis*. Soutenue par: Samuel Robert le 4 décembre 2009.

- *Waterfronts: Spatial composition and cultural use*. pour l'obtention du titre de docteur de philosophie, The Bartlett School of Planning, University College London. Soutenue par: Doshik Yang, Septembre 2006.

- *Espace littoral et décisions d'aménagement, Limites et potentialités des études d'impact et des enquêtes publiques- Exemple du littoral atlantique français, pour l'obtention du titre de docteur de géographie, l'université de Nantes*. Soutenue par: Claire Choblet, Juin 2005.

- *L'adaptation des littoraux au changement climatique : une gouvernance performative par expérimentations et stratégies d'action publique, pour l'obtention du titre de docteur de sociologie, l'université de bordeaux*. Soutenue par: Nicolas Rocle, 18 décembre 2017.

- *quel projet urbain pour un retour de la ville a la mer ? cas d'étude : skikda, mémoire de magistère, Université Mentouri, Constantine, faculté des sciences de la terre, de la géographie et de l'aménagement du territoire, département d'architecture et d'urbanisme, soutenue par : Hadej Rachid, 2008*.

## **Articles:**

- *Le processus de production du risque « submersion marine » en zone littorale : l'exemple des territoires « Xynthia » (The production process of flooding risk in coastal area: the example of "Xynthia" areas)*, Fait par: Freddy Vinet, Stéphanie Defossez, Tony Rey et Laurent Boissier. Presses universitaires de Rennes. Date de publication : 28 février 2012.

- *La résurgence/convergence du triptyque « catastrophe-résilience-adaptation » pour (re)penser la « fabrique urbaine » face aux risques climatiques. (Resurgence/convergence of the triptych "disaster-resilience-adaptation" to (re)think the urban fabric in face of climate risks)*. Fait par: Béatrice Quenault. Association DD&T. Date de publication: 05 Decembre 2014.

- *Developpement urbain durable des villes cotières, risques et gestion intégrée des zones cotières (GIZC), Vertigo- la revue electronique en sciences de l'environnement, par Marie Claude et Tabar Nouval, Octobre 2010*.

- *Protection et valorisation du littoral en Algerie: législation et instruments: le cas des communes littorales d'Oran, etude caribéennes, par Kacemi Malika, decembre 2011*.

- *Assessing Flood Risk Under Sea Level Rise and Extreme Sea Levels Scenarios: Application to the Ebro Delta (Spain), research article, Journal of Geophysical Research: Oceans, J. M. Sayol and M. Marcos, fevrier 2018*.

- *Littoral algérien et risques de tsunamis. Bulletin du Service Géologique National Vol. 23, n° 3, pp. 241 - 251, 5 fig., 1 tabl., 2012, Malika LARARA, Ahmed NEDJARI, Saïd MAOUCHE, Azzedine BENHAMOUCHE et Mustapha MEGHRAOUI.*

### **Conférences, séminaires et actes de colloques:**

- *Colloque organisé en 2005 par le ministère de l'Écologie et du Développement durable intitulé « Prospective du littoral, prospective pour le littoral1 ». (Paris, 1er-2 mars 2005) Daniel Terrasson.*

- *Colloque francophone International. Cultures, territoires et développement durable Lundi 14 et mardi 15 avril 2014, ESPE Clermont Auvergne, 36 avenue Jean Jaurès, 63400 Chamalières, Amphis E et A. « Le littoral Algérien entre dégradation et protection du patrimoine, cas de la commune côtière d'Ain El Türck ». Mohamed Tewfik Bouroumi Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, Département d'Architecture.*

- *Séminaire sur la prévention des risques naturels majeurs: changement climatique et prévention du risque sur le littoral. Fait par le ministère de l'écologie, du développement et de l'aménagement durable, le 19 septembre 2007.*

- *Conférence : Les effets du changement climatique global sur les espaces littoraux, Yves Colcombet (Directeur du Conservatoire du littoral), Montpellier, le mercredi 5 et le jeudi 6 décembre 2012.*

- *Le pays maritime : un outil d'aménagement global et de gestion responsable des territoires maritimes et côtiers. Actes du colloque Zone Côtière : Quels outils pour quelle gestion? LEBAHY Y, 21 et 22 mars 2002, Lorient.*

- *L'évolution de la perception des zones côtières du XVe au XXe siècle. Actes du colloque Zone Côtière : Quels outils pour quelle gestion? LE BOUËDEC G, 21 et 22 mars 2002, Lorient.*

### **Autres:**

- *Etudes et analyses: Résilience urbaine face aux catastrophes naturelles en Méditerranée, Fait par: Franck Galland, Institut de prospective économique du monde méditerranéen, Décembre 2012.*

- *Etude préliminaire sur le risque d'inondation en milieu urbain (Algérie) fait par Myriam NOURI 14 , André OZER 15 et Pierre OZER 16*

- *L'urbanisation et la gestion des villes dans les pays méditerranéens- Evaluation et perspectives d'un développement urbain durable, Document préparé pour la Réunion méditerranéenne sur « Gestion des villes et développement durable », par Claude CHALINE (Professeur émérite à l'Université de Paris XII) , Barcelone, 3-5 septembre 2001.*

---

<sup>14</sup> Département des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université de Liège, Arlon, Belgique.

<sup>15</sup> Département de Géographie, Université de Liège, Liège, Belgique.

<sup>16</sup> Département des Sciences et Gestion de l'Environnement, Université de Liège, Arlon, Belgique



- *Résilience urbaine face au risque –diagnostic et prospective - Présentation du centre national des recherches scientifique CNRS / Université Nice Sophia Antipolis, par: Christine Voiron-Canicio et Jérôme Dutozia, 12 Mars 2018.*

- *Submersion marine et érosion côtière Connaître, prévenir et gérer les risques naturels littoraux sur la façade atlantique, Association des CESER de l'Atlantique (Conseils Economiques Sociaux et Environnementaux des Régions) - Cette étude est une auto-saisine commune des 4 CESER de l'Atlantique présidés par : - Benoit CAILLIAU pour le CESER Pays de la Loire (Président de l'association des CESER de l'Atlantique) - Jean HAMON pour le CESER Bretagne - Michel HORTOLAN pour le CESER Poitou-Charentes - Luc PABOEUF pour le CESER Aquitaine , Septembre 2015.*

- *Intégration des spécificités du littoral dans les documents d'urbanisme, Meghfour Kacemi Malika, Tabet Aoul Kheira , courrier du savoir – n°08, juin 2007.*

- *PLAN BLEU., Décembre 2007. Table ronde "Vulnérabilité et adaptation des espaces urbains méditerranéens face aux effets du changement climatique. s.l., s.n, s.l.: s.n.*