

CPER 2007 – 2013

Gérer durablement le Littoral

Etudes stratégiques et prospectives sur l'évolution des risques littoraux

MODULE 2 : STRATEGIES D'ADAPTATION

ACTION 5 – MITIGATION ET ATTENUATION DU RISQUE DE SUBMERSION MARINE

Phase 1 : définitions et inventaire des techniques existantes



Opération soutenue par l'État

Fonds National d'Aménagement et de Développement du Territoire

Opération soutenue par la Région Languedoc-Roussillon

Sommaire

INTRODUCTION	4
1. DEFINITIONS DE LA VULNERABILITE	5
1.1 Importance de la « capacité à s'adapter»	5
1.2 Réflexion sur les notions d'acceptabilité et de réciprocité	5
1.3 Intégration de l'influence des changements globaux	6
1.4 Caractérisation de la vulnérabilité du littoral	7
1.5 Conclusion.....	9
2. DEFINITIONS DE LA MITIGATION.....	10
2.1 Définition en France	10
2.2 Définition à l'étranger	11
3. TECHNIQUES DE MITIGATION DE L'ALEA INONDATION FLUVIALE..	14
4. CONCLUSION	25
5. ANNEXE	26
6. BIBLIOGRAPHIE.....	27

Table des tableaux

Tableau 1 : Tableau de l'équivalence des termes utilisés pour caractériser la vulnérabilité :	6
Tableau 2 : Liste des techniques de mitigation face à l'aléa inondation fluviale.....	16
Tableau 3 : Répartitions des mesures de mitigation dictée par les PPR réparties en fonction de leur échelle d'application	20
Tableau 4 : méthodes de mitigation de l'enjeu « réseaux urbains » face à l'aléa inondation.....	22

Table de figures

Figure 1 : exemple de définition de	11
Figure 2 : Exemple de digue mise en place aux Pays-Bas pour lutter contre les submersions marines	13
Figure 3 : Les éléments susceptibles d'être pris en compte pour réduire la vulnérabilité de l'habitat aux inondations	14

INTRODUCTION

Le recul stratégique paraît être, dans de nombreux cas, la solution la plus adaptée en termes de réduction de la vulnérabilité des biens contre les aléas côtiers. Cependant, la mise en œuvre de ce type de gestion étant très longue, il faut trouver un moyen pour limiter la vulnérabilité des enjeux présents le long du trait de côte avant d'envisager la mise en œuvre du recul stratégique.

Or, les mesures de mitigation ont pour objectif *d'une part d'assurer la sécurité des personnes et d'autre part, de limiter les dégâts matériels et les dommages économiques* (MEEDAT, éléments pour l'élaboration des plans de prévention du risque inondation la mitigation en zone inondable, réduire la vulnérabilité des biens existants).

Ainsi, cette méthode de mitigation peut permettre la diminution de la vulnérabilité face aux aléas - et donc la protection des enjeux littoraux - en attendant la mise en place de projets de recul stratégique.

D'autres définitions de la mitigation indiquent que cette méthode *vise à réduire d'une part la vulnérabilité des enjeux et d'autre part l'intensité de certains aléas*¹. Comme précédemment, on retrouve la notion de réduction de la vulnérabilité des enjeux. Cependant, il est indiqué que la mitigation passe aussi par une réduction de la force de l'aléa (ici la submersion marine).

Dans ce rapport, nous n'étudierons pas les techniques de réduction de l'aléa (il s'agit de tous les travaux visant à limiter les catastrophes naturelles – épis, brise-lame, rechargements de plage, réhabilitation du cordon dunaire, recul stratégique...). Nous nous attacherons à traiter des techniques de mitigation permettant de réduire la vulnérabilité des enjeux.

Dans cette étude, nous allons inventorier toutes les mesures de mitigation qui peuvent présenter un intérêt en milieu littoral, qu'elles soient au départ conçues pour le bâti existant ou le bâti neuf. Cela ne signifie pas que notre étude de terrain (phase 3) préconisera des mesures de mitigation sur les nouveaux bâtiments, elle se concentra seulement sur l'adaptation de bâtis existants puisque l'ajout de nouveaux enjeux sur les zones littorales à risques est exclu.

Pour cette raison, dans ce travail, la définition du terme « vulnérabilité » sera présentée afin de bien comprendre comment la mitigation peut la réduire. Suite à ce premier travail, une liste des techniques de mitigation face aux inondations fluviales sera établie afin d'en avoir un inventaire précis et de déterminer si elles sont transposables à l'aléa submersion marine.

¹ <http://mitigation.fr>

1. DEFINITIONS DE LA VULNERABILITE

1.1 IMPORTANCE DE LA « CAPACITE A S'ADAPTER »

Il n'existe pas de définition unique de référence de la vulnérabilité. Cependant, de nombreux auteurs donnent une définition de ce terme. Nous citerons ici quelques exemples.

- Pour Watson et al. (1996) et Klein et Nicholls (1999), la vulnérabilité se définit comme étant la *capacité d'un système à répondre aux contraintes et aux chocs qu'il subit*.
- Le projet, porté par le Conservatoire du Littoral, intitulé « Pollutions marines et littoral – vulnérabilité des espaces littoraux aux pollutions marines – rivages normands » (2007) définit la vulnérabilité comme étant la *capacité à favoriser l'endommagement ou les préjudices des éléments exposés à un aléa [...]*. La vulnérabilité tend à baisser avec les précautions prises pour se protéger.
- F. Leone et F. Vinet proposent une définition similaire en décrivant la vulnérabilité comme la « propension à l'endommagement ou au dysfonctionnement de différents éléments exposés (biens, personnes, activités, fonctions, systèmes) constitutifs d'un territoire et d'une société donnée ».

1.2 REFLEXION SUR LES NOTIONS D'ACCEPTABILITE ET DE RECIPROCITE

Ces deux notions sont à évoquer ici dans la mesure où elles permettent de préciser celle de la vulnérabilité.

La question de l'**acceptabilité du risque**, présenté dans les travaux de F. Vinet et F. Leone paraît également importante à détailler ici dans la mesure où elle joue, elle aussi, sur la vulnérabilité. Les auteurs citent les travaux de They et al. pour qui *l'acceptabilité du risque est étroitement liée aux valeurs associées au danger et aux enjeux. En ce sens, la perte de considération pour les valeurs véhiculées par l'ancienne société rurale expliquerait l'intolérance croissante des populations pour les excès (sécheresse, inondations, avalanches) d'une nature qui ne fait plus partie des valeurs quotidiennes mais relégués dans les horizons ludiques de sociétés de plus en plus urbanisées. À contrario, la valeur croissante accordée aux enjeux (matériels et humains) abaisse le niveau d'acceptabilité et rend plus intolérable toute perturbation venant d'une nature dont de moins en moins de personnes tirent directement leur subsistance. L'acceptabilité d'un aléa est liée à la perception de l'aléa et des vulnérabilités elles-mêmes par les populations potentiellement sinistrées. Par exemple la non perception de leur propre vulnérabilité par des populations exposées à des risques naturels est elle-même un facteur de vulnérabilité qui va contrarier la mise en place de mesures de préventions*.

Le paradigme de **réciprocité** a été développé par A. Magnan, géographe à l'IDDRI, dans un article intitulé « La vulnérabilité des territoires littoraux au changement climatique : mise au point conceptuelle et facteurs d'influence » (2009). Selon l'auteur, une forte vulnérabilité renforce le risque mais la vulnérabilité peut également être le point de départ d'un risque. C'est notamment dans le cadre de réflexion sur le changement climatique que cette question se pose. Cela nous amène à considérer que *le niveau de vulnérabilité antérieur à la perturbation ne peut pas être le même qu'a posteriori, autrement dit qu'il existe différents stades de vulnérabilité, et donc qu'il s'agit là d'une caractéristique qui évolue dans le temps*.

Dans le cadre du littoral languedocien, pour illustrer cette notion de réciprocité, on peut évoquer les batteries d'épis qui tendent à renforcer l'érosion en aval-dérive et donc le risque de submersion. Il s'agit donc bien d'ouvrages, édifiés pour protéger de l'aléa, qui renforce l'aléa érosion sur un autre secteur.

Le changement climatique abordé ici fait parfois partie intégrante de la définition de la vulnérabilité.

1.3 INTEGRATION DE L'INFLUENCE DES CHANGEMENTS GLOBAUX

Les changements globaux et plus particulièrement le changement climatique est susceptible d'influencer les aléas et donc la vulnérabilité.

- En 2004, Schröter et al. donnent la définition suivante de la vulnérabilité : *la vulnérabilité aux changements globaux est la probabilité qu'un système socio-environnemental spécifique soit mis à mal par l'exposition à un stress associé à des altérations de la société et de l'environnement qui amputent le processus d'adaptation [...]. Cette probabilité est déterminée non seulement par les impacts potentiels, mais aussi par la capacité d'adaptation du système.*
- Selon le GIEC (2001), la vulnérabilité est *le degré par lequel un système risque de subir ou d'être affecté négativement par les effets néfastes des changements climatiques, y compris la variabilité climatique et les phénomènes externes. La vulnérabilité dépend du caractère, de l'ampleur et du rythme des changements climatiques auxquels un système est exposé, ainsi que de sa sensibilité et de sa capacité d'adaptation.* Une triple dimension de la vulnérabilité est mise en évidence : (caractère, ampleur, rythme).

Il semble opportun de définir ces 3 termes :

- . Le caractère (ou nature) indique le type de perturbation.
- . Le rythme (ou fréquence) correspond au pas de temps auquel la perturbation se répète.
- . L'ampleur (ou intensité) de la perturbation peut se définir à la fois par l'intensité du phénomène et sa répartition dans l'espace.

Tableau 1 : Tableau de l'équivalence des termes utilisés pour caractériser la vulnérabilité :

GIEC	Définition classique de l'aléa/ événement/perturbation	Équivalence de termes dans ce texte	
		Perturbation	Territoire
<i>Caractère</i>	<i>Nature</i>	Nature	Nature
<i>Rythme</i>	<i>Fréquence</i>	Temporalités	Temporalités
<i>Ampleur</i>	<i>Intensité, lieu</i>	Ampleur	Spatialités

Source : « La vulnérabilité des territoires littoraux au changement climatique : mise au point conceptuelle et facteurs d'influence ». A. Magnan. 2009

1.4 CARACTERISATION DE LA VULNERABILITE DU LITTORAL

Les deux études suivantes traitant du milieu littoral caractérisent la vulnérabilité en fonction d'une pluralité de facteurs.

► En 2005, l'étude « Une proposition de méthodologie pour l'évaluation de la vulnérabilité du littoral : une application sur la frange côtière Mariani-Gressier » réalisée par P.P. Fouche et T. Chérizard met en avant les caractéristiques suivantes :

- La vulnérabilité est fonction de plusieurs éléments :
 - . La vitesse du changement climatique (l'étude est réalisée en prenant en compte le changement climatique comme aléa) ;
 - . La sensibilité du système ;
 - . La capacité d'adaptation du système.
- Il faut distinguer la vulnérabilité naturelle et socio-économique.
- La vulnérabilité naturelle se traduit par :
 - . La susceptibilité : fréquence de l'aléa
 - . La résistance : du système à maîtriser les perturbations qu'il pourrait subir
 - . La résilience : vitesse à laquelle le système revient à l'équilibre après une perturbation
- La vulnérabilité peut être évaluée (faible, moyenne, forte...).

► Sur les mêmes thématiques, F. Leone et F. Vinet (« La vulnérabilité, un concept fondamental au coeur des méthodes d'évaluation des risques naturels » *in* « La vulnérabilité des sociétés et des territoires face aux menaces naturelles », analyses géographiques. 2006), décrivent une approche analytique de la vulnérabilité qui appréhende le concept par nature d'enjeux :

- . structurale : pour les infrastructures physiques (bâti, réseaux
- . physiques, ouvrages d'arts, etc.) ;
- . corporelle : pour les personnes physiques (dommages corporels) ;
- . humaine ou sociale pour les populations (approches sociale ou psycho-sociales) ;
- . institutionnelle : pour les institutions ;
- . environnementale : pour les différentes composantes du
- . milieu naturel (végétation, ressources en eau, etc.) ;
- . fonctionnelle : pour les fonctions et activités diverses (économiques notamment) supportés par les éléments précédents.

Les auteurs précisent cependant que « la vulnérabilité d'un territoire n'est pas réductible à la somme des vulnérabilités des enjeux exposés [...]. On parlera dans ce cas là de vulnérabilité systémique [...]. la vulnérabilité est un système dynamique, articulé autour d'une multitude de facteurs directs et indirects, en interaction souvent complexe ».

► En 2009, une autre étude vient compléter les premiers éléments étudiés ci-dessus. Il s'agit de « La vulnérabilité des territoires littoraux au changement climatique : mise au point conceptuelle et facteurs d'influence » d'A. Magnan. Il faut préciser que cette étude s'inscrit dans un contexte global et donc certaines affirmations ne s'appliquent pas toujours stricto sensu à la vulnérabilité du littoral Languedocien.

- La vulnérabilité a une double nature : le système est fragile face à un aléa (une perturbation) mais il est capable *d'absorber la crise* et de *retrouver un équilibre*. Dans cette caractéristique de double nature de la vulnérabilité, on retrouve bien les deux notions de Fouche et Chérizard, à savoir **résistance** et **résilience**.

- La vulnérabilité doit être étudiée en prenant en compte le paradigme de réciprocité. En effet, il faut une vision dynamique des interactions homme/milieu pour ne pas accentuer la vulnérabilité en essayant de la diminuer. Cette notion de paradigme de réciprocité peut être illustrée par l'exemple de la gestion du littoral. En effet, afin de réduire la vulnérabilité face à l'érosion des enjeux situés en arrière du trait de côte, des ouvrages lourds ont été réalisés (épis, brise-lames, enrochements...). Souvent, la création de ces ouvrages a accentué l'érosion en aval dérive et donc a accentué la vulnérabilité.
- Comme dans la définition du GIEC (2001), l'aléa est présenté ici comme se caractérisant par sa nature (**caractère**), sa fréquence (**rythme**) et son intensité (**ampleur**) en un lieu donné.
- La vulnérabilité est à la fois point de départ (vulnérabilité intrinsèque) et résultat (vulnérabilité résultante) d'une perturbation. La vulnérabilité antérieure et postérieure à une perturbation est différente. Il est donc nécessaire d'avoir une vision évolutive de cette notion :
 - C'est le degré de risque qui détermine les niveaux de vulnérabilité.
 - C'est le degré de vulnérabilité qui détermine les niveaux de risque.
- La vulnérabilité est souvent vue de manière assez péjorative :
 - Plus la vulnérabilité est importante moins le territoire est équilibré.
 - Moins la vulnérabilité est importante, plus le territoire est équilibré.
- Six facteurs influencent la vulnérabilité :
 - Configuration spatiale : le type de côte va influencer sur l'érosion marine (côte rocheuse, côte sableuse...)
 - Cohésion sociale : l'entraide mutuelle fait diminuer la durée de vie d'une catastrophe
 - Sensibilité environnementale : par exemple dans les milieux tropicaux la mangrove va atténuer l'aléa érosion.
 - Diversification économique : si sur un territoire donné l'économie n'est pas ou très peu diversifiée, un aléa va pouvoir impacter de manière beaucoup plus importante cette région que sur un territoire où l'économie est diversifiée.
 - Structure politico-institutionnelle : il faut une bonne cohésion dans les politiques de gestion des risques pour limiter la vulnérabilité.
 - Niveau de développement :
 - Démographie : un site densément peuplé sera plus vulnérable qu'un autre faiblement peuplé.
 - Habitats : une habitation précaire sera plus vulnérable qu'une habitation solide.
 - Education : une population à haut niveau d'éducation sera plus à même de mettre en place des gestes de réduction de la vulnérabilité (attention toutefois à ne pas généraliser cette donnée).
 - Emploi : une population ayant accès à l'emploi aura un plus haut niveau de revenus et ainsi aura accès à des logements solides, à l'éducation, aux transports...
 - Transports : un réseau de transport important permet l'évacuation des populations, l'arrivée des secours... plus rapidement
 - Energie : l'utilisation d'une énergie diversifiée rend moins dépendant et ainsi limite la vulnérabilité d'un territoire.
 - Santé : une population en bonne santé sera moins vulnérable face à un aléa.

1.5 CONCLUSION

La définition que nous retiendrons dans ce rapport sera celle du MEEDAT : *la vulnérabilité exprime et mesure le niveau de conséquences prévisibles de l'aléa sur les enjeux. Elle caractérise la plus ou moins grande résistance d'un enjeu à un événement donné. Degré auquel un système est susceptible et incapable de faire face à un dommage ou un dégât. La sensibilité d'une communauté aux impacts des aléas dépend d'un ensemble de conditions et processus résultant de facteurs sociaux, économiques et environnementaux.*

Il semble cependant intéressant de compléter cette définition par des notions présentées précédemment. Voici celles que nous avons retenues :

- Premièrement, la vulnérabilité est évaluable, grâce à la **résistance** et la **résilience** du système perturbé. On notera que la susceptibilité (probabilité qu'a le système d'être perturbé) peut être prise en compte.
- Deuxièmement, la vulnérabilité dépend du **caractère**, du **rythme** et de l'**ampleur** de l'aléa.
- Enfin, plusieurs **facteurs** influent sur la vulnérabilité : la configuration spatiale, la cohésion sociale, la sensibilité environnementale, la diversification économique, la structure politico-institutionnelle et le niveau de développement. Ce sont sur ces six facteurs qu'il va être possible de jouer pour limiter la vulnérabilité en les « mitigeant ».

2. DEFINITIONS DE LA MITIGATION

Le terme de mitigation signifie atténuation. Il vient du latin *mitigare* qui se traduit par adoucir. En France nous avons choisi d'adopter le mot anglais de mitigation pour parler de l'atténuation des dommages des aléas sur les enjeux.

Nous allons ici tenter d'exposer différentes définitions en France et à l'étranger.

2.1 DEFINITION EN FRANCE

D'après le MEEDAT (Éléments pour l'élaboration des plans de prévention du risque inondation la mitigation en zone inondable, réduire la vulnérabilité des biens existants), les mesures de mitigation ont pour objectif d'une part d'assurer la sécurité des personnes et d'autre part, de limiter les dégâts matériels et les dommages économiques.

Pour réduire la vulnérabilité, le plan submersions rapides préconise avant tout de ne pas ajouter d'enjeux supplémentaires dans les zones à risques. Cependant, dans une approche plus pragmatique et tenant compte de l'existant, dans la rubrique « adaptation du bâti », ce document annonce la publication, fin 2011, d'un référentiel national des règles de construction en zone inondable et en particulier de réduction de la vulnérabilité au risque d'inondation du bâti existant par la DGALN et le CEPRI (Centre Européen de la Prévention des Inondations).

Dans sa thèse, S. Defosse (Evaluation des mesures de gestion du risque inondation. Application au cas des basses plaines de l'Aude, 2010) a synthétisé les définitions admises pour le terme de mitigation : La réduction de la vulnérabilité nommée également mitigation correspond à « la mise en oeuvre de mesures destinées à réduire les dommages associés à des risques naturels ou générés par les activités humaines ». La mitigation « vise à réduire les effets des catastrophes et la vulnérabilité des sociétés » (Thouret, 1996), elle agit à titre préventif.

Des mesures pouvant être mises en oeuvre à titre individuel se regroupent sous deux thématiques :

- Des mesures de protection, des travaux légers comme l'installation de batardeaux, de sacs de sable ou encore l'emballage des murs.
- Des mesures tenant plus à la prévention :
 - . Adapter les équipements du logement à l'inondation (ex : rehaussement des équipements électriques)
 - . Adapter les techniques constructives (ex : utilisation de matériaux résistants à l'inondation)
 - . Adapter l'aménagement de l'habitat à l'inondation (ex : création de zone de mise en sécurité des personnes)

Globalement, les mesures de mitigation visent trois objectifs « limiter les risques pour les personnes, les dommages aux biens, dans la perspective de minimiser les travaux de remise en état et le délai de reprise de possession des lieux dans des conditions sanitaires satisfaisantes » (Salagnac & Bessis, 2006).

Dans la présente étude, et notamment en phase 2 et 3, nous retiendrons ces objectifs comme fil rouge de notre analyse.

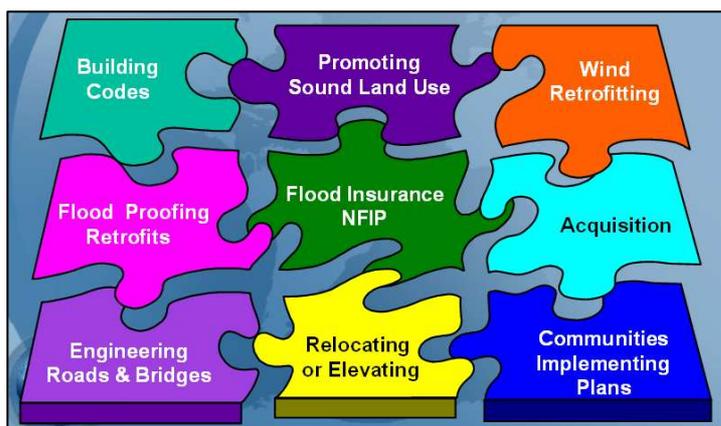
2.2 DEFINITION A L'ETRANGER

Aux **Etats-Unis**, la mitigation est définie comme étant « l'effort fait pour réduire les pertes humaines et les biens personnels en diminuant l'impact des catastrophes ». Les informations obtenues suite à l'analyse des risques servent de base aux activités de mitigation qui réduisent les risques et sécurisent contre les inondations, ce qui protège les investissements financiers. La mitigation est l'ensemble des actions prises pour réduire ou éliminer le risque à long terme des aléas et leurs conséquences sur les populations et les biens. Les mesures de mitigation protègent les populations quand une catastrophe naturelle frappe.

Les mesures de mitigation correspondent à différents leviers sur lesquels on peut jouer pour réduire la vulnérabilité :

- Prescriptions sur les constructions
- Promotion de l'utilisation rationnelle des terres
- Améliorer la protection contre le vent
- Améliorer la protection contre les inondations
- Assurance contre les inondations (contrat d'assurance du Plan national d'assurance contre les inondations)
- Acquisition foncière
- Ingénierie des routes et ponts
- Délocalisation et élévation (bâtiment)
- Plans locaux d'urbanisme

Figure 1 : exemple de définition de la mitigation aux Etats-Unis



source : Minnesota Public Safety

D'après les travaux d'Alexandre Martini², aux Etats-Unis, il existe des plans d'atténuation du risque inondation qui utilisent un système de zonage de l'aléa permettant de planifier l'aménagement du territoire. Ils prévoient une mesure de réduction de la vulnérabilité pour les nouvelles constructions : « *Les logements doivent avoir le plafond de l'étage le plus bas, y compris le sous sol, surélevé de 30 centimètres au dessus de la crue de référence et le sol de l'étage habitable le plus bas doit se situer à 60 centimètres au dessus de la crue de référence.* » Source : Polk County Natural Hazards Mitigation Plan (NHMP).

Hormis cette mesure, il n'existe pas de mesure individuelle de réduction de la vulnérabilité. C'est la collectivité qui se charge de la prévention des inondations. D'après l'auteur, « *si cette méthode permet de supprimer la discrimination financière et donc sociale qu'engendre les mesures individuelles de réduction de la vulnérabilité, elle a tout de même l'inconvénient de reporter toutes les responsabilités sur les acteurs locaux et réduit donc considérablement la conscience du risque des populations en ne les impliquant pas dans le processus.* »

D'après le site risquesmajeurs.fr, les techniques constructives américaines ne sont pas transposables telles quelles en France, la plus grande prudence s'impose donc.

Au **Québec**, on parle plus volontiers de « mesures d'atténuation » définies comme les moyens susceptibles d'éliminer ou de réduire les impacts négatifs sur l'environnement d'un projet d'intervention, d'aménagement ou de construction, et mis en place lors de l'exécution de ce projet ou lors de la mise en service de ce qui en résulte. Le « terme rejeté » est celui de « mesures de mitigation »³.

² Alexandre Martini, « La gestion du risque inondation sur le bâti existant. Evaluation financière des mesures incluses dans le PPRI de Marsillargues et estimation de la demande en fond Barnier », Université Montpellier 3 Paul Valéry, 2010.

³ Office Québécois de la langue française

En **Angleterre**, le DEFRA (Ministère de l'Agriculture, de la Pêche et de l'Alimentation) définit la mitigation comme l'intervention anthropogénique pour réduire les forçages anthropogéniques du système climatique, cela inclut les stratégies pour réduire les sources de gaz à effet de serre.

Outre-manche, la gestion des zones inondables ne se fait pas en interdisant le développement mais plutôt en aménageant l'espace en fonction du risque (Parker, 1995)

Le Strategic Flood Risk Assessment (SFRA), l'équivalent du PPRI en Angleterre, ne fait pas référence à des mesures permettant de réduire la vulnérabilité des biens existants. Le gouvernement anglais a mis en place, depuis 2008, un programme visant à faire connaître la nécessité de mettre en place des mesures de mitigation⁷. En attendant, une plaquette diffusée sur le site du ministère de l'environnement propose quelques mesures mais aucune obligation ou recommandation n'est faite à ce sujet. Il s'agit d'un guide de bonnes pratiques préconisées par le gouvernement à l'attention des collectivités locales⁴. En annexe on y trouve notamment la liste suivante (traduction issue des travaux d'A. Martini) des mesures indicatives à mettre en place :

- Améliorer le drainage afin de permettre une évacuation rapide des eaux
- Établir des petites digues autour de la propriété
- Relever les seuils
- Construire un avant toit sur la porte d'entrée
- Construire des murs de clôture résistant
- Mettre en place des batardeaux
- Rendre les murs et les menuiseries extérieurs imperméables.
- Installer des clapets anti-retour sur les canalisations
- Installer des obturateurs de grille d'aération
- Installer un système de pompage
- Installer des membranes en asphalte (Tanking) dans les zones sous le niveau du terrain naturel afin de le rendre étanche.
- Colmater les fissures du plancher afin d'éviter les remontés de nappe
- Surélever toutes les gaines électriques et les prises d'antenne
- Élever les produits blancs ou vulnérables
- Stocker les biens vulnérables à l'étage ou en hauteur
- Préférer des isolants hydrofuges
- Installer des portes dont le démontage serait aisé lors d'une crue.

Souvent classé comme pays qui s'adaptent⁵, les **Pays-Bas** n'ont pas vraiment mis en place de politique de mitigation au sens « français » du terme, à savoir « intervenir de façon limitée en accompagnant les dynamiques naturelles ».

Ils misent en effet sur des rechargements de plage massifs et des digues de plus en plus modernes. La mitigation est, pour eux, similaire à de la prévention qui revient à mettre en place des modes de gestion contre l'érosion et la submersion marine⁶

⁴ DEFRA, "Government grants to local authorities for household-level flood mitigation" – Guidance – Octobre 2009.

⁵ L. Hamm, "A summary of European experience with shore nourishment", Coastal Engineering 47 (2002) 237–264

⁶ Deltares : Institut de recherche sur les zones deltaïques :

Figure 2 : Exemple de digue mise en place aux Pays-Bas pour lutter contre les submersions marines



Sources : <http://www.deltares.nl/en>

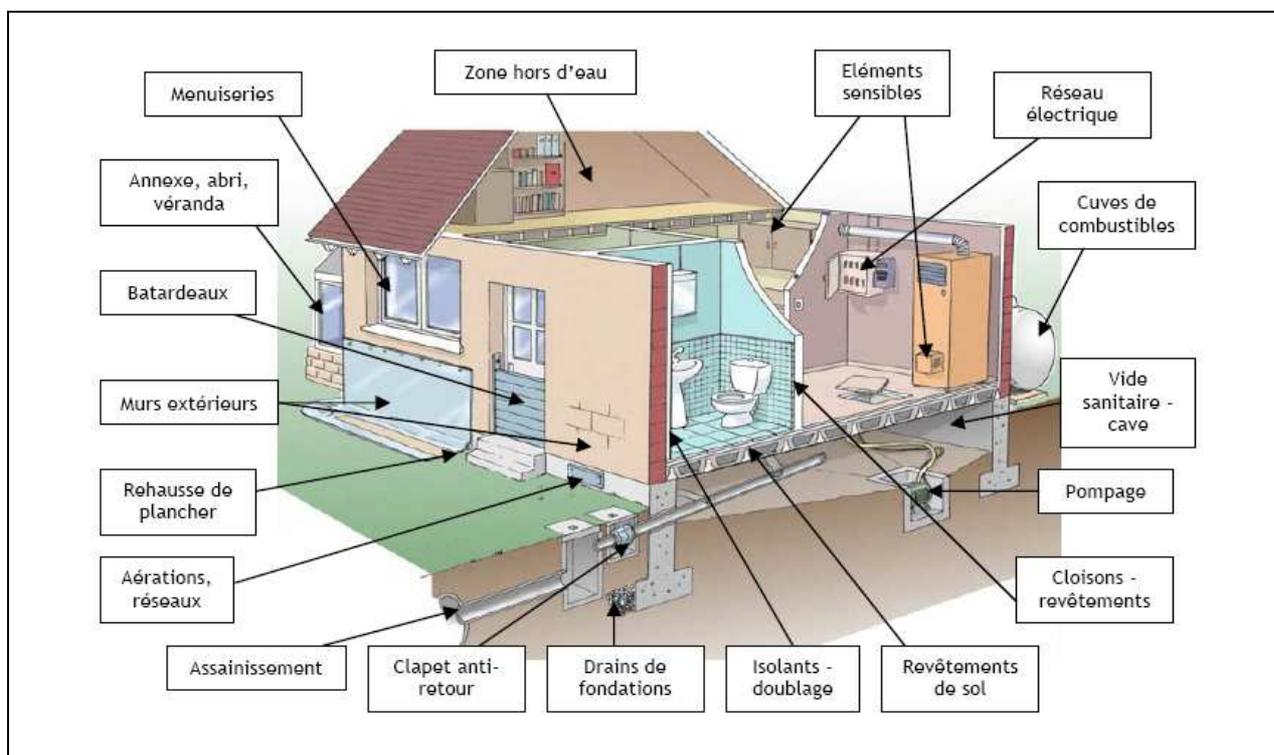
Cette stratégie de résistance s'explique par le fait que 50% de la surface du pays est en zone inondable protégée par les défenses côtières (16 500 km²), cela représente un PIB de 258 000 Millions d'Euros (contre 172 000 millions d'Euros hors zone inondable) et une population de 9,6 millions de personnes (contre 6.4 millions hors zone inondable)⁷.

⁷ Boer et Dijkhuis, 2005

3. TECHNIQUES DE MITIGATION DE L'ALEA INONDATION FLUVIALE

Dans cette partie, une liste des méthodes de réduction de la vulnérabilité face à l'aléa inondation fluviale sera établie en vue d'étudier sa transposabilité à l'inondation marine. Il faut préciser ici que nous inventorions toutes les mesures de mitigation qui peuvent présenter un intérêt en milieu littoral, qu'elles soient au départ conçues pour le bâti existant ou le bâti neuf. Cela ne signifie pas que notre étude de terrain (phase 3) préconisera des mesures de mitigation sur les nouveaux bâtiments, elle se concentra seulement sur l'adaptation de bâtis existants. Pour pouvoir diminuer la vulnérabilité, il est nécessaire de comprendre ce qu'est une inondation. Il s'agit d'une *submersion, rapide ou lente, d'une zone le plus souvent hors d'eau*. Il existe des inondations *par débordement de cours d'eau (inondations de plaine ou rapide), par ruissellement pluvial (écoulements de volumes d'eau ruisselés, non absorbés par le sol ou par le réseau d'assainissement des eaux pluviales) et par remontée de nappe*⁸.

Figure 3 : Les éléments susceptibles d'être pris en compte pour réduire la vulnérabilité de l'habitat aux inondations



Source : Etablissement public territorial du bassin Saône et Doubs, réduction de la vulnérabilité de l'habitat aux inondations, préconisations techniques d'aménagement.

Pour limiter la vulnérabilité, il a été vu précédemment, qu'il était possible de jouer sur six facteurs différents :

- . Configuration spatiale
- . Cohésion sociale
- . Sensibilité environnementale
- . Diversification économique
- . Structure politico-institutionnelle
- . Niveau de développement

⁸ SDAGE 2010-2015 du bassin de la Seine et des cours d'eau Normands

Dans ce cadre, seules les méthodes de réduction de la vulnérabilité des enjeux sont prises en compte (les techniques de réduction de l'aléa ne seront pas abordées). De plus, on étudiera seulement les techniques pouvant être transposées à la vulnérabilité des enjeux face à l'aléa submersion marine. Dans les tableaux ne figure pas le facteur « sensibilité environnementale ». En effet, il ne diminue que les aléas et ce rapport s'attache à réduire la vulnérabilité des enjeux. De plus, les facteurs seront adaptés au contexte national et régional. En effet, par « éducation », PP. Fouche et T. Chérizard entendent le niveau d'étude tandis que dans notre cas, le facteur éducation fera plutôt référence à la connaissance du risque de la part de la population.

Le Tableau 2 inventorie les techniques de mitigation face à l'inondation fluviale qui figure dans 5 documents d'orientation qui nous sont apparus pertinentes à analyser :

- SDAGE 2009-2015 Rhône Méditerranée Corse.
- Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, « Eléments pour l'élaboration des Plans de Prévention du Risque inondation - La mitigation en zone inondable – réduire la vulnérabilité des biens existants », 2005.
- CETE Méditerranée, « Synthèse bibliographique relative à la vulnérabilité au risque inondation », 2005
- CETE Méditerranée, « Prévention du risque d'inondation dans l'aménagement et la construction », 2007
- Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer. « L'essentiel des mesures de réduction de vulnérabilité dans les PPRi ».

On constate que les SDAGE ne donnent que des orientations très générales en ce qui concerne les techniques de mitigation. Cependant, les documents étudiés précédemment indiquent que les PPRi donnent plus précisément les méthodes à utiliser pour réduire la vulnérabilité des enjeux. C'est pour cela que le document « L'essentiel des mesures de réduction de vulnérabilité dans les PPRi » édité par le MEEDDM a été étudié.

Tableau 2 : Liste des techniques de mitigation face à l'aléa inondation fluviale

	Cohésion sociale	Diversité économique	Configuration spatiale	Structure politico-institutionnelle
SDAGE RMC	-	-	<ul style="list-style-type: none"> Elaborer des diagnostics de vulnérabilité dans les zones à risque d'inondation et établir une cartographie des zones à risques. 	<ul style="list-style-type: none"> Développer des outils relatifs à la gestion des risques : <ul style="list-style-type: none"> Loi « risque » du 30 Juillet 2003 : elle vise à réduire le danger, augmenter la sensibilisation du risque auprès des habitants et diminuer la vulnérabilité des personnes et des biens, PLU : ils doivent prendre en compte les zones inondables, PPRi : ils établissent des zones rouges (inconstructibles sauf dérogation) et bleues (constructibles mais avec des aménagements particuliers). Ils indiquent également des méthodes de réduction de vulnérabilité, PCS...
La mitigation en zone inondable	-	-	-	-
CETE Méditerranée	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> prendre en compte les documents publics (PPRi, PCS, PLU, DALL...).
L'essentiel des mesures de réduction de vulnérabilité dans les PPRi	-	-	-	-

	Niveau de développement						
	Démographie	Habitat	Education / communication / sensibilisation	Emploi	Transport	Energie	santé
SDAGE RMC	<ul style="list-style-type: none"> Maîtriser l'urbanisation en zone inondable. 	<ul style="list-style-type: none"> Réduire la vulnérabilité des enjeux en exploitant tous les dispositifs disponibles pour les installations et équipements qui resteront inondables. 	<ul style="list-style-type: none"> Sensibiliser et informer la population sur l'aléa inondation (culture, mémoire du risque...), Améliorer la gestion de crise en agissant le plus en amont possible et apprendre à mieux vivre la crise, Diffusion des informations pertinentes en temps réel concernant les crues, Diffusion à la population de l'information sur la conduite à tenir avant, pendant et après la crise, Organisation d'exercices de secours. 	-	-	-	-
La mitigation en zone inondable <small>Erreur ! Signet non défini.</small>	-	<ul style="list-style-type: none"> Mettre hors d'eau les bâtiments : <ul style="list-style-type: none"> création de vide sanitaire, rehaussement du plancher, abandon des sous-sols, transformation du rez-de-chaussée en garage... Aménager l'intérieur du bâtiment pour qu'il ne soit pas endommagé par l'inondation : <ul style="list-style-type: none"> surélever le mobilier, choix des matériaux, mobilier et équipements non vulnérables, installation de batardeaux, occulter les bouches d'aération et de ventilation, les trappes d'accès au vide sanitaire par des dispositifs temporaires, obturer les gaines des réseaux, protéger les surfaces vitrées, renforcer l'arrimage des cuves et bouteilles d'hydrocarbure, installer des clapets anti-retour, utiliser des isolants thermiques retenant faiblement l'eau, éviter les cloisons en plaque de plâtre, installer des menuiseries en plastique dur, mettre hors d'eau le tableau électrique, créer un réseau électrique descendant, créer un réseau électrique séparatif pour les pièces inondées, mettre hors d'eau les installations de chauffage, les centrales de ventilation et de climatisation, installer des portes et portes-fenêtres avec un seuil de faible hauteur (évacuation de l'eau), utiliser une pompe pour rejeter l'eau vers l'extérieur, choisir des revêtements de sols adaptés au nettoyage, installer un drain périphérique pour faciliter le séchage... Assurer la sécurité des personnes : <ul style="list-style-type: none"> identifier ou créer une zone refuge, créer un ouvrant de toiture, créer un balcon ou une terrasse, poser des anneaux d'amarrage pour faciliter l'évacuation par bateau, aménager les abords immédiats de l'habitation, éviter l'affouillement des fondations, empêcher la flottaison d'objets et limiter la création d'embâcles, matérialiser les emprises des piscines et bassins. 	<ul style="list-style-type: none"> Travail de communication : élaboration de plaquettes d'information sur les bonnes pratiques pour l'adaptation des biens à l'inondation, document technique de mise en œuvre de certains type de travaux... 	-	-	-	-

		Niveau de développement						
		Démographie	Habitat	Education	Emploi	Transport	Energie	santé
CETE Méditerranée			<ul style="list-style-type: none"> ▪ Etablir un diagnostic de vulnérabilité du bâtiment afin de déterminer les mesures de mitigation les plus adaptées. ▪ Travaux sur les habitations avant l'inondation : <ul style="list-style-type: none"> - utilisation de matériaux résistants à l'eau, - pose d'un trottoir ou d'une couverture imperméable pour protéger les fondations, - application de mastics extérieurs imperméables à l'eau, - favoriser le vrai parquet aux panneaux préfabriqués, - préférer les revêtements de sols scellés, - préférer les cuisines en bois massif ou plastique, - avoir des volets démontables, - avoir un portail ajouré pour favoriser l'assèchement des locaux, - installer des anneaux d'amarrage pour l'évacuation par bateaux, - prévoir des dispositifs d'obstruction et des clapets anti-retour sur les canalisations, - mettre les câbles et installations électriques à au moins 90 cm au-dessus du sol, - avoir un réseau électrique descendant et un groupe électrogène, - prévoir l'étanchéité des raccordements EDF, GDF, France Télécom, - installer les chaudières, ventilation... de préférence au premier étage, - créer une zone refuge, - créer un ouvrant de toiture, - surélever le niveau du premier plancher (pilotis, arches, vide sanitaire...), - utilisation pertinente de la cave et du sous-sol, - carreler le soubassement pour limiter la pénétration d'eau dans le mur et favoriser le nettoyage, - créer des doubles portes, - réparation des fissures, - matérialiser l'emprise des piscines, bassins... ▪ Précautions à prendre avant l'inondation quand celle-ci est annoncée : <ul style="list-style-type: none"> - couper les réseaux, - débrancher les appareils électriques, - mettre les équipements électriques aux étages, - déplacer les équipements sensibles, meubles, hors d'attente d'eau (en les surélevant par exemple), - mise en place de sacs de sable, de batardeaux et d'obturateurs des bouches de ventilation, - siliconer de façon temporaire portes et fenêtres, - boucher les éviers et baignoires, - protéger les surfaces vitrées, - renforcer les portes et garages pour limiter leur déformation sous la poussée de l'eau, - stocker les matériaux polluants et dangereux à l'extérieur de la maison ou en hauteur, - laisser les portes intérieures ouvertes ou retirer les, - alourdir les meubles qui ne peuvent être retirés pour limiter leur déplacement, - stocker les documents importants à l'abri de l'eau. - arrimer les stockages extérieurs, meubles de jardin, cuve de fioul..., - fermer les vannes des citernes extérieures. ▪ Précautions à prendre après l'inondation : <ul style="list-style-type: none"> - faire venir un professionnel avant de remettre en service les réseaux et équipements. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ connaître le risque, ▪ connaître le patrimoine, ▪ s'informer et prévoir l'arrivée d'une inondation, ▪ affichage des consignes de sécurité, ▪ actions de sensibilisation du public ou des employés. 	-	-	-	-
L'essentiel des mesures de réduction de vulnérabilité dans les PPRi			<ul style="list-style-type: none"> ▪ Réaliser un diagnostic de vulnérabilité, ▪ Créer ou identifier un espace refuge, ▪ Limiter les flottaisons d'objets et les pollutions, ▪ Adapter l'organisation du bâtiment, ▪ Matérialiser les piscines, ▪ Installer des dispositifs temporaires pour limiter les intrusions d'eau. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Définir un plan interne de gestion de crise et réaliser des exercices, ▪ Afficher les consignes de sécurité et de la conduite à tenir en cas d'inondation, ▪ Mener des actions de sensibilisation du public et des employés. 	-	-	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Garantir la continuité en fluide et en énergie 	-

Attention, les mesures de mitigation sont complémentaires. En effet, si les mesures sont mises en place de façon indépendante les unes des autres, le résultat ne sera pas celui escompté. Prenons un exemple : l'installation d'un batardeau sur une porte d'entrée sera inefficace si la même mesure n'est pas prise pour les portes-fenêtres adjacentes.

Divers PPRi ont également été étudiés afin de lister des mesures de mitigations existantes. Le Tableau 3 inventorie les mesures réglementaires obligatoires ou recommandées issues de 3 exemples régionaux, il s'agit de PPRi de première et deuxième génération.

- Plan de Prévention du Risque inondation – Basse vallée du Lez et de la Mosson – Commune de Montpellier ». Approbation en 2004
- Plan de Prévention des Risques d'inondation sur le moyen Vidourle - Règlement ». Approbation en 2008
- Plan de Prévention des Risques inondation du Gardon d'Alès - Règlement ». Approbation en 2010

La mitigation à l'échelle de la propriété et celle à l'échelle communale seront différenciées. Dans ce même tableau, les mesures de prévention visent à limiter les dégâts que peut engendrer une crue bien avant que celle-ci n'arrive, notamment lors de la construction d'un bâtiment. Les mesures de protection et de sauvegarde cherchent à réduire au maximum les dommages mais en utilisant les techniques ponctuelles mises en place lors d'une alerte à l'inondation.

Tableau 3 : Répartitions des mesures de mitigation dictée par les PPR réparties en fonction de leur échelle d'application

	Echelle de la propriété		Echelle communale	
	Mesures de prévention	Mesures de protection et de sauvegarde	Mesures de prévention	Mesures de protection et de sauvegarde
PPRi Montpellier	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Limiter les dégâts des biens : <ul style="list-style-type: none"> - Les fondations, murs et parties de la structure situés au dessous de la cote de référence devront comporter sur leur partie supérieure une arase étanche. Les matériaux de ces structures sensibles à la corrosion devront être traités avec des produits hydrofuge ou anti-corrosifs, - Les constructions seront fondées dans le sol de façon à résister à des affouillements, à des tassements ou à des érosions détaillées. Elles devront être capables de résister à la pression hydrostatique, - Les matériaux de second œuvre (cloisons, menuiseries, portes...) et les revêtement (sols, murs...) situés au-dessous de la cote de référence seront réalisés avec des matériaux insensibles à l'eau, ou correctement traités, - Les réseaux extérieurs d'eau, de gaz d'électricité doivent être dotés d'un dispositif de mise hors service, ou bien, réalisés entièrement au-dessus de la cote de référence, - Les équipements électriques doivent être placés au-dessus de la cote de référence, à l'exception des dispositifs d'épuisement ou de pompage, - Les aménagements autorisés ne devront pas conduire à la création de stocks de produits ou objets de valeur, vulnérables à l'eau, en dessous de la cote de référence, - Les citernes enterrées ou non et les citernes sous pression ainsi que tous les récipients contenant des hydrocarbures du gaz, des engrais liquides, des pesticides, et d'une façon générale, tous les produits sensibles à l'humidité, devront être protégés contre les effets de la crue centennale (mise hors d'eau ou fixées et rendues étanches), - Le stockage de produits polluants, quelle que soit leur quantité ou concentration, devra être réalisé dans des récipients étanches et protégé contre les effets de l'inondation centennale. La nomenclature de ces produits est fixée par la législation sur les installations classées, et par le Règlement Sanitaire Départemental, - Les piscines doivent disposer d'un système de balisage permanent de façon à pouvoir en visualiser l'emprise en cas de crue, - Les clôtures et les plantations d'alignement doivent être étudiées de façon à leur préserver une transparence maximale à l'écoulement, - L'extension d'un bâtiment est possible uniquement si la sous face du premier plancher aménagé est calée à la cote de PHE+30cm si elle a été définie. Dans le cas contraire, elle sera calée au minimum à 50 cm au dessus du terrain naturel ou, de la voie d'accès lorsqu'elle est supérieure au terrain naturel, - L'extension d'un bâtiment est possible uniquement si les impératifs d'écoulement des crues sont pris en compte et que l'implantation du bâtiment ne créé pas d'obstacle à l'écoulement, - L'extension d'un bâtiment est possible uniquement si elle s'accompagne de mesures compensatoires de 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Définir les zones où des mesures doivent être prises pour limiter l'imperméabilisation des sols et pour assurer la maîtrise du débit et de l'écoulement des eaux pluviales et de ruissellement, <ul style="list-style-type: none"> - éviter les aménagements concourant à imperméabiliser de grandes surfaces, sauf à prévoir des bassins de rétention suffisamment dimensionnés, ou des procédés limitant le ruissellement, - rechercher la mise en œuvre de techniques, compensatoires à l'urbanisme, favorisant l'infiltration des eaux pluviales sur place (tranchées filtrantes, puits d'infiltration, chaussées réservoir...), - augmenter les surfaces boisées, limiter les défrichements de façon à réduire les volumes de ruissellement et en étaler les effets, ▪ Définir les zones où il est nécessaire de prévoir des installations pour assurer la collecte, le stockage et le traitement éventuels des eaux pluviales et de ruissellement., ▪ Protéger les zones densément urbanisées ▪ Porter un attention particulière aux modes cultureux, à la constitution de haies vives, dont les conséquences peuvent être le ralentissement des écoulements, ou l'augmentation de a capacité de stockage des eaux sans toutefois créer d'obstacle à leur écoulement sous forme de barrage. ▪ Les réseaux d'assainissement nouvellement réalisés doivent être étanches et munis de clapets anti-retour. Les bouches d'égouts doivent être verrouillées, 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mise en place d'un plan d'alerte et de secours en cas d'inondation.

	nature à diminuer la vulnérabilité du bâtiment lui-même, à améliorer la sécurité des personnes et à favoriser l'écoulement des eaux.			
PPRi Vidourle moyen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Limiter les dégâts des biens : <ul style="list-style-type: none"> - Installer des clapets anti-retour sur les réseaux d'eaux usées, - Assurer le stockage hors d'eau et en cas d'impossibilité, créer une zone de stockage alternative non vulnérable pour les produits polluants, - Différencier les parties inondable et hors d'eau du réseau électrique. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Etablir un auto-diagnostic pour tous les propriétaires d'un bien situé en zone inondable, ▪ Assurer la sécurité des personnes : <ul style="list-style-type: none"> - Créer un espace refuge, - Créer ou identifier une zone refuge collective pour les campings, - Matérialiser l'emprise des piscines et bassins. ▪ Limiter les dégâts des biens : <ul style="list-style-type: none"> - Installer des dispositifs d'obturation des entrées d'air, - Installer des batardeaux. ▪ Faciliter le retour à la normale : <ul style="list-style-type: none"> - Equiper les bâtiments de pompe pour rejeter l'eau vers l'extérieur. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Information du public : <ul style="list-style-type: none"> - Faire connaître à la population les zones soumises à des risques prévisibles d'inondation, - Mise en place d'un plan d'information par la commune, - Mise en place de réunions publiques communales au moins tous les deux ans pour informer la population sur le risque inondation. ▪ Réseaux et infrastructures : <ul style="list-style-type: none"> - Ancrer au sol les aménagements publics légers (mobilier urbain...), - Positionner les postes de distribution d'énergie électrique et les coffrets de commandes d'alimentation en hauteur ou les rendre étanches, - Positionner les coffrets de commandes d'alimentation (réseau téléphonique) en hauteur ou les rendre étanches, - Utiliser des matériaux d'assemblage étanches et résistants aux pressions hydrostatiques pour les réseaux d'eau potable et d'assainissement, - Concevoir et réaliser les chaussées avec des matériaux peu ou pas sensibles à l'eau et munies de dispositif de drainage permettant un ressuyage efficace et rapide des corps de chaussées, - Mettre en place un balisage permanent des zones en eau en période de crue 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Etablir un plan communal de sauvegarde (PCS), ▪ Etablir un diagnostic de vulnérabilité pour tous les établissements recevant du public, les immeubles de logements collectifs et les établissements nécessaires à la gestion de crises situés en zone inondable, ▪ Etablir un zonage d'assainissement pluvial.
PPRi du Gardon d'Alès	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Limiter les dégâts des biens : <ul style="list-style-type: none"> - Installer des clapets anti-retour sur les réseaux d'eaux usées, - Assurer le stockage hors d'eau et en cas d'impossibilité, créer une zone de stockage alternative non vulnérable pour les produits polluants, - Différencier les parties inondable et hors d'eau du réseau électrique. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Surveiller, entretenir et diagnostiquer au moins tous les 5 ans les digues de protection, ▪ Etablir un auto-diagnostic pour tous les propriétaires d'un bien situé en zone inondable, ▪ Assurer la sécurité des personnes : <ul style="list-style-type: none"> - Créer un espace refuge, - Créer ou identifier une zone refuge collective pour les campings, - Matérialiser l'emprise des piscines et bassins. ▪ Limiter les dégâts des biens : <ul style="list-style-type: none"> - Installer des dispositifs d'obturation des entrées d'air, - Installer des batardeaux ▪ Faciliter le retour à la normale : <ul style="list-style-type: none"> - Equiper les bâtiments de pompe pour rejeter l'eau vers l'extérieur. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Information du public : <ul style="list-style-type: none"> - Faire connaître à la population les zones soumises à des risques prévisibles d'inondation, - Mise en place d'un plan d'information par la commune, - Poser des repères de crues, - Mise en place de réunions publiques communales au moins tous les deux ans pour informer la population sur le risque inondation. ▪ Réseaux et infrastructures : <ul style="list-style-type: none"> - Ancrer au sol les aménagements publics légers (mobilier urbain...), - Positionner les postes de distribution d'énergie électrique et les coffrets de commandes d'alimentation en hauteur ou les rendre étanches, - Positionner les coffrets de commandes d'alimentation (réseau téléphonique) en hauteur ou les rendre étanches, - Utiliser des matériaux d'assemblage étanches et résistants aux pressions hydrostatique pour les réseaux d'eau potable et d'assainissement, - Concevoir et réaliser les chaussées avec des matériaux peu ou pas sensibles à l'eau et munies de dispositif de drainage permettant un ressuyage efficace et rapide des corps de chaussées, - Etudier l'accès au secours avant de réaliser une extension d'urbanisation 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Etablir un plan communal de sauvegarde (PCS), ▪ Etablir un diagnostic de vulnérabilité pour tous les établissements recevant du public, les immeubles de logements collectifs et les établissements nécessaires à la gestion de crises situés en zone inondable, ▪ Etablir un zonage d'assainissement pluvial.

L'importance de la diminution de la vulnérabilité des réseaux urbains vient d'être vue précédemment. Il est donc intéressant d'étudier les différentes mesures de mitigation qui peuvent être mises en place pour protéger les réseaux urbains⁹. Les mesures qui vont être présentées ci-dessous sont, pour la plupart, déjà utilisées même si le but premier n'est pas la réduction de la vulnérabilité face à une inondation.

Tableau 4 : méthodes de mitigation de l'enjeu « réseaux urbains » face à l'aléa inondation

	Mesures d'adaptation des réseaux	Plan de secours	Organisation pour les maintien du service et le retour à la normale
Réseau d'électricité	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Postes de transformation moyenne et base tension : <ul style="list-style-type: none"> - Les situer à au moins 1 mètre au dessus du niveau de crue de référence, - Les rendre accessibles par des moyens terrestres lorsque la durée de crue est supérieure à 3 jours, - Les implanter, si possible, hors du champ d'inondation où la vitesse est supérieure à 1m/s. ▪ Lignes électriques : <ul style="list-style-type: none"> - Modifier la structure du réseau des lignes enterrées pour éviter au maximum les zones de fort écoulement, - Enfouir les lignes pour limiter la vulnérabilité du réseau, - Placer les lignes aériennes à au moins 2,5 m au dessus du niveau de la crue de référence, - Ancrer solidement les poteaux pour éviter l'arrachement. ▪ Installations particulières (branchements et compteurs) : <ul style="list-style-type: none"> - Surélever les compteurs et mettre les branchements électrique à au moins 50 cm au dessus de la cote de référence. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Echelle nationale : <ul style="list-style-type: none"> - Plan ADEL (Action Dépannage Electricité) : en cas d'évènement climatique majeur, EDF est directement averti par Météo France ou par la Préfecture. Les agents sont alors mis en pré-alerte et une permanence est assurée 24h/24. - Plan FIRE (Force d'Intervention Rapide Electricité) : mobilisation rapide des agent des départements limitrophes en cas d'évènement sur un autre département. ▪ Localement : <ul style="list-style-type: none"> - Définir assez tôt les actions à mettre en œuvre pour protéger les installations, - Réaliser des exercices de simulation - Bureaux de dépannage électricité et gaz joignables 24h/24 avec présence d'équipe d'intervention d'astreinte. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Moyens de substitution : <ul style="list-style-type: none"> - Prévoir des lignes et des postes de transformation complémentaires, - Mise en place de réseaux électriques temporaires. ▪ Protection du réseau : <ul style="list-style-type: none"> - Mettre hors service/hors tension, démonter ou surélever les postes basse et haute tension et le matériel sensible avant l'inondation. ▪ Remise en service : <ul style="list-style-type: none"> - Pomper l'eau et sécher les installations électriques, - Remplacer les parties du réseau endommagées.
Réseau de gaz	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Installation collective de détente : <ul style="list-style-type: none"> - Ne pas enterrer les détendeurs, - Découper le réseau en petits îlots, afin de limiter la gêne aux usagers, - Raccorder les évènements à un tube ramené à l'extérieur du poste et remonté en façade à une hauteur suffisante pour ne pas être inondé, - Isoler automatiquement les évènements lors d'une inondation. ▪ Conduites de gaz : <ul style="list-style-type: none"> - Modifier la structure du réseau pour éviter les zones d'écoulement préférentiel, - Vérifier régulièrement l'étanchéité du réseau, - Remplacer les canalisations endommagées (bonne qualité des conduites acier). ▪ Installations particulières de gaz (branchement et compteur) : <ul style="list-style-type: none"> - Surélever les compteurs. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plan ORIGAZ : décrit la conduite à suivre et répertorie les moyens matériels et humains mobilisables en temps de crise. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Réparation : <ul style="list-style-type: none"> - Evacuer l'eau des conduites au fur et à mesure, - Couper l'alimentation des parties menacées par une rupture de conduite de gaz. ▪ Remise en service : <ul style="list-style-type: none"> - Rechercher les fuites éventuelles à l'aide de véhicules « renifleurs ».
Réseau de télécommunications	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Recenser les centraux téléphoniques vulnérables puis agir soit sur les réseaux (modifier sa structure pour le placer hors des zones d'écoulement prioritaires), soit sur les installations sensibles (mise hors d'eau), ▪ Rendre les câbles étanches, ▪ Enduire les têtes de câbles de gel de pétrole (protège de l'oxydation), ▪ Ancrer solidement les poteaux des lignes aériennes mais préférer les lignes enterrées. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plan CRISTEL (CRISe TELEphone) : il permet d'accélérer le rétablissement du service. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Moyens de substitution et installations de secours provisoires, ▪ Remise en service : <ul style="list-style-type: none"> - Réparation ou remplacement des lignes endommagées.
Réseau de déplacements urbains	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Réflexion globale sur le réseau ou certaines voies seront « sacrifiées » au profit d'autres, ▪ surélévation de route (attention aux conséquences qui peuvent être importante à cause de l'effet digue). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plan inondation des sociétés de transport en commun ▪ Création d'une carte de viabilité du réseau urbain en fonction des niveaux d'eau 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Moyens de substitution : <ul style="list-style-type: none"> - Mettre en place des infrastructures de fortune, - Inciter la population à utiliser un autre réseau de transport. ▪ Maillage du réseau : <ul style="list-style-type: none"> - Mettre en place des déviations. ▪ Signalisation et surveillance : <ul style="list-style-type: none"> - Stocker dans un local hors d'eau les outils de signalisation permettant les déviations et l'information aux usagers. ▪ Protection : <ul style="list-style-type: none"> - Surélévation de la chaussée en urgence.

⁹ « Réduire la vulnérabilité des réseaux urbains aux inondations ». Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de la Mer. 2005.

			<ul style="list-style-type: none"> ▪ Remise en service : <ul style="list-style-type: none"> - Nettoyer les rues, - Laisser les routes fermées malgré la décrue afin de favoriser l'assèchement et limiter les dégradations, - Effectuer les réparations nécessaires à la remise en service.
Réseau d'eau potable	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ouvrages d'exploitation de la ressource : <ul style="list-style-type: none"> - Installer les captages à 1m au dessus de la crue de référence, - Ancrer solidement les ouvrages de pompage en rivière présents au sein du lit mineur, - rendre imperméable les têtes de puits grâce à une couche d'argile ▪ Ouvrages d'alimentation et de distribution : <ul style="list-style-type: none"> - les ouvrages d'alimentation doivent être parfaitement étanches et résister aux vitesses élevées, - Ancrer les réseaux tous les 20 ou 30m. ▪ Installation de potabilisation : <ul style="list-style-type: none"> - interdiction de créer une usine de potabilisation au sein d'une zone inondable ▪ Réservoirs : <ul style="list-style-type: none"> - Surdimensionner les ouvrages de stockage d'eau potable pour assurer la continuité du service. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Information de la population. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Moyens de substitution : <ul style="list-style-type: none"> - Disposer d'une alimentation en eau de secours, - Utiliser des usines de traitement d'eau provisoire, - Distribuer des bouteilles d'eau ou approvisionnement par camion citerne. ▪ Maillage : <ul style="list-style-type: none"> - Alimentation en eau de secours par les communes voisines si elles n'ont pas été touchées par la crue. Attention à l'organisation et aux dispositions qui doivent être prévues à l'avance. ▪ Cas particulier de l'interdépendance avec le réseau électrique : <ul style="list-style-type: none"> - multiplier les ressources en eau potables, les interconnexions avec les réseaux d'eau voisins et diversifier les points d'alimentation électrique des installations, - posséder des groupes électrogènes. ▪ Signalisation et surveillance : <ul style="list-style-type: none"> - Analyser la qualité de l'eau et informer les abonnés. ▪ Protection : <ul style="list-style-type: none"> - empêcher l'eau d'entrer dans le réseau, - Isoler les parties du réseau atteintes pour ne pas contaminer les parties saines. ▪ Réparation et remise en service : <ul style="list-style-type: none"> - Nettoyer et désinfecter le réseau d'eau potable (surchloration), - Réparer les parties endommagées.
Réseau d'assainissement	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Localisation et mise hors d'eau des installations : <ul style="list-style-type: none"> - Surélévation des Step¹⁰ (avec étude hydraulique), - Installations sensibles situées hors d'eau, - Stockage en containers étanches, - Maintien de l'accès à la Step pendant la crue. ▪ Etanchéité des réseaux : <ul style="list-style-type: none"> - Vérifier régulièrement l'étanchéité du réseau. ▪ Améliorer la résistance mécanique des ouvrages : <ul style="list-style-type: none"> - Prendre en compte les risques d'affouillement ; de tassement et de rupture. ▪ Dimensionnement : <ul style="list-style-type: none"> - Dimensionner la Step pour la réception et le traitement des eaux pluviales 	-	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Interdépendance avec le réseau électrique : <ul style="list-style-type: none"> - Présence d'un groupe électrogène. ▪ Protection : <ul style="list-style-type: none"> - Pose de grilles sur les regards, - Verrouillage des tampons sur les regards pour empêcher leur soulèvement, - Installation de clapet anti-retour pour éviter le débordement chez les particuliers.
Réseau de chauffage urbain	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Positionner les appareils de production de chaleur (chaufferie) hors zone inondable, ▪ Equiper les nouveaux aménagements de réseaux de chaleur en zone inondable, d'une protection thermique hydrophobe, ou les placer dans un caniveau étanche. 	-	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utiliser le maillage du réseau pour redistribuer la chaleur par une autre conduite, ▪ Pomper puis sécher les conduites avant la remise en service.

¹⁰ Station d'épuration

Une liste de l'ensemble des méthodes de mitigation des enjeux à l'échelle de la propriété et à l'échelle communale vient d'être établie dans les tableaux précédents. De plus, le PPRi de Montpellier, du Vidourle moyen et d'Alès ont été étudiés pour voir quelles méthodes mitigation sont préconisées sur les communes.

Ces techniques de mitigation étant destinées à limiter les dommages en cas d'inondation fluviale, il est maintenant intéressant de vérifier si ces méthodes sont adaptables à l'aléa submersion marine. C'est la définition du terme « inondation » du SDAGE du bassin de la Seine et des cours d'eau Normands qui donne des éléments de réponse. En effet, cette définition fait entrer la submersion marine dans les inondations. Ainsi, étant donné que les aléas inondation et submersion marine sont comparables, les techniques de mitigation le sont également.

On notera que la quasi totalité des méthodes de mitigation passe par l'adaptation de l'habitat et par l'éducation des populations (« niveau de développement : habitat et éducation »). Des efforts sont également faits pour les facteurs « configuration spatiale », « structure politico-institutionnelle », « niveau de développement : démographie et énergie ». Cependant, il n'existe aucune mesure de mitigation jouant sur les facteurs « cohésion sociale », « diversité économique » et « niveau de développement : emploi, transport et santé ». Il serait donc judicieux d'imaginer de mitiger les enjeux en travaillant sur ces facteurs.

4. CONCLUSION

La zone côtière est un milieu spécifique parce qu'elle est très souvent, et de plus en plus, exposée aux risques de submersions marines. Pour autant elle a su rester très attractive et convoitée.

Comme on l'a vu, la notion de vulnérabilité associée à ce territoire n'est pas facile à appréhender, même si la littérature sur ce sujet est particulièrement abondante depuis ces 10 dernières années (cf. bibliographie). En comparaison, la définition de la mitigation semble plus claire et consensuelle. Les techniques de mitigation de l'aléa inondation fluviale énumèrent des listes à la Prévert qu'il va nous falloir dépoussiérer et adapter aux problématiques maritimes. Les documents que sont les PPR et les PCS liés aux submersions marines seront de bons outils pour permettre une transposition adaptée et pragmatique du fluvial vers le littoral.

Enfin, il ne faut pas oublier que la zone côtière, forte de tous ces contrastes, constitue un remarquable théâtre propice aux innovations techniques et juridiques : le travail qui nous attend en phase 2 et 3 devrait donc être fructueux.

5. ANNEXE

Les mesures de réduction de la vulnérabilité :

	Obligatoire	Recommande
Cas 1: Je suis propriétaire ou gestionnaire d'un établissement stratégique* ou sensible*	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cas 2: Je suis acteur économique	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cas 3: Je suis propriétaire ou gestionnaire de réseaux	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cas 4: Je suis constructeur ou propriétaire d'une construction à usage d'habitation	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

* Etablissement stratégique : indispensable pour les besoins de la sécurité civile et le maintien de l'ordre public (moyens de secours opérationnels...), Etablissement sensible : à forte capacité d'accueil ou accueillant une population vulnérable (bureaux de plus de 150 employés, maison de retraite...).

<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Réaliser un diagnostic de vulnérabilité de bâtiment ou de réseau : Identifier les points les plus vulnérables, puis définir les mesures appropriées pour réduire les dégâts en cas d'inondation.	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Créer ou identifier un espace refuge pour permettre la mise à l'abri des habitants et faciliter leur évacuation.  <p><small>Exemple d'espace refuge (CETE Méditerranée)</small></p>
<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Définir un plan interne de gestion de crise et réaliser des exercices pour organiser l'alerte, les secours et les moyens techniques et humains.	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Limitier les flottaisons d'objets et les pollutions En mettant hors d'eau ou en arrimant solidement les objets ou produits polluants et / ou flottants susceptibles d'être mobilisés par la crue (cuves d'hydrocarbures, bois de chauffage...).  <p><small>Cuve soulevée par l'eau (MEDD-DGPR, 2005)</small></p>
<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Afficher les consignes de sécurité et de la conduite à tenir en cas d'inondation.	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Adapter l'organisation du bâtiment : Surélévation ou déplacement des stocks, équipements.  <p><small>Surélévation d'un compresseur (CETE Méditerranée)</small></p>
<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Mener des actions de sensibilisation du public / des employés En cohérence avec le plan interne de gestion de crise.	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Matérialiser les piscines, bassins enterrés et regards existants.
<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Garantir la continuité d'alimentation en fluides et en énergie en cas d'inondation.	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Installer des dispositifs temporaires pour limiter les intrusions d'eau Traiter les fissures pénétrantes, installer des systèmes d'obturation amovibles au niveau des ouvertures et un clapet anti-retour sur les conduites d'évacuation des eaux, colmater les gaines des réseaux électriques, téléphoniques...  <p><small>Exemple de hublots (dispositif permanent) (CETE Méditerranée)</small></p>
<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> Protéger les équipements électriques et téléphoniques en les plaçant hors d'eau.	

6. BIBLIOGRAPHIE

Publications :

- CETE Méditerranée. « Synthèse bibliographique relative à la vulnérabilité au risque inondation ». 2005.
- CETE Méditerranée. « Mesures de réduction de la vulnérabilité des biens existants au risque d'inondation dans les Plans de Préventions des Risques en région Languedoc-Roussillon ». 2006
- CETE Méditerranée. « Prévention du risque d'inondation dans l'aménagement et la construction ». 2007.
- Commission des Communautés Européennes. « Adaptation au changement climatique en Europe : les possibilités d'action de l'Union Européenne ». 2007.
- Direction Départementale de l'Équipement. « Plan de Prévention du Risque inondation – Basse vallée du Lez et de la Mosson – Commune de Montpellier ». Approbation en 2004.
- Direction Générale de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction. « Guide d'évaluation de la vulnérabilité des bâtiments vis-à-vis de l'inondation ». 2005.
- Direction Régionale de l'Environnement – Languedoc-Roussillon. « Réduire la vulnérabilité des territoires face aux inondations ». 2007.
- Direction Régionale de l'Équipement – Bretagne. « Rendre son habitation moins vulnérable aux inondations ». 2004.
- Eche. « Le submersions marine dans le bassin d'arcachon – Représentations sociales et gouvernances du risque ». 2009
- Fouche, Cherizard. « Une proposition de méthodologie pour l'évaluation de la vulnérabilité du littoral : une application sur la frange côtière Mariani-Gressier ». 2005.
- Gillet. « Les conséquences de la dérive climatique : comment s'adapter ».
- Klein R. J. T. & Nicholls R. J. "Assessment of Coastal Vulnerability to Climate Change". *Ambio*; 28(2): 182-187. 1999.
- Leone, Vinet (sous la dir.) « La vulnérabilité des sociétés et des territoires face aux menaces naturelles », analyses géographiques. 2006.
- Magnan. « La vulnérabilité des territoires littoraux au changement climatique : mise au point conceptuelle et facteurs d'influence ». 2009.
- Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer. « L'essentiel des mesures de réduction de vulnérabilité dans les PPRi ».
- Ministère de l'Écologie et du Développement Durable. « Centre ville en zone inondable – Prise en compte du risque ». 2004.
- Ministère de l'Écologie et du Développement Durable. « Réduire la vulnérabilité des réseaux urbains aux inondations ». 2005.
- Ministère de l'Écologie et du Développement Durable. « La mitigation en zone inondable – Réduire la vulnérabilité des biens existants ». 2005.
- Ministère de l'Écologie et du Développement Durable. « Prise en compte des risques naturels dans l'aménagement – 13 monographies ». 2006.
- Ministère de l'Écologie et du Développement Durable. « Plan submersions rapides, Submersions marines, crues soudaines et ruptures de digues ». 2011.
- They et al., « Conquête de la sécurité, gestion des risques », Paris, L'Harmattan, 1991.
- Verrhiest, Quézo. « Intégrer la construction dans son milieu physique ». Préventique Sécurité. Sept-Oct 2006.

Watson et al. Impacts, "Adaptation and Mitigation of Climate Change : Scientific Technical Analysis."
Cambridge: Cambridge University Press. 1996.

Sites Internet :

<http://cartorisque.prim.net/>

<http://orig.cg-gard.fr/>

<http://www.gard.equipement.gouv.fr/>

<http://www.languedoc-roussillon.developpement-durable.gouv.fr/>

<http://www.pollutions-marines-normandie.fr/>

<http://www.prim.net/>

<http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/>