



## Evaluation de la vulnérabilité du littoral de l'Hérault à la submersion marine

Hugues HEURTEFEUX<sup>1</sup>, Paul SAUBOUA<sup>1</sup>, Provence LANZELLOTTI<sup>1</sup>

1. EID Méditerranée, Direction Technique, Service Connaissance et Observation du littoral, 165 avenue Paul-Rimbaud, 34184 Montpellier Cedex 4, France.

[hheurtefeux@eid-med.org](mailto:hheurtefeux@eid-med.org) ; [psauboua@eid-med.org](mailto:psauboua@eid-med.org) ; [planzellotti@eid-med.org](mailto:planzellotti@eid-med.org)

### Résumé :

Les phénomènes d'érosion et de submersion marine, accentués par les effets du changement climatique, orientent les administrations publiques vers de la Gestion Intégrée des Zones Côtières, et plus particulièrement vers la protection des enjeux ([www.coastance.eu](http://www.coastance.eu)). Les recommandations du projet européen Euroérosion ont servi de lignes directrices à la définition des composantes du projet Coastance. L'une de celles-ci, pilotée par le Conseil Général de l'Hérault, consiste ainsi en l'évaluation des aléas érosion et submersion marine. C'est dans ce contexte que l'EID-Méditerranée a été amenée à mettre en place une méthodologie d'évaluation de la vulnérabilité à la submersion marine des enjeux du littoral de l'Hérault.

La méthodologie employée s'est basée sur des travaux de recherche et sur les préconisations d'un guide réglementaire régional (DRELR, 2008). La vulnérabilité d'un enjeu à la submersion marine y est définie conjointement par sa distance au trait de côte et par son altitude. Certains travaux de recherche ont permis de catégoriser la vulnérabilité d'un enjeu en fonction de ce premier paramètre. Ces travaux ont été réadaptés en fonction des caractéristiques morphologiques du littoral de l'Hérault et croisés aux hauteurs de référence données par les services de l'Etat pour des événements météo-marins de période de retour centennale, d'après les mesures du CETMEF. Ce premier travail a ainsi permis d'obtenir une grille de vulnérabilité intégrant ces deux paramètres.

L'évaluation de la vulnérabilité des enjeux a ensuite été réalisée par traitement d'informations géographiques. Des zonages des enjeux socio-économiques et patrimoniaux étudiés, quarante au total, ont été obtenus sous format SIG. L'emploi d'un Modèle Numérique de Terrain a permis de connaître la morphologie du littoral avec un maillage de 5 mètres. Par découpage de cette couche de MNT, en fonction de la distance au trait de côte, une couche constituée de polygones intégrant altitude et distance au trait de côte a été créée. Un découpage des couches relatives aux différents enjeux à l'aide de la couche de vulnérabilité a permis enfin de connaître pour chaque enjeu sa surface concernée par l'aléa et sa vulnérabilité moyenne.

Cette démarche présente deux intérêts. A l'échelon local, ces résultats sont des informations importantes pour les gestionnaires de territoire, leur permettant de mieux

définir leurs stratégies de gestion. A l'échelon du projet européen Coastance, c'est une méthodologie facilement transposable sur d'autres secteurs littoraux par les autres partenaires, permettant une meilleure cohérence méthodologique.

**Mots-clés :**

Submersion marine – Vulnérabilité – Littoral – Enjeu – SIG – Projet Coastance – Département de l'Hérault

**1. Introduction**

Erosion de la ligne de rivage et submersion marine sont les deux maux qui de manière globale, touchent à l'échelle nationale les littoraux meubles. Ce contexte est d'autant plus prégnant quand il s'agit de côtes sableuses de faibles altitudes, avec d'importantes zones humides en arrière plage. Ces caractéristiques correspondent aux côtes à lido que l'on trouve dans le département de l'Hérault, mais aussi celles qui composent le sud de l'Espagne (Andalousie : "flecha del Rompido") ou l'Emilie Romagne (lido di Dante), rendant tout à fait cohérent l'approche européenne sur ces thématiques. C'est notamment pour cela que le programme Coastance a été initié.

Une fois déterminé un vocabulaire commun (ii), nous avons mis en place une méthodologie évaluant de manière cohérente, rapide et visuelle la vulnérabilité des côtes (iii). Les résultats obtenus (iv) et la transposabilité de cette méthodologie à l'échelle européenne sont présentés ensuite.

**2. Contexte général et définition d'un vocabulaire commun**

Le littoral en Languedoc-Roussillon est un territoire récemment conquis, depuis moins d'un siècle, sur lequel se sont concentrés en peu de temps de nombreux enjeux. Développement économique, urbanisme, tourisme et biodiversité sont des enjeux qui s'y cristallisent. Or ce territoire présente une vulnérabilité aux aléas érosion et submersion marine, qui devrait en outre s'amplifier du fait des phénomènes liés aux changements climatiques et notamment de l'élévation du niveau de la mer (COMMISSION AU CONSEIL ET AU PARLEMENT EUROPEEN, 2009).

La convergence entre d'une part glissement des installations humaines et occupation humaine grandissante sur le littoral, et d'autre part l'évolution naturelle de ces mêmes espaces, finit d'amplifier le risque sur ces territoires.

De façon générale, la signification du quatuor aléa, enjeux, risque et vulnérabilité est admise par le corpus des scientifiques et gestionnaires du littoral.

Les enjeux peuvent se définir comme les personnes, biens, activités, moyens et patrimoines susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel (SAFEGE SECROTRAP, 2009). L'enjeu se caractérise par son importance (nombre, nature, etc.) et sa vulnérabilité.

De la même façon, l'aléa est la manifestation d'un phénomène naturel potentiellement dommageable d'occurrence et d'intensité donnée.

Ces premiers éléments de définition nous amènent à celle du risque, qui est un événement dommageable, doté d'une certaine probabilité, conséquence d'un aléa naturel survenant dans un milieu vulnérable. Le risque résulte, donc, de la conjonction de l'aléa et d'un enjeu, la vulnérabilité étant la mesure des dommages de toutes sortes rapportés à l'intensité de l'aléa. A cette définition technique du risque, doit être associée la notion d'acceptabilité pour y intégrer sa composante sociale (BOURRELIER, 1997). De la même façon, le risque majeur se caractérise par sa faible fréquence, sa gravité et l'incapacité de la société exposée à surpasser l'événement. Des actions sont dans la plupart des cas possibles pour le réduire, soit en atténuant l'intensité de l'aléa, soit en réduisant la vulnérabilité des enjeux.

Les approches peuvent différer dans la mise en équation de ces paramètres :

$$\text{Risque} = \text{Aléa} \times \text{Enjeux} \quad (\text{DREAL LR, 2010})$$

$$\text{Risque} = \text{Aléa} \times \text{Vulnérabilité} \times \text{Coût} \quad (\text{VARNES \& IAEG, 1984})$$

Un point important est donc l'analyse de la vulnérabilité, qui 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. Elle est le 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 (MEDDTL, 2009). C'est donc sur ce point qu'a été orientée notre étude. Le but étant de fournir aux gestionnaires de territoires des informations sur la susceptibilité des enjeux présents sur leurs territoires à subir des dommages.

### **3. Méthodologie : une approche devant être reproductible**

La méthode d'évaluation de la vulnérabilité a été adaptée de travaux de BAWEDIN et HOEBLICH (2006) afin de réaliser une grille en fonction de l'altitude de l'enjeu et de sa distance au trait de côte.

Les valeurs d'altitude seuils ont été obtenues à partir du guide d'élaboration des Plan de Prévention des Risques submersion marine en Languedoc Roussillon (DRELR, 2008), les distances au trait de côte par adaptation des travaux de BAWEDIN et HOEBLICH (2006). Il a été décidé de travailler jusqu'à 500 mètres au-delà du trait de côte en considérant la zone de déferlement comme la bande des 100 premiers mètres. La zone de déferlement est constituée du cordon dunaire et de la plage. En moyenne, la distance crête de dune - trait de côte est inférieure à 100 mètres en Languedoc-Roussillon, mais il a été décidé de prendre une zone plus large pour ne pas sous-estimer la vulnérabilité.

La combinaison de ces deux facteurs donne une grille de vulnérabilité donnée dans la figure 1.

Thème 7 – Océanographie opérationnelle et situations extrêmes

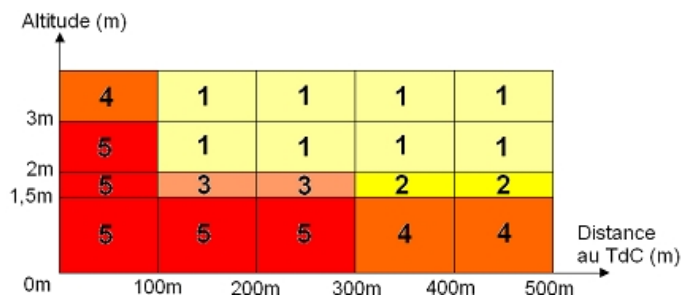


Figure 1. Grille de vulnérabilité en fonction de l'altitude et de la distance au trait de côte (d'après BAWEDIN et HOEBLICH, 2006).

L'adaptation de cette grille aux conditions géomorphologiques du secteur étudié s'est faite essentiellement à l'aide d'outils d'Information Géographique. Par traitement sous Système d'Information Géographique (SIG), différentes zones définies selon leur distance au trait de côte ont été croisées à un zonage en fonction de l'altitude, obtenu depuis un Modèle Numérique de Terrain ; le MNT fourni par la DREAL LR a été réalisé au moyen d'une tête laser LADS MKII avec un pas de 5 m. Ce croisement a permis d'obtenir une couche de vulnérabilité, dont un exemple est donné en figure 2.

L'objectif de cette méthode est d'aboutir à un mode de représentation de la vulnérabilité des enjeux compréhensible par les gestionnaires locaux. De ce postulat résulte trois points méthodologiques pouvant être aisément réemployés pour d'autres secteurs littoraux aux conditions hydro-géomorphologiques comparables, c'est-à-dire des côtes à lido : sableuses à pente faible avec une lagune en arrière dune.

Le premier point correspond à la nature des enjeux étudiés, classés en deux catégories. La première catégorie correspond aux enjeux socio-économiques, se rapportant aux milieux anthropisés. La seconde est constituée des enjeux patrimoniaux, correspondant aux milieux naturels et au patrimoine culturel. Pour spécifier ces enjeux, 42 descripteurs ont été définis. Ces descripteurs ont été sélectionnés car étant en phase avec les objectifs de gestion, facilement mesurables et concrets. Le tableau 1 présente les enjeux socio-économique et patrimoniaux considérés. Les grilles enjeu/descripteurs ont été réalisées par compilation de grilles ayant déjà été employées pour des travaux de niveau international (Projet Européen DEDUCE), et régional (MIAL, 2003 ; EID, 2006).

Tableau 1. Enjeux et descripteurs analysés.

<i>Enjeux socio-économiques</i>	<i>Enjeux patrimoniaux</i>
<i>Zones d'habitation</i>	<i>Zones réglementées</i>
<i>Activités Touristiques</i>	<i>Inventaires scientifiques et engagements internationaux</i>
<i>Activités liés aux ressources marines</i>	<i>Type d'habitats</i>
<i>Activités agricoles</i>	
<i>Activités industrielles</i>	<i>Patrimoine culturel</i>
<i>Infrastructures de transport</i>	

Comme pour la vulnérabilité, l'évaluation des enjeux s'est faite par SIG. Des couches d'occupation des sols ont été employées afin de déterminer les surfaces de chaque descripteur étudié situées dans la zone d'étude. La cartographie réalisée par SIG LR de l'occupation du sol en Languedoc-Roussillon en 2006 a ainsi été employée, ainsi que les différents zonages réglementaires, inventaires scientifiques et engagements patrimoniaux obtenus auprès de la DREAL LR.

Le second point correspond à l'échelle d'étude. La cellule sédimentaire est l'unité de réflexion logique en gestion du littoral. Il s'agit cependant dans cette méthodologie d'évaluer la vulnérabilité d'enjeux, cette question des enjeux devait donc être intégrée à la réflexion sur l'échelle d'étude.

Les grilles d'analyses sont à l'image de l'occupation de la frange littorale. On retrouve ainsi sur le littoral des secteurs majoritairement occupés par des activités socio-économiques, et d'autres restés essentiellement naturels. Ce critère a donc été ajouté pour subdiviser le territoire étudié en petites unités appelées unités morpho-fonctionnelles. Cette subdivision reprend celle des cellules sédimentaires, pouvant être elles-mêmes subdivisées si on observe sur leur frange littoral deux secteurs d'occupation générale différente : l'un essentiellement naturel, l'autre essentiellement anthropisé.

Le dernier point correspond au mode de représentation des résultats. Pour cela, des travaux réalisés sur la vulnérabilité des côtes, mais concernant le risque de pollution par hydrocarbures (FATTAL & ROBIN, 2008), ont été réemployés. Même si le programme COASTANCE a pour objet d'autres risques, la méthodologie employée paraissait adaptable et permettait d'aborder la question de la vulnérabilité vis-à-vis des risques érosion/submersion de façon innovante pour l'échelle du département de l'Hérault. Le tableau 2 reprend cette représentation.

La première colonne présente les vulnérabilités obtenues pour les différents enjeux étudiés. Deux informations y sont données :

- une valeur de vulnérabilité, donnée par la couleur de la cellule suivant les différentes couleurs données dans la grille de vulnérabilité (cf. figure 1).
- un pourcentage, définissant en quelle part cette vulnérabilité entre dans la vulnérabilité socio-économique ou du milieu. Chaque valeur de vulnérabilité y entre au pro rata des surfaces définies.

Les vulnérabilités humaine, économique, des infrastructures et patrimoniale constituent la vulnérabilité socio-économique. De la même façon, les vulnérabilités environnementale, morpho-sédimentaire et patrimoniale, constituent la vulnérabilité du milieu.

La vulnérabilité globale correspond à ces deux dernières mais dans des ratios différents. Ainsi, la vulnérabilité socio-économique comportant des enjeux particulièrement important, et notamment de sécurité humaine, il paraissait préférable d'appuyer son importance par une pondération de 60%. La vulnérabilité du milieu entre donc pour

## Thème 7 – Océanographie opérationnelle et situations extrêmes

40% dans la vulnérabilité globale. Il est aussi donné une couleur de vulnérabilité pour ces trois dernières cases, ainsi que leur valeur de vulnérabilité exacte.

Tableau 2. Représentation de la vulnérabilité d'un secteur (d'après FATTAL et ROBIN, 2008).

Vulnérabilité humaine (%)	Vulnérabilité socio-économique (Valeur)	Vulnérabilité globale (Valeur)
Vulnérabilité économique (%)		
Vulnérabilité des infrastructures (%)		
Vulnérabilité patrimoniale (%)	Vulnérabilité du milieu (Valeur)	
Vulnérabilité morpho-sédimentaire (%)		
Vulnérabilité environnementale (%)		

### 4. Résultats

Pour chaque secteur, on dispose ainsi d'une couche représentant les différentes zones de vulnérabilités qui sera croisée avec une couche comportant les différents enjeux du secteur étudié (cf. figure 2).

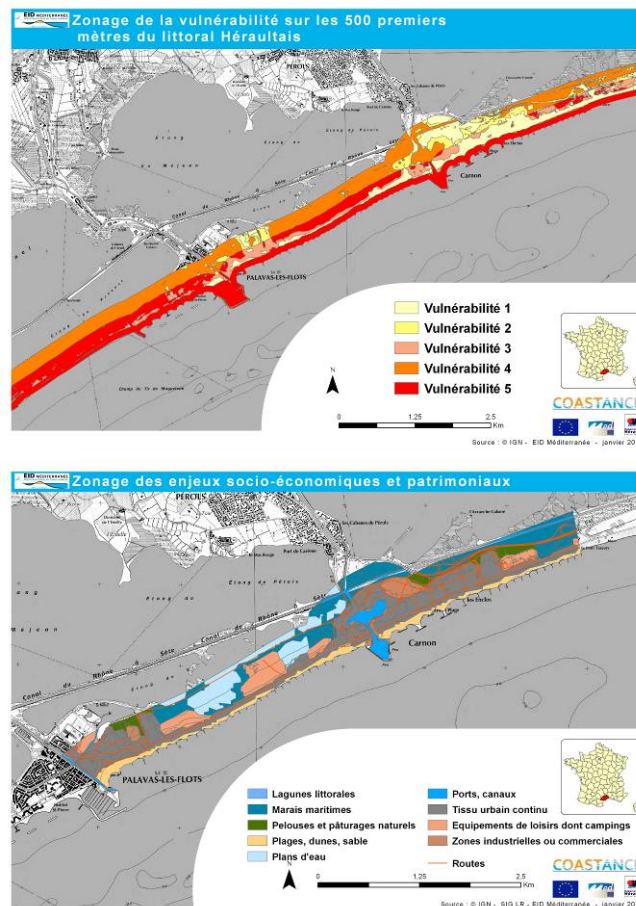


Figure 2. Couches de vulnérabilité et d'enjeux pour un secteur.



Ce croisement va permettre d'obtenir les valeurs de vulnérabilité et de pouvoir les représenter sous la forme d'une carte du secteur étudié accompagnée de son tableau récapitulatif. Selon les destinataires de l'étude, des échelles de représentation plus pertinentes que l'unité morpho-fonctionnelle peuvent être choisies. Ainsi l'échelle de l'Etablissement Public de Coopération Intercommunale peut par exemple être parfois plus pertinente (cf figure 3).

Sur cette représentation cartographique, le cadre de couleurs reprend les résultats selon les travaux adaptés de FATTAL et ROBIN (2008). Le cartouche blanc dans la légende rappelle de quels éléments il est constitué.

Cette carte donne une information supplémentaire correspondant à l'importance des événements météo-marins sur la frange littorale considérée. Cette valeur est obtenue à partir de données essentiellement liées aux conditions hydrodynamiques locales.

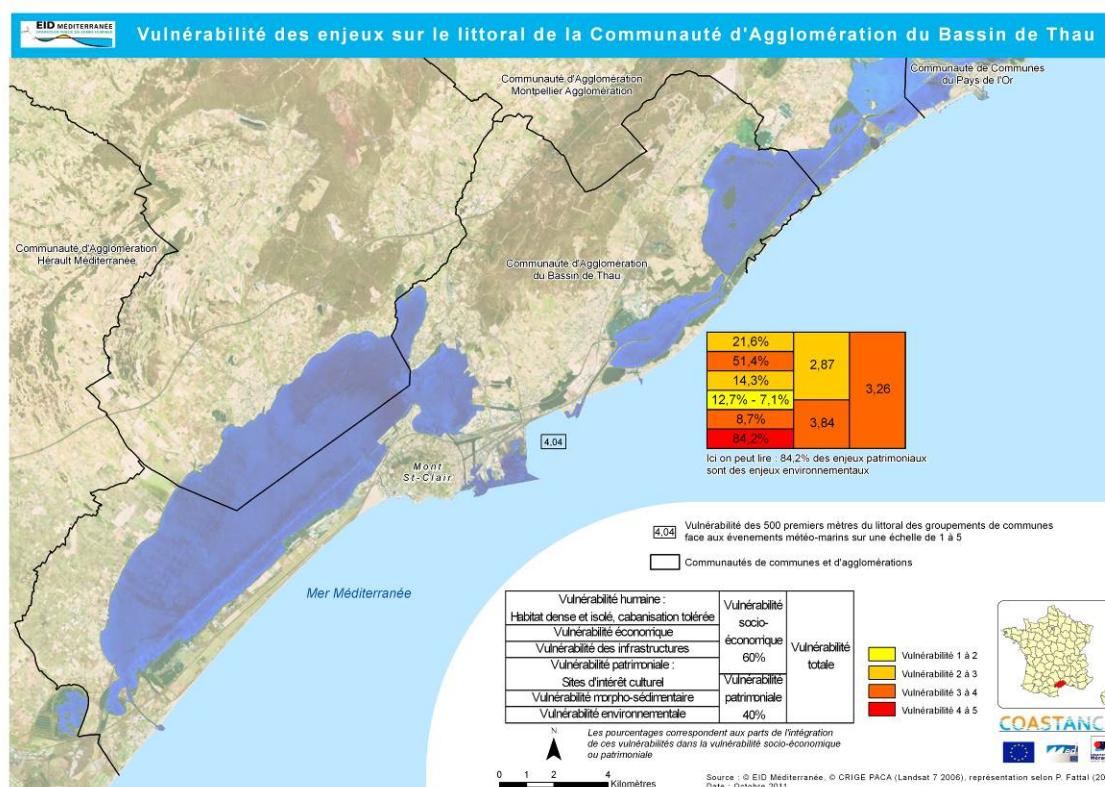


Figure 3. Mode de représentation de la vulnérabilité d'un secteur littoral.

## 5. Conclusion

Cette méthodologie présente l'intérêt de donner rapidement et de façon visuelle la situation d'un secteur vis-à-vis de sa vulnérabilité à la submersion marine. Ces résultats ne peuvent être employés pour des problématiques d'aménagement précises (règles d'urbanisation d'un secteur, ...) mais permettent d'en définir des orientations de gestion plus générales, à partir de l'échelle intercommunale, et de démontrer la nécessité

d'analyses plus fines sur des secteurs en particulier. Cette méthodologie peut aussi aboutir à la proposition de techniques de gestion adaptée.

Le développement de cette méthodologie dans un projet à résonance européenne présente un réel intérêt. Dans une dynamique de Gestion Intégrée des Zones Côtières, mettre au point des méthodologies qui pourront être réemployables dans d'autres régions et pays, permettrait une meilleure cohérence en termes de gestion.

## **6. Références bibliographiques**

BAWEDIN V., HOEBLICH J.-M. (2006). *Les Bas-champs de Cayeux (Somme, France): vers une gestion intégrée? Enjeux et perspectives de l'ouverture à la mer d'un espace jusque là protégé*. VertigO, vol 7, n°3, décembre 2006, 11 p.

BOURRELIER P.-H. (1997). *Les plans de Prévention des Risques Naturels*. La documentation française.

COMMISSION AU CONSEIL ET AU PARLEMENT EUROPEEN, (2009). *Pour une meilleure gouvernance de la Méditerranée grâce à une politique maritime intégrée*. COM (2009) 466, 12 p.

DRELR -DIRECTION REGIONALE DE L'ENVIRONNEMENT LANGUEDOC-ROUSSILLON- (2008). *Guide d'élaboration des PPR submersion marine en Languedoc-Roussillon*. 2 octobre 2008, 20 p.

DREAL LR -Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Languedoc-Roussillon- (2010). *Prévention du risque submersion marine en Languedoc-Roussillon*. mai 2010, 2 p.

EID -Entente Interdépartementale pour la Démoustication du littoral méditerranéen- (2006). *Etude de définition de protection des enjeux du littoral sableux, Phase B : Définition et hiérarchisation des enjeux*. 35 p.

FATTAL P., ROBIN M. (2008). *Vulnérabilité des côtes aux pollutions par hydrocarbures : l'exemple de Noirmoutier*. Colloque "Le littoral : subir, dire, agir", Lille, 16-18 janvier 2008.

MEDDTL -Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement- (2009). *Glossaire risques majeurs*. Prim.net, Bouquet Prévention risques majeurs. [URL <http://www.risquesmajeurs.fr/glossaire-risques-majeurs> ]

MIAL -Mission Interministérielle d'Aménagement Du Littoral- (2003). *Orientations stratégiques pour la gestion de l'érosion en Languedoc-Roussillon*. 24 p.

SAFEGE, SECROTRAP (2009). *Etude de l'évolution du trait de côte du littoral des Bouches-du-Rhône au regard de l'érosion marine Phase 2 : Etat des lieux, diagnostic et hiérarchisation des enjeux*. Juillet 2009, 218 p.

VARNES D.J., INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING ASSOCIATION (1984). *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*. UNESCO, 63 p.