

# Synthèse du projet *Explore 2070*

## Dynamique des systèmes littoraux et des milieux marins côtiers

### Objectifs de l'étude

Evaluer les effets du changement climatique sur la vulnérabilité physique des littoraux à l'érosion côtière et à la submersion marine à deux échelles : une échelle nationale et une échelle régionale (Languedoc-Roussillon et La Réunion).

### Principaux résultats à retenir

L'évaluation de la vulnérabilité des territoires au changement climatique au niveau régional est devenue obligatoire en France depuis l'adoption de la loi dite « Grenelle 2 » dans son volet visant à soutenir l'adaptation au changement climatique. En s'appuyant sur des données existantes, cette étude a consisté à :

- effectuer une évaluation à l'échelle nationale de la vulnérabilité des zones côtières,
- procéder à deux évaluations régionales de la vulnérabilité physique<sup>1</sup> à l'érosion marine et la submersion, dans les zones côtières du Languedoc-Roussillon et de l'île de La Réunion (livraison de bases de données SIG),
- proposer des solutions pour intégrer ces évaluations de la vulnérabilité dans les pratiques existantes en faveur de l'adaptation au changement climatique, de la prévention à long terme (50 à 100 ans) des risques littoraux et des exercices de prospective portant sur le développement des zones côtières.

Dans son volet méthodologique, cette étude a exploré les apports d'une cartographie décisionnelle multicritères (l'Analytical Hierarchy Process) pour l'évaluation de la vulnérabilité physique de la zone côtière.

En cohérence avec les attendus basés sur l'état des connaissances actuelles et quel que soit le scénario de changement climatique retenu, les résultats mettent en évidence la vulnérabilité plus importante des flèches sableuses, des estuaires, des zones basses, et d'une fine bande au sommet de falaises côtières sujettes à l'érosion. Dans le scénario avec élévation du niveau marin, les aléas « érosion côtière » et « submersion marine » sont, dans ces zones, aggravés.

### Méthodologie

Cette étude s'est appuyée sur une méthode de cartographie multicritères qui s'inspire de celle mise en œuvre pour l'évaluation de la vulnérabilité physique du littoral américain réalisé par l'USGS dans les années 1990. Cette méthode est structurée par une méthode d'aide à la décision : l'Analytical Hierarchy Process. Le principal apport de cette méthode est de permettre l'intégration des jugements qualitatifs à l'intérieur d'analyses multicritères (Le Cozannet et al., 1 et 2, soumis).

---

<sup>1</sup> "La vulnérabilité physique" signifie ici la « sensibilité de l'environnement physique, des zones côtières elles-mêmes », à des risques d'érosion et de submersion dans le contexte du changement climatique.

## Impacts du changement climatique

Comme pour tout exercice de prospective, il convient d'être extrêmement prudent compte tenu des difficultés à nous représenter un scénario plausible de l'évolution future des zones côtières pour les prochains 40 à 60 ans.

De manière extrêmement simplifiée, les résultats de cette étude rappellent le fait que les zones basses, les littoraux meubles et les estuaires sont susceptibles d'être fortement affectés par les aléas côtiers, quel que soit le scénario de changement climatique retenu. Ces zones sont les plus vulnérables pour les scénarios avec élévation du niveau marin.

Parallèlement, dans certaines de ces mêmes régions (notamment en Languedoc-Roussillon et sur la façade Atlantique de la Bretagne à l'estuaire de la Gironde), le prolongement des tendances actuelles indique que la population devrait augmenter davantage que la moyenne nationale (résultat du lot « prospective socio-économique »). Sauf si ces tendances venaient à s'inverser ou si l'attrait de la zone littorale venait à se réduire, ces zones devraient donc subir les deux aspects du changement global : aggravation des aléas et pression anthropique croissante. Dans les zones où le littoral est artificialisé, les risques d'érosion marine et de submersion du littoral ont été transférés vers un risque de fragilisation des structures (par exemple par affouillement) ou de franchissement des ouvrages. Pour ces zones, la question de l'adaptation ne peut être découplée de celle de la maintenance et de l'efficacité à long terme de ces ouvrages.

### « Zoom » Languedoc-Roussillon.

La figure 1 montre les facteurs qui ont été pris en compte pour élaborer les cartes représentant la vulnérabilité physique des systèmes côtiers à l'érosion et à la submersion marine dans le contexte de l'élévation du niveau marin. Un exemple de résultat (extrait de la BD SIG livré) est également présenté. A l'échelle régionale, deux scénarios extrêmes ont été pris en compte : l'un avec élévation du niveau marin (1m), l'autre sans élévation.

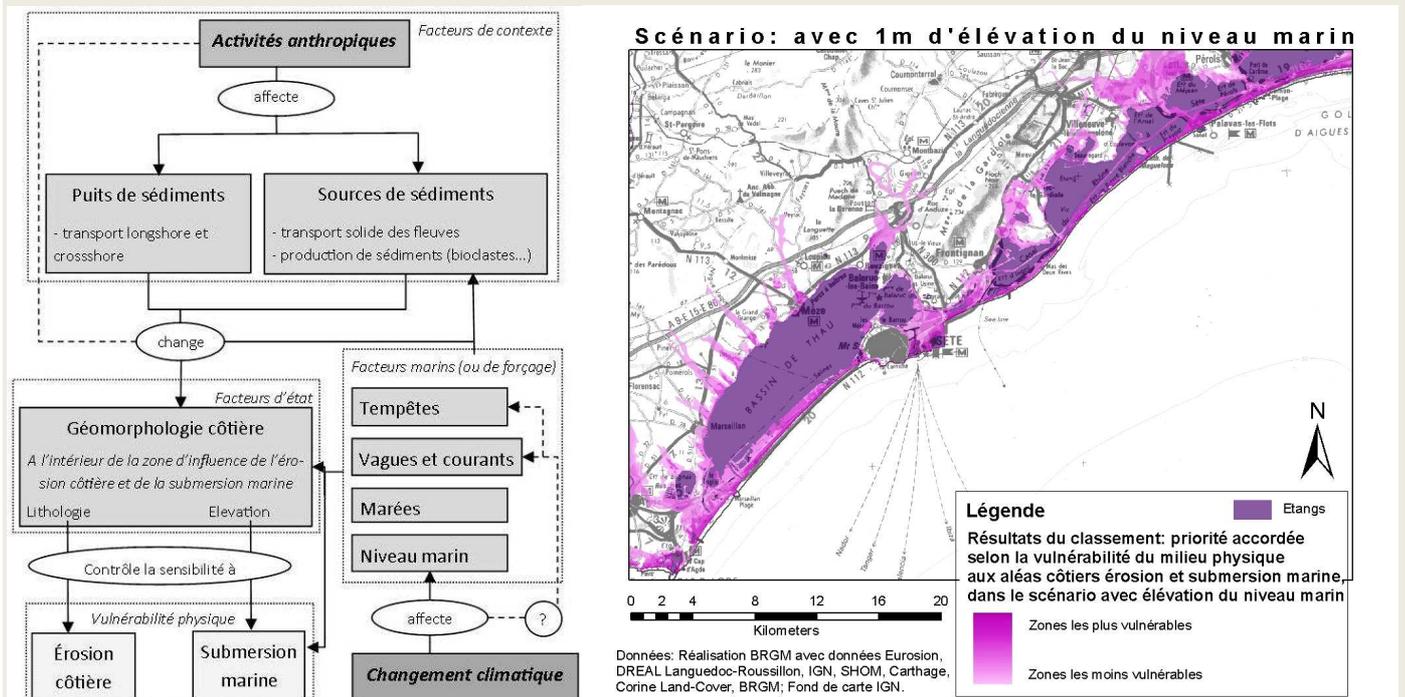


Figure 1 : à gauche : modèle simplifié des relations entre les différents facteurs et processus contrôlant la vulnérabilité physique du littoral ; ce modèle simplifié conduit à sélectionner un certain nombre de critères qui sont utilisés ultérieurement pour procéder à l'évaluation multicritères de la composante physique de la vulnérabilité du littoral ; à droite : extrait de résultat pour la région Languedoc-Roussillon, pour la zone du Lido de Sète, Languedoc-Roussillon.

## « Zoom » La Réunion

L'étude a également été réalisée à La Réunion. La figure ci-dessous présente un extrait des résultats sur la baie de Saint-Paul, au nord-ouest de l'île et la représentation cartographique de quelques critères élémentaires utilisés.

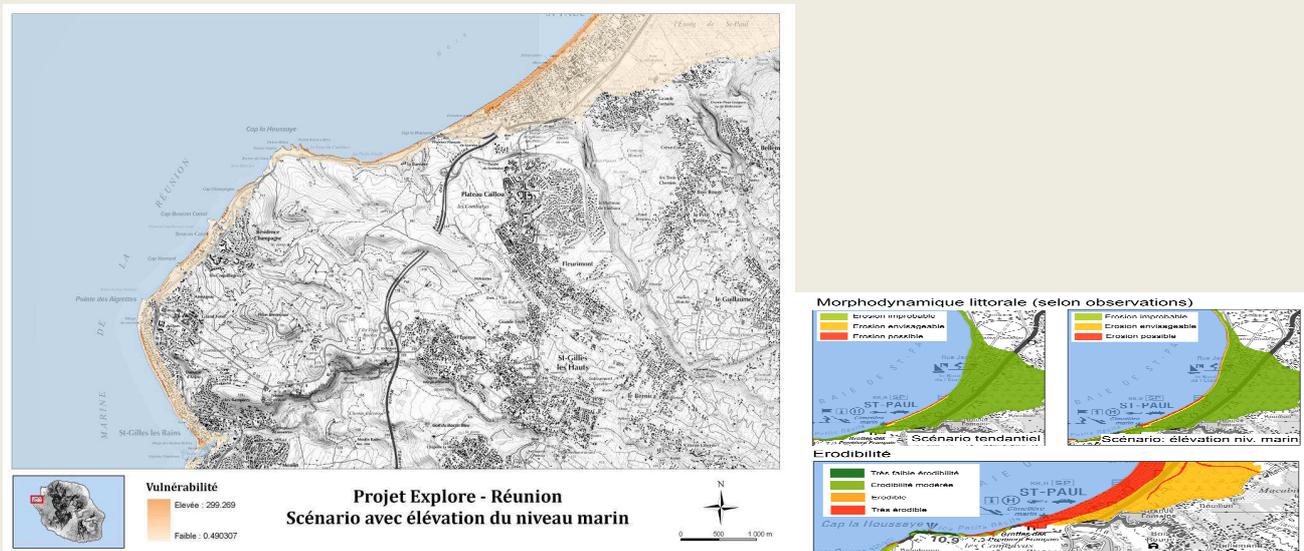


Figure 2 : à gauche : exemple de résultat pour La Réunion, au sud de la Baie de Saint-Paul. A droite : zonages élémentaires effectués pour caractériser la morphodynamique littorale à long terme et l'érodibilité. Ces zonages élémentaires sont combinés dans une analyse multicritères pour obtenir la carte finale.

## Points sur les incertitudes

La méthode proposée (analyse cartographique multicritères) est une alternative aux projections déterministes de l'évolution des aléas dans la zone côtière qui se heurtent à des incertitudes très importantes (Yates et al., 2011). Avec la méthode proposée, des incertitudes demeurent mais elles peuvent être évaluées qualitativement (Tableau 1).

Source incertitude	Incertaineté	Justification	Significativité	Améliorations possibles
<b>Positionnement des données SIG</b>	LR: Haute REU: Faible	Manque d'exactitude dans le positionnement relatif des données; Hétérogénéité des méthodes de constitution des BD SIG.	Moyenne	Méthodes de cartographie standardisées; définitions conjointes de limites (ex: trait de côte).
<b>Qualité des données SIG</b>	LR: Moyenne REU: Faible	Résolution insuffisante. Précision et justesse insuffisante pour certaines données (Ex: MNT en LR)	Moyenne	Méthodes de cartographie standardisées; Interactions entre producteurs de données et utilisateurs
<b>Zonage</b>	LR: Haute ; REU: Très haute	Limitations des modèles; manque de données pour REU	Très forte	Nouveaux concepts ? Nouveaux modèles ?
<b>Validation par des groupes d'experts</b>	Difficile à évaluer	Subjectivité	Forte	Acquisition de davantage de données ; Capitalisation et partage des données existantes

Tableau 1 : extrait du tableau d'évaluation des sources d'incertitudes et de leur importance relative dans le cas des études régionales à La Réunion (REU) et en Languedoc-Roussillon (LR).

Sur le volet « intégration des évaluations de la vulnérabilité dans les pratiques existantes en faveur de l'adaptation au changement climatique », les résultats peuvent être intégrés dans les procédures existantes, notamment à l'échelle nationale. L'existence de ces procédures et leur mise en œuvre actuelle masquent cependant un certain nombre de difficultés, en particulier :

- il faut tenir compte du fait que les évaluations de la vulnérabilité comportent des incertitudes.
- la connaissance de la vulnérabilité territoriale évolue dans le temps (notamment avec la mise à disposition de nouvelles données, de nouvelles connaissances, par exemple sur les projections du niveau marin).

**- suite**

Dans beaucoup de cas, les utilisateurs ne sont pas préparés aux incertitudes et au caractère évolutif des évaluations de la vulnérabilité territoriale. Il est donc important de mettre à leur disposition une méthode qui leur permette de gérer ces incertitudes (Figure 3). Une telle approche a été proposée dans le cadre du projet. Celle-ci demande cependant à être validée dans le cadre d'un exercice réel.

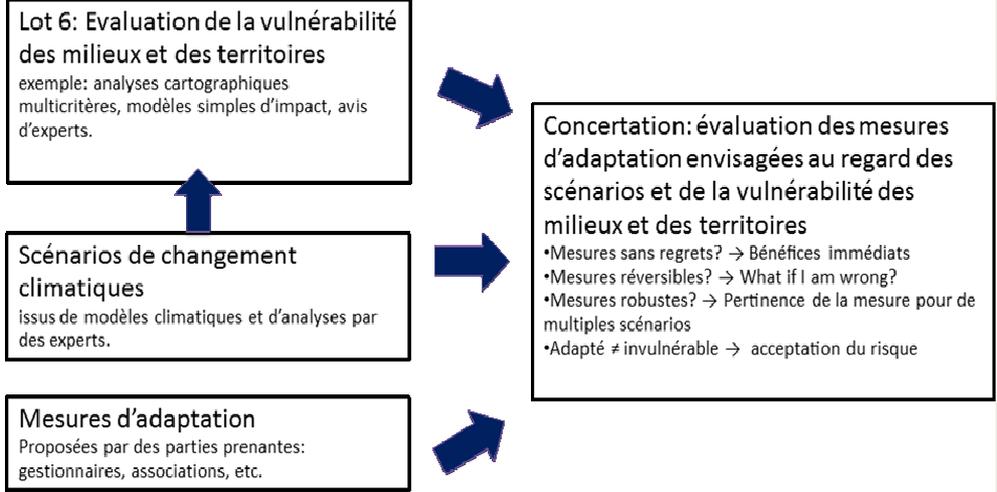


Figure 3 : Utilisation proposée des résultats du lot 6 dans une réflexion sur l'adaptation (D'après Hallegatte, 2009)

## Enseignements pour l'adaptation au changement climatique

La loi « Grenelle 2 » favorise l'action à une échelle régionale pour définir des stratégies et des mesures d'adaptation. Les méthodes, les cartes et les bases de données SIG produites à l'échelle régionale peuvent être utilisées (en complément aux autres études existantes) dans le cadre du volet « adaptation » des « Schémas Régionaux Climat Air Energie » (SRCAE) et des « Plans Climat Energie Territoriaux » (PCET). Les résultats d'Explore 2070 fournissent donc une évaluation de la vulnérabilité physique de la zone côtière qui peut être intégrée dans les processus et méthodes existant à l'échelle régionale.

## Quelques pistes de recherches futures

Dans le cadre des travaux futurs, il serait intéressant de valider l'approche proposée pour intégrer ces résultats dans les initiatives régionales en faveur de l'adaptation, et donc de confirmer par l'expérience leur pertinence pour évaluer des mesures d'adaptation au sein des exercices régionaux de validation des SRCAE et des PCET.

Sur le volet des connaissances des effets du changement climatique sur le milieu littoral, il convient de rappeler que la seule source d'information homogène disponible aujourd'hui à l'échelle nationale sur la géomorphologie de la zone côtière et son évolution est la base de données EuroSION (2004). Cette base de données est très utile, mais demande à être enrichie. Une telle opportunité existe à travers les observatoires du trait de côte et les nouveaux catalogues sédimentologiques des côtes de France (Métropole et Outre-mer).

Enfin, sur le volet « connaissances », il convient de rappeler que les incidences de l'élévation du niveau marin sur la submersion et surtout sur l'érosion demeurent mal connues. Les avancées dans ce domaine dépendent de la pérennité des observations des processus sédimentaires en zone littorale et du soutien aux programmes de recherche. Il sera utile de compléter ces travaux par une analyse des composantes sociales et économiques de la vulnérabilité du littoral.

Cette étude a été réalisée par le BRGM, direction des risques et de la Prévention, unité Risques Côtiers et Changement Climatique (DRP/R3C) pour le MEDDE (DGALN/DEB).

**Equipe projet BRGM :** Gonéri Le Cozannet, Carlos Oliveros, Yann Balouin, Ywenn De La Torre, Manuel Garcin, Déborah Idier, Sophie Lecacheux, Cyril Mallet, Carola Mirgon, Rodrigo Pedreros, Alexis Stépanian, Marissa Yates-Michelin. **Chef de projet :** Xavier De Lacaze (MEDDE) ; **Chef de file :** Céline Pehrerin (CETMEF) ;