

Evaluation économique des dommages liés à l'élévation du niveau de la mer : démarche générale et application à la région Languedoc-Roussillon

Cécile Hérivaux¹, Laure Maton¹, Anne-Laurence Agenais^{1,3}, Yvan Caballero¹, Hélène Rey-Valette², Laure Kuhfuss², Emmanuelle Berthelie³

¹BRGM/ Service Eau/ Unité NRE et Service géologique régional Languedoc-Roussillon,
1039 rue de Pinville, 34000 Montpellier

c.herivaux@brgm.fr

l.maton@brgm.fr

y.caballero@brgm.fr

²LAMETA, Faculté d'Economie CS 79606 34960 Montpellier Cedex 2

helene.rey-valette@univ-montpl.fr

laure.kuhfuss@lameta.univ-montpl.fr

³SOGREAH, 6, rue de Lorraine, 38 130 ÉCHIROLLES

emmanuelle.berthelie@sogreah.fr

anne-laurence.agenais@sogreah.fr

Introduction

Quels seront les impacts économiques de l'élévation du niveau de la mer liée au changement climatique dans le siècle à venir sur la région Languedoc-Roussillon ? Voici une des questions posées dans le cadre du projet MISEEVA (2008-2011) réalisé dans le cadre de l'ANR Vulnérabilité Milieu Climat 2007. Pour explorer cette question, le partenariat de recherche BRGM, LAMETA et SOGREAH a développé un cadre méthodologique d'évaluation des dommages. Cette démarche générale a été bâtie afin de relever plusieurs défis :

- La prise en compte de deux types d'aléa : (1) le premier effet de l'élévation du niveau de la mer (ENM), à savoir l'augmentation progressive du niveau de la mer conduisant si aucune action de défense n'est entreprise à une submersion des terres basses, mais également (2) la modification des caractéristiques d'évènements d'occurrence plus aléatoire tels qu'une tempête de type centennale.
- Englober au mieux la diversité des impacts pouvant être provoqués par l'ENM est également apparu important, à savoir ne pas se limiter aux impacts directs sur la population et les biens marchands tels que le bâti, les infrastructures et les ouvrages de défense, mais d'intégrer également dans la démarche les impacts potentiels liés à la perte de terre et les changements d'occupation du sol associés, ainsi que les impacts liés à une dégradation de milieux naturels tels que les lagunes, les zones humides, les plages, les ressources en eau douce.
- La difficulté de conduire une évaluation économique à un horizon aussi lointain. Aucuns travaux de prospective n'étant disponibles à l'horizon 2100, les seules hypothèses d'évolution réalisées dans le cadre du projet consistent en une projection de tendance démographique ainsi qu'à une stagnation et dessaisonalisation de la fréquentation touristique. Se pose également la question de l'actualisation des dommages à cet horizon temporel : conformément aux recommandations du Commissariat Général du Plan (2005), une hypothèse de taux d'actualisation décroissant de manière continue à partir de 30 ans est retenue.

- La nécessité de prendre en compte une anticipation possible du phénomène par les pouvoirs publics et plusieurs possibilités d'adaptation du Languedoc-Roussillon à l'ENM, qu'elles soient planifiées par les pouvoirs publics ou autonomes. Les impacts économiques de l'ENM peuvent en effet être totalement différents selon le degré d'anticipation et d'adaptation (Tol, 2007). Cinq perspectives d'adaptation caricaturales ont ainsi été construites par l'équipe de projet: le déni, le laisser faire, la protection intégrale, la protection des cœurs de ville et le retrait intégral.

Les impacts de l'élévation progressive du niveau de la mer

Avec une hypothèse d'élévation du niveau de la mer de +1m à l'horizon 2100, les terres situées à moins de 1,37m NGF d'élévation seraient submergées au moins deux fois par an en 2100 (Lecacheux et al., 2010): plus de 180km² de terres et zones humides seraient concernés. La topographie régionale conjuguée au rythme de progression de l'ENM est telle que l'évolution des superficies submergées serait assez lente jusqu'à 2080 (moins de 50 km² concernés) et suivie d'une augmentation forte des surfaces concernées sur la période 2080-2100.

Selon la perspective d'adaptation retenue, cette submersion progressive pourrait conduire à la perte de terres, la modification de l'occupation du sol, la perte de biens (bâtiments par exemple), le déplacement de population et d'activités économiques, la modification des lagunes et des zones humides, la disparition de plages, la salinisation des ressources en eau douce, tous ces dommages pouvant impacter de manière indirecte différents secteurs de l'économie (tourisme, agriculture, industrie, ménages). Quatre exemples ont été choisis dans cette communication pour illustrer les démarches d'évaluation de dommages.

Le déplacement de la population. La population pourrait être concernée de différentes manières par l'ENM, selon les perspectives d'adaptation considérées : celle-ci pourra être déplacée par anticipation du fait de la submersion, directement affectée par la submersion lorsqu'il n'y a pas d'anticipation, ou alors protégée par des digues, dunes ou autres types de défenses. De 80 000 à 100 000 personnes pourraient être situées en zone de submersion et nécessiter d'être déplacées (jusqu'à 13% de la population des 41 communes concernées). Certaines communes pourraient avoir des difficultés à relocaliser leur population au sein de leur territoire lorsque la réserve foncière est insuffisante. Les coûts liés au déplacement de la population pourraient atteindre jusqu'à 9 millions d'euros par an. Le dommage total actualisé sur la période 2010-2100 est estimé à 15 millions d'euros.

La perte de terres. Selon les perspectives d'adaptation considérées, près de 120 km² de terres « sèches » pourraient être submergées de manière permanente ou récurrente. La transformation de ces terres en zones submergées peut être évaluée par la perte du coût d'opportunité associé (Fankhauser, 1994). Cette perte de terre est évaluée sur la base de la valeur des terres agricoles, considérant que si les terres urbaines ou industrielles sont laissées à la mer, celles-ci seront relocalisées ailleurs, au détriment de zones agricoles ou naturelles. Ces coûts évoluent très peu jusqu'en 2080 (inférieurs à 2 millions d'euros par an) puis augmentent de manière importante pour atteindre 9 millions d'euros par an en 2100. En considérant un taux d'actualisation décroissant, la valeur actualisée totale liée à la perte d'1km² de terres est évaluée à 2,5 millions d'euros, contre 0,4 millions d'euros pour une perte d'1km² en 2070. Le dommage total actualisé lié à la perte de terres est ainsi estimé à 27 millions d'euros.

Dans une perspective de type déni, c'est-à-dire sans anticipation, l'évaluation des dommages devra être complétée par les dommages liés à la perte des bâtiments et infrastructures présentes sur ces terres et n'ayant pas pu être dépréciés. Au contraire, dans des perspectives avec anticipation, on considèrera que les coûts liés à la perte des bâtiments seront minimes, du fait de leur dépréciation progressive par leur propriétaire par anticipation du phénomène (Yohe et al., 1996).

Certaines terres « sèches » pourraient également, si l'artificialisation du sol est faible ou retirée, se transformer en zones humides, générant ainsi un dommage moindre, voire un bénéfice pour ces types d'habitats.

La modification des lagunes et des zones humides. L'ENM entraînerait d'une part l'élévation du niveau de l'eau dans les lagunes littorales et d'autre part une submersion des zones humides situées sur leurs pourtours. Les lagunes et les habitats composant ces zones humides sont à l'origine de nombreux services écosystémiques : ils servent notamment de support pour la pêche et la conchyliculture, la chasse, ils permettent d'évacuer les crues et d'épurer les eaux d'écoulement provenant des bassins versants, et ils abritent une faune et une flore d'intérêt patrimonial. L'élévation du niveau d'eau et par conséquent la salinisation progressive de ces habitats entraîneraient une translation des habitats des zones humides, et donc des services qu'ils produisent, vers des horizons topographiques plus élevés. Cependant, dans la situation actuelle, de nombreux obstacles s'opposent à cette translation : bâtis, routes, chemins de fer, etc. Sans retrait de ces obstacles, certains habitats seraient amenés à disparaître, 'coincés' entre l'élévation du niveau d'eau et les terres artificialisées, et avec eux, les services écosystémiques qu'ils produisent. Au contraire, l'élévation du niveau d'eau dans les lagunes littorales provoquerait une expansion de cet habitat et éventuellement de certains des services qu'elles produisent.

La salinisation des ressources en eau douce. Plusieurs aquifères côtiers pourraient être affectés par l'ENM du fait de (1) la submersion directe des captages par de l'eau de mer et (2) la progression du biseau salé : la nappe de Mauguio-Lunel, la nappe des calcaires de la Gardiole, les nappes du plio-quatenaire du Roussillon et les nappes des sables astiens. Concernant les deux dernières nappes, celles-ci étant captives, la compréhension du phénomène de biseau salé reste complexe et n'est pas forcément observé à l'heure actuelle. Ces aquifères constituent des réserves en eau douce d'importance régionale et sont aujourd'hui principalement utilisés pour la production d'eau potable avec plus de 60 millions de m³ par an. La submersion directe pourrait menacer 1,6 millions de m³ par an pour la production d'eau potable dans le plioquatenaire du Roussillon et les sables astiens. Selon le principe de Ghyben-Herzberg (Glover, 1959 ; Werner et al., 2009), appliqué aux calcaires de la Gardiole et à la nappe de Mauguio-Lunel, la progression du biseau salé pourrait concerner 5,8 millions de m³ par an prélevés pour la production d'eau potable. En fonction de l'importance des volumes exposés à la salinisation, le degré de dépendance à l'aquifère affecté et la tension en termes de demande sur la ressource, certaines communes ou groupements de communes pourraient se retrouver dans des situations de forte vulnérabilité pour leur production d'eau potable. En cas de remplacement par des ressources de substitution telles que le dessalement d'eau de mer, les coûts liés à la diminution du volume d'eau douce disponible pour l'eau potable sont estimés entre 6 et 9 millions d'euros par an selon les perspectives d'adaptation considérées. Le dommage total actualisé sur la période 2010-2100 est estimé entre 24 et 33 millions d'euros.

Les impacts d'une tempête de type centennale... en 2100

Une tempête centennale telle que celle de 1982 a été modélisée en 2100 avec la prise en compte de l'ENM, puis comparée à une même tempête sans ENM. En l'absence de mise en place de protections, les superficies impactées par cette tempête seraient légèrement supérieures à celles d'une tempête sans ENM, avec 200 km² concernés (+55%). Toutefois, les terrains touchés par les tempêtes ne seraient pas du tout les mêmes, et seraient situés bien plus en arrière du trait de côte actuel. Dans la perspective protection intégrale, et en cas de défaillance des protections, ces superficies pourraient par contre représenter le triple des superficies sans ENM et atteindre 390 km². Selon l'option d'adaptation retenue, entre 92 000 et 195 000 personnes pourraient être exposées à ce type de tempête, soit de deux à cinq fois plus que pour une tempête identique, sans ENM.

Les dommages provoqués par ce type de tempête hivernale peuvent être nombreux : dommages aux habitations et à la population, interruption d'activités économiques, dommages aux véhicules, aux routes et infrastructures de communication, dommages aux ouvrages de protection, dommages aux biens historiques et culturels, dommages aux terres agricoles, dommages aux biens environnementaux, tous ces dommages pouvant impacter de manière indirecte différents secteurs de l'économie. L'exemple des dommages aux terres agricoles est ici retenu comme illustration.

Dommages pour l'agriculture. La démarche d'estimation des dommages aux terres agricoles en cas de tempête centennale en 2100 a consisté à développer un modèle intégrant des fonctions de dommages par type de culture, de texture de sol, de période d'occurrence et de niveau d'intensité de l'aléa (Agenais, 2010). Couplé à un système d'information géographique, le modèle permet d'évaluer trois types de dommages : la perte de rendement ou la destruction des cultures, la remise en état des terres et la détérioration de l'équipement. La démarche a été appliquée sur quatre territoires pilote, représentant les trois quarts des superficies agricoles du Languedoc-Roussillon exposées en cas de tempête centennale en 2100. Selon la perspective d'adaptation retenue, une tempête centennale entraînerait de 27 à 43 millions d'euros de dommages (de 1,4 à 2,1 millions d'euros si actualisé) sur ces territoires, soit du double à plus du triple d'une tempête équivalente mais sans ENM. Le dommage moyen est estimé à 2700 euros par hectare, avec des valeurs pouvant varier de 30 euros pour un hectare de friche à plus de 200000 euros pour un hectare de fruits frais sous serre sur terrain limoneux-argileux. La petite Camargue serait le secteur le plus touché, tant en termes de superficie touchée que de dommages.

L'évaluation des dommages liés à l'ENM en cas de tempête centennale devrait théoriquement être complétée par l'évaluation des effets de l'ensemble des types de tempêtes (avec différentes périodes de retour) pour pouvoir être comparée aux dommages liés à l'augmentation progressive du niveau de la mer.

Conclusion

Le partenariat de recherche du projet MISEEVA a permis d'apporter certains éclairages sur les impacts économiques de l'ENM dans le siècle à venir en Languedoc-Roussillon. Les travaux de recherche sur les différents biens et ressources potentiellement affectés par l'ENM sont encore en cours. Les résultats de ces travaux permettront d'avoir une vision globale des

dommages potentiels, de comparer spatialement ces dommages à l'échelle de secteurs géographiques ainsi que de construire des indicateurs de vulnérabilité des territoires à l'ENM.

- Agenais, A.-L. (2010). Evaluation économique des dommages liés à la submersion marine sur l'agriculture: Construction d'un modèle et application au Languedoc-Roussillon. Mémoire de fin d'études. Montpellier SupAgro, Brgm.: 103p.
- Fankhauser, S. (1994). Protection vs. retreat: estimating the costs of sea level rise. CSERGE Working Paper GEC 94-02: 54p.
- Glover, R.E., (1959), The pattern of freshwater flow in a coastal aquifer. *J. of Geoph. Res.* 64: 439-475.
- Lecacheux, S., R. Pedreros, et al. (2010). Evaluation simplifiée de la submersion marine à l'échelle du Languedoc-Roussillon.
- Plan (2005). Révision du taux d'actualisation des investissements publics, Commissariat Général du Plan.
- Tol, R. S. J. (2007). "The double trade-off between adaptation and mitigation for sea level rise: an application of FUND." *Mitig Adapt Strat Glob Change* 12: 741-753.
- Werner, A.D. and Simmons, C. T. (2009), Impact of Sea-Level Rise on Sea Water Intrusion in Coastal Aquifers. *Groundwater*, Vol. 47, No. 2, pp. 197-204.
- Yohe, G., J. Neumann, et al. (1996). "The economic cost of greenhouse-induced sea-level rise for developed property in the United States." *Climatic Change* 32: 387-410.