

Colloque  
"Gestion des eaux souterraines"  
Bordeaux - 2023

## Article étendu

Titre
<i>Rivages Normands 2100 : Fédérer les acteurs académiques, institutionnels et territoriaux pour comprendre et s'adapter aux risques hydrogéologiques littoraux</i>
Noms des auteurs
Martin Le Mesnil <sup>(1)</sup> ; Alexandre Gauvain <sup>(1,2)</sup> ; Salomé de Foville <sup>(1)</sup> ; Frédéric Gresselin <sup>(3)</sup> ; Florence Poirier <sup>(1,4)</sup> ; Jean-Raynald de Dreuzy <sup>(1)</sup> ; Luc Aquilina <sup>(1)</sup>
Affiliations
(1) Observatoire des Sciences de l'Univers de Rennes (OSUR), Université de Rennes, Rennes, France (2) Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL), Université Paris-Saclay, Gif-sur-Yvette, France (3) DREAL Normandie, Caen, France (4) Centre de Recherche Risques Vulnérabilités (CERREV), Université de Caen Normandie, Caen, France

Le changement climatique génère à l'échelle mondiale une élévation du niveau marin, due à la fonte des glaces et à la dilatation thermique des océans. En Normandie, il provoque également une modification du régime pluviométrique qui conduit à une multiplication et une intensification des événements extrêmes : pluies intenses en hiver et sécheresses estivales. Ces phénomènes influent sur les niveaux des nappes phréatiques du littoral, ainsi que sur leur salinité. La pluviométrie influe directement sur la recharge aquifère, tandis que le niveau marin constitue le niveau de base de la nappe, et contrôle donc sa cote piézométrique sur la zone côtière. En plus de ces deux facteurs d'influence climatique, la géomorphologie et l'hydrologie jouent un rôle sur la distribution spatiale de la vulnérabilité aux remontées de nappes. En effet, les zones de faible altitude (marais maritimes), et les abords des cours d'eau y sont particulièrement vulnérables, à l'inverse des zones hautes (cordons dunaires, paléo-falaises).

Les phénomènes de remontée de nappes phréatiques peuvent occasionner des dommages à plusieurs niveaux : sous-sols et fondations des bâtiments, réseaux enterrés (gaz, électricité, télécommunications, eau potable et assainissement), voiries, et agriculture (germination, systèmes racinaires, portance des sols). Les conséquences pour les territoires peuvent être importantes avec des forages inutilisables ou des bâtiments inondés (environ 40 000 constructions sous le niveau marin dans la Manche). Le programme de recherche Rivages Normands 2100 vise à comprendre l'influence du changement climatique sur les risques hydrogéologiques littoraux qualitatifs (progression du biseau salé) et quantitatifs (inondations par remontée de nappes et raréfaction de la ressource), afin d'en évaluer les impacts et d'orienter les scénarios d'adaptation des acteurs du territoire en termes d'urbanisme, de tourisme ou de pratiques agricoles.

Cinq sites d'étude ont été équipés de piézomètres et font l'objet d'un suivi des eaux souterraines (niveau, conductivité et température). Les caractéristiques de ces sites et de leur instrumentation sont synthétisées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Sites d'étude et instrumentation

Localité	Superficie de la zone d'étude	Nombre de piézomètres
Caen la Mer	282 km <sup>2</sup>	7
Baie du Cotentin	284 km <sup>2</sup>	8
Le Cotentin	68 km <sup>2</sup>	6
Côte Ouest Centre Manche	65 km <sup>2</sup>	6
Granville Terre et Mer	88 km <sup>2</sup>	8

Ces sites font l'objet d'une modélisation hydrogéologique. Les aquifères côtiers sont modélisés à l'aide d'un outil développé dans le cadre du projet Rivages Normands 2100, s'appuyant sur le logiciel libre Modflow et l'interface Python. Le suivi piézométrique des aquifères, associé à la collecte de données de précipitations, permet une calibration des modèles en termes de conductivité hydraulique et de porosité efficace. Les simulations de niveaux de nappe sont effectuées en utilisant des chroniques de niveau marin et de prévisions climatiques issues des modèles DRIAS et selon plusieurs scénarios d'émission de gaz à effet de serre produits par le GIEC (RCP 4.6 et RCP 8.5). Elles permettent d'évaluer, aux horizons 2030, 2050, et 2100, l'évolution des niveaux d'eau souterraine et les risques d'inondation associés.

Les premiers résultats montrent que les phénomènes de remontée de nappe tendent à se multiplier, malgré une recharge aquifère annuelle globalement stable. Ceci est dû à l'accroissement des événements pluvieux intenses, ainsi qu'à une augmentation continue du niveau marin. En effet, malgré un estompement rapide du signal de marée à l'intérieur des terres, l'influence de l'évolution du niveau marin à plus long terme apparaît comme un facteur de contrôle important des niveaux piézométriques. Le rôle de la géomorphologie et notamment des cordons dunaires est également mis en évidence. On remarque en effet que les territoires où le cordon dunaire est prononcé apparaissent moins vulnérables aux inondations que ceux où le cordon dunaire est de faible altitude.

La modélisation hydrogéologique permet de définir sur les sites d'étude la fréquence et les zones concernées par les inondations par remontée de nappes. A terme, le programme Rivages Normands 2100 modélisera l'évolution de la vulnérabilité aux remontées de nappes de l'ensemble du littoral de Normandie occidentale, grâce à une méthode d'extrapolation des propriétés hydrodynamiques du sous-sol basée sur l'extension des réseaux hydrographiques. Les autres risques hydrogéologiques (sécheresse et salinisation) seront également pris en compte.

L'analyse des enjeux des territoires concernés par les risques hydrogéologiques permet de recenser les infrastructures (bâtiments, réseaux enterrés, voiries), les activités (tourisme, agriculture) et les populations situées sur ces zones à risque. Le couplage des sorties des modèles hydrogéologiques et des enjeux permet de construire une cartographie du risque, ainsi qu'une étude des impacts socio-économiques. Associés à un travail de chiffrage des dommages potentiels, les résultats du projet Rivages Normands 2100 constitueront des éléments de décision pour les collectivités territoriales vers des scénarios d'adaptation au changement climatique, à long et moyen termes.