



#2

GIEC NORMAND

L'EAU

Disponibilité, qualité, risques naturels

Synthèse réalisée par l'**Agence Normande de la Biodiversité
et du Développement Durable** à partir de la note produite
par **B. Laignel** (Université de Rouen Normandie),
F. Gresselin (DREAL), **J. Deloffre** (Université de Rouen Normandie)



RÉGION
NORMANDIE

www.normandie.fr

UN GIEC POUR LA NORMANDIE

La Région Normandie a confié à un groupe de 23 chercheurs et experts normands l'étude des conséquences locales du changement climatique, pour éclairer l'action politique et mieux informer le grand public.

MÊME COMBAT

- En référence au Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat mis en place en 1988, à la demande des sept plus grandes puissances économiques de la planète, **la Région Normandie a créé un GIEC normand.** À l'image de son aîné, il associe les meilleurs experts **pour appréhender les conséquences possibles du changement climatique en Normandie.**

23 SPÉCIALISTES

- **Le GIEC normand est composé de 23 chercheurs et experts, tous issus d'universités et agences normandes.** Il est coprésidé par **Stéphane Costa**, professeur de Géographie Physique et environnement à l'Université de Caen Normandie, également président du Conseil scientifique de la stratégie nationale de gestion du trait de côte, et **Benoît Laignel**, professeur en géosciences et environnement

à l'Université de Rouen Normandie et membre du GIEC international. Il **regroupe climatologues, géographes, écologues, géomorphologues, agronomes, écophysiologistes, géologues, biologistes, océanologues, épidémiologistes...**

9 DOMAINES D'ÉTUDE

- De janvier à décembre 2020, ils **ont établi un diagnostic dans neuf domaines d'étude :** les changements climatiques et aléas météorologiques, la qualité de l'air, l'eau, la biodiversité, les sols et l'agriculture, la pêche et la conchyliculture, les territoires (habitat et mobilités), les systèmes côtiers, la santé (pollutions, nouvelles maladies).

ÉTAT DES LIEUX

- La somme de leurs travaux est traduite au sein d'un corpus de documents de synthèse à destination de tous les décideurs de la région et du grand public. **Grâce à ce travail de projection, le GIEC normand endosse le rôle de lanceur d'alerte auprès des normands.** ●

POUR EN SAVOIR +

Suivez l'évolution de travaux de recherche du GIEC normand sur **normandie.fr**

L'eau dans le monde

Les travaux du GIEC montrent que les perturbations observées sur le cycle de l'eau sont à mettre en corrélation avec l'évolution du changement climatique global. Les projections réalisées révèlent que les constats déjà observés vont s'accroître dans les prochaines décennies : **augmentation des inégalités dans la répartition des ressources en eau**, avec davantage d'eau sur les zones de hautes latitudes et diminution de la res-

source sur les zones tropicales et méditerranéennes. S'ajoute au changement climatique la pression anthropique avec une **augmentation des prélèvements en eau** pour les activités agricoles et industrielles et les besoins domestiques (taux de sollicitation de 88% des ressources mondiales en eau douce), ainsi que des rejets plus nombreux dégradant la qualité des eaux. ●

Données et modèles utilisés dans le cadre de cette étude

DONNÉES

- Eau France
- Banque Hydro
- Météo France
- Puits/forages/piézomètres/ sources de différents réseaux de suivi quantitatif (centralisés sur ADES, Eau France) > analyse des tendances de l'évolution piézométrique de la nappe de craie au niveau national à l'aide de 375 piézomètres sur les 3244 de la banque ADES (Vernoux et Seguin, 2011)
- Base de données de W. Thomas de la DRIEE Ile de France, exploitée par les scientifiques du Piren-Seine et le GIP Seine Aval
- Base de données de l'OFB et de la DREAL Normandie
- Cartographie de Climate Central (concomitance entre les crues et l'élévation du niveau de la mer) à l'échelle globale
- Cartographie du GIP Seine aval à l'échelle de l'estuaire de la Seine

MODÈLES UTILISÉS

- Projections du débit du bassin de la Seine > réalisées dans le cadre des projets REX-HySS et EXPLORE 2070, utilisant les anciens scénarios du GIEC (2007) couplés avec les modèles hydrologiques (Ducharne et al., 2009 ; Stollsteiner, 2012), et ont été confirmés par la suite par les travaux de Dayon (2015) et de Flipo et al. (2020) utilisant les nouveaux scénarios RCP du GIEC (GIEC, 2014). Simulation avec le modèle MIROC5 pour le scénario pessimiste RCP 8.5 (Flipo et al. 2020).
- Evolution de la piézométrie > modèle MODCOU, selon deux scénarios de changement climatique (modèle climatique ARPEGE, scénarios d'émissions A2 ET A1B, méthode de désagrégation des Régimes de Temps (Ducharne et al., 2009).
- Température de l'eau > modélisation statistique de Ducharne (2008) pour définir une relation affine entre la température de l'eau journalière et la température de l'air au voisinage.
- Observatoire de la Risle Médiane mené par le BRGM en lien avec l'Université de Rouen, la DREAL et l'OFB
- Qualité de l'eau : projet EVAPORE (coordonné par l'AREAS, le BRGM et le laboratoire M2C de l'université de Rouen Normandie) pour lequel des simulations ont été réalisées sur les impacts économiques du ruissellement, des inondations et des coulées boueuses sur le bassin versant de la Lézarde en prenant deux scénarios de changement climatique, un modéré RCP4.5 et un pessimiste RCP8.5 (Patault et al., 2020). Le modèle RIVERSTRAHLER a été utilisé pour analyser les impacts de la pollution agricole.
- Intrusion marine et salinisation des eaux souterraines > les projections par modélisation ont été réalisées par le BRGM. (BRGM RP-66229-FR, Croiset et al., 2016)
- Aléas naturels > modélisations produites par ARTELIA/GIP Seine Aval (2013b et 2014 ; Fisson et al., 2014) et Climate Central (Kulp et al., 2019 ; Kopp et al., 2017)

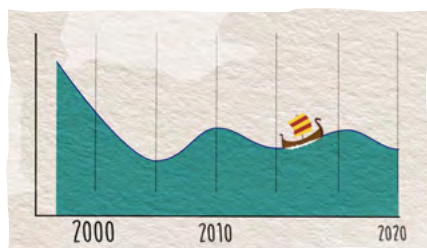
EVOLUTION de l'eau en NORMANDIE au COURS des dernières décennies = LES CONSTATS

En Normandie, les prélèvements en eau représentent environ 6% (57 km³) de l'ensemble des prélèvements de la France. Les usages des eaux prélevées correspondent essentiellement à l'alimentation en eau potable (47%) et aux activités économiques et industrielles (45%). La moitié de ces ressources provient des nappes souterraines (50,1%), tandis que l'autre moitié se répartit entre les eaux littorales (31,2%) et les eaux de surface (18,7%).

Les travaux menés par le GIEC normand montrent que le changement climatique aura des effets sur l'évolution quantitative et qualitative des ressources en eau sur le territoire normand.



QUANTITÉ D'EAU



RÉDUCTION DU DÉBIT DES RIVIÈRES

L'analyse de débits de 25 rivières réparties sur le territoire normand sur une période de 20 ans (1999-2020) montre des **tendances linéaires qui traduisent une diminution de ces débits, pouvant être légère à relativement forte pour les bassins versants de plus grande superficie.** Il est à noter que les tests statistiques de ces tendances ne sont pas toujours significatifs pour certaines rivières et que cette di-

minution ne s'explique pas par les précipitations qui ne montrent pas de tendance linéaire significative vers une diminution.

Les hypothèses (à vérifier) pour expliquer cette diminution :

- L'augmentation de la température et de l'évaporation
- Les prélèvements pour les activités humaines
- La gestion des bassins réservoirs mobilisés lors des crues

Une succession constatée de phases excédentaires et déficitaires de débit est à mettre en relation avec l'alternance de phases pluvieuses et sèches. Plusieurs études ont ainsi montré **un lien entre la variabilité des débits, notamment sur la Seine, et les fluctuations d'indices climatiques**, tel que la NAO (North Atlantic Oscillation).

ÉVOLUTION DES RÉSERVES D'EAUX SOUTERRAINES

Les études disponibles se sont concentrées uniquement sur la nappe de craie et sur une période allant des années 80 à 2005. Les **tendances linéaires dans l'évolution piézométrique (niveau) de la nappe de la craie sont plus complexes que celles des débits des rivières et pas toujours significatives : les tendances peuvent être à l'augmentation, à la stagnation, voire à la diminution.** Le même constat a pu être fait à l'échelle nationale sur une période d'étude similaire : les analyses montrent une tendance à la baisse pour 54%, à la hausse pour 29% et à la stabilité pour 17%, **avec une répartition géographique très hétérogène.** ●



QUALITÉ DE L'EAU

Les impacts du changement climatique sur la qualité de l'eau résultent du réchauffement de l'eau, qui joue sur la cinétique des différents processus biogéochimiques, et des changements de débit en lien avec les précipitations et l'évaporation, qui agissent sur la dilution ou surconcentration d'éléments chimiques, la sédimentation et les temps de rétention.

TEMPÉRATURE DE L'EAU



L'augmentation de la température de l'eau induit une baisse de la disponibilité en oxygène dissous qui peut mettre en péril la survie de certaines espèces aquatiques, et favoriser la prolifération d'autres espèces conduisant à des dysfonctionnements des écosystèmes.

À l'échelle du bassin de la Seine, où l'on dispose de données depuis 1870, il a été montré une hausse des températures des eaux, qui atteint jusqu'à +2,5°C pour la Seine à Paris.

La température des cours d'eau normands peut être influencée par d'autres paramètres comme les eaux souterraines, le débit,





la proportion de ruissellement dans l'écoulement et par la présence d'une ripisylve. **Les interactions nappes-rivières conditionnent fortement la température des eaux de ces dernières** : lorsque la nappe et la rivière sont connectées, les apports de débit de la nappe (dont la tem-

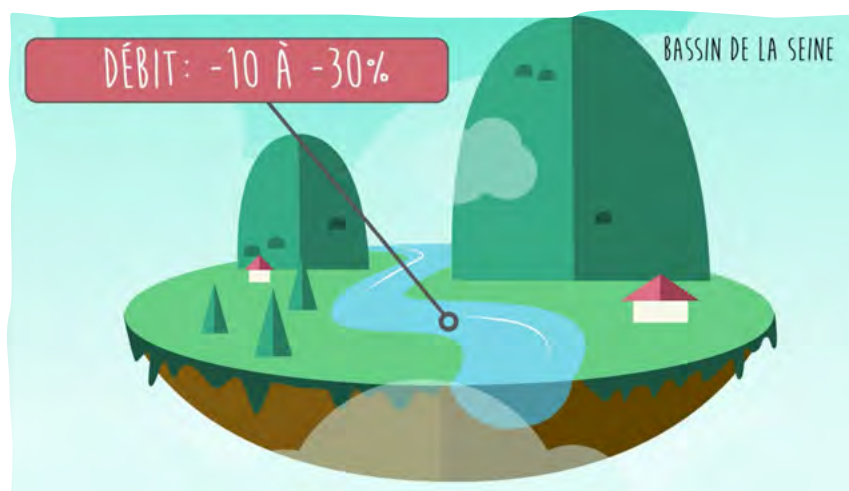
pérature est relativement stable) viennent tamponner la température de la rivière : ils la refroidissent en été et la réchauffent en hiver. En revanche, dans le secteur où la nappe ne contribue pas au débit de la rivière (secteur "perché" ou karstique), la rivière est soumise unique-

ment aux influences de la température atmosphérique et des autres facteurs décrits ci-dessus.

De plus, pour les rivières de faible largeur, la présence d'une ripisylve dense évite un réchauffement trop important de l'eau. ●

PROJECTIONS SUR L'ÉVOLUTION DE L'EAU EN NORMANDIE À L'HORIZON 2100 = LE FUTUR

1 QUANTITÉ D'EAU



RÉDUCTION DU DÉBIT DES RIVIÈRES

Les projections à disposition ne concernent que le débit du bassin de la Seine. Elles indiquent une diminution des débits moyens des cours

d'eau du bassin de la Seine de -10% à -30% et de la Seine elle-même à Poses de -29% (+/-14%) à l'horizon 2100 (soit 140 m³/s +/- 50 m³/s) par rapport au débit actuel. On assisterait à une baisse quasiment en

toutes saisons, mais principalement en été lors des étiages sévères de -25 à -45 %. **Une augmentation inquiétante de la période d'étiage pourrait être à prévoir, celle-ci pourrait commencer 1 mois plus tôt et s'étendre jusqu'à fin octobre.**

ÉVOLUTION DES RÉSERVES D'EAUX SOUTERRAINES DU BASSIN DE LA SEINE

Les résultats des modélisations soulignent **une baisse importante de la recharge des aquifères du bassin de la Seine**, avec des diminutions respectives de -25% en milieu de siècle et -30% en fin de siècle. Cette baisse de 2700 millions de m³ par an en fin de siècle serait du même ordre que les volumes actuellement prélevés pour les activités humaines sur le bassin de la Seine. Cette diminution de la recharge conduirait à un **rabattement (baisse du niveau piézométrique) de l'ensemble des**





aquifères du bassin de la Seine (Fig. 1). A titre d'exemple, le rabattement de la nappe de la craie pourrait localement atteindre, voire dépasser 10 mètres dans les zones de plateaux comme dans le Pays de Caux ou dans l'Eure (Fig. 2). La réalité au plan local pourrait être fort différente dans certains cas. En effet,

les hétérogénéités hydrogéologiques sont très prononcées sur ce bassin, et en particulier dans le secteur normand, et les chiffres avancés pourraient très bien surestimer ou sous-estimer les conséquences réelles du changement climatique. ●

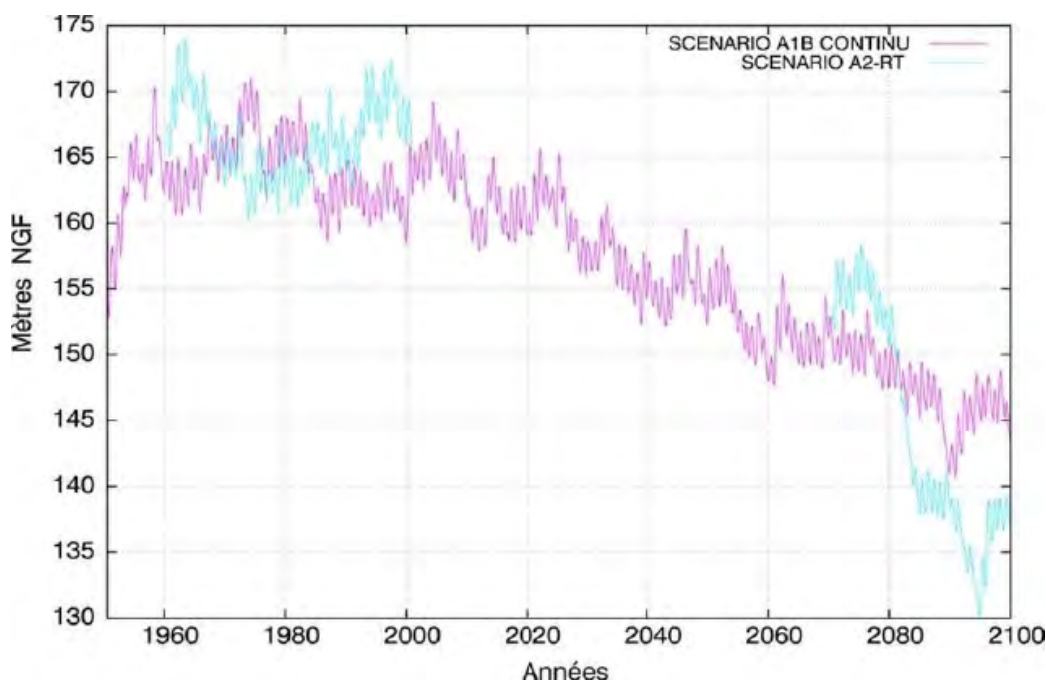
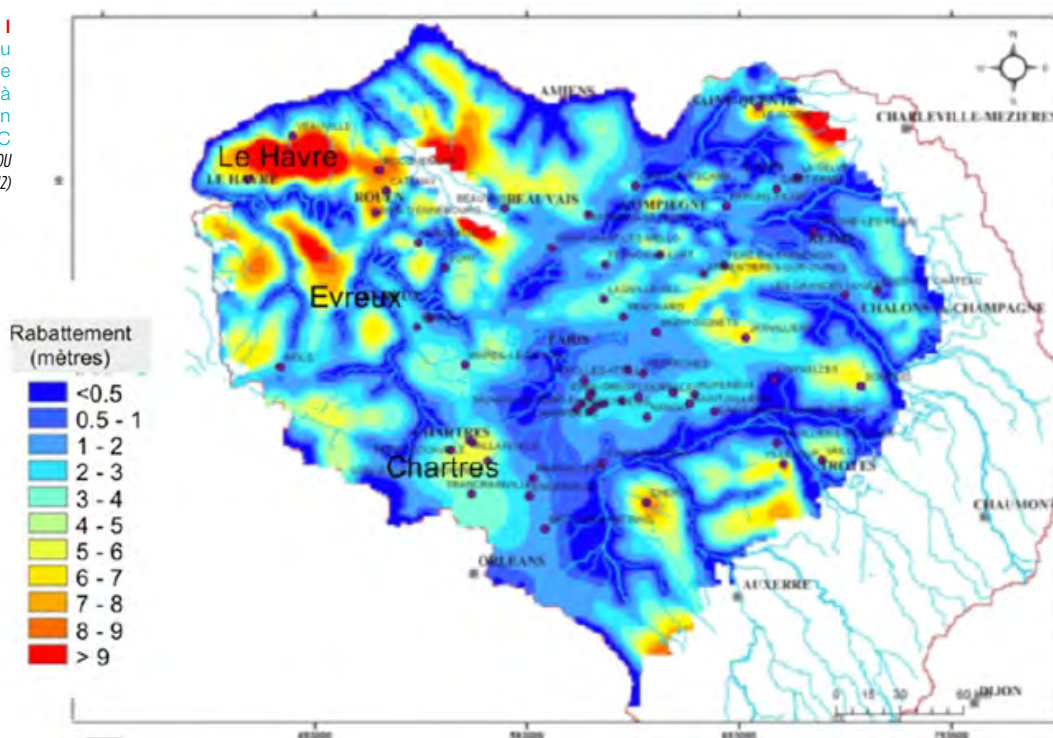


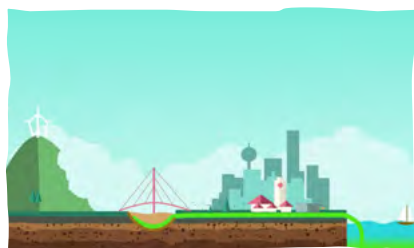
Figure 1 |
Évolution de la piézométrie calculée dans la nappe de la Craie à Omécourt (Oise) par le modèle MODCOU, selon deux scénarios de changement climatique (modèle climatique ARPEGE, scénarios d'émissions A2 et A1B, méthode de désagrégation des Régimes de Temps) (Ducharme et al., 2009).

Figure 2 |
Rabattement du niveau de la nappe de la craie du bassin de la Seine à l'horizon 2100 pour un scénario modéré du GIEC (source : Explore 2070, Modèle MODCOU BRGM, Stollsteiner, 2012)



2

QUALITÉ DE L'EAU



Sur le bassin de la Seine, il a été démontré par une modélisation statistique **que dans les principaux axes, une augmentation de la température de l'air se reporterait directement sur celle de l'eau**. La température de la Seine devrait augmenter dans le futur d'un ordre de grandeur équivalent à celle de l'air. Cependant, d'autres facteurs intervenant pour réguler les températures (contacts avec les nappes), il apparaît déjà clairement que **les seuls impacts de l'augmentation de la température atmosphérique sur la vie aquatique seront accentués sur les tronçons karstiques des rivières de la région Normandie**.

HYPOTHÈSES SUR LES ÉVOLUTIONS

Il est possible de dégager deux périodes distinctes dans l'année où la Normandie devrait voir une **dégradation de la qualité de l'eau** :

- **lors des précipitations intenses : l'augmentation du ruissellement et de l'érosion des sols généreront à une augmentation de la turbidité et d'éventuelles contaminations associées aux particules** (contaminants métalliques et bactériens...) des cours d'eau et des captages des eaux souterraines. Des simulations menées sur les impacts

économiques du ruissellement, des inondations et des coulées boueuses (liées à l'érosion des sols) sur le bassin versant de la Lézarde prévoient qu'à **l'horizon 2050, les dommages moyens annuels augmenteraient de +11 à +27%**.

- **durant les sécheresses : le déficit des précipitations**, pouvant aller jusqu'à -15% et l'augmentation des sécheresses atmosphériques de 2 à 7 jours à l'horizon 2100, **conduira à des diminutions des débits et des étiages sévères des cours d'eau entraînant une surconcentration des éléments chimiques présents dans l'eau par moindre dilution**, et éventuellement des pollutions par dépassement de certains seuils réglementaires.

De plus, de manière conjointe, une diminution du débit des cours d'eau et une augmentation de la température de l'eau des rivières, devraient entraîner des problèmes d'oxygénation de ces dernières.

Par ailleurs, sans diminution des rejets industriels, agricoles et domestiques des stations d'épuration, ceux-ci conduiront à une dégradation de la qualité des eaux du fait de la diminution du volume d'eau des nappes et des cours d'eau et de leur moindre dilution en particulier en été. **Ceci impliquera une tension supplémentaire ou exacerbée sur les ressources, en particulier lors des périodes où les besoins sont accentués.**

QUALITÉ BIOGÉOCHIMIQUE DE L'EAU

Les résultats, principalement obtenus pour le bassin de la Seine, prévoient que l'impact cumulé du changement climatique simulé à l'issue du 21^e siècle serait une augmentation des teneurs en nitrates par rapport à celles en 2000, que ce soit dans les aquifères (+20 mg/l environ) ou dans les cours d'eau (+10 mg/l environ).

INTRUSION MARINE ET SALINISATION DES EAUX SOUTERRAINES.



La diminution du niveau des nappes d'eau souterraines, liée à la diminution de leur recharge et à l'évolution des prélèvements pour les activités humaines, combinée avec l'élévation du niveau des mers, devrait conduire à une intrusion des eaux marines et à une salinisation des aquifères côtiers. Certains forages normands sont déjà impactés par ce phénomène de biseau salé comme les vallées de l'Orne et de l'Aure et la côte ouest du Cotentin. Les projections par modélisation montrent que **ce phénomène auquel le littoral normand montre une sensibilité particulière, devrait s'intensifier, avec une pénétration du biseau salé qui atteindrait entre 100 et 1000 m à l'intérieur des terres dans les aquifères littoraux du Calvados et voire jusqu'à 3500 m en suivant l'axe de certaines vallées côtières**, où des baisses de débit ont été mise en évidence (Fig. 3). Les fleuves comme l'Orne et la Dives seraient particulièrement impactés.

ALÉAS NATURELS : CRUES ET INONDATIONS

L'augmentation des précipitations intenses devrait entraîner, sans modifications majeures de l'occupation du sol, une augmentation du ruissellement, des crues des rivières et donc des inondations dans les vallées et vallons secs de la région Normandie.

A cela s'ajoutent les crues par débordement de la nappe déjà fréquentes en Normandie et qui devraient augmenter. Elles sur-

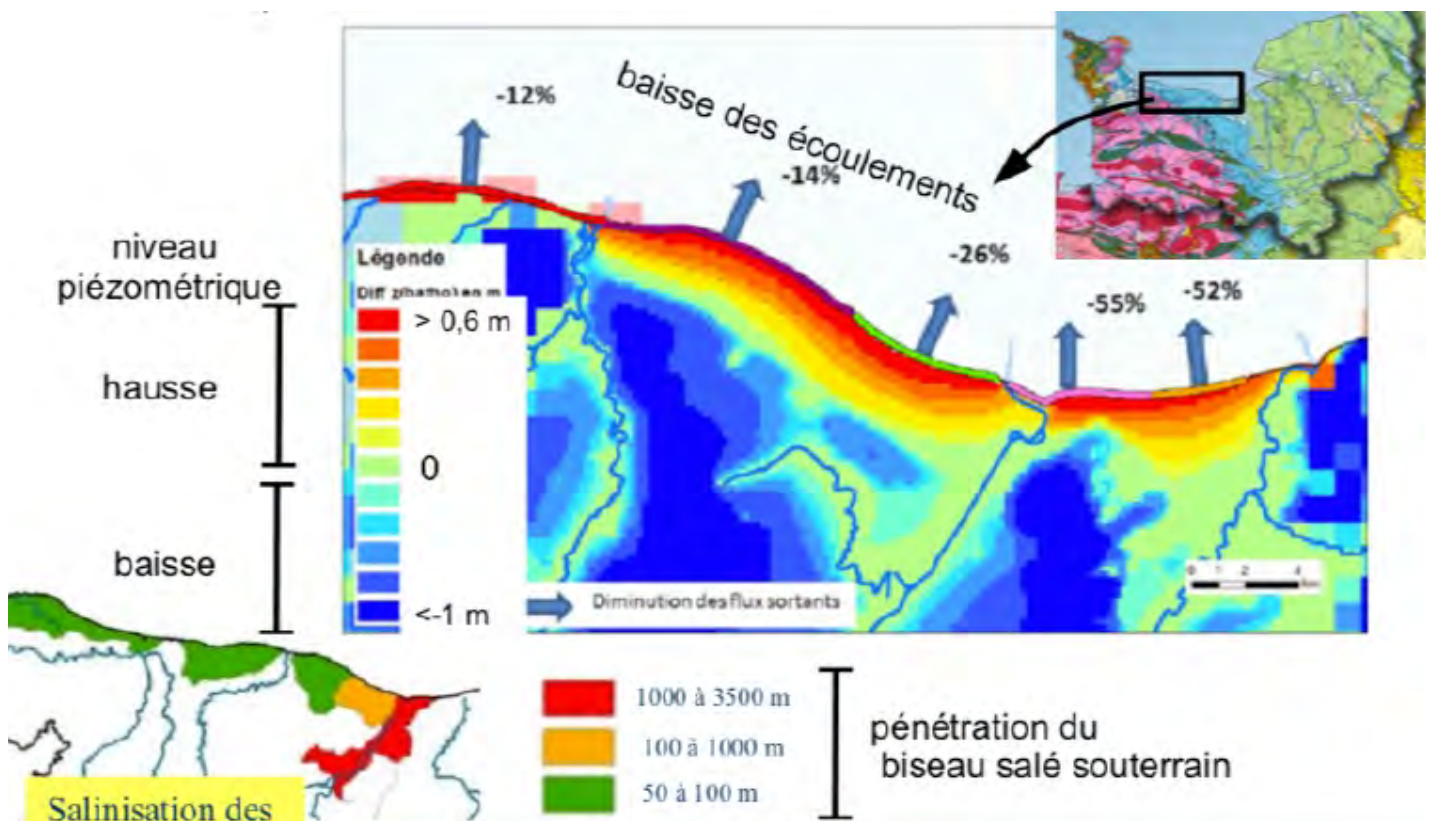
viennent plutôt dans les points bas de la topographie, et particulièrement :

- dans les zones humides bordant les cours d'eau, notamment près du littoral,
- dans les bas de versants argileux, notamment dans la partie armoricaine du territoire,
- en position de plateaux lorsque ces derniers sont recouverts de limons perméables recouvrant un substratum imperméable.

De plus, à titre d'hypothèse, on pourrait assister dans les zones basses du littoral, du fait de l'élévation du niveau marin, à une élévation corollaire du niveau des nappes. En conséquence, cela entraînerait une modification des secteurs sensibles aux remontées de nappes, en termes de surfaces exposées (déplacement des zones de risques et accentuation dans les zones basses), et donc probablement également l'apparition de nouvelles zones humides. ●

Figure 3 |

Impact conjugué de l'élévation du niveau marin et de la baisse du niveau des nappes liées au changement climatique (scénario RCP 8.5) et à l'augmentation des prélèvements pour les activités humaines (+ 10%). (BRGM RP-66229-FR, Croiset et al., 2016).



LE CAS PARTICULIER DES ESTUAIRES

L'élévation du niveau marin pourrait également engendrer une modification des dynamiques estuariennes avec en particulier une remontée vers l'amont du gradient de salinité et du bouchon vaseux des estuaires. Cette remontée implique une modification des habitats aquatiques et des répercussions sur la faune et la flore.

Dans les basses vallées littorales (estuaires), nous devrions observer une augmentation de la fréquence et de l'intensité des inondations liée aux concomitances entre différents phénomènes que sont l'élévation du niveau marin, les précipitations intenses, les crues de rivière, les crues de nappes, les tempêtes et submersions et la marée. L'élévation du niveau de la mer aboutira notamment à un phénomène de blocage de l'écoulement des eaux et donc à des **inondations plus nombreuses et plus intenses**.

En cas de concomitance de conditions marines très défavorables (forte tempête, gros coefficient de marée...) et de conditions de crue importante, tous les secteurs de l'estuaire seraient impactés, avec des niveaux particulièrement renforcés

dans les secteurs intermédiaires de l'estuaire. Cette spécificité ne peut être ignorée dans les études de l'aléa inondation des grands estuaires (pour lesquels les concomitances jouent un rôle majeur). D'autant plus dans l'actuel contexte du changement climatique, où les évolutions des forçages et en particulier du niveau marin vont accentuer cette sensibilité.

Un risque naturel de type inondation dans le cadre du changement climatique pourrait également mener à un effet cascade de risques à la fois industriels, sanitaires, mais aussi économiques, comme l'illustre parfaitement la boucle de la Seine à Rouen où les simulations montrent clairement que de nombreux sites ICPE et SEVESO seront touchés par ces inondations (Fig. 4).

Ces inondations entraîneront des problèmes sanitaires et des risques de vieillissement prématuré des infrastructures routières et des bâtiments pouvant mener également à des problèmes d'insalubrité, des dysfonctionnements des réseaux d'assainissement et des remobilisations des polluants stockés dans les sols qui seront inondés, ainsi qu'une profonde modification des écosystèmes. ●

Figure 4 |

Lien entre le risque d'inondation (dans le cadre du changement climatique) et le risque industriel pour les ICPE (dont SEVESO). Pour la simulation ARTELIA/ GIP Seine Aval (12A), celle-ci est réalisée avec une élévation du niveau marin de 1 m et des crues avec une période de retour de 10 ans. Pour la projection de Climate Central (12B), les zones immergées en 2050 combinent l'élévation du niveau marin (RCP 4.5) et des crues modérées (période de retour de 10 ans).

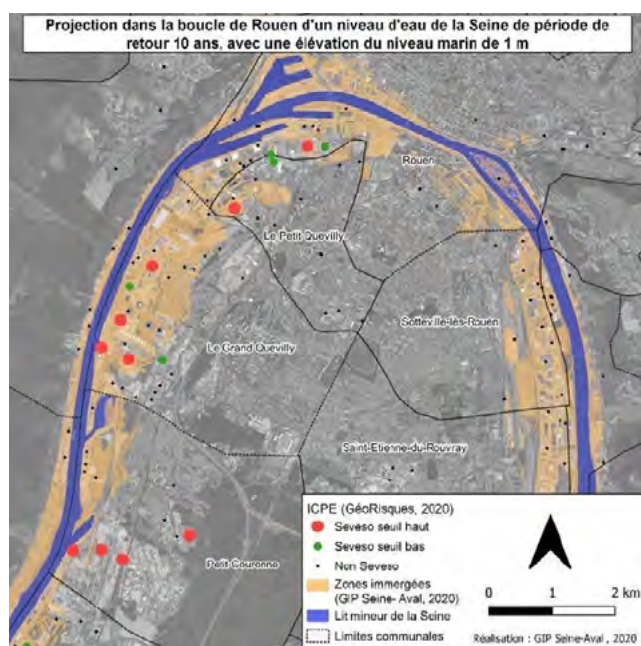


Figure 4a |

Projection ARTELIA/GIP Seine, modifiée avec ajout des sites SEVESO.

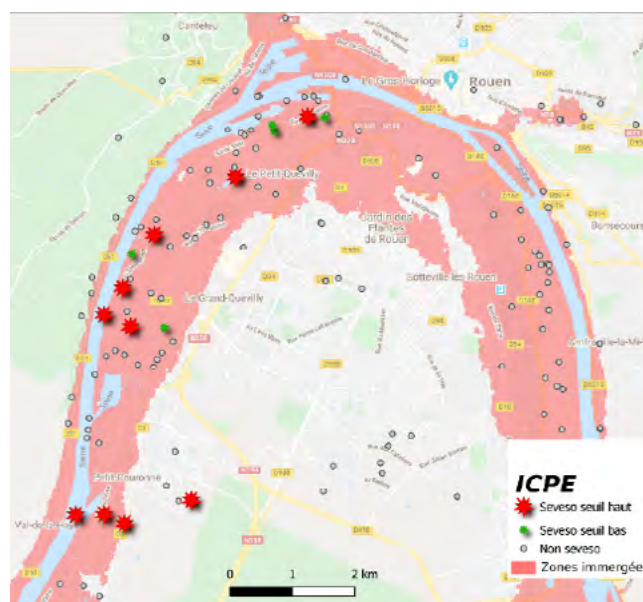


Figure 4b |

Projection Climate central. ClimateCentral.org ; Kulp et al., 2019 ; Kopp et al., 2017 ; modifiée avec ajout ICPE par Patault et Laignel.

Conclusion

Les effets du changement climatique sur la ressource eau en Normandie se marquent **actuellement** principalement par une **diminution des débits** d'une intensité très variable selon les cours d'eau (de très légère à relativement forte), une **augmentation de la température de l'eau** corollaire de l'augmentation de la température atmosphérique et des **tensions sur la ressource** lors des périodes de sécheresse.

Les **projections futures** indiquent que le changement climatique devrait mener à une **diminution de la ressource en eau** à la fois de surface et souterraine, à une **dégradation de la qualité de l'eau** et à des **inondations plus intenses et plus fréquentes**.

La **diminution future de la ressource en eau** sera à mettre en lien avec **l'élévation de la température, l'augmentation de l'évaporation et la diminution des précipitations**

moyennes annuelles, mais aussi avec **l'augmentation tendancielle des prélèvements pour les activités humaines** (industrie, agriculture, besoins domestiques).

Au-delà de ces hypothèses, cette diminution de la ressource devrait conduire à des **conflits d'usages croissants** et à des **restrictions plus fréquentes et plus longues** à certaines périodes, principalement l'été.

La **dégradation de la qualité de l'eau** sera liée à :

- **l'élévation de la température de l'eau** entraînant un dysfonctionnement des écosystèmes aquatiques ;
- **l'augmentation des précipitations intenses** qui mènera à davantage de **ruissellement, d'érosion et de turbidité** dans les eaux de surfaces et souterraines avec des **polluants associés** ;
- des **sécheresses et des périodes d'étiage plus sévères** en lien avec la **diminution des précipitations** (notamment l'été) qui conduiront à une **diminution des volumes d'eau dans les rivières** et

à une **diminution de la dilution** et ainsi à une **surconcentration de certains éléments chimiques** pouvant occasionner des pollutions ponctuelles ;

- une **intrusion marine** et une **salinisation des aquifères côtiers** en lien avec l'élévation du niveau marin et la baisse des nappes du fait du changement climatique et des prélèvements.

D'autre part, **sans diminution des rejets industriels, agricoles et domestiques des stations d'épuration**, ceux-ci conduiront à une **dégradation de la qualité des eaux** du fait de la diminution du volume d'eau des nappes et des cours d'eau et de leur moindre dilution en particulier en été.

Les **inondations** seront vraisemblablement **plus fréquentes et plus intenses** en raison notamment des **concomitances de différents phénomènes** incluant l'élévation du niveau des mers, l'augmentation des précipitations intenses, des crues de rivières et des nappes et les tempêtes et submersions. ●

Données à surveiller et études complémentaires à mener

Une veille est à garder concernant **l'évolution du débit des rivières normandes**, car les résultats des études et tests statistiques actuels ne sont pas toujours significatifs.

L'évolution des eaux souterraines devrait être le sujet d'études plus longues que la période années 80-2005 et sur des nappes différentes que la nappe de craie afin de confirmer l'évolution temporelle observée, et obtenir des résultats significatifs.

Des études complémentaires doivent être menées sur les cours

d'eau normands afin d'analyser **l'évolution de la température** de ces derniers, et les facteurs de cette évolution.

Concernant **la qualité biogéochimique de l'eau**, des études doivent être menées sur tous les bassins versants de Normandie ; en effet, les seuls résultats disponibles pour le moment concernent le bassin de la Seine, qui n'est pas représentatif de l'ensemble du territoire normand.

Le constat global est qu'une majorité des études se concentrent actuellement sur le bassin de la

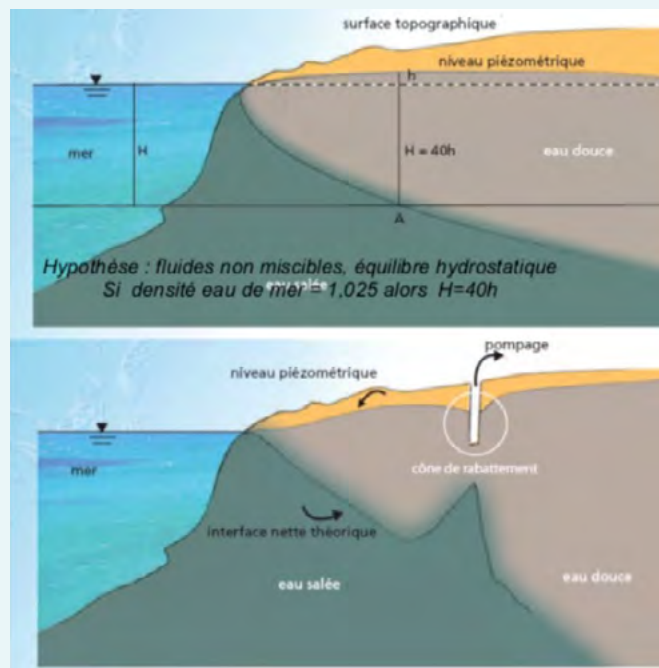
Seine. Ces études ne permettent pas d'avoir une vision exhaustive de l'ensemble du territoire normand et de ses spécificités.

Concernant **les estuaires**, il est à noter que les cartes issues de modélisation sont des outils précieux qui permettent une réflexion et une gestion optimisée de ces espaces s'appuyant sur la modification de la zonation actuelle des basses vallées (niveaux d'eau et inondations, salinité, température, régime fluvial...) et ainsi orientent sur les zones à protéger ou non (que ce soit pour les biens et les personnes ou pour les espaces naturels) et les actions de restauration éventuelles à mener. ●

Annexe 1

Phénomène d'intrusion marine et de salinisation des aquifères côtiers suite à l'élévation du niveau des mers et de la baisse du niveau des nappes

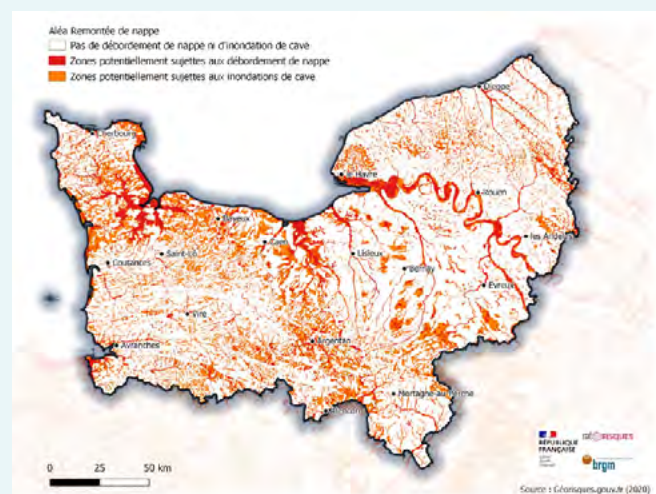
(Source : Dörfliger et Augéard).



Annexe 2

Carte de sensibilité aux remontées de nappe

en Normandie (Géorisques ; <https://www.georisques.gouv.fr/> ; <https://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-65452-FR.pdf>) (Brugeron et al., 2017).



Points de veille

Compte tenu du fait que plusieurs études se sont uniquement concentrées sur le bassin de la Seine, plusieurs points de veille sont à observer :

- **les projections concernant les débits des rivières ne concernent que le bassin de la Seine.** Pour avoir des résultats significatifs à l'échelle du territoire, ces projections devraient être réalisées pour les autres rivières normandes.
- **les études concernant l'évolution des ressources en eaux souterraines reposent uniquement sur l'analyse de la nappe de craie.** Les comparaisons nationales réalisées avec des piézomètres disponibles sur d'autres nappes n'ont pas donné de résultats exploitables pour le reste du territoire normand. De plus, les hétérogénéités hydrogéologiques étant très prononcées sur le bassin de la Seine, les chiffres avancés pourraient surestimer ou sous-estimer les conséquences réelles du changement climatique. Il semble donc nécessaire d'affiner ces résultats à l'échelle des principaux bassins versants de Normandie.
- L'évolution de **la température des cours d'eau normands** dépend de plusieurs paramètres encore mal identifiés, en raison de l'hétérogénéité des socles soutenant ces cours d'eau. De plus, seuls les bassins de la Seine, de la Risle, l'Orne et la Touques ont été étudiés. Des études approfondies doivent être menées sur l'ensemble des cours d'eau de Normandie.
- les résultats concernant **la qualité biogéochimique de l'eau** ont été obtenus pour le bassin de la Seine, et ne concernent donc pas les autres bassins normands. Des études complémentaires permettraient d'obtenir des résultats pour l'ensemble du territoire.
- concernant **les pollutions diffuses d'origine agricole**, des scénarios prospectifs ont été proposés par Gallois et Viennot (2018) par modélisation sur le bassin Seine Normandie en combinant le contexte de changement climatique avec deux scénarios d'évolution des pratiques agricoles sur les doses d'irrigation. Il est cependant difficile de décrypter les évolutions pour le territoire normand. Ce type de modélisation devrait être affiné à l'échelle de la Normandie en tenant compte des hétérogénéités hydrogéologiques locales pour en tirer des conclusions.
- **La diminution future de la ressource en eau** sera à mettre en lien avec l'élévation de la température, l'augmentation de l'évaporation et la diminution des précipitations moyennes annuelles, mais aussi avec l'augmentation tendancielle des prélèvements pour les activités humaines (industries, agriculture, besoins domestiques). Ces hypothèses explicatives devront être vérifiées dans de futures études pour définir les parts respectives de ces différents facteurs.

Concernant la qualité de l'eau, un point de veille est à noter lors des périodes de précipitations intenses : les simulations menées sur le bassin versant de la Lézarde sont à élargir afin d'obtenir des résultats significatifs, les impacts économiques du ruissellement, des inondations et des coulées boueuses pour le reste du territoire normand. ●



Abbaye-aux-Dames • Place Reine Mathilde
CS 50 523 • 14035 Caen Cedex 1
Tél. : 02 31 06 98 98 • Fax : 02 31 06 95 95



Direction Énergies, Environnement, Développement Durable
DEEDD@normandie.fr • 02 31 06 96 91
www.normandie.fr