

Synthèse du projet Explorer 2070

Hydrologie souterraine

Objectif de l'étude

Réaliser une évaluation de l'impact possible sur les eaux souterraines, principalement en termes de piézométrie et de recharge à partir du scénario d'évolution climatique A1B du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) et des scénarios de demande en eau souterraine du BIPE (bureau d'étude prospective du projet) à l'horizon 2050-2070 en France métropolitaine et sur les départements d'Outre-mer.

Principaux résultats à retenir

Les résultats du projet Explorer 2070 font ressortir une baisse quasi générale de la piézométrie associée à une diminution de la recharge comprise entre 10 et 25%, avec globalement deux zones plus sévèrement touchées : le bassin versant de la Loire avec une baisse de la recharge comprise entre 25 et 30% sur la moitié de sa superficie et surtout le Sud-Ouest de la France avec des baisses comprises entre 30 et 50%, voire davantage (cf. figure 1).

Variation de la recharge entre temps présent (1960-1990) et temps futur (2045-2065)

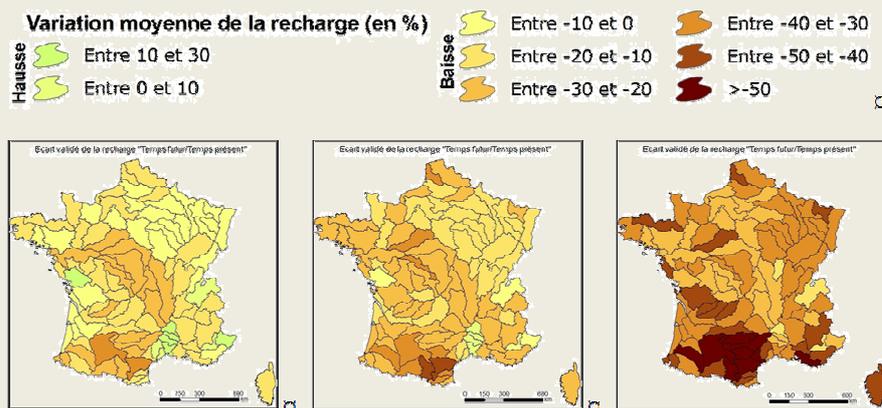


Figure 1 : Ecart minimal, moyen et maximal de la recharge temps futur/ temps présent

Toutes les modélisations réalisées montrent une baisse du niveau moyen mensuel des nappes liée à la baisse de la recharge. Cette baisse serait très limitée au droit des plaines alluviales (grâce à l'alimentation des cours d'eau) mais pourrait atteindre 10 m sur les plateaux ou contreforts des bassins sédimentaires. Cette diminution entraînerait une baisse du même ordre de grandeur des débits d'étiage des cours d'eau et une augmentation de la durée des assèchs.

Autre enseignement : la surélévation du niveau marin et une forte demande estivale en zone littorale risquent de générer une remontée du biseau salé (limite eau douce/eau de mer) qui pourrait mettre en danger la qualité des eaux dans les estuaires, les zones de marais et les aquifères côtiers, notamment sur le pourtour méditerranéen entre Marseille et l'Espagne.

Prélèvements agricoles

Il est important de préciser que les résultats présentés ici n'ont pas pu prendre en compte la hausse attendue des besoins de l'irrigation en lien avec l'augmentation des températures. Les valeurs de prélèvements agricoles utilisées pour la période 2050-2070 sont donc relativement proches des valeurs des prélèvements actuels (année 2006).

Celle-ci a été calculée, plus tard dans le projet Explore 2070, dans une fourchette de +42 à + 65% par rapport aux prélèvements actuels (année 2006), à assolements identiques.

Compte tenu de l'importance des prélèvements agricoles sur l'évolution du niveau des aquifères, cette dernière observation pourrait amener à conclure que les résultats présentés sont plutôt optimistes.

Méthodologie

Les systèmes aquifères sont très divers et leur fonctionnement, souvent complexe, est généralement reconstitué au travers de modèles hydrodynamiques. Le groupement BRGM/ARMINES a utilisé ces modèles hydrodynamiques construits et calés sur la période actuelle. Ces modèles portent sur les grands aquifères des formations sédimentaires (hors karst) qui sont aussi les plus exploités : aquifères des bassins de la Seine, du bassin Aquitain et de Poitou-Charentes, aquifère alluvial de la plaine d'Alsace, aquifère de la craie de la Somme et aquifère calcaire de Grande Terre en Guadeloupe. Ces modélisations régionales ont été complétées par une modélisation semi-globale (bassin de la Loire) et quelques modélisations globales sur différents types d'aquifères (karst, socle,...).

Les données d'entrée de ces modèles sont issues des sorties des modèles climatiques d'une part, et des prélèvements en eau souterraine d'origine anthropique (mesurés ou scénarisés, voir la fiche « Synthèse du projet Explore 2070 - Prospective ») d'autre part. La comparaison des différences entre temps présent et temps futur des résultats obtenus a permis d'évaluer la variation probable de la recharge ainsi que les incertitudes associées.

Impacts du changement climatique

Les modélisations issues d'Explore 2070 indiquent que l'impact du changement climatique sur les aquifères en France sera relativement homogène et conséquent. En effet, malgré l'évolution relativement modérée des précipitations qui tendent à diminuer, les projections s'accordent sur un assèchement des sols du fait d'une demande évaporative plus importante, contrôlée par l'augmentation de température. Or, les nappes se rechargent lorsque les sols, bien imbibés en eau, laissent s'infiltrer l'eau en profondeur. Ainsi, des sols plus secs (ou plus souvent secs) conduisent partout en France à une diminution de la recharge de la nappe par les précipitations. Cette diminution de la recharge, lorsqu'elle n'est pas compensée par ailleurs, se traduit par une diminution du niveau piézométrique.

Cependant, la baisse du niveau piézométrique n'est pas homogène au sein des bassins versants. En effet, l'eau contenue dans les nappes s'écoule. Lorsque les nappes sont libres, ie, non recouvertes par une couche quasi-imperméable, cette eau rejoint souvent les points bas où se situent les rivières, qui sont donc marqués par une faible évolution du niveau piézométrique. A l'inverse, les zones de plateaux subissent une baisse de niveau piézométrique plus marquée. Lorsque la nappe est captive, c'est-à-dire lorsqu'elle est séparée de la surface par au moins une couche quasi-imperméable, l'évolution du niveau piézométrique dépend principalement des caractéristiques de l'aquifère et de la variabilité spatiale de la recharge. Par ailleurs, certains aquifères vont pouvoir compenser en partie la diminution de la recharge due aux précipitations. Il s'agit des aquifères alluviaux et de certains aquifères karstiques, dont une partie importante de la recharge peut provenir des rivières. Dans ces conditions, les pertes en rivières pourraient compenser en partie la baisse de la recharge par les pluies. Ainsi, dans chacun des bassins étudiés, l'évolution du niveau piézométrique est assez contrastée, variant facilement de 0 à -10m (cf. exemple de la Seine figure 2).

Les aquifères côtiers constituent un cas particulier, puisqu'en plus de l'évolution de la recharge, ils seront impactés par l'évolution du niveau marin. L'élévation de celui-ci risque de conduire à une intrusion des eaux salées dans l'aquifère, et donc, à une forte dégradation de la qualité de l'eau. Sur les aquifères métropolitains, l'intrusion saline due à la seule évolution du niveau marin devrait avoir un impact relativement limité. Un impact plus fort pourrait être lié à une diminution du niveau piézométrique associée à la baisse de la recharge ou à l'augmentation des prélèvements en nappe.

Dans les DOM, les aquifères situés sur les îles (Martinique, Guadeloupe, Réunion, Mayotte) pourraient être plus sensibles à l'augmentation du niveau marin (cf. Figure 3). Cependant, sur ces îles, l'impact du changement climatique sur la recharge est relativement incertain. Les précipitations pourraient augmenter sensiblement sur les tropiques, et diminuer sur les zones subtropicales. De plus, l'évolution du nombre et de l'intensité des cyclones est actuellement très incertaine.

Le bassin de la Seine

Ce bassin est caractérisé par la présence d'un système aquifère sédimentaire multicouche. Le modèle MODCOU développé à MINES-Paristech prend en compte 6 couches aquifères superposées, dont la Craie qui est captive en son centre, et libre en périphérie. La figure 2 présente l'évolution des impacts dans le temps et dans l'espace. L'incertitude associée aux projections climatiques est importante et conduit en moyenne sur 50 piézomètres à une baisse du niveau piézométrique allant de 1 à 6 mètres à l'horizon 2050.

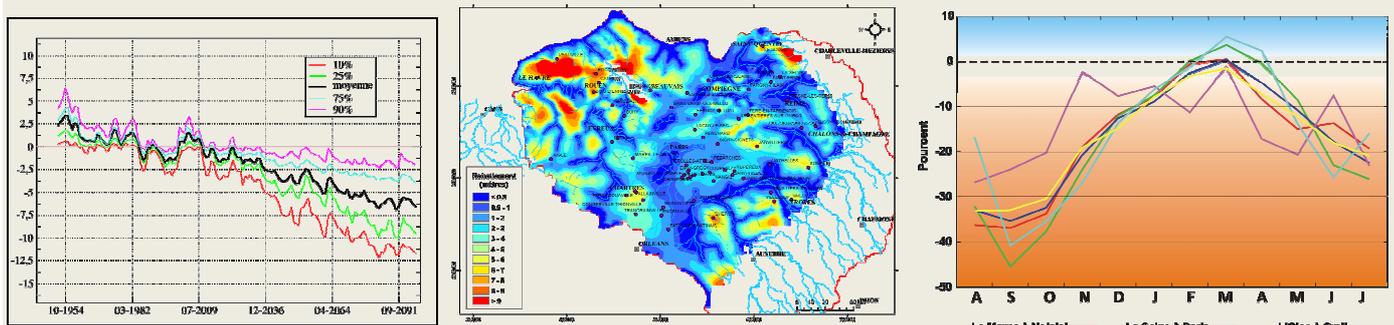


Figure 2 : Evolution du niveau piézométrique sur le bassin de la Seine sous l'impact du changement climatique. À gauche : évolution du niveau piézométrique projeté selon un scénario climatique sur 50 piézomètres (en mètres). L'évolution moyenne est tracée en noir. Les courbes de couleur indiquent la baisse du niveau piézométrique atteint par 10, 25, 75 ou 90% des piézomètres. Au centre : diminution du niveau piézométrique de l'aquifère de la Craie projetée en moyenne selon 7 projections climatiques (en mètre). A droite : impact moyen sur les débits mensuels de sept stations obtenu avec les sept projections climatiques (en %).

Impact de la montée du niveau marin sur les aquifères de la Grande-Terre en Guadeloupe

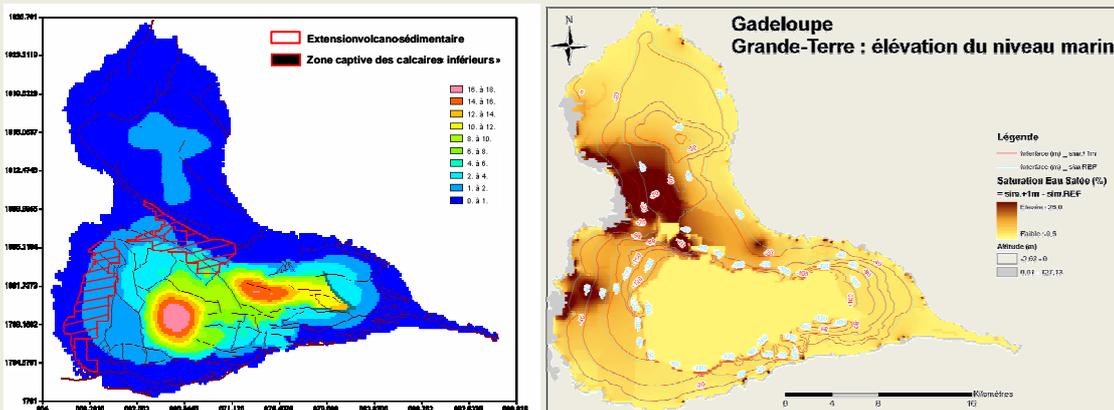


Figure 3 : A gauche : niveau piézométrique sur l'île de Grande-Terre, Guadeloupe, en 1989. On constate que le niveau piézométrique est proche du niveau marin (en bleu) sur une grande partie de l'île. A droite : évolution de la salinité de l'eau liée à une hausse du niveau marin de 1m : les zones foncées indiquent une forte dégradation de la qualité de l'eau.

Conséquence de l'évolution des niveaux piézométriques sur les débits.

Si les nappes se rechargent sur une période relativement courte, elles contribuent en revanche toute l'année aux débits des rivières. En hiver, en France métropolitaine, l'infiltration des précipitations en nappe est souvent supérieure à l'apport des nappes aux rivières, ce qui contribue à diminuer les forts débits. En été, par contre, la contribution des nappes au débit des rivières est souvent majoritaire. On comprend ainsi qu'une diminution des

niveaux piézométriques implique une diminution des débits en toute saison, avec cependant un impact plus marqué en été. Par ailleurs, localement, une baisse du niveau piézométrique pourrait conduire à une inversion des échanges nappes-rivières et/ou à une intensification des pertes en rivière (notamment sur les nappes alluviales). Dans ces conditions, la diminution des débits pourrait être particulièrement conséquente (cf. Figure 1).

Autres sources d'évolution des niveaux piézométriques.

En plus des conditions naturelles, les aquifères sont soumis à la contrainte « prélèvements » pour différents usages (eau potable, irrigation, industrie...). Un niveau de prélèvement plus important que la recharge conduit à un épuisement rapide de la ressource. Par ailleurs, s'ils sont mal gérés, ces prélèvements peuvent avoir un impact local important, en particulier, en modifiant les écoulements des aquifères. Ces impacts peuvent être majeurs dans les zones captives, car ils peuvent se propager sur de grandes distances. Dans le cadre du projet Explore 2070, les scénarios d'évolution des prélèvements qui ont été générés ne prenaient en compte qu'une évolution des prélèvements pour l'eau potable, l'industrie et l'énergie, et conduisaient à une diminution globale de ces prélèvements. Les modèles hydrogéologiques montrent que la prise en compte de ces scénarios a pour conséquence de limiter la baisse du niveau piézométrique liée au changement climatique. Cependant, ces résultats restent partiels, puisque l'évolution des prélèvements pour l'irrigation n'a pas été prise en compte.

Enseignements pour l'adaptation au changement climatique

En ce qui concerne les aquifères, l'adaptation au changement climatique ne peut se concrétiser que par une meilleure maîtrise de l'exploitation de la ressource en eau souterraine au travers d'une gestion prévisionnelle qui viserait à limiter les risques en agissant :

- sur la réalisation d'économies d'eau (adaptation de pratiques culturelles à court et moyen terme, gain d'efficacité ...) ;
- sur l'amélioration de la répartition des prélèvements dans l'espace et dans le temps ;
- suite à la remontée du niveau marin et au développement urbain en bord de mer, sur le déplacement des ouvrages de prélèvement proches du milieu marin.

Quelques pistes de recherche futures

Les principales pistes à explorer par la recherche au cours des prochaines années sont les suivantes :

- Amélioration des modèles hydrodynamiques existants couplés à une surveillance adaptée des aquifères dans une perspective d'améliorer les prévisions en matière de gestion quantitative de la ressource en eau mais également afin d'ajuster les caractéristiques hydrodynamiques intervenant lors de processus rares ou pouvant devenir prépondérants (pertes en rivière, reprise évaporative) ;
- Améliorer l'adéquation ressource-besoins en agissant à court terme sur les besoins comme par exemple le choix de cultures en fonction des stocks d'eau disponibles (i.e. des niveaux piézométriques).

Equipe de projet



Florence Habets, Charlotte Thierion, Pascal Viennot



Nadia Amraoui, Yvan Caballero, Olivier Douez, Serge Lallier, Marc Saltel, Philippe Stollsteiner



Xavier de Lacaze (MEDDE), Alain Paillou (MEDDE), Sarah Bonneville (MEDDE)