

Synthèse du projet *Explore 2070*

Hydrologie de surface

Objectif de l'étude

Réaliser une évaluation de l'impact possible sur les eaux superficielles, principalement en termes de débits des cours d'eau, mais aussi de température de l'eau, du scénario d'évolution climatique A1B du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) à l'horizon 2046-2065 en France métropolitaine et 2040-2070 sur les départements d'Outre-mer.

Principaux résultats à retenir

L'évaluation des changements possibles sur les eaux de surface à l'horizon 2046-2065, par rapport à un état de référence (~1961-1990), a été réalisée en France métropolitaine et sur les départements d'Outre-mer sur la base d'un scénario d'émission de gaz à effet de serre (A1B) et d'un ensemble de modèles climatiques et hydrologiques. Sur la métropole, les résultats obtenus indiquent :

- une augmentation possible des températures moyennes de l'air de l'ordre de +1.4°C à + 3°C selon les simulations sur l'ensemble de la métropole ;
- une évolution incertaine des précipitations, la plupart des modèles s'accordant cependant sur une tendance à la baisse des précipitations en été sur l'ensemble de la métropole, en moyenne de l'ordre de -16% à -23% ;
- une diminution significative globale des débits moyens annuels à l'échelle du territoire, de l'ordre de 10% à 40% selon les simulations, particulièrement prononcée sur les districts Seine-Normandie et Adour-Garonne ;
- pour une grande majorité des cours d'eau, une diminution des débits d'étiage encore plus prononcée que la diminution à l'échelle annuelle ;
- des évolutions plus hétérogènes et globalement moins importantes sur les crues.

Méthodologie

Une chaîne de modélisation a été mise en place afin de produire des simulations de débits journaliers en temps présent (1962-1991) et en temps futur (2046-2065) au droit de 1522 points de calcul sur le réseau hydrographique de la métropole :

- ▶ Sept modèles climatiques globaux (MCG), forcés par le scénario d'émission de gaz à effet de serre A1B (médiann en termes d'évolution thermique), ont été utilisés pour simuler le climat présent et le climat futur au droit des points de calcul, sous la forme de séries de précipitation, température et évapotranspiration potentielle (ETP). Les résultats ont été désagrégés à un pas d'espace de 8 km x 8 km par une méthode de descente d'échelle statistique par type de temps.
- ▶ Ces sorties des modèles climatiques ont été utilisées en entrée de deux modèles hydrologiques (un modèle de type conceptuel : GR4J et un modèle à base physique : Isba-Modcou) afin de simuler les débits présents et futurs possibles aux exutoires des bassins, et donc d'appréhender les changements hydrologiques possibles en ces points. Pour chacun de 1522 points de calcul, une fiche synthétisant les résultats obtenus en termes d'évolutions climatiques et hydrologiques, caractérisées par une vingtaine d'indicateurs statistiques, a été produite.

L'utilisation de plusieurs modèles a eu pour but de cerner une part de l'incertitude inhérente à ce type d'approche. Selon les points de calcul, de 7 à 14 projections hydrologiques ont pu être établies, permettant de qualifier la dispersion des projections et leur fiabilité associée. Comme toute approche prospective, cette démarche de modélisation repose sur un certain nombre d'hypothèses fortes, qu'il convient de rappeler lors de l'exploitation des résultats pour mieux en évaluer les limites.

Une démarche similaire a été mise en œuvre sur un ensemble de bassins de la Réunion, la Martinique, la Guadeloupe et la Guyane. Cependant, la connaissance hydroclimatique limitée de ces régions en temps présent et futur et les difficultés de modélisation associées limitent la portée de ces travaux.

Les travaux sur la température de l'eau en métropole ont été conduits par l'utilisation de modèles statistiques liant températures de l'air, débits et températures de l'eau.

Impacts du changement climatique

CLIMATOLOGIE

Tous les modèles climatiques projettent une hausse des températures assez uniforme sur le territoire, comprise entre 1.4°C et 3°C en moyenne annuelle, induisant une augmentation de la demande évaporatoire. En revanche, une forte incertitude et une grande disparité entre modèles apparaissent sur les tendances des précipitations saisonnières. La plupart des modèles s'accordent cependant sur une tendance à la diminution des précipitations en été sur l'ensemble du territoire, de l'ordre de -16% à -23% en moyenne. L'extrême Sud-Ouest est déficitaire dans la majorité des cas. En revanche, aucune tendance significative générale ne se dessine en hiver et au printemps à l'échelle du territoire.

HYDROLOGIE

Les résultats sur la métropole montrent une diminution significative globale des débits moyens à l'échelle du territoire, qui pourrait être de l'ordre de 10% à 40% selon les simulations. Pour une majorité de cours d'eau, les modèles projettent une accentuation des étiages encore plus marquée. Les évolutions sur les crues décennales, elles, sont plus hétérogènes et globalement moins importantes.

Ressource moyenne annuelle

Les simulations s'accordent sur une baisse globale du débit moyen annuel sur toute la métropole, à l'exception des affluents rive droite du Bas-Rhône, sur lesquels les différentes projections sont en désaccord (Figure 1). Pour une majorité de points, le débit moyen annuel pourrait baisser de l'ordre de 10 à 40%.

Les modèles projettent une diminution particulièrement marquée du débit moyen annuel pour les cours d'eau des contreforts pyrénéens, et dans une moindre mesure, de la majorité du district hydrographique Seine-Normandie, avec des changements simulés compris entre -10 et -60%.

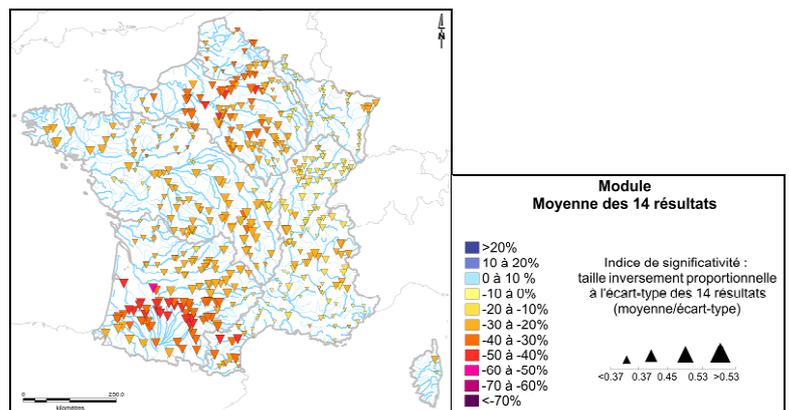


Figure 1 : Evolutions relatives possibles (en %) du débit moyen annuel (module) entre 1961-90 et 2046-65. Résultats moyens établis sur 14 simulations (2 modèles hydrologiques x 7 modèles climatiques). La couleur des points est fonction de l'intensité du changement et la taille des points est liée à la convergence des 14 simulations.

Débits d'étiage

Les projections s'accordent sur une accentuation générale des étiages pour la très grande majorité des bassins de la métropole (Figure 2). Les baisses sont plus sévères que pour les débits moyens, mais également plus dispersées.

Tous les modèles projettent des étiages plus sévères sur les exutoires des grands bassins versants français, avec des résultats cependant très hétérogènes : le Rhône à Beaucaire pourrait subir une baisse du débit minimum mensuel quinquennal (QMNA5) de 20 à 50% ; la Garonne à Lamagistère pourrait voir son QMNA5 baisser

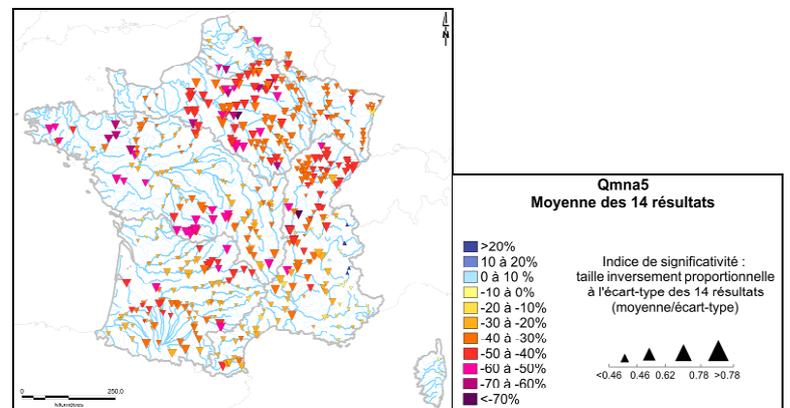


Figure 2 : Evolutions relatives possibles (en %) du QMNA5 entre 1961-90 et 2046-65. Résultats moyens établis sur 14 simulations (2 modèles

de 5 à 70% à l'horizon 2046-2065.

2046-65. Résultats moyens établis sur 14 simulations (2 modèles hydrologiques x 7 modèles climatiques).

Débats de crue

Compte tenu des divergences entre les projections, on ne peut détecter de tendance significative sur la majeure partie du territoire (Figure 3). Cependant, l'intensité des crues pourrait augmenter dans les Cévennes, et dans le Nord-est de la France (partie Est du district Rhin-Meuse). Les zones de haut relief (Alpes, Pyrénées, Jura), la rive gauche de la Garonne et les 2/3 ouest du district Seine-Normandie sont des zones pour lesquelles la crue journalière décennale (QJXA10) pourrait baisser à l'horizon 2046-2065.

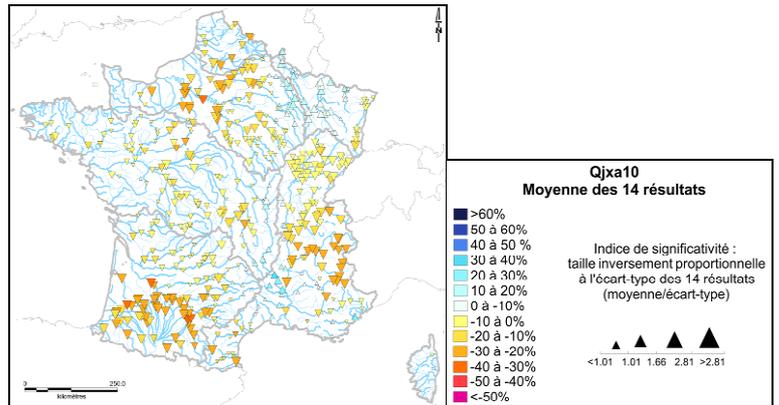


Figure 3 : Evolutions relatives possibles (en %) du QJXA10 entre 1961-90 et 2046-65 : Résultats moyens établis sur 14 simulations (2 modèles hydrologiques x 7 modèles climatiques).

Le bassin de la Seine à Paris

Les simulations réalisées en régime naturel projettent une baisse du débit moyen annuel de la Seine à Paris comprise entre -10 et -50% selon les modèles utilisés. Cette baisse serait liée principalement à l'augmentation de la température sur le bassin, de l'ordre de +1.7°C à +2.9°C, entraînant une nette augmentation de la demande évaporatoire à l'échelle du bassin. En outre, les simulations projettent une forte accentuation des étiages : suivant les modèles, le débit minimum mensuel quinquennal pourrait baisser de 10 à 70%. La combinaison d'une hausse des températures et d'une réduction des précipitations estivales simulées sur ce bassin (comprise entre 0% et 40% entre mai et septembre, pour la plupart des modèles) explique cette tendance, dont la robustesse reste cependant limitée. Les évolutions sur les crues sont plutôt orientées à la baisse (sauf sur les hauts bassins de l'Oise et la Marne).

Les départements d'Outre-mer

Les travaux de modélisation réalisés sur les DOM sont sujets à de fortes incertitudes, liées au niveau d'information limité lors du projet sur la climatologie passée et future, et à la difficulté de mettre en place des modélisations hydrologiques robustes. Compte tenu de ces incertitudes et des résultats obtenus, il est délicat de dégager des changements clairs à l'échelle de chacun de ces DOM. Les progrès réalisés récemment sur la modélisation climatique de ces zones devraient permettre à l'avenir de dégager des évolutions plus fiables sur ces régions.

Point sur les incertitudes

Les évolutions projetées sont soumises à de nombreuses sources d'incertitudes, qui affectent particulièrement les extrêmes hydrologiques. L'analyse multimodèle mise en œuvre montre que les sources principales d'incertitudes varient selon l'indicateur hydrologique considéré. Dans le cadre de ce travail, les modèles climatiques et hydrologiques ainsi que le mode de calcul de l'évapotranspiration potentielle constituent des sources d'incertitudes prépondérantes, sachant que d'autres sources d'incertitudes n'ont pas ou peu été appréhendées (scénario d'émission de gaz à effet de serre, méthode de descente d'échelle des sorties de modèles de circulation générale (MCG), impacts anthropiques notamment). Globalement, ce sont les tendances sur les modules qui semblent les plus robustes. Cette analyse d'incertitude invite à la prudence quant à la significativité des tendances et l'utilisation des résultats.

ETUDE SUR LA THERMIE DES COURS D'EAU

Parallèlement, une démarche de simulation multi-modèle visant à évaluer l'évolution possible de la température de l'eau en 31 points répartis en France métropolitaine conclut sur des augmentations moyennes de température de l'eau comprises entre 1,1 et 2,2 °C, avec une moyenne de 1,6 °C.

Enseignements pour l'adaptation au changement climatique

Il est très probable que les évolutions climatiques à venir auront des conséquences en termes de diminution des volumes écoulés, au niveau annuel et en période d'été. La quantification du phénomène reste entachée d'une forte incertitude mais celle-ci ne doit pas empêcher d'agir dès à présent. La France doit se préparer à une situation globalement plus sèche, avec des écoulements réduits mais aussi des sols plus secs, plus tôt dans l'année, avec toutes les conséquences agricoles induites. Cela doit passer en premier lieu par une gestion de la demande en eau, (tarification incitative, adaptation des autorisations de prélèvements aux volumes prélevables dans le respect du bon état écologique des masses d'eau, réduction des consommations par des modifications des comportements et/ou des progrès technologiques, changement d'assolements et de cultures) dans tous ses aspects socio-économiques, et la conscience que même des ressources considérées comme très abondantes aujourd'hui sont limitées.

En termes de crues, les résultats établis ne permettent pas d'être aussi tranché et rien ne permet d'affirmer clairement aujourd'hui qu'il faille se préparer, à temps de retour équivalent, à des événements plus intenses à l'échelle nationale ; quelques régions présentent cependant des évolutions plutôt à la hausse.

Quelques pistes de recherche futures

Au niveau de la métropole, les initiatives prises récemment pour le développement de bases de données centralisées sur les influences devraient ouvrir la voie au développement de modèles à large échelle permettant d'intégrer explicitement l'action de l'homme, et ainsi quantifier de manière plus fiable les évolutions sur les régimes naturels. Sur les départements d'Outre-Mer, une meilleure connaissance de l'état et du fonctionnement hydrométéorologique actuel des bassins serait particulièrement utile. Au niveau des modèles hydrologiques, la meilleure compréhension de leur robustesse en climat futur devrait permettre de mieux tenir compte des incertitudes associées à leurs simulations. Enfin, une évaluation plus fine des évolutions et de leurs incertitudes devrait être obtenue en utilisant les prochaines projections climatiques du Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) qui seront livrées en 2014.

Equipe de projet



Sébastien Chazot (Chef de projet), Thomas Norotte, Julian David (BRLi, Nîmes)



Charles Perrin, Mathilde Chauveau, Pierre-Yves Bourgin (Irstea, Antony)
Eric Sauquet, Jean-Philippe Vidal (Irstea, Lyon)



Nathalie Rouchy, Mathieu Regimbeau (Météo-France, Toulouse)



Xavier de Lacaze (Chef de projet Explore 2070) (MEDDE, La Défense)



Pascal Maugis (Chef de file) (ONEMA, Vincennes)