

Établissement de cibles de restauration et de création de milieux humides pour compenser les effets des changements climatiques sur les débits

Par Jean-Olivier Goyette, Stéphane Savary, Marianne Blanchette, Alain Rousseau, Stéphanie Pellerin, et Monique Poulin

Pour une mise en contexte détaillée, une discussion des résultats plus approfondie, et une bibliographie complète, consulter l'Annexe. Ces travaux ont été publiés dans la revue *Environmental Management* (<https://doi.org/10.1007/s00267-022-01763-z>).

Contexte

Les changements climatiques (CC) apporteront des étiages plus sévères et, dans certaines régions, des crues printanières plus importantes (<https://www.cehq.gouv.qc.ca/atlas-hydroclimatique>). Ceci aura des impacts majeurs sur la santé et sécurité des citoyens. Bien que les milieux humides (MH) soient reconnus comme d'importants régulateurs des débits, en atténuant les crues et soutenant les étiages, ces écosystèmes ont été largement détruits dans les dernières décennies via les activités humaines. La restauration et la création de MH (ci-après nommée restauration seulement) se présente donc comme une stratégie évidente afin de compenser les effets négatifs des CC à venir. Malheureusement, les cibles de conservation et de restauration sont souvent fixées à l'échelle globale sur des bases politiques plutôt que scientifiques. Or, une connaissance des dynamiques locales est essentielle afin d'établir des cibles de restauration appropriées aux enjeux et aux besoins spécifiques à chaque région.

Question/objectif

Ici, nous développons une approche pour établir des cibles de restauration de MH centrées sur les fonctions hydrologiques que ces milieux soutiennent. Nous posons comme prémisses qu'une cible minimale de restauration devrait tenter de maintenir les cycles hydrologiques actuels, en compensant la hausse des crues printanières et la baisse des étiages estivaux dues aux CC. Ainsi, cette étude vise à répondre aux questions suivantes : (1) Quel sera l'impact du changement climatique sur les débits de crue et d'étiage au cours du siècle prochain ? et (2) Quel niveau de restauration des milieux humides serait nécessaire pour compenser ces effets ?

Méthodes

Nous utilisons le bassin de la rivière Saint-Charles et ses cinq sous-bassins versants comme étude de cas (Fig. A1, Annexe). Nous utilisons un modèle hydrologique semi-distribué, combiné à 47 scénarios de CC faisant état de l'amplitude des débits possibles aux horizons 2020-2059 et 2060-2099. Nous testons ensuite quatre scénarios de restauration, soient des ajouts de 20%, 50%, 100% et 150% de MH et de leur aire d'alimentation, dans chaque sous-bassin versant, et en étudions les impacts sur des indicateurs de crues et d'étiages. Les indicateurs considérés sont les crues de récurrence deux ans (Q2) et 20 ans (Q20) ainsi que les étiages de récurrence deux et dix ans calculés sur une plage de sept jours consécutifs (Q2-7 et Q10-7 respectivement). À noter que les scénarios de restaurations proposés sont exploratoires et visent à produire des constats et des recommandations.

Résultats

Les résultats qui se dégagent de ces analyses démontrent que les besoins de restauration de MH afin de compenser les effets des CC varient grandement entre sous-bassins, même si ces derniers font partie d'une région relativement restreinte et homogène. Ces cibles varient aussi selon l'horizon futur considéré. Par exemple, pour que les étiages ne s'aggravent pas, les efforts de

restauration impliquent des augmentations variant de 50 % à plus de 150 % des superficies de MH à l'horizon 2020-2059, et n'est généralement pas atteinte à l'horizon 2060-2099 via les scénarios modélisés dans cette étude. Pour les crues, les besoins de restauration vont de 0 % dans les sous-bassins versants où les débits de crue devraient diminuer avec les changements climatiques (plutôt qu'augmenter), à ~150 % pour le sous-bassin de la rivière Jaune, où les augmentations prévues des risques d'inondations sont les plus importants. Nos résultats mettent en lumière que l'objectif d'aucune perte nette ne sera pas suffisant pour maintenir les cycles hydrologiques face au CC, et qu'un « gain net » en superficie de milieux humides (ou en fonctions) serait plutôt nécessaire. L'ampleur des besoins de restauration afin de compenser totalement les effets des CC dans certains bassins, particulièrement dans le cas des étiages, montre que la restauration de MH ne peut être envisagée comme seule solution.

Débits aux horizons futurs

- Sous l'horizon 2060-2099, les étiages estivaux seront plus sévères pour les cinq sous-bassins versants et le bassin de la rivière Saint-Charles.
- Pour les rivières Nelson et Saint-Charles, les crues printanières seront moindres et légèrement devancées dans la saison. Ceci est dû aux écoulements plus soutenus en hiver associés à la hausse des températures et la fonte hâtive du couvert nival (Fig. A2).
- Cependant, les crues printanières seront accentuées pour la rivière Jaune.
- Pour tous les sous-bassins, nous observons les mêmes tendances à l'horizon 2020-2059, mais de façon moins marquée (Fig. A3).

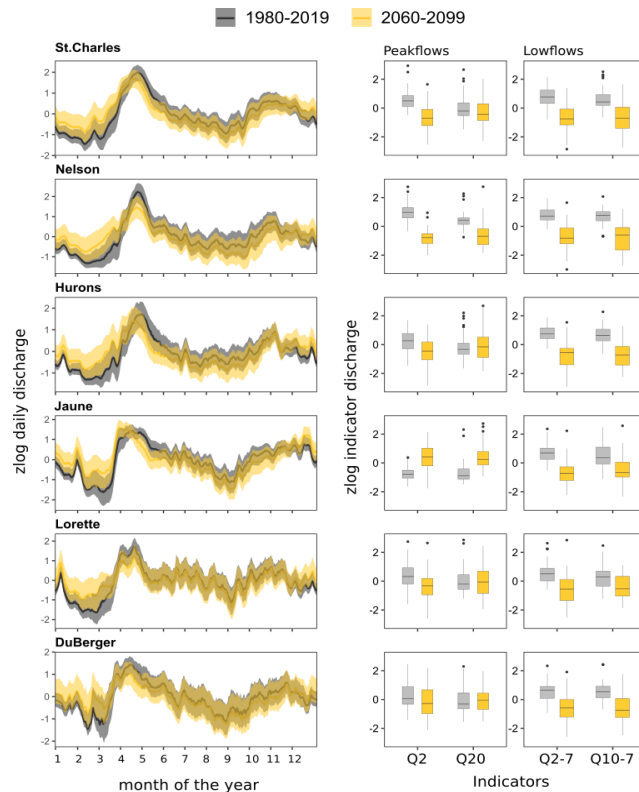


Figure 1. Comparaison des débits journaliers et des indicateurs de crues (Q2, Q20) et d'étiage (Q2-7, Q10-7) pour la période de référence (1980-2019) et l'horizon 2060-2099, pour la rivière Saint-Charles et ses cinq sous-bassins versants. La ligne représente la valeur médiane du débit journalier au cours de la période donnée, et la bande représente l'écart interquartile¹.

¹ Les données de débits journaliers (hydrographes) sont transformées en log et standardisées à des fins de comparaison des dynamiques entre sous-bassins. Les débits d'indicateurs (crues et étiages) sont standardisés par rivière et par indicateur afin de visualiser les tendances temporelles de chacun (les indicateurs ne peuvent pas être comparés entre eux dans ce cas-ci). Pour les hydrographes, la variabilité des débits journaliers provient des 40 années par horizon et des 47 scénarios de changement climatique. Pour les indicateurs, la variabilité des boîtes provient des 47 scénarios de changement climatique (1 valeur de débit pour chaque indicateur par horizon).

Restauration de milieu humide pour compenser l'effet des changements climatiques

La figure 2 permet de visualiser l'augmentation ou la diminution des débits anticipés selon les 47 projections de CC pour les crues et étiages de récurrence deux ans à l'horizon 2020-2059 par rapport à la période de référence actuelle (courbe bleu vs. grise), ainsi que l'effet de deux scénarios de restauration modélisés (courbes violette et verte). Les débits ont été standardisés (centrés-réduits) à fins de comparaisons. Nous présentons ici les résultats pour la rivière Jaune, pour laquelle tant une augmentation des crues qu'une diminution des étiages est à prévoir.

- Les distributions plus larges pour l'horizon futur que sous la période de référence indiquent que les projections de CC apportent une marge considérable d'incertitude quant aux débits futurs associés aux indicateurs d'intérêts (ici Q2 et Q2-7).

Crues

- La restauration de 50 % et 100 % (ajout de superficie de MH et de leur aire d'alimentation) permet d'atténuer la hausse des crues Q2 à l'horizon 2020-2059, mais ne semble pas suffisante pour maintenir les débits actuels (la courbe verte présentant des débits encore légèrement plus élevés que la courbe grise).

Étiages

- Pour le Q2-7, la restauration permet un retour graduel vers les conditions actuelles, mais aucun de ces deux scénarios de restauration (50 % ou 100 %) ne permet une compensation complète de l'effet des CC.

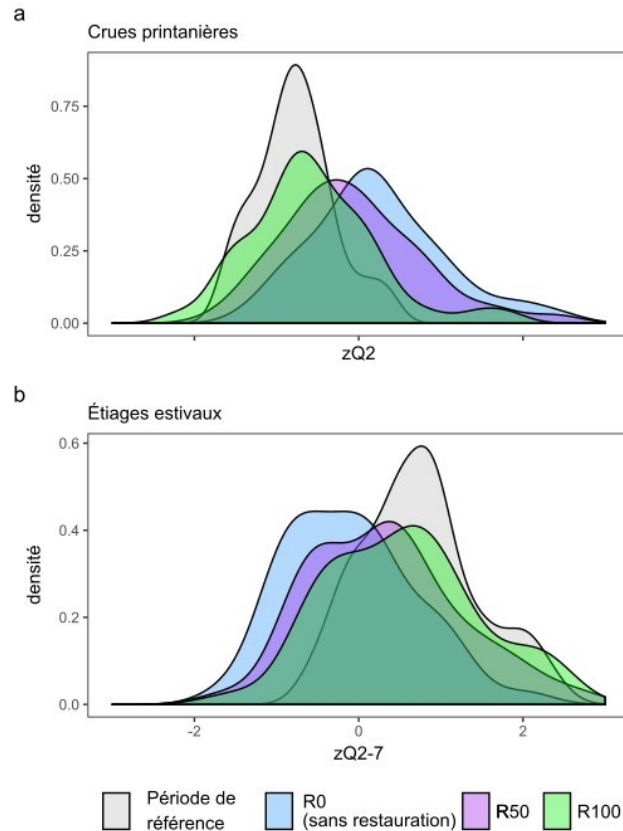


Figure 2. Différences de distributions de débits de a) crue Q2 et b) étiage Q2-7, selon les 47 scénarios de changement climatique pour la rivière Jaune, entre la période de référence (1980-2019; gris) et l'horizon 2020-2059 sans restauration (bleu), et avec augmentation de 50% et 100% (violet et vert) de superficies de MH. Les débits ont été centrés et réduits (z).

La figure 3 présente, pour trois sous-bassins versants jugés représentatifs des dynamiques observées dans l'aire d'étude, les cibles de restauration nécessaires au maintien des débits, en illustrant les résultats de chaque indicateur pour les deux horizons temporels et pour l'ensemble des scénarios de restauration testés. Voir Figure A4 pour les autres bassins.

- Les trajectoires de débits selon l'augmentation des superficies de MH (Fig. 3a et 3b) varient entre les sous-bassins et indicateurs de débits. Une pente abrupte témoigne d'une restauration efficace, tandis qu'un point de rupture met en lumière un seuil au-delà duquel l'effet de la restauration est accru ou atténué.
- L'ampleur des superficies à restaurer pour compenser la hausse des crues est généralement moindre que celle nécessaire au maintien des étiages (Fig. 3c).
- L'atténuation des effets des CC à l'horizon 2060-2099 nécessite plus de restauration que pour l'horizon 2020-2059.
- À l'horizon 2060-2099, le maintien des niveaux d'étiages n'était parfois pas possible dans les scénarios testés (Fig. 3c).
- À l'horizon 2020-2059, la cible a pu être atteinte pour tous les indicateurs, pour l'ensemble des bassins étudiés, mais ceci nécessite des niveaux de restauration de ~150 % dans le cas des étiages (sauf la rivière Lorette pour laquelle les niveaux de restauration étaient moins élevés; Fig. 3c).
- Résultats inattendus : les scénarios de restauration de 50 % dans le bassin de la rivière des Hurons a exacerbé les étiages au lieu de les soutenir. Voir l'annexe pour plus de détails.

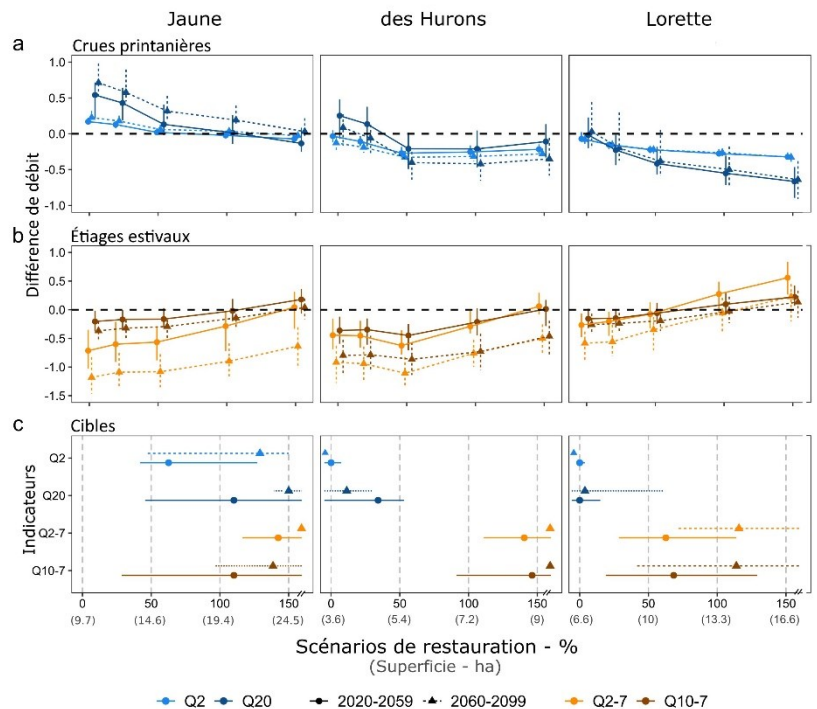


Figure 3. Trajectoires des débits de (a) crues et (b) d'étiages selon le niveau de restauration de milieux humides aux horizons 2020-2059 et 2060-2099 pour les différents indicateurs de débits considérés dans cette étude. La ligne noire pointillée ($y=0$ dans les figures a et b) représente les débits de la période de référence (1980-2019), et donc la cible de débit à atteindre dans les scénarios de restauration pour les climats futurs. (c) Cibles de restauration permettant de compenser totalement les effets des changements climatiques sur ces débits (intersection des trajectoires avec la cible (ligne pointillée; panel a ou b) ³.

² Les points (et triangles) représentent la valeur médiane des débits sous les 47 projections de climats futurs, et les barres d'erreur représentent l'intervalle de confiance au seuil $\alpha=0.95$ autour de cette médiane. Le scénario de 0% représente le scénario futur sans restauration. Les trajectoires ont été calculées par interpolation (a et b). Les points situés dans la zone grise du panel c indiquent que les scénarios de restauration testés dans cette étude (maximum de 150%) n'étaient pas suffisants à l'atteinte de la cible. Voir Fig. A4 pour les trois autres bassins.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Dans cette étude, nous montrons que la prise en compte des impacts à venir des changements climatiques sur l'hydrologie fluviale devrait être au cœur des plans de restauration des milieux humides, et qu'elle permet de fixer des objectifs de restauration fondés sur des connaissances scientifiques. Du même coup, nous montrons que les niveaux de restauration nécessaires pour compenser pleinement l'effet des changements climatiques sur les débits de crue et d'étiage varient considérablement d'un bassin versant à l'autre, et ce même au sein d'une région relativement restreinte et homogène. De plus, les cibles et l'efficacité de la restauration varient grandement selon l'objectif visé, soit l'atténuation des crues ou le soutien eaux étiages, et aussi selon l'indicateur considéré. Ainsi, il apparaît qu'une cible unique peut difficilement être utilisée pour assurer le maintien de fonctions écologiques distinctes, même lorsque celles-ci semblent être étroitement liées (telles que les deux fonctions hydrologiques étudiées ici). Cette étude indique que les cibles de restauration ont avantage à être établies localement, et probablement en fonction des menaces ou des objectifs prioritaires spécifiques au territoire d'étude.

Certains auteurs insistent cependant sur le fait qu'une telle précision dans l'établissement de cibles et dans la planification de l'aménagement du territoire réduit potentiellement la résilience et le fonctionnement global des écosystèmes présents dans le territoire. L'utilisation de fonctions « parapluies », c'est-à-dire dont la protection permettrait la protection indirecte d'autres fonctions, fait en effet l'objet de débats au sein de la communauté scientifique s'intéressant à l'élaboration de plans de conservation. L'intégration d'un ensemble plus large de fonctions pourrait davantage assurer le maintien de paysages multifonctionnels, mais les connaissances actuelles nous indiquent qu'il n'est pas clair à quel point ceci mènerait à des cibles de restauration particulièrement différentes de celles identifiées ici. De façon générale, la protection des fonctions hydrologiques semble permettre la protection d'un ensemble plus large de fonctions.

L'Annexe présente aussi des éléments de discussion quant à la variabilité de l'efficacité des scénarios de restauration entre les différents bassins versants de la zone d'étude. En résumé, cette variabilité s'expliquerait partiellement via certaines caractéristiques du paysage, notamment la quantité (superficie) et le type de milieux humides au sein de chaque bassin. Par exemple, des seuils minimaux de couverture en MH au sein d'un bassin favoriseraient le maintien des cycles hydrologiques, et les seuils observés ici (points de rupture dans les trajectoires de débits selon l'augmentation de la restauration), concordent avec les valeurs identifiées dans la littérature qui varient entre 5 % et 10%. D'autre part, les MH isolés et riverains pourraient avoir des impacts distincts sur la régulation des crues et des étiages, et, de surcroît, selon leur emplacement au sein du bassin versant. D'ailleurs, les différentes dynamiques hydrologiques associées à ces types de MH pourraient expliquer que, dans certains scénarios, la restauration, au lieu d'aider au soutien des faibles débits, a plutôt exacerbé ceux-ci. Le type de MH et leur emplacement sont des facteurs influençant les réponses hydrologiques et qui compliquent l'identification de cibles de restauration uniques et optimales. Cela met en lumière le besoin d'avancement de la recherche sur le sujet des cibles, afin d'éviter les surprises écologiques indésirables qui pourraient découler de plans de restauration.

Finalement, notre étude montre que l'objectif d'aucune perte nette n'est pas en mesure d'assurer le maintien des fonctions hydrologiques face au CC, et qu'un « gain net » dans le fonctionnement des MH, potentiellement via une superficie accrue, est plutôt nécessaire. L'aménagement du territoire doit mieux intégrer l'impact des changements climatiques sur les cycles hydrologiques et écologiques. Les politiques devraient ainsi s'articuler autour des résultats souhaités, tels que le maintien de ces cycles écologiques en valorisant notamment l'implantation de pratiques de gestion optimale des eaux.

En effet, tel que démontré ici, les objectifs d'aucune perte nette (de fonction ou de superficie de MH), ne peuvent garantir le maintien des cycles écologiques dans un contexte de changements climatiques.

Des cibles de restauration uniques déterminées sur des bases politiques et administratives ne peuvent servir adéquatement les objectifs de maintien des fonctions écologiques. Les projections de changements climatiques offrent une opportunité afin de définir des cibles basées sur la science. Tel que montré ici, bien que la restauration des MH représente une solution pertinente pour atténuer l'impact des changements climatiques sur les débits critiques, elle peut difficilement être envisagée comme seule solution étant donné le niveau élevé de restauration nécessaire dans certains bassins versants, en particulier face aux enjeux de pénurie d'eau. Quoi qu'il en soit, à la lumière de nos résultats, la restauration de MH peut accroître la résilience de nos sociétés et des écosystèmes face aux changements climatiques.