

Les effets des retenues d'eau sur les milieux aquatiques et leurs limites, dans le contexte du changement climatique

Marion LANGON, OFB DR Auvergne – Rhône - Alpes

SAUVONS !
L'EAU !

Comment définir les effets des retenues d'eau sur les milieux aquatiques ?

- **Objet** : les plans ou retenues d'eau construits par l'Homme
- Des effets complexes à décrire en raison d'une **grande diversité de situations**



- Usages, mode d'alimentation, mode de restitution, mode d'utilisation de la ressource,
- Caractéristiques des retenues : taille, forme, position dans le bassin, liens avec le cours d'eau

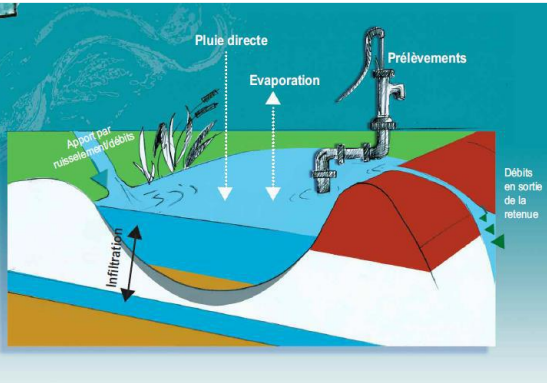
Source : INRAE Nadia Carluier

Comment définir les effets des retenues d'eau sur les milieux aquatiques ?

- Des effets qui concernent **l'ensemble des caractéristiques fonctionnelles du milieu aquatique**
 - Hydrologie, hydrogéologie
 - Transport solide, hydromorphologie
 - Qualité physico-chimique de l'eau
 - Biologie, écologie
- Des effets abordables **sous différents angles géographiques et temporels**
 - Localisé (effet d'une retenue isolée)
 - Global à l'échelle d'un bassin (effet cumulé)
 - Annuel ou saisonnier
 - À court ou long terme

Les effets d'une retenue

● Sur l'hydrologie



Bilan hydrique d'une retenue

$\Delta \text{volume} =$

flux entrants (Précipitation ; Q entrée) -

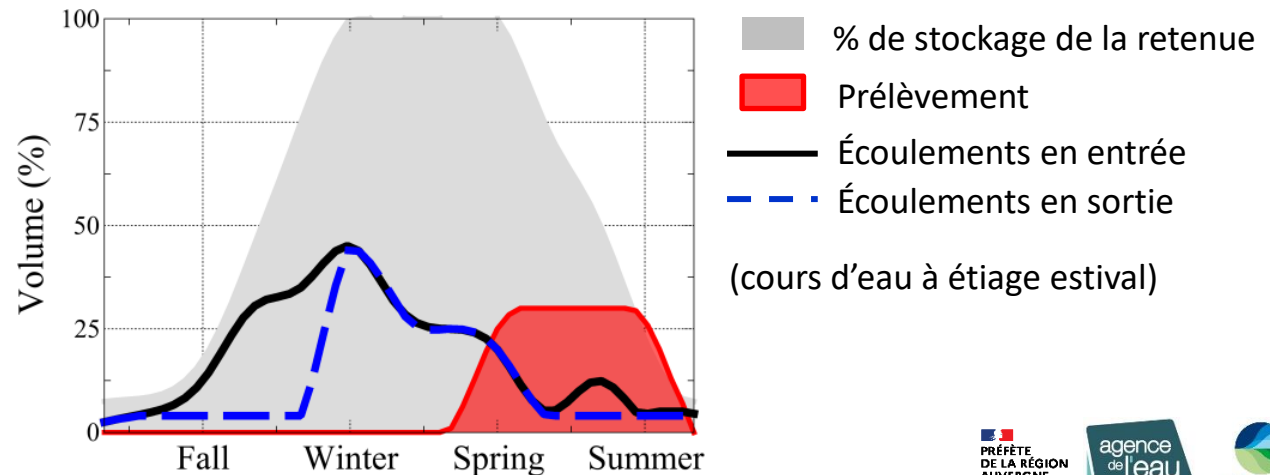
flux sortants (Evaporation ; Q sortie ; Q infiltration ; Q prélèvement)

Bilan hydrologique d'un plan d'eau (ESCO, 2017)

Impacts sur les écoulements en aval

Très dépendants du mode d'alimentation de la retenue, de sa gestion et de l'usage

Retenue sur cours d'eau avec débit réservé

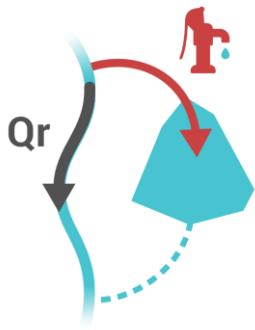


Illustrations Habets et al, 2018

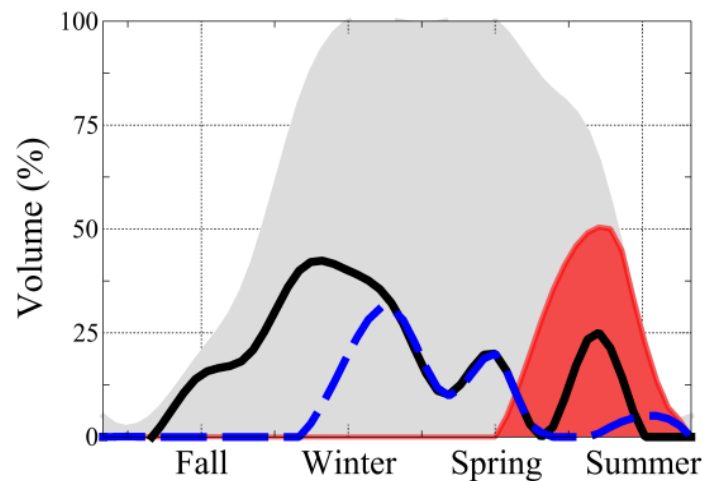
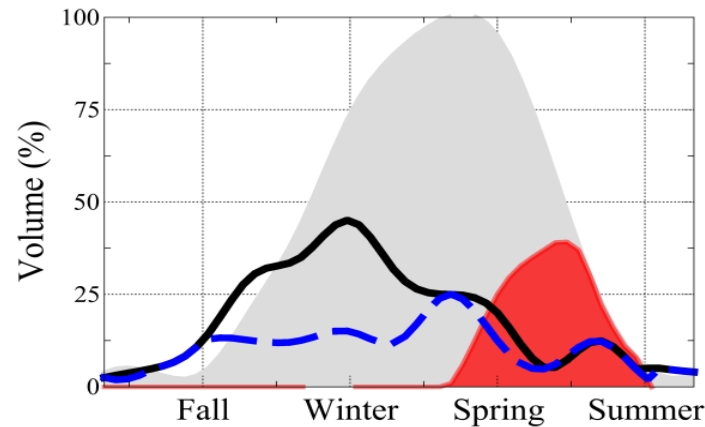
Les effets d'une retenue

● Sur l'hydrologie

Retenue en dérivation
avec prélèvement
gravitaire en cours d'eau



Plan d'eau alimenté
par ruissellement



(cours d'eau à étiage estival)

- % de stockage de la retenue
- Prélèvement
- Écoulements en entrée
- Écoulements en sortie

(cours d'eau à étiage estival)

Rôle important de :

- la capacité de stockage
- la période et intensité du prélèvement dans la retenue
- La valeur du débit réservé

Illustrations Habets et al, 2018

Les effets d'une retenue

- Sur le transport solide et la morphologie

Piégeage des sédiments (grossier, fin, matières en suspension) (effet dépendant de la granulométrie des apports amont, de la taille de la retenue, de la vitesse des écoulements dans la retenue)

Relargage des MES vers l'aval lors des vidanges

Modifications morphologiques du cours d'eau en aval (retenue sur ou alimenté par cours d'eau) (effet dépendant de la capacité de stockage de la retenue et débits de restitution)

- érosion, pavage, érosion latérale, exhaussement,
- Rétraction du chenal, stabilisation du lit...

Les effets d'une retenue

● Sur la physico-chimie

Thermie (effet dépendant essentiellement de la surface du plan d'eau et du mode de restitution, mais aussi turbidité, profondeur de la retenue, ripisylve):

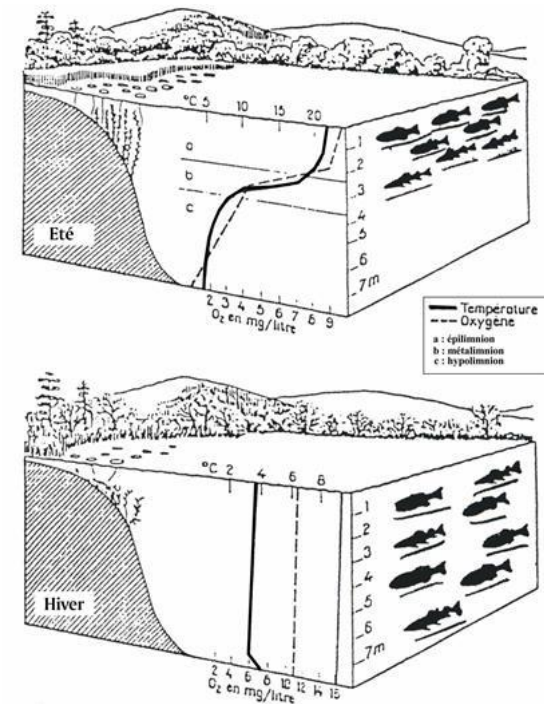
- stratification de la retenue et réchauffement en surface (été),
- restitution d'eaux plus chaudes (déversés) ou plus froides (prise de fond)

Oxygène dissous (directement corrélé à la stratification thermique)

Flux de carbone, azote et phosphore en conditions lentiques (effet dépendant des apports amont, du temps de renouvellement dans la retenue):

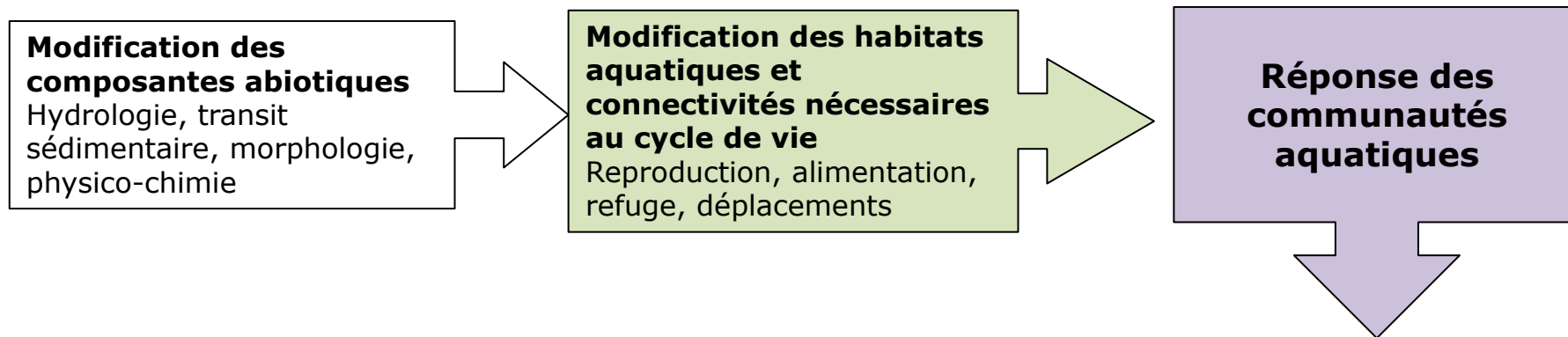
- Production de MO et stockage par sédimentation,
- minéralisation, libération de composés C, N, P
- Eutrophisation, cyanobactéries...

Propagation vers l'aval (effet dépendant de la connectivité hydrologique et de la distance d'influence)



Les effets d'une retenue

● Sur la biologie et l'écologie



Destruction des milieux (et espèces inféodées) sur lesquels est aménagée la retenue : zone humide, cours d'eau, prairie inondable...



(c) B. Adam



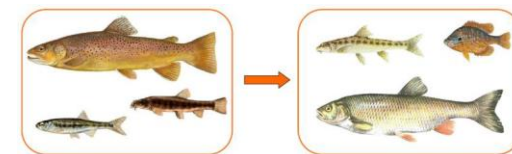
Zone humide ©Hélène Anquetil, AFB



Cours d'eau en tête de bassin versant ©Mikaël Le Bihan, AFB

Création d'un obstacle (retenue sur cours d'eau):

- Au déplacement des espèces,
- Thermique,
- nutritionnel...

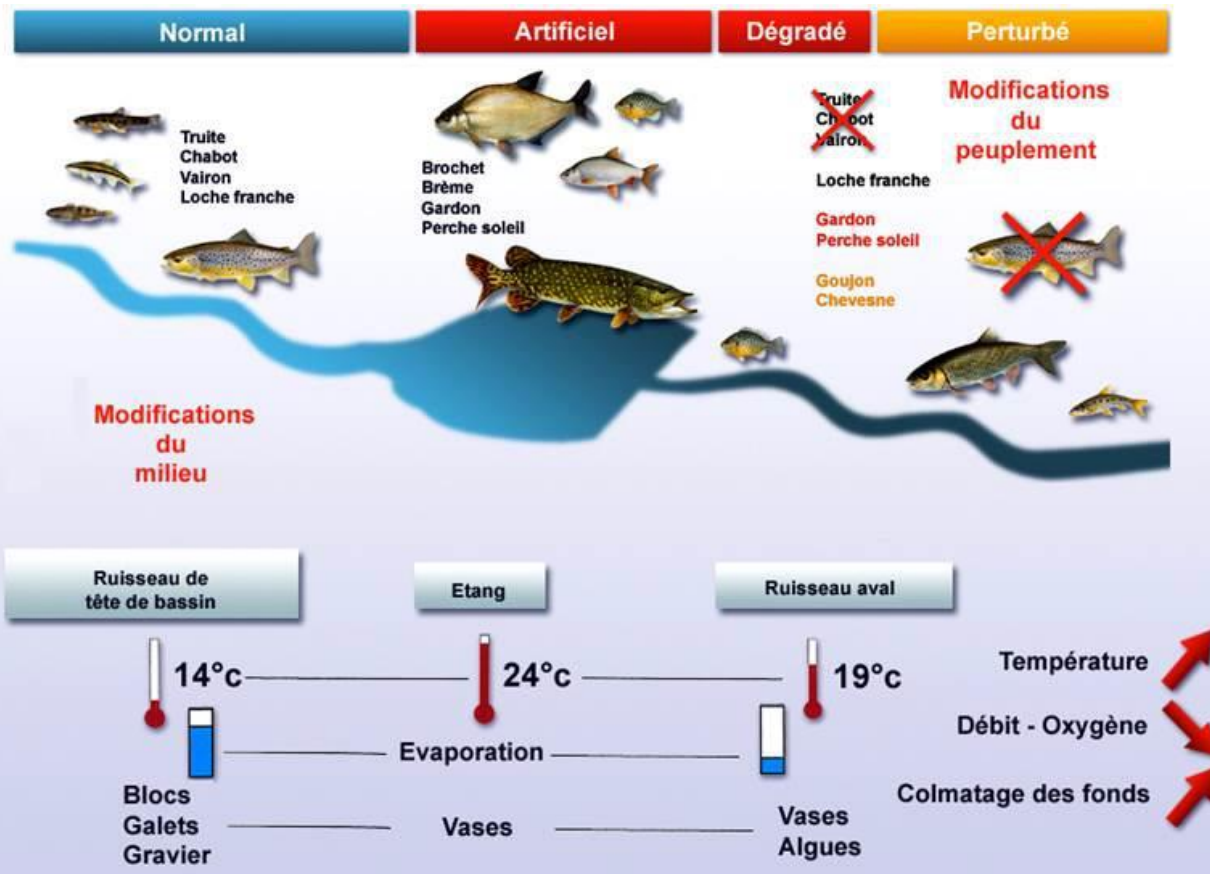


Glissement typologique (retenue sur cours d'eau):

- Apparition d'espèces lenticques,
- Contamination par des espèces introduites

Les effets d'une retenue

- Des effets maximisés sur les têtes de bassin...



- **Destruction de milieux fragiles** (zones humides, sources, très petits cours d'eau)

- **à faible teneur en nutriments et MES** : fort contraste avec les eaux de sortie

- **oxygénés, T°C fraîche** : fort contraste de T°C

- **Peuplements patrimoniaux** des eaux oligotrophes: sensibles aux variations physico-chimiques

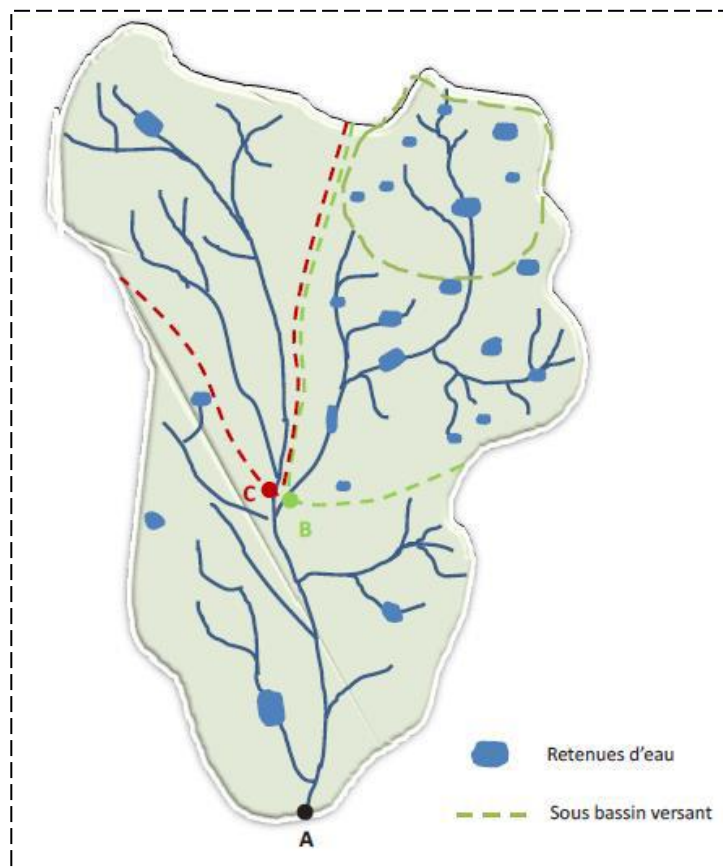
- **Capital hydrologique des BV** : menacé par des interceptions parfois totales des écoulements et aggravé par les prélèvements

Source : H. Anquetil, d'après Thibault Vigneron, CSP-AELB, 1999.

- ...qui se répercutent vers l'aval

Les effets cumulés des retenues

- Rôle prépondérant de l'échelle géographique



Exemple de retenues connectées entre elles via le réseau hydrographique, et de retenues de versant non connectées (ESCO, MEEM, ONEMA, IRSTEA, INRA, 2016)

Effets cumulés $\neq$ Somme des effets individuels

Rôle de :

- La répartition des retenues,
- La connexion des retenues entre elles : ramification hydrographique, distances, liens avec le cours d'eau

Au point A (bassin complet) : effet cumulé intermédiaire

Au point B (sous-bassin très équipé) : effet cumulé significatif

Au point C (sous-bassin peu équipé) : effet cumulé modéré

La limite aval du bassin versant à considérer est à fixer **en fonction des enjeux identifiés.**

Les effets cumulés des retenues

- Les effets cumulés sont **complexes** à caractériser

En raison des nombreuses autres pressions confondantes à l'échelle d'un bassin versant (autres modes de prélèvement, rejets polluants, extraction de sédiments...)

- L'expertise collective **ESCO (2017)** a montré :

? Débits d'étiage
et débits de crues

➤ **Débits moyens annuels** (plus marquée les années sèches)

➤ **Variabilité annuelle des débits**

? Effet sur l'ajustement
morphologique du
cours d'eau mal connu

- **Stockage sédimentaire**

- **Stockage à long terme du phosphore dans les retenues** avec risque de relargage

- **Effets sur la température, la teneur en oxygène dissous, la concentration en nutriments** avec une grande variabilité saisonnière, très dépendants de la distance d'influence et de la connectivité hydrographique.
- **Evolution des peuplements piscicoles et macro-invertébrés**
- **Implantation d'espèces invasives**

(ESCO, MEEM, ONEMA, IRSTEA, INRA, 2017)

Les effets cumulés des retenues

- L'appel à projets **ICRA (OFB 2018-2022)** (8 territoires)

Exemple de résultats concordants sur la **thermie**

intensité de perturbation

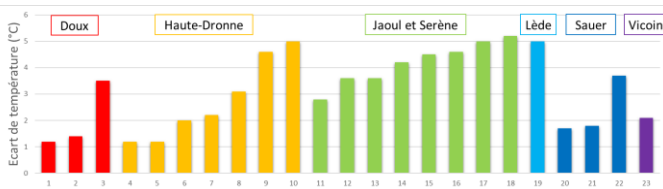
Ecart de température maximal en été

Intensité de perturbation de $+1,2^{\circ}\text{C}$ à $+5,2^{\circ}\text{C}$

Comparable à d'autres études scientifiques (Zaidel et al. (2021))

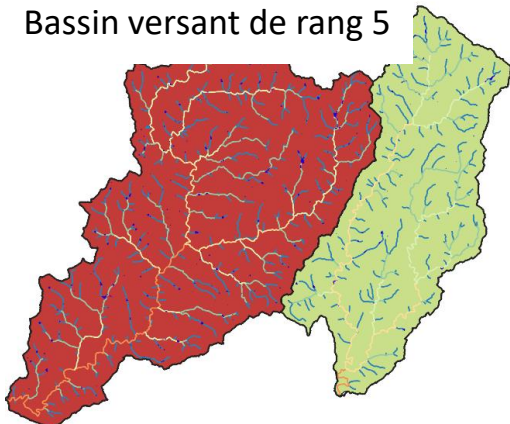
distance d'influence

	Distance d'influence
Jaoul et Serène	600m à 900m
Haute-Dronne	500m à 1km
Lède	500m et 600m

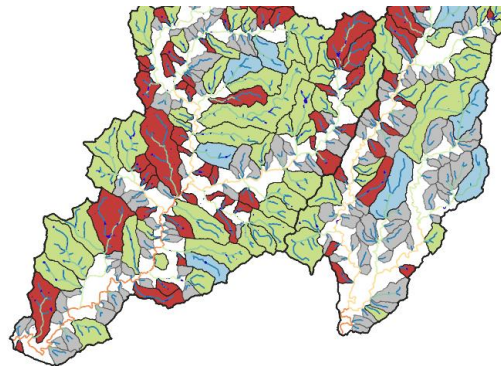


Représentation cartographique des valeurs guides thermie : des effets d'échelle

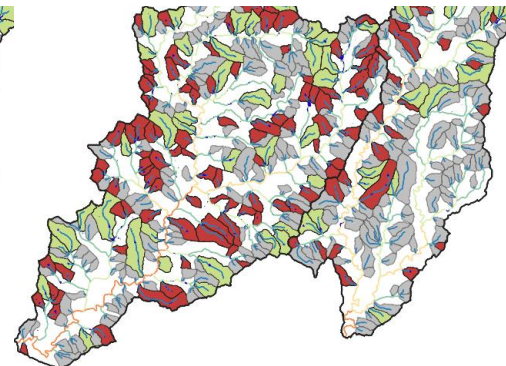
Bassin versant de rang 5



Bassin versant de rang 3



Bassin versant de rang 1



Valeur guide "couple Surface-Densité"

- Non impacté (light blue)
- Intermédiaire (green)
- Impacté (red)
- NC (grey)

Effets des prélèvements en cours d'eau hors étiage

- Des processus écologiques associés aux hautes et moyennes eaux connus



Décolmatage des substrats



Création d'habitats variés et dynamiques



Apports de nutriments / d'eau douce aux estuaires / milieux côtiers



Connexion des annexes hydrauliques



Déclenchement de comportements migratoires

On connaît certaines relations hautes eaux / écologie...

... mais on ne sait pas bien quantifier ces relations

Effets des prélèvements en cours d'eau hors étiage

Synthèse bibliographique sur le rôle des forts débits pour le fonctionnement des écosystèmes aquatiques*

h e p i a
Haute école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève

- **Régime hydrologique = "métronome"** des écosystèmes d'eau courante, contrôle de très nombreux processus morpho-dynamiques et biologiques.
- ↗ altération du régime hydrologique ↗ **risque d'altérer les communautés et le fonctionnement naturel de l'écosystème.**
- Bien que ses effets soient très variables selon le contexte ou l'événement étudié, l'hydrologie de hautes et moyennes eaux a une **importance fondamentale pour l'écologie du système.**
- Etudes quantitatives encore peu nombreuses.

*Franck Cattaneo, Clarisse Judes, Flora Branger, Eric Sauquet, Sébastien Pouchoulin, et al.. Etude de l'impact des prélèvements d'eau en cours d'eau hors étiage. OFB, Office Français de la Biodiversité; Hepia; INRAE. 2024

Effets des prélèvements en cours d'eau hors étiage

Synthèse bibliographique sur le rôle des forts débits pour le fonctionnement des écosystèmes aquatiques*

h e p i a
Haute école du paysage, d'ingénierie
et d'architecture de Genève

- Des **métriques hydrologiques « clefs »** pour le fonctionnement des écosystèmes aquatiques

→ **Q10** (altérations : valeur, nb jours > Q10, Nb et durée max des événements > Q10)

des **débits élevés**, sans pour autant être des crues, correspondant à *plusieurs «pulses courts» (décolmatage, déclenchement de migration) ou un débit élevé et constant (qualité de l'habitat de reproduction)*

→ **Q plein bord $\approx$ Q 2ans** (altérations : valeur, nb et durée des événements > Qpb)

des débits qui **mettent en mouvement les particules grossières** du substrat (> 2 cm)

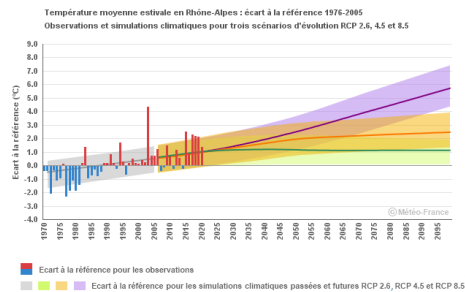
→ des débits permettant la **mise en connexion d'habitats annexes** dans le cas de plaines inondables (altérations : fréquence et durée des mises en connexion, qualité et quantité d'habitat favorable)

*Franck Cattaneo, Clarisse Judes, Flora Branger, Eric Sauquet, Sébastien Pouchoulin, et al.. Etude de l'impact des prélèvements d'eau en cours d'eau hors étiage. OFB, Office Français de la Biodiversité; Hepia; INRAE. 2024

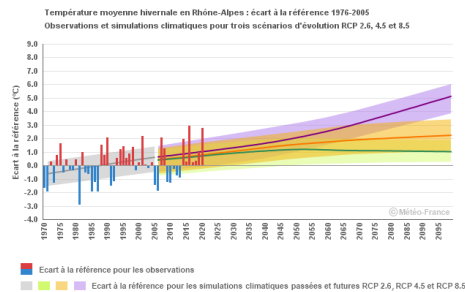
Les limites des retenues de stockage de l'eau

- Dans le contexte du changement climatique...

Températures en RHÔNE-ALPES*

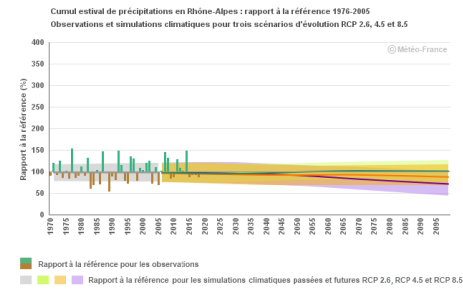


Des étés
toujours plus chauds

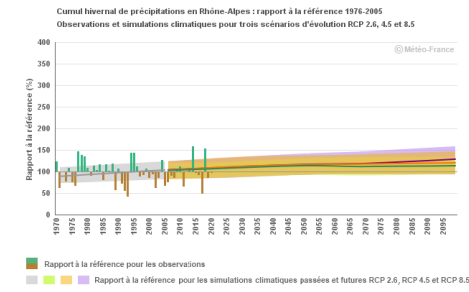


Des hivers
de plus en plus doux

Précipitations en RHÔNE-ALPES*



Pas de changement notable
des précipitations estivales



Davantage de pluie en hiver
selon certains scénarios

* Source : Climat-HD MétéoFrance

↗ Températures (air, eau) ↗ Evapo(transpi)ration ↘ Débits (printemps, été, automne)
↗ Phénomènes climatiques extrêmes (chaleur, précipitations, sécheresse)

**Augmentation des besoins
anthropiques en eau et risque de
non satisfaction**, si on ne change rien

**Conséquences sur les retenues
d'eau** : réchauffement, dégradation de la qualité,
évaporation, incertitudes sur les possibilités de
remplissage, risques de rupture

**Aggravation des effets des retenues
sur les milieux aquatiques**

Les limites des retenues de stockage de l'eau

- ...Rechercher des solutions concertées qui :

Réduisent notre dépendance à l'eau

Sobriété



Les retenues de stockage de l'eau maintiennent, voire augmentent notre dépendance à l'eau

« Mais ce gain de réserves est en fait compensé par une augmentation des usages (augmentation des surfaces irriguées ou croissance démographique) »
« Plutôt que de développer des stratégies de réduction des consommations, on induit une dépendance accrue aux infrastructures d'approvisionnement en eau : ce qui renforce la vulnérabilité et les dégâts économiques en cas de pénurie d'eau. » ([F. Habets, 2019](#))

Restaurent le grand cycle de l'eau

Zones humides, infiltration vers les nappes, stockage de l'eau dans le sol

Limitent les impacts des retenues sur les milieux aquatiques

Bonnes pratiques de gestion de la retenue : des débits biologiques à l'aval, limitation des espèces invasives, ripisylves, gestion des vidanges...

Conditions de remplissage : déconnexion, dérivation de plan d'eau en été...



Merci pour votre attention