



03 mars 2023 à 14h

Intervenantes :

- Nadia Carluer – INRAE, Unité de Recherche RiverLy
- Claire Magand - OFB



INRAE



Les retenues d'eau comme
opportunité d'adaptation au
changement climatique ?

Qu'est ce qu'un plan d'eau ? Qu'est ce qu'une retenue ?

Larousse :

- Niveau des eaux d'une rivière en un point donné ; partie d'une rivière ou d'un lac aménagée pour certains sports nautiques.

Wikipedia

- Un plan d'eau est une masse d'eau, plus ou moins permanente, qui peut être douce, salée ou saumâtre, souvent caractérisée par des courants qui ne suivent pas la pente du fond et une stratification thermique de la densité. Par opposition aux masses d'eaux vives, il s'agit d'un écosystème lentique.

Ea

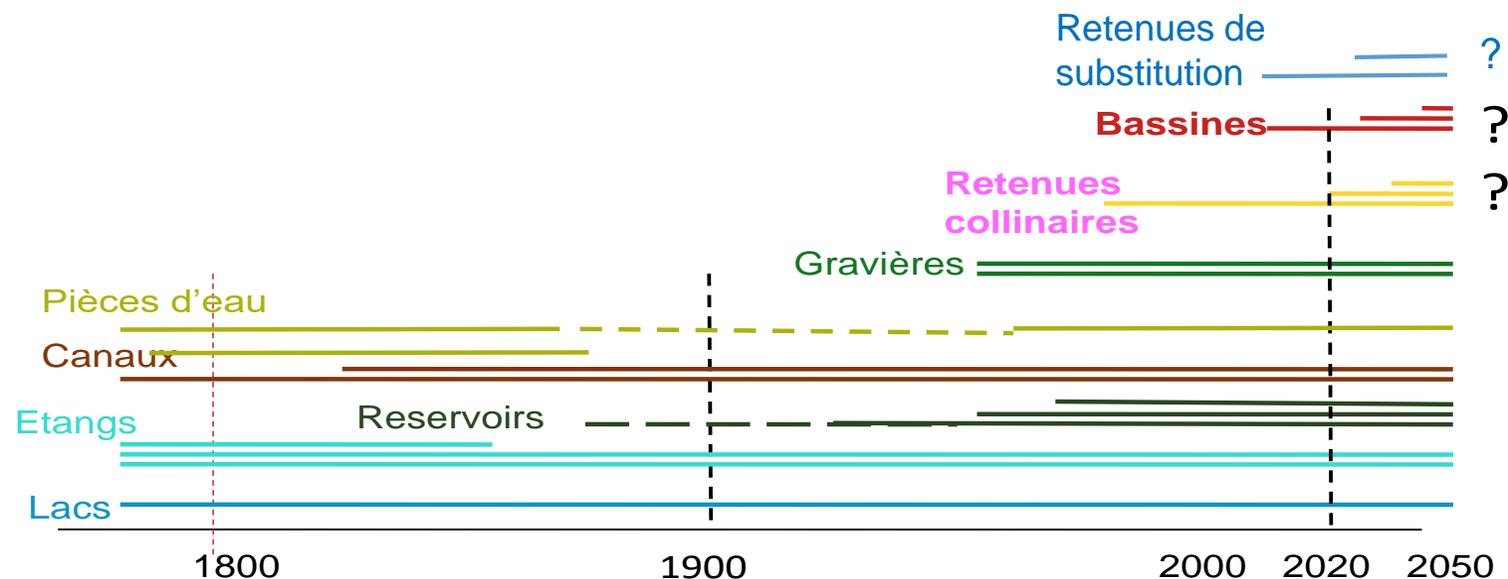
- **Pas de définition qui s'impose.
Le terme employé pour préciser dépend le plus souvent des usages**

Glossaire Eau, milieux marins, biodiversité (d'après OFB)

- **Sens commun** : Plan d'eau situé dans une dépression naturelle où la durée de séjour des eaux et la profondeur sont suffisantes pour définir une zone pélagique et où s'établit, du printemps à l'automne, une stratification thermique stable.
- **Sens technique** : Etendue d'eau douce continentale de surface, libre stagnante, **d'origine naturelle ou anthropique, de profondeur variable**. Il peut posséder des caractéristiques de stratification thermique. Le terme « plan d'eau » recouvre un certain nombre de situations communément appelées **lacs, retenues, étangs, gravières, carrières ou marais**. Les définitions rattachées à ces différentes situations sont nombreuses et font souvent référence à des usages.

Qu'est ce qu'un plan d'eau ? Qu'est ce qu'une retenue ?

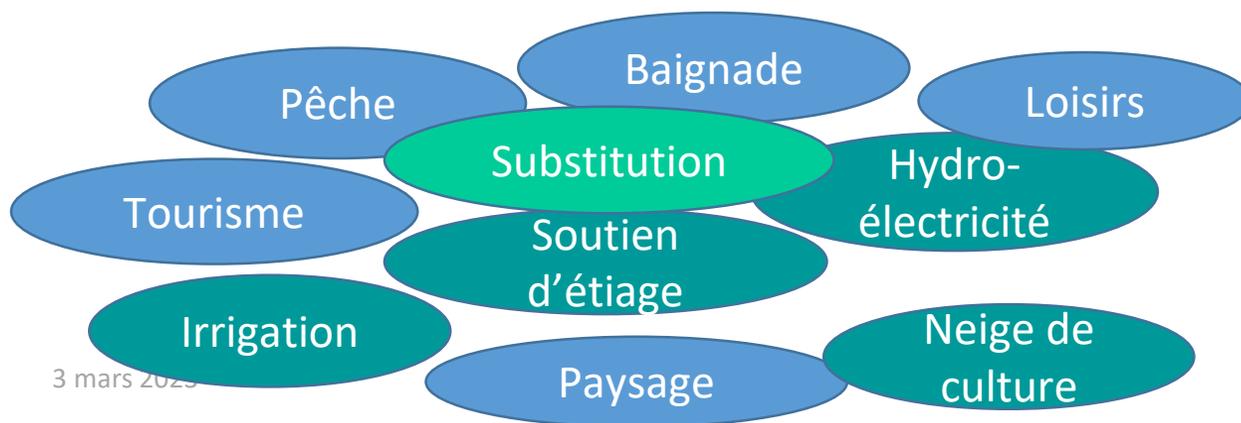
Plans d'eau construits. Quels usages ? Quelles perceptions ?



(Hypothèses à confirmer ; distributions à quantifier)

D'après Meybeck, 2021

Diversité des usages :



Diversité des regards :

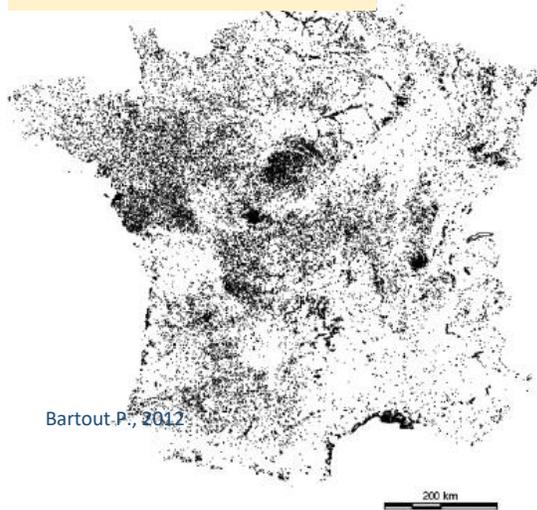
Pêcheurs, agriculteurs, touristes, industriels, citoyens, associations de protection de la nature, scientifiques, services de l'état, ...

Combien de plans d'eau en France ?

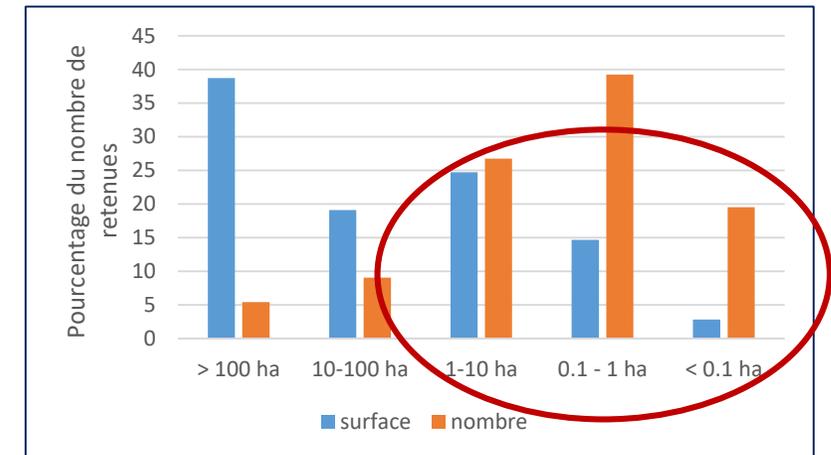
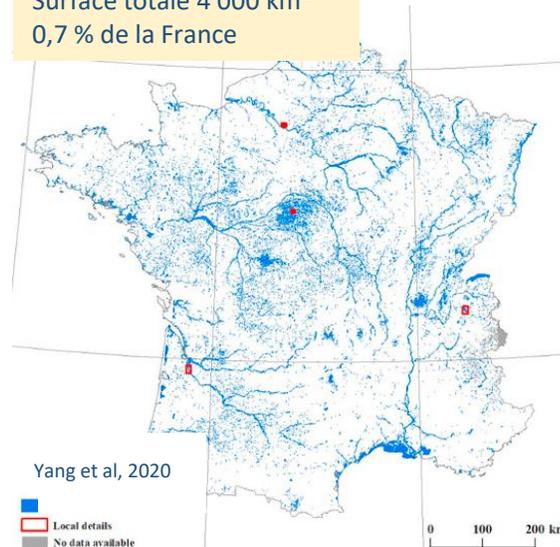
Difficulté à quantifier les petits plans d'eau, les plus nombreux

- Les grands ouvrages sont bien connus et caractérisés : 560 barrages pour environ 10 milliards de m³
- Les petits ouvrages sont plus mal connus et répertoriés, pas de base de données homogène au niveau national

600 000 petits plans d'eau
Surface totale 4 550 km²
0,8% de la France



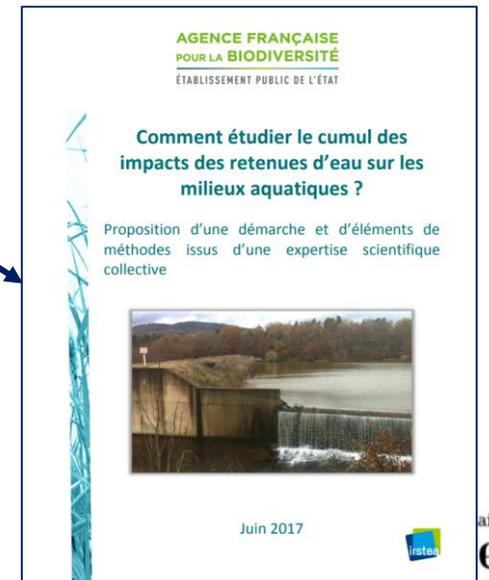
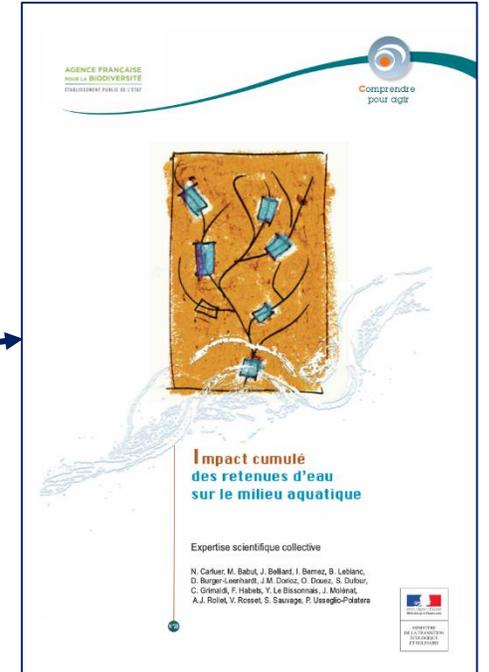
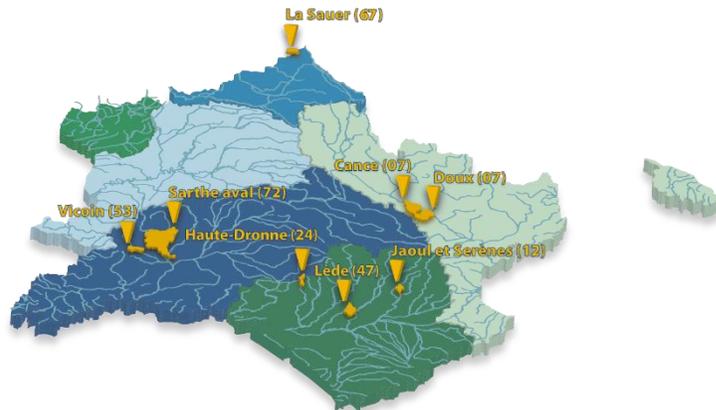
Surface totale 4 000 km²
0,7 % de la France



Répartition des plans d'eau selon leur superficie

Historique des travaux sur l'impact cumulé des plans d'eau en France

- Etude inter-agences sur l'impact des petits plans d'eau. CACG - 2001.
- Expertise Scientifique Collective sur l'impact cumulé des retenues d'eau sur le milieu aquatique. 2014-2016
- Guide méthodologique pour évaluer l'impact cumulé des plans d'eau. OFB. 2017, actualisé en 2023
- Projet « Impacts Cumulés des Retenues d'eau sur le milieu Aquatique – ICRA » : inter-projet décliné sur 8 bassins versants. 2019-2022



Quels impacts des retenues sur le milieu aquatique ?

Constats préliminaires

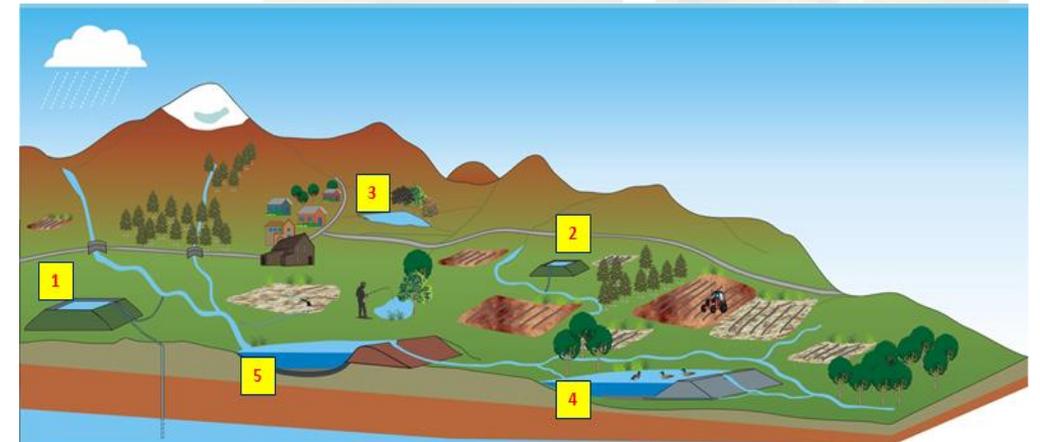
Diversité des retenues

- Usages, mode d'alimentation, mode de restitution, mode de gestion,
- Caractéristiques des retenues : caractéristiques intrinsèques et position dans le bassin et par rapport au cours d'eau



Typologie basée sur le mode d'alimentation

1. Pompage dans la nappe.
2. Pompage dans la rivière.
3. Retenue collinaire alimentée par ruissellement. Déconnectée du réseau hydrographique.
4. Retenue en dérivation
5. Barrage sur cours d'eau.



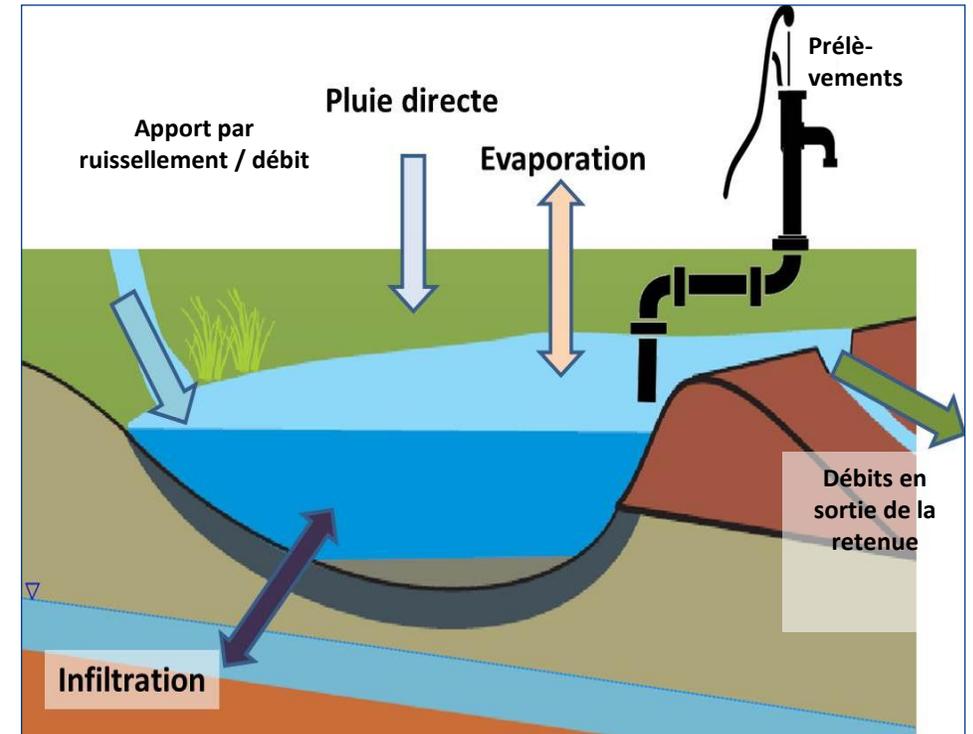
Emplacement des retenues selon leur type d'alimentation

Effet d'une retenue isolée

Fonctionnement et effet. Hydrologie – hydrogéologie.

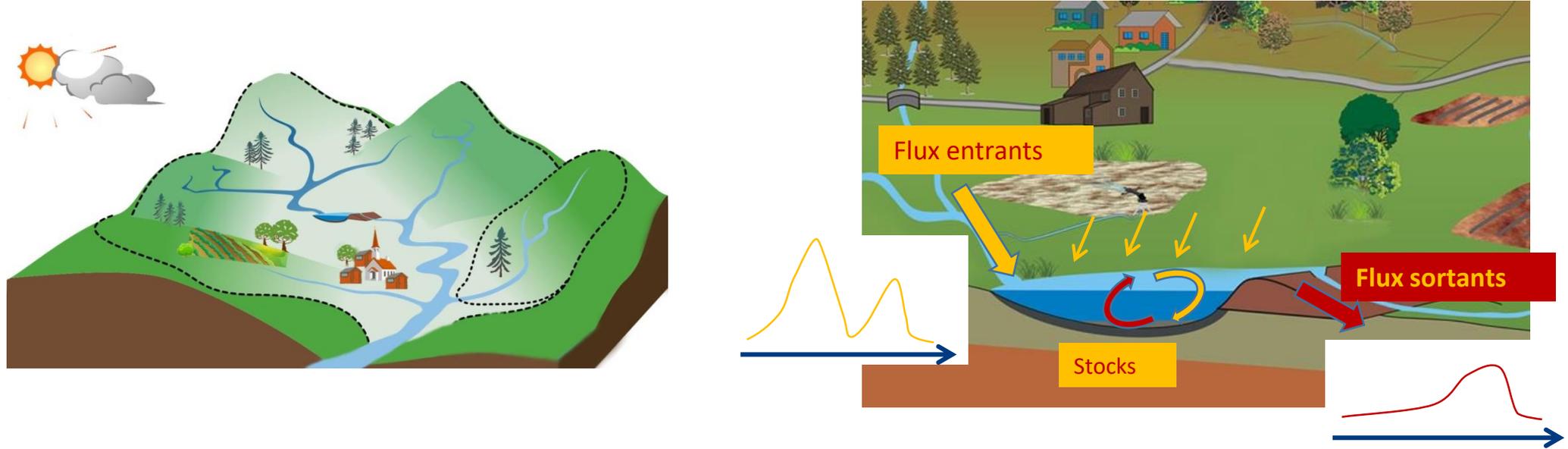
Les retenues ont deux principaux effets :

- Elles modifient la variabilité des flux via des périodes de stockage de l'eau
- Elles modifient les volumes écoulés via des pertes ou prélèvements



Effet d'une retenue isolée

⇒ Influence l'ensemble des caractéristiques fonctionnelles



Flux et concentrations : amplitudes, dynamique, saisonnalité

- Hydrologie : perte d'eau pour le cours d'eau aval (évaporation, infiltration, prélèvement)
- Piège à sédiments : modification du lit du cours d'eau
- Constitution de stocks de phosphore, ETM, pesticides (□ rôle de zones tampons) ; puits/source d'azote, phosphore, carbone ; risque d'eutrophisation ; évolution t° , O_2 .

Effet d'une retenue isolée

⇒ Influence l'ensemble des caractéristiques fonctionnelles

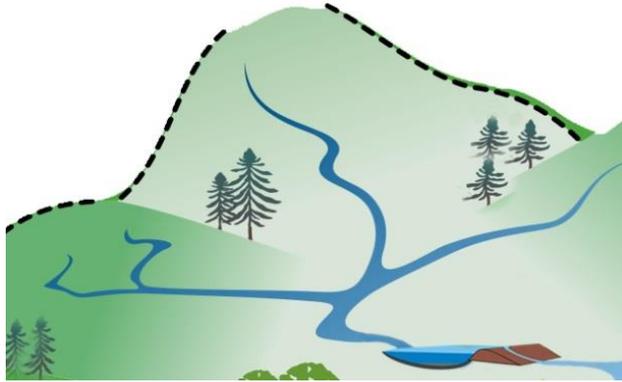


Structure des communautés vivantes, à l'amont et à l'aval (et dans le nouveau milieu constitué par la retenue)

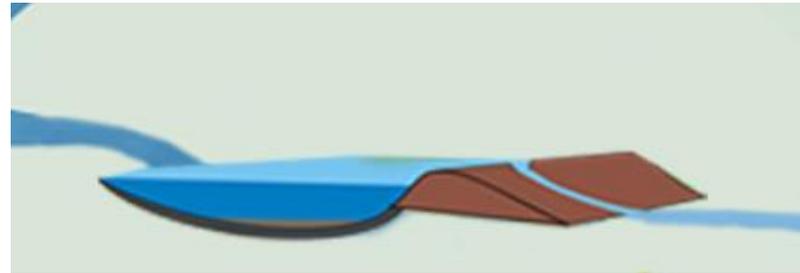
- Évolution de la structure des communautés, variables selon les traits biologiques et écologiques des espèces
- Implantation d'espèces à problème

Effet d'une retenue isolée

⇒ Nécessité de prendre en compte les 3 composantes :



Bassin amont :
Géologie, topographie,
pédologie, occupation du sol,
pratiques agricoles



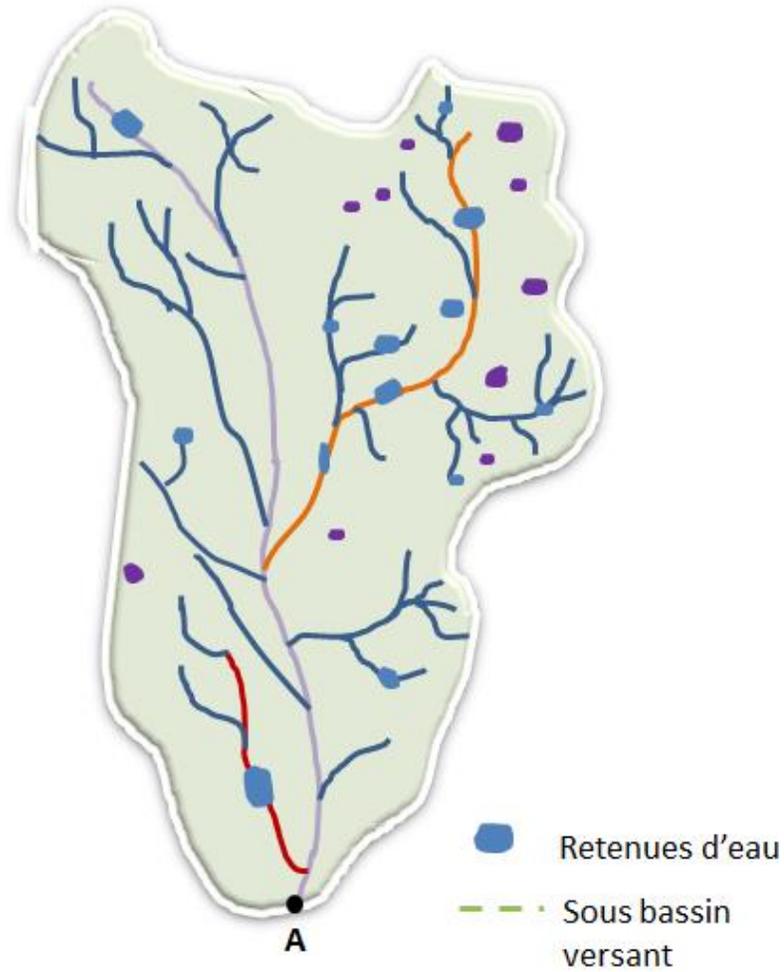
Retenue :
Volume, surface, type d'alimentation,
mode de restitution, dynamique de
prélèvement, position dans le bassin
versant, par rapport au cours d'eau



Cours d'eau récepteur :
Débit, substrat, présence
d'affluents, alimentations
diffuses, style du cours d'eau

⇒ Grande diversité de situations possibles

Effets cumulés des retenues



⇒ Pas de résultat, d'indicateur ou de descripteur directement transposable.

⇒ Importance de l'implantation des retenues dans le bassin et des connexions entre elles

Pour autant,

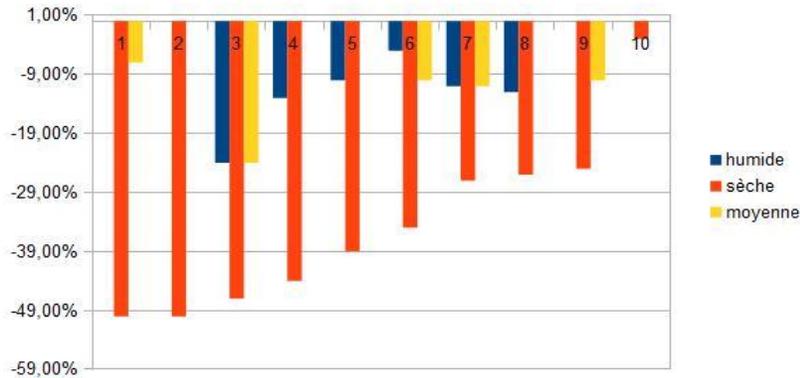
⇒ Des effets avérés

⇒ Des modèles et métriques qui peuvent être remobilisés

⇒ Qui demandent à être transposés, validés et calibrés.

Effets cumulés des retenues : hydrologie

□ Principal effet : réduction des débits annuels



Evolution des débits annuels (%) en fonction des années humides/sèches ou moyennes (10 références)

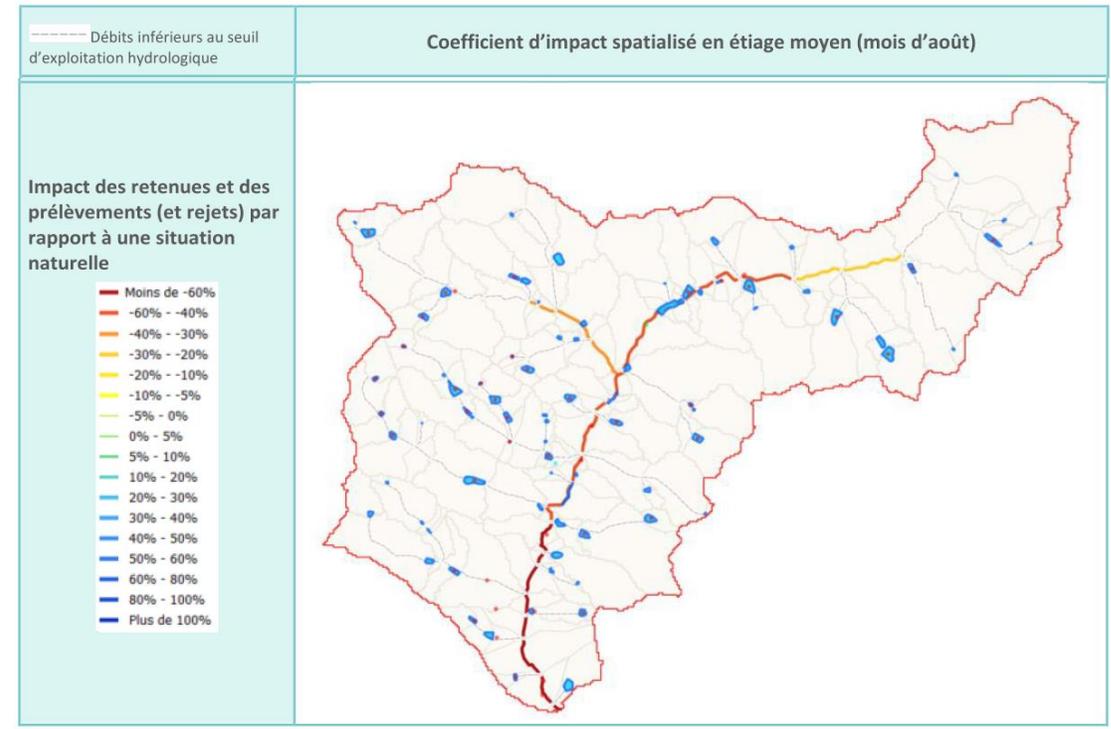
Des indicateurs d'effets cumulés peu pertinents à l'échelle globale

Difficulté à relier densité de retenues (nombre, surface ou volume /km²) aux effets observés sur l'hydrologie au niveau global

⇒ Indicateurs à concevoir et à valider à une échelle adaptée

Impact plus marqué les années sèches

Effet sur les *débits caractéristiques* (e.g. débit de pointe, débit et durée des étiages) ou *sur la distribution des débits* le long du réseau hydrographique plus rarement estimé



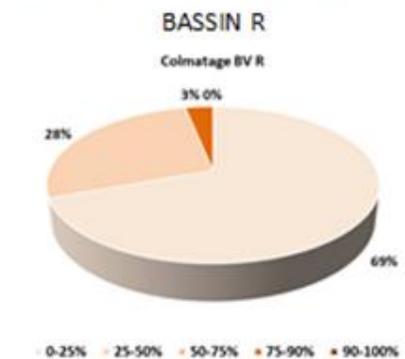
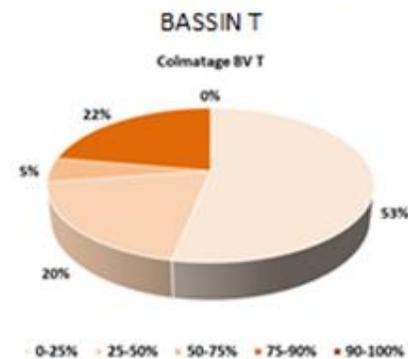
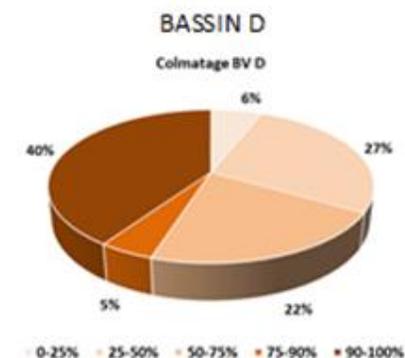
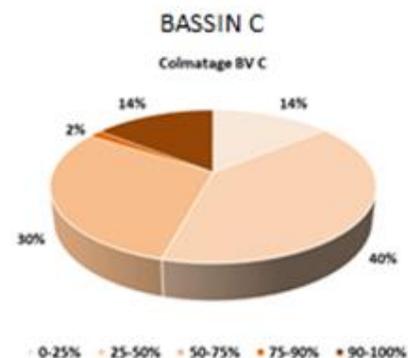
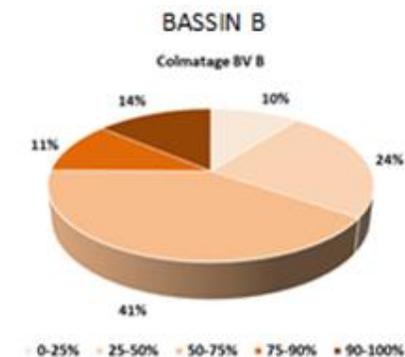
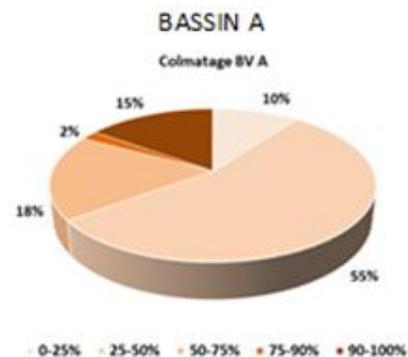
Exemple de modélisation du bassin de la Gardonne (47) – ICRA

Effets cumulés des retenues : hydromorphologie

⇒ Déficit important de connaissance sur l'effet cumulé

- Modification des flux sédimentaires : importance de la position relative des retenues
 - Puits de sédiments : réduction potentiellement forte des transferts solides à l'aval
 - Modification de la granulométrie des charges solides
- Tendance pour la morphologie : diminution de la bande active et de la migration des chenaux du cours d'eau
 - Importance de la prise en compte du contexte érosif et sédimentaire : excédentaire/déficitaire

Exemple sur le bv du Vicoin, en tête de bv, de diagnostics réalisés sur le colmatage du cours d'eau (bassin R = forêt, bassin T = prairies, bassins A,B, C et D = retenues+cultures)

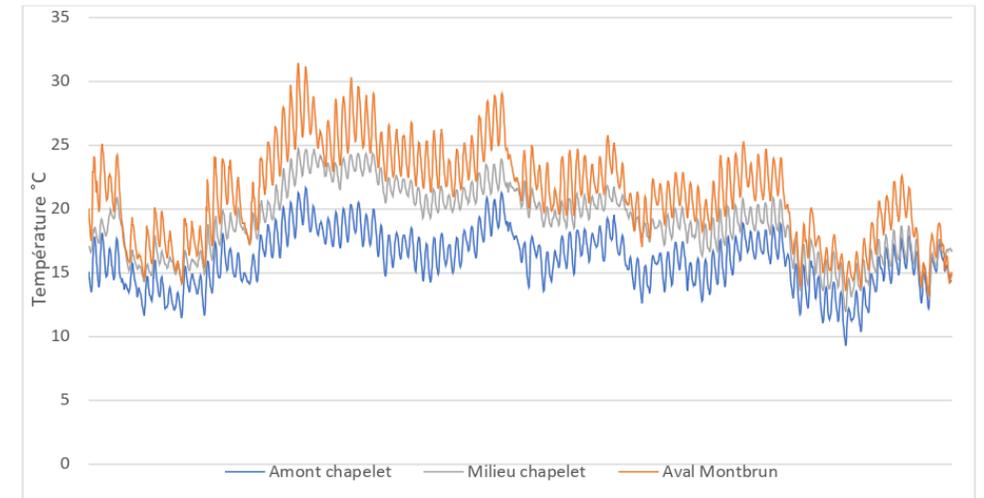


Effets cumulés des retenues : qualité physico-chimique

⇒ Importance de la spatialisation, de la connectivité

- Distance d'influence : température, O₂, concentrations.

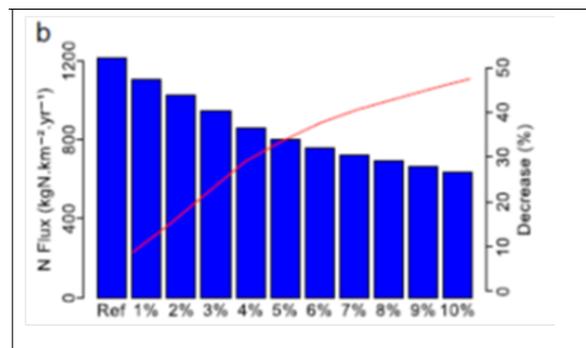
⇒ Variables non additives, effet potentiellement cumulé



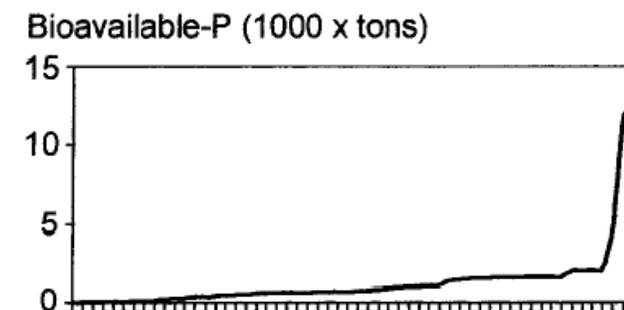
Exemple de mesures réalisées sur la Haute-Dronne sur l'année 2020

- Flux de Carbone, Azote, Phosphore

⇒ Variables additives, effet cumulé potentiellement infra-additif



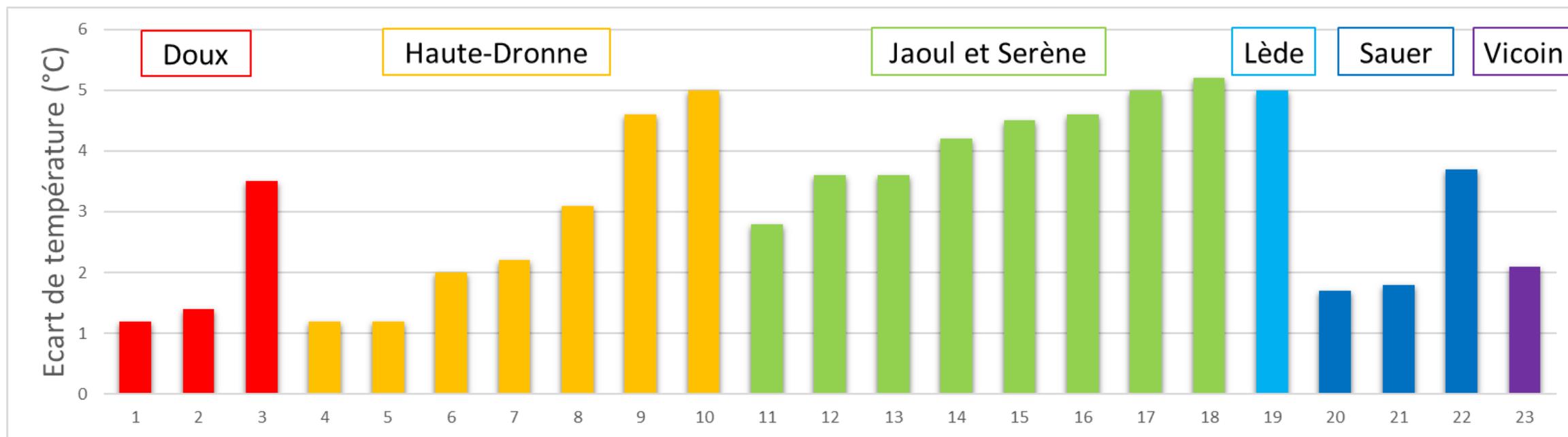
Nitrate :
Efficacité
décroissante de
la dénitrification



**Stock de P
particulaire**
biodisponible (x
10³ tonnes). BV du
Lot. Dauta et al.
1999

Effets cumulés des retenues : exemple de la température

Intensité de perturbation des retenues



Ecart de température : maximal en été

Intensité de perturbation : de +1,2°C à +5,2°C

Comparable à d'autres études scientifiques

Effets cumulés des retenues : exemple de la température

Intensité de perturbation des retenues

Retenue dérivée

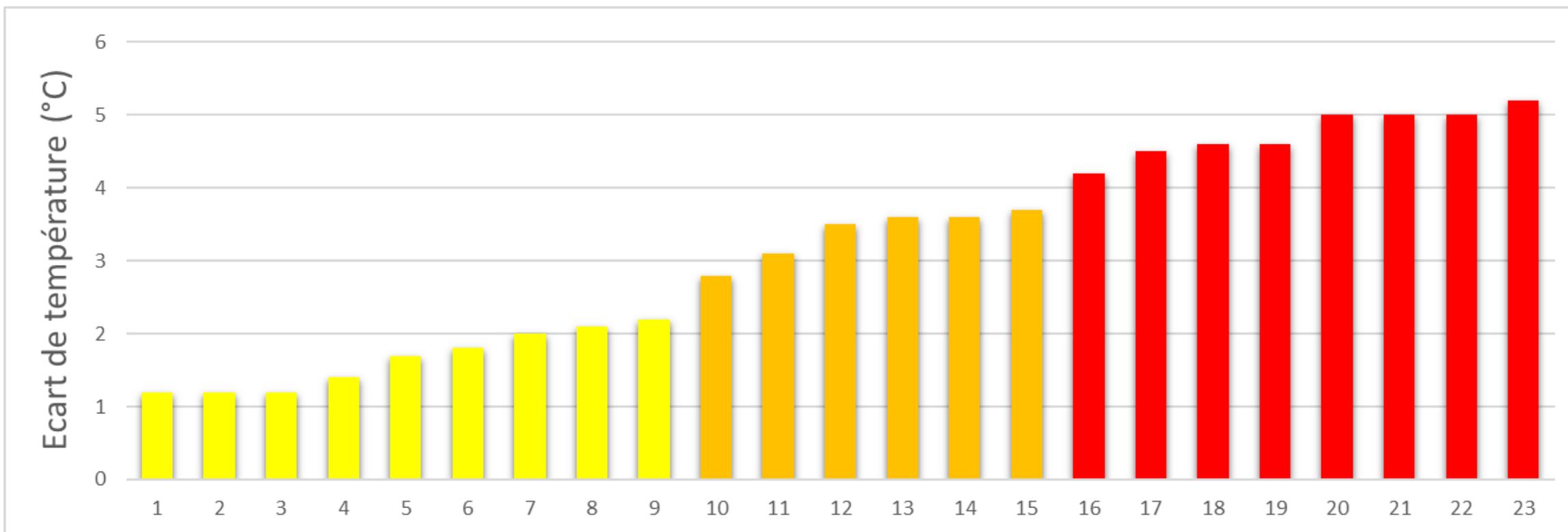
Vanne de fond

Ombrage

Surface cumulée importante de retenues

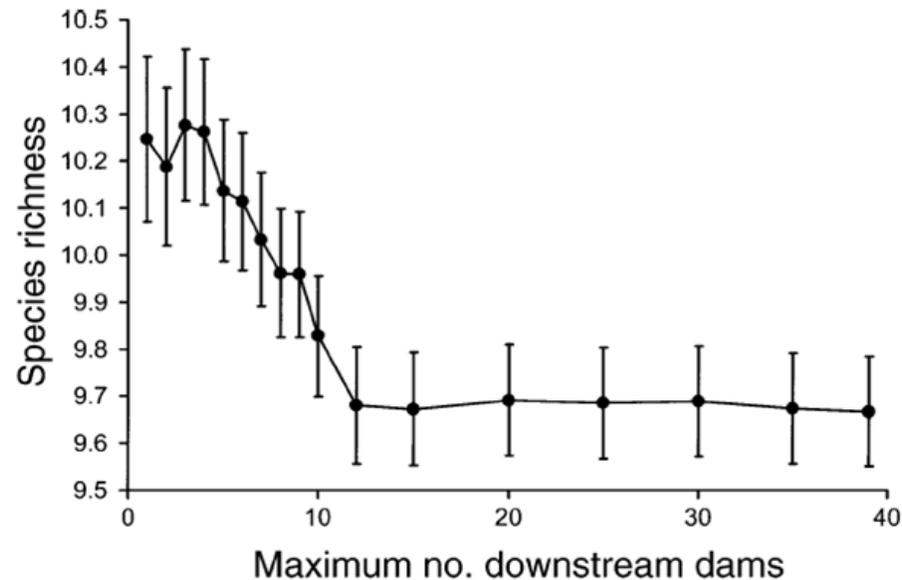
Retenues en série

Surverse



Effets cumulés des retenues : compartiments biologiques du cours d'eau et de son bassin versant

⇒ **Effets complexes**, potentiellement sur l'ensemble du réseau trophique et des habitats, mis en évidence notamment par des approches de terrain....



Variation du **nombre d'espèces de poissons** en fonction de l'abondance des retenues en aval, dans les cours d'eau de premier ordre du Wisconsin

Source : Cumming (2004) Ecological Applications 14(5): 1495-1506

Liés aux modifications des conditions environnementales, de la connectivité, des processus de dispersion des organismes

⇒ Diminution de l'abondance des espèces rhéophiles pour les poissons

⇒ Evolution de la structure des communautés d'EPT pour les macro-invertébrés

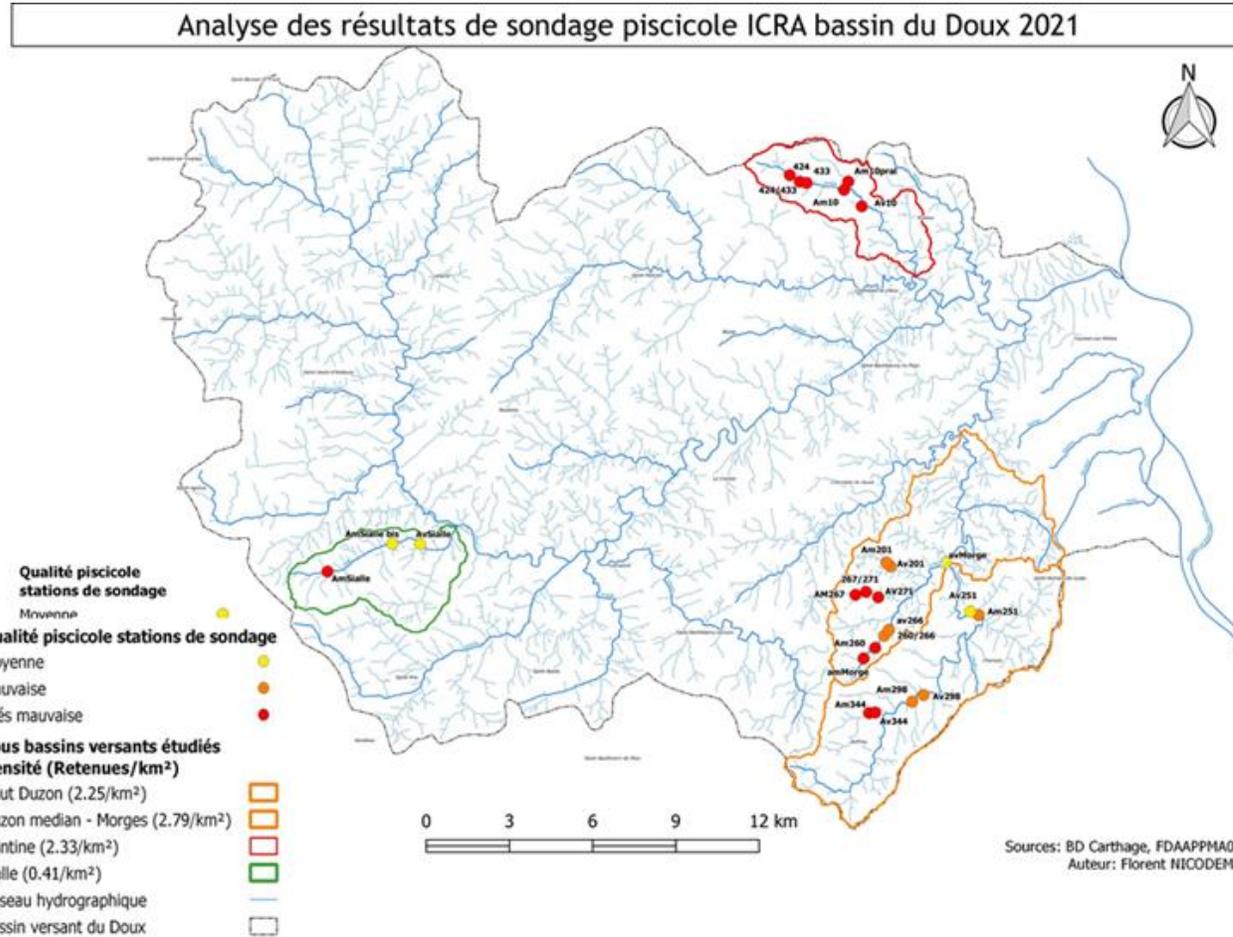
⇒ Implantation d'espèces invasives

⇒ Pas japonais pour la biodiversité pour certaines retenues/milieus

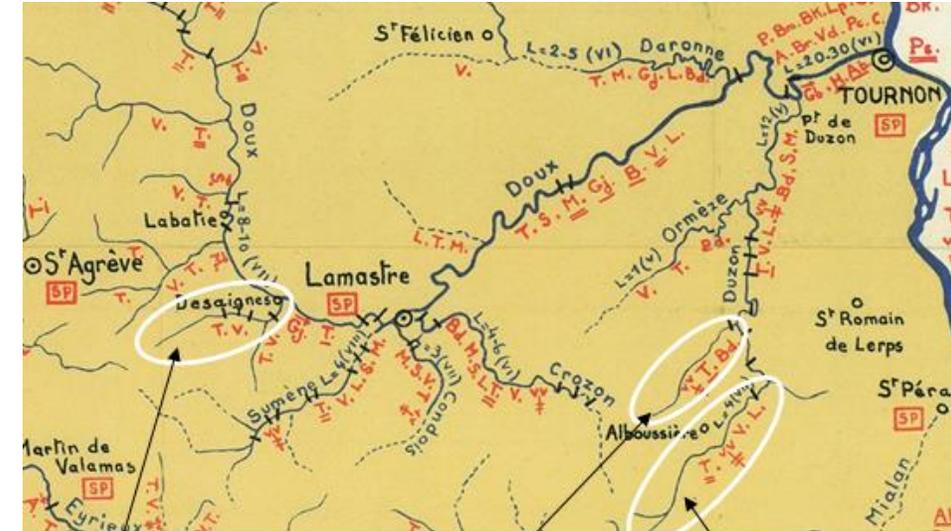
⇒ Des impacts fortement influencés par le mode de gestion de la retenue

Effets cumulés des retenues : compartiments biologiques du cours d'eau et de son bassin versant

⇒ Quelles références considérer ?



Exemple de mesures réalisées sur le bassin versant du Doux

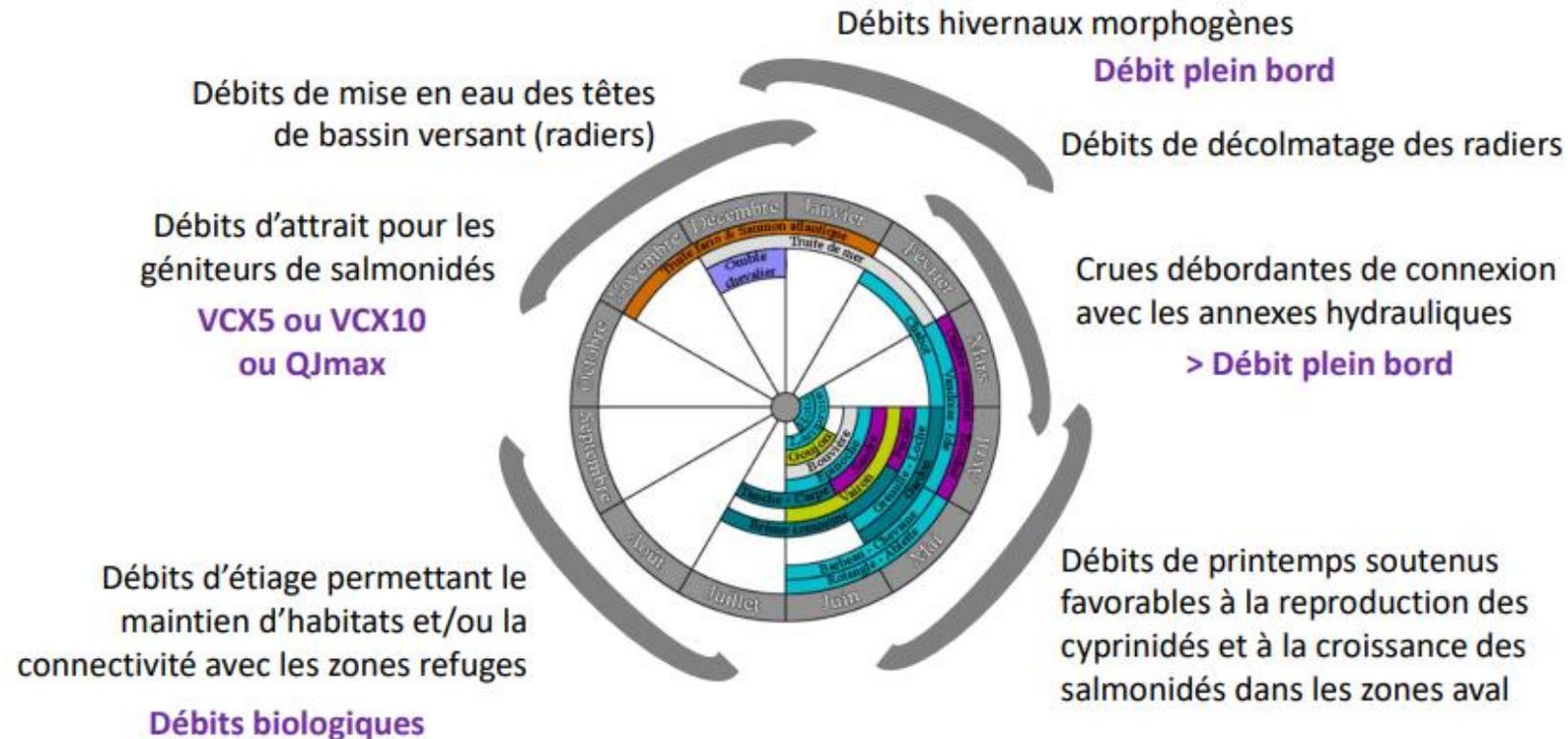


Le Sialle
Le Morge
Le Haut Duzon

Les cours d'eau montrent une qualité piscicole mauvaise indépendamment du nombre de retenues => recherche d'informations historiques complémentaires (ex : carte piscicole 1956)

Effets cumulés des retenues : compartiments biologiques du cours d'eau et de son bassin versant

⇒ **Intérêt de considérer l'ensemble du cycle hydrologique**, pour le compartiment biologique, mais aussi pour la morphologie des cours



Difficulté à quantifier les effets de la modification des régimes de hautes eaux (prélèvements hivernaux) : étude OFB-INRAE-HEPIA en cours

Effets cumulés des retenues : conclusions

La présence de retenues sur un bassin versant influence toujours l'ensemble des caractéristiques fonctionnelles du milieu aquatique :

Evaluer la significativité des effets suppose de définir de façon partagée des enjeux, des seuils associés sur le territoire. Intérêt d'une démarche s'appuyant sur des échelles emboîtées.

Importance du recensement des retenues et de leurs caractéristiques

- Pas de base de données unique spécifique
- Nécessité de bancariser les données (y compris usages et leur dynamique temporelle)

Besoin de connaissances complémentaires

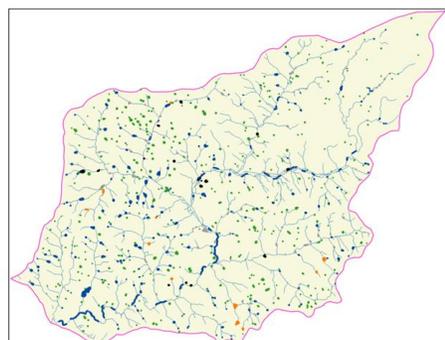
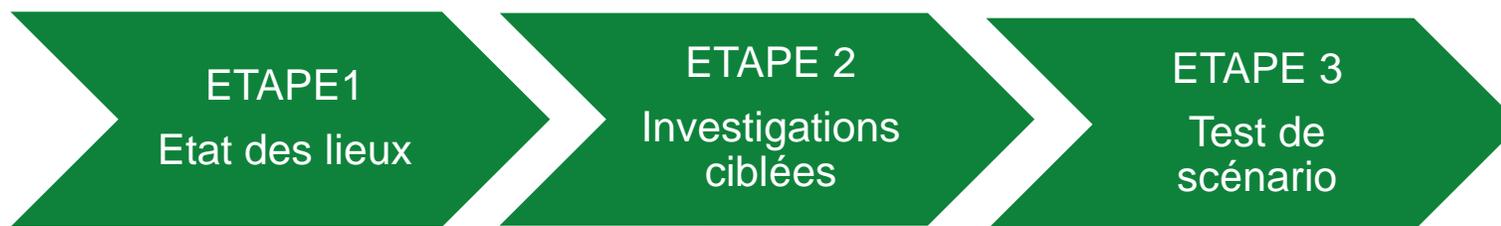
- Sur les processus biogéochimiques et écologiques
- Sur les types de retenues peu présentes dans la littérature scientifique
- Sur l'impact des prélèvements hivernaux (retenues de substitution)
- Sur l'évaporation

Attention aux grandes échelles de temps et d'espace

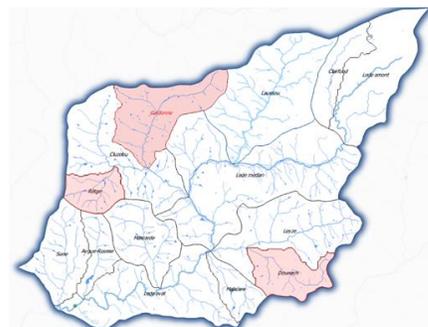
Effets cumulés des retenues : conclusions

Guide méthodologique pour évaluer l'impact cumulé des plans d'eau.
OFB. 2017, actualisé en 2023

Une démarche en 3 grandes étapes



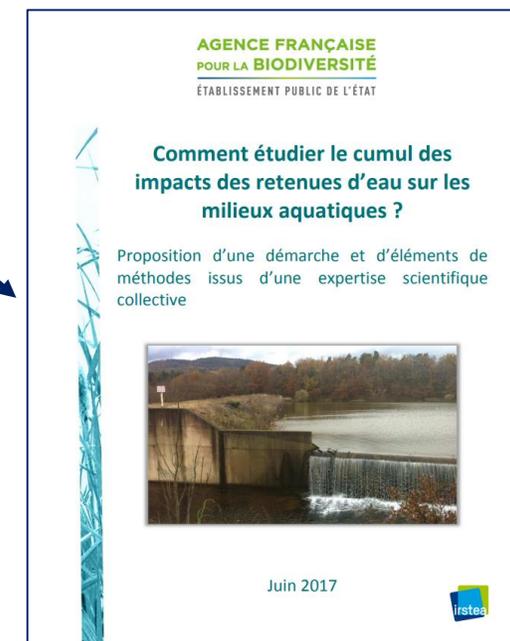
Identifier les principaux impacts liés aux retenues



Préciser les processus et l'importance des impacts



Etudier les effets de projets d'aménagement



Quelle place des retenues dans l'adaptation au changement global ?

Evolution à la hausse des usages de l'eau, liée au changement global : urbanisation, lutte contre ilots de chaleur urbains, démographie, usages récréatifs, plans d'alimentation territorialisés

Demande accrue pour l'agriculture : Températures en hausse et précipitations en baisse pendant la période estivale. Besoin de sécurisation de l'accès à l'eau.

Accroître le stockage de l'eau, notamment via des retenues de substitution, représente t-il LA solution ?

- Stocker l'eau quand elle est abondante
- Atténuer les inondations

- ✓ Débits extrêmes très localisés : difficile d'installer des retenues au bon endroit
- ✓ Le stockage de l'eau contribue à limiter la recharge des nappes et leur contribution au soutien d'étiage
- ✓ Manque de connaissances sur les conséquences écologiques (hydromorphologie, biodiversité) de la modification des régimes de hautes eaux (étude OFB-INRAE en cours)
- ✓ Les retenues existantes se remplissent déjà essentiellement en hautes eaux

Quelle place des retenues dans l'adaptation au changement global ?



Constat :

- Il existe déjà des retenues qui régulièrement ne se remplissent pas,
- Et/ou qui ne sont économiquement pas rentables (Loubier et al, 2020)

Analyse économique et financière des Projets de Territoire pour la Gestion de l'Eau (PTGE) à composante agricole

Principes méthodologiques

Auteurs : Sébastien Loubier¹
Patrice Garin¹
Emeline Hassenforder¹
Caroline Lejars²

Avec la contribution de Stéphane Robichon³

Et après consultation des membres du Comité de Pilotage de l'étude

¹ Iristea UMR G-Eau - ² Cirad UMR G-Eau - ³ Agence de l'Eau Adour-Garonne

Usage des plans d'eau sur le bassin versant du ruisseau de Chanzé

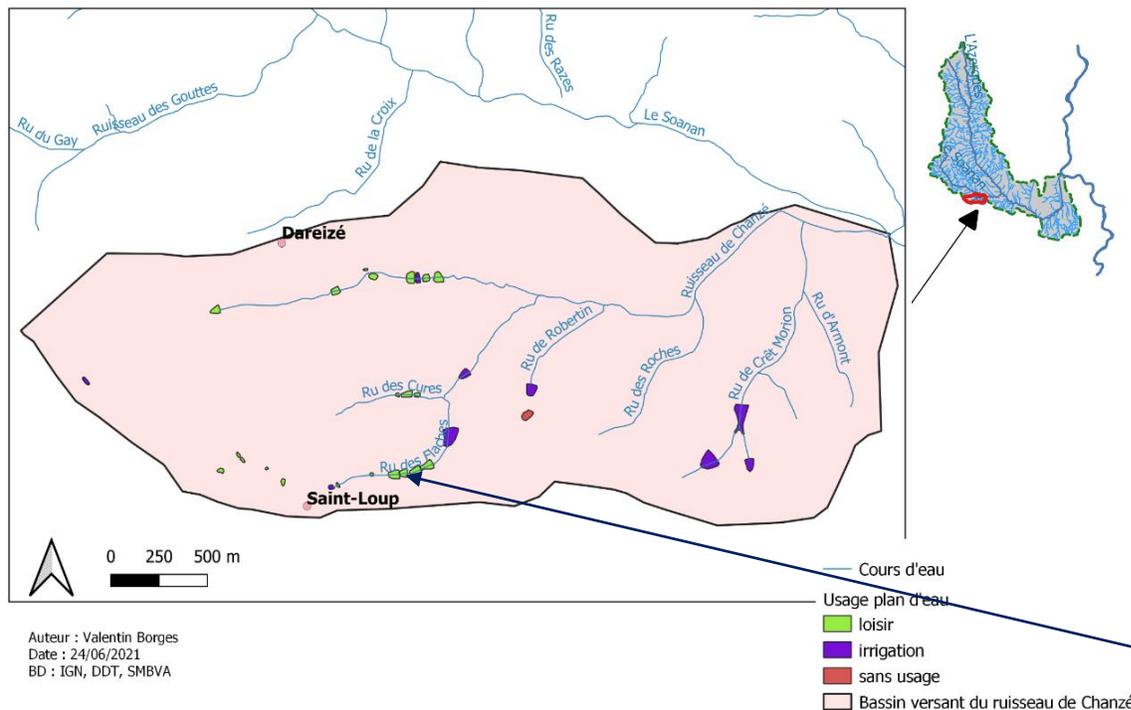


Image satellite de retenues en travers de cours d'eau à St-Loup [Google Earth]

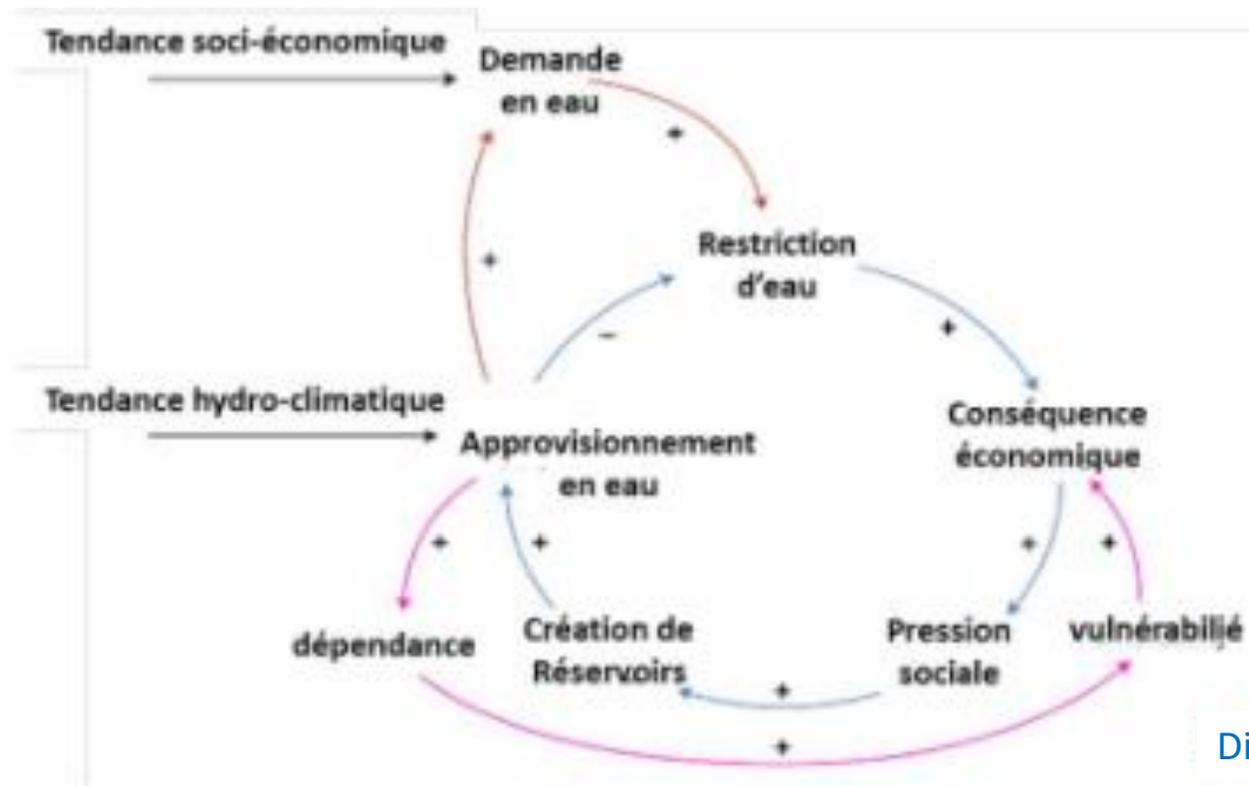
Stage Valentin Borges, 2021

Quelle place des retenues dans l'adaptation au changement global ?

Constat :

- Il existe déjà des retenues qui régulièrement ne se remplissent pas,
- Et/ou qui ne sont économiquement pas rentables (Loubier et al, 2020)

Accroissement de « l'offre » : Rétroaction / verrouillage technique



Di Baldassarre et al (2018)

Quelle place des retenues dans l'adaptation au changement global ?

Constat :

- Il existe déjà des retenues qui régulièrement ne se remplissent pas,
- Et/ou qui ne sont économiquement pas rentables (Loubier et al, 2020)

Accroissement de « l'offre » : Rétroaction / verrouillage technique

En cas de réchauffement très prononcé, l'irrigation ne suffira pas à maintenir la production agricole, il faudra recourir à un ensemble de solutions complémentaires (GIEC 2022)

Quelle place des retenues dans l'adaptation au changement global ?

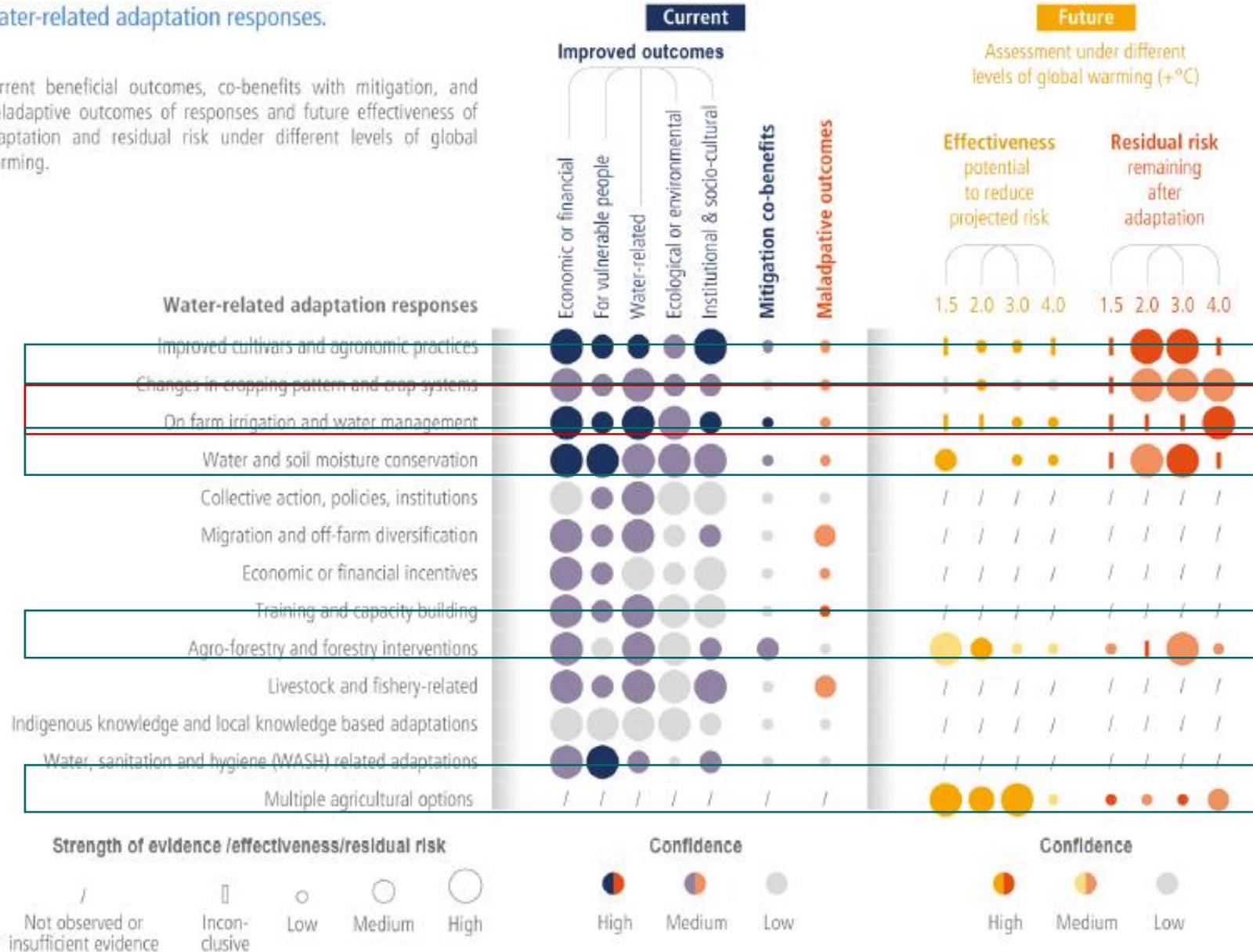
Options d'adaptation : l'irrigation est efficace pour réduire le risque de sécheresse et les impacts du climat dans de nombreuses régions, et présente plusieurs avantages en termes de moyens de subsistance, mais nécessite **une gestion appropriée pour éviter les conséquences négatives, qui peuvent inclure une baisse accrue du niveau des nappes ou d'autres ressources en eau et une salinisation du sol accrue (confiance moyenne)**. Une irrigation à large échelle peut également altérer la température locale à régionale et les régimes de précipitation (*confiance élevée*), incluant à la fois l'atténuation et l'exacerbation des températures extrêmes (confiance moyenne). **L'efficacité de la plupart des options d'adaptation liées à l'eau pour réduire les risques prévus décroît avec un réchauffement accru (confiance élevée)**.

... les options efficaces incluent l'amélioration variétale, l'agroforesterie, l'adaptation à l'échelle communautaire, la diversification des exploitations et des paysages, et l'agriculture urbaine (*confiance élevée*). Les principes et pratiques de l'agroécologie, la gestion basée sur les écosystèmes de l'aquaculture, et d'autres approches utilisant les processus naturels accroissent la sécurité alimentaire, la nutrition, la santé, et le bien-être, les moyens de subsistance et la biodiversité, la soutenabilité et les services écosystémiques (*confiance élevée*). Ces services incluent la régulation des parasites, la pollinisation, l'atténuation des températures extrêmes, et la séquestration et le stockage de carbone (*confiance élevée*)

Quelle place des retenues dans l'adaptation au changement global ?

Water-related adaptation responses.

Current beneficial outcomes, co-benefits with mitigation, and maladaptive outcomes of responses and future effectiveness of adaptation and residual risk under different levels of global warming.



Quelle place des retenues dans l'adaptation au changement global ?

Constat :

- Il existe déjà des retenues qui régulièrement ne se remplissent pas,
- Et/ou qui ne sont économiquement pas rentables (Loubier et al, 2020)

Accroissement de « l'offre » : Rétroaction / verrouillage technique

En cas de réchauffement très prononcé, l'irrigation ne suffira pas à maintenir la production agricole, il faudra recourir à un ensemble de solutions complémentaires (GIEC 2022)

Nécessité de réfléchir à l'échelle des territoires, en considérant l'ensemble des enjeux, des trajectoires souhaitées collectivement pour le territoire

Privilégier les solutions « sans regret », et qui présentent des co-bénéfices multiples (atténuation CC, préservation de la biodiversité, diminution de la pollution des sols ou des eaux)

Quelles solutions pour limiter les impacts ?

Gestion

- Respect du débit réservé pour les retenues sur cours d'eau



M. Bramard / OFB

- Gestion des vidanges (rubrique 3.2.3.0 – R214-1)
 - Limiter les rejets et pertes d'espèces invasives – réaliser des pêches de sauvegarde

Quelles solutions pour limiter les impacts ?

Aménagement

- Gestion de la ripisylve à l'aval et autour du plan d'eau (ombrage ; limitation évaporation)
- Installation d'un moine



aquaculturefrance.com

- Aménagement des berges (à différencier selon l'usage, l'artificialisation de la retenue)



M. Bramard /OFB

Quelles solutions pour limiter les impacts ?

Aménagement

- Déconnexion de la retenue en étiage
- Mise en place d'un bras de contournement pour les retenues sur cours d'eau

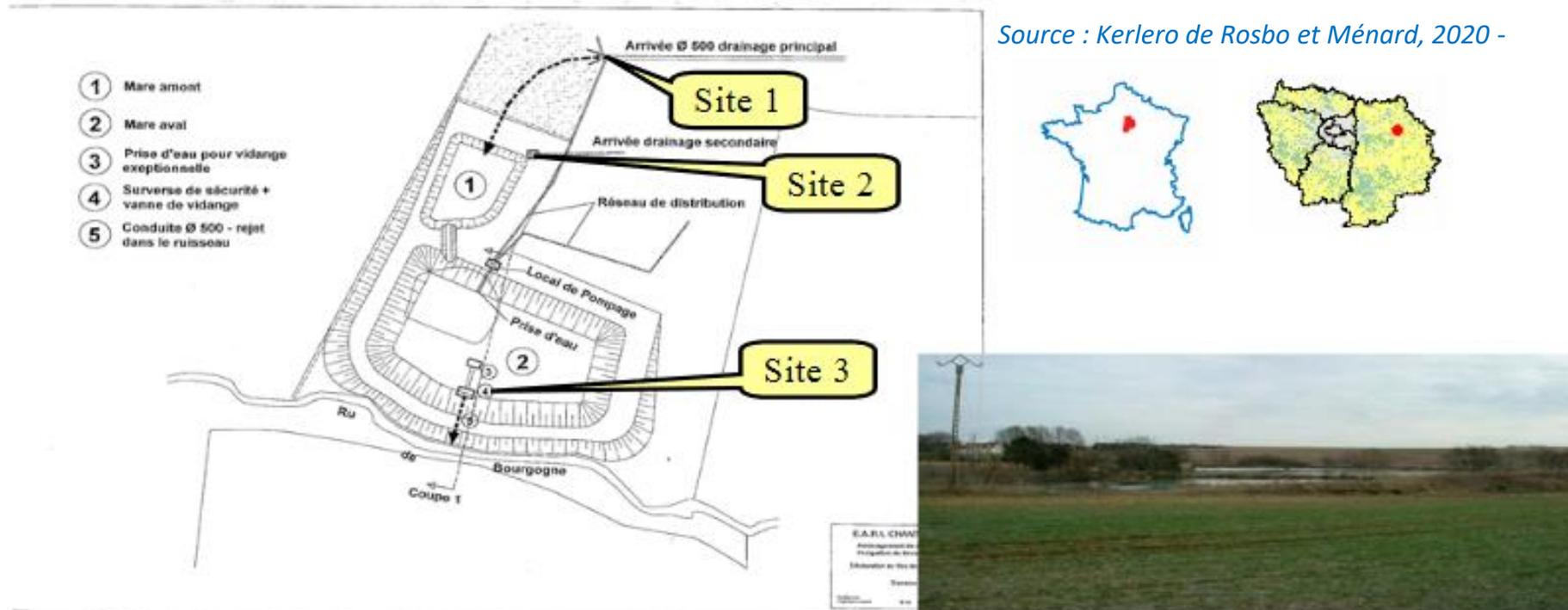


Quelles conséquences sur la qualité de l'eau stockée et les usages associés ?

Quelles solutions pour limiter les impacts ?

Suppression – remobilisation - création –

- Remobilisation de retenues existantes délaissées
- Effacement de retenues non utilisées (priorisation à effectuer ; l'effacement n'implique pas un retour à l'état pré-aménagement)
- Récupération des eaux de drainage



- Prélèvements hors étiage – étude en cours (le soutien d'étiage ne doit pas inverser le régime





Nos prochains RDV

www.creseb.fr/les-webinaires-du-creseb

- **7 avril** | Projet Life ARTISAN et ReSOURCE du Néal
- **5 mai** | Projet Interreg CPES
- **9 juin** | Projet BERCEAU (Ripisylve)
- **30 juin** | L'Empreinte Eau

www.creseb.fr



Quoi de neuf ?

Abonnez-vous à notre Newsletter afin de rester informé sur l'avancée des travaux du Creseb et sur les parutions et actualités dans le domaine de l'eau.

RESTEZ CONNECTÉ

 twitter.com/Creseb_Bretagne

 CRESEB Vidéotheque



283 avenue du Général Patton
CS 21101 - 35711 RENNES Cedex 7

• **Contact Cellule d'animation**

Tél. : 02 99 27 11 62
Email : creseb@bretagne.bzh