

CONCLUSION

Cette expertise a confirmé que les effets des retenues sur les écosystèmes aquatiques sont réels, complexes, diversifiés, d'intensité variable. En stockant et détournant de l'eau, les retenues modifient la répartition naturelle et les chemins des flux d'eau et de matière transportée. Elles influencent ainsi les régimes d'écoulement, le transfert de sédiments, de nutriments et de contaminants, en allongeant notamment les temps de séjour de l'eau, et modifiant ses caractéristiques physico-chimiques, les conditions d'interactions entre composés transportés, et l'intensité de la production primaire, avec des impacts écologiques associés.

Effets d'une retenue isolée

L'analyse des effets d'une retenue seule s'est avérée une étape indispensable à la démarche préalable à l'analyse des effets cumulés de plusieurs retenues. Cette étape a permis de faire le point sur la compréhension des processus en jeu, de révéler de multiples interactions entre ces processus et d'identifier de nombreux facteurs d'influence. Elle a permis de préciser certains ordres de grandeur, par exemple pour les pertes par infiltration ou par évaporation, deux composantes du bilan hydrique de la retenue dont la phase exploratoire avait montré qu'elles étaient entachées d'une grande incertitude. La retenue joue un rôle de réacteur, lié à l'établissement de conditions lenticules, qui découple l'amont et l'aval du cours d'eau (ou le versant et le cours d'eau, en cas de retenue collinaire). Celui-ci modifie à la fois l'amplitude, la nature (changement de spéciation pour certains éléments) et la dynamique temporelle des flux transmis vers l'aval, et peut affecter de façon significative le fonctionnement du tronçon de cours d'eau situé à l'aval, du point de vue hydrologique, morphologique, physico-chimique, et écologique.

Deux compartiments sont ainsi à considérer pour appréhender l'effet d'une retenue : (i) **le nouveau milieu aquatique créé par la retenue** et (ii) **le cours d'eau**, aval plus ou moins directement récepteur mais également amont pour la biologie.

(i) **Les conditions établies au sein de la retenue favorisent certains processus biologiques, physiques et chimiques.** La retenue constitue une zone d'évaporation accrue, parfois d'infiltration significative, et toujours un piège à sédiments. Ce peut être aussi un lieu privilégié pour la dénitrification, ou la dégradation de certaines molécules phytosanitaires, le développement de l'eutrophisation, l'émission de gaz à effet de serre, et la constitution de stocks difficiles à gérer de phosphore, d'éléments trace métalliques (ETM) ou de pesticides, susceptibles d'être remobilisés et relargués sur le long terme. Le risque d'eutrophisation mérite une attention particulière : il est généralisé dans tous les bassins versants, notamment du fait des sols inondés, peut mettre en péril divers usages du plan d'eau, et peut jouer vis-à-vis des autres polluants un rôle d'amplificateur, ou d'atténuateur. Du point de vue biotique également la retenue représente un nouveau milieu, susceptible d'abriter un nouveau cortège d'espèces, distinct de celui du cours d'eau et qui pourra alors coloniser le réseau hydrographique et interagir avec les espèces en place. Si les retenues peuvent constituer des habitats favorables à certaines espèces patrimoniales, elles peuvent se révéler en revanche particulièrement favorables à l'implantation de très nombreuses espèces à problème, notamment des espèces exotiques présentant un caractère invasif.

(ii) **La présence d'une retenue influence l'ensemble des caractéristiques fonctionnelles du cours d'eau aval**, en modifiant à la fois l'amplitude, la dynamique, la nature et la temporalité des flux, qu'il s'agisse de l'hydrologie, du transport solide et de l'ajustement morphologique du lit du cours d'eau que sa modification

induit, ou des caractéristiques physico-chimiques de l'eau. Ces modifications des conditions abiotiques en aval de la retenue entraînent des changements des communautés vivantes, dépendant des traits biologiques et écologiques des espèces. L'eutrophisation lorsqu'elle se développe peut se propager vers l'aval à travers des modifications de la biodisponibilité du phosphore et du rapport N/P.

Par ailleurs, en générant un obstacle parfois infranchissable, et donc en réduisant ou empêchant les échanges d'individus entre sous-populations, une retenue implantée sur le cours d'eau est susceptible de générer des impacts écologiques bien en amont de son emprise physique. Ces impacts incluent notamment la perte de diversité génétique (dérive génétique) et le déclin à long terme conduisant le cas échéant à l'extinction des populations isolées.

Les effets induits par une retenue sont très contexte-dépendants, influencés notamment **par la conjonction des trois composantes suivantes**, qui sont étroitement liées :

- **les flux entrants dans la retenue.** Ceux-ci sont déterminés par le bassin versant d'alimentation de la retenue : géomorphologie, sols, fonctionnement hydrologique, climat (pluie, évaporation), occupation du sol et pratiques culturales, position de la retenue par rapport au cours d'eau,
- **les caractéristiques propres de la retenue :** taille, morphologie, volume et dynamique de prélèvement (selon usages), mode de restitution de l'eau, qui influent sur le devenir des flux entrants (et des éléments chimiques déjà présents). Pour ce qui concerne les caractéristiques physico-chimiques, le temps de résidence de l'eau dans la retenue est un paramètre clé,
- **le mode de restitution de l'eau à l'aval,** le cas échéant : fonctionnement par débordement, profondeur de la prise d'eau, maintien ou non d'un débit réservé. En cas de restitution, l'influence de la retenue dépend de l'importance des flux et concentrations de l'eau restituée par rapport à ceux du cours d'eau aval, c'est-à-dire là encore de la position de la retenue par rapport au réseau hydrographique du bassin versant considéré (à l'amont ou à l'aval du bassin, connectée directement au cours d'eau ou non -retenue collinaire-), de l'existence d'un débit réservé ou d'une dérivation, de la présence ou non d'affluents ou apports importants plus en aval, mais aussi de la vulnérabilité du milieu.

Les interactions complexes et non linéaires qui existent entre ces trois composantes rendent difficile une transposition directe des résultats de la littérature, d'autant que les contextes géographiques, climatiques et d'occupation du sol qu'elle aborde sont souvent assez éloignés des situations que l'on peut trouver sur le territoire métropolitain. Pour les mêmes raisons, les indicateurs qui ont pu être élaborés, soit directement sur les effets d'une retenue sur une variable donnée, soit par exemple reliant surface et capacité d'une retenue ne peuvent être transposés directement. Le Tableau 1 résume les différents types d'impacts pouvant s'exprimer dans ou à l'aval de la retenue. Si les grandes tendances sont connues, il est difficile de quantifier directement les effets d'une retenue sur une caractéristique fonctionnelle donnée du milieu aquatique à partir des seuls résultats issus de la littérature. Par ailleurs, il faut souligner que les aspects relatifs à la gestion de la retenue tels que les usages de l'eau et la dynamique de prélèvement, le mode de restitution de l'eau, ou l'existence d'un débit réservé, ne sont quasiment jamais évoqués dans la littérature consacrée aux retenues ; Pourtant, l'analyse des déterminants de l'effet d'une retenue montre l'importance de ces facteurs, rejoignant en cela les résultats de la phase exploratoire ayant précédé l'expertise.

Tableau 1 : Différents types d'impacts (1er, 2ème et 3ème ordres, tels que présentés en introduction) dans et à l'aval de la retenue, (d'après Bergkamp *et al*, 2000).

Position par rapport au barrage	Catégorie d'impact	Impact
Amont (dans la retenue)	Impact du 1 ^{er} ordre	Modification du régime thermique, risque de désoxygénation Accumulation de sédiment dans le réservoir ; inondation des sols Changement des caractéristiques physico-chimiques de l'eau Eau souterraine autour du réservoir
	Impact du 2 ^{ème} ordre	Plancton et périphyton Croissance de macrophytes aquatiques risque eutrophisation Végétation riparienne
	Impact du 3 ^{ème} ordre	Invertébrés, poissons, oiseaux et mammifères
Aval	Impact du 1 ^{er} ordre	Débits journaliers, saisonniers et annuels Flux de sédiment réduits Evolution de la morphologie du chenal, de la plaine d'inondation, et du delta côtier Nappe souterraine dans la zone riparienne Température de l'eau, pollution thermique Formation de glace
	Impact du 2 ^{ème} ordre	Plancton et périphyton Croissance de macrophytes aquatiques Végétation riparienne Flux de carbone, distorsion du cycle
	Impact du 3 ^{ème} ordre	Invertébrés, poissons, oiseaux et mammifères Impacts estuariens Impacts marins

Effets cumulés des retenues

L'effet cumulé des retenues n'est que rarement abordé dans la littérature scientifique, mise à part en hydrologie où les études sont un peu plus nombreuses. De plus, les retenues abordées dans la littérature sont ainsi quasiment toujours des retenues sur cours d'eau. Ce constat a conduit à interroger également la littérature relative aux grands ouvrages, aux lacs, aux zones humides ou mares, qui ont plus souvent donné lieu à des travaux scientifiques sur le cumul. En conséquence, selon les différents ensembles de caractéristiques fonctionnelles (relatives à l'hydro(géo)logie, le transport solide, la physico-chimie, et l'écologie), les plans d'eau considérés diffèrent par leur contexte géographique (climat, relief notamment) et leur nature (retenue artificielle ou plan d'eau naturel, usage, taille...), et sont pour certains assez éloignés des retenues concernées par cette expertise, telles que définies en introduction. Cet élargissement des types de plans d'eau considérés est apparu nécessaire pour progresser dans la réflexion, au moins du point de vue méthodologique. Par ailleurs, force est de constater que les travaux qui traitent de la question du cumul sont souvent de nature conceptuelle, et que leurs enseignements sont donc le plus souvent méthodologiques. Quand des résultats, issus d'observations ou de modélisations sont disponibles, il convient, plus encore que pour les retenues seules, de s'interroger au cas par cas sur la possibilité de les transposer, en fonction du contexte environnemental et structurel et du paramètre considéré.

Un point qui ressort comme essentiel, pour l'ensemble des éléments considérés, **est la répartition des retenues au sein du bassin versant, la connectivité hydrologique et écologique**¹ entre les retenues, les zones du bassin versant et les différents tronçons du réseau hydrographique concernés.

¹ Connectivité entendue comme le degré de connexion entre les entités considérées. Elle englobe le degré de ramification du réseau hydrographique, la distance entre retenues et leur positionnement ou non sur le cours d'eau, le degré de fragmentation du réseau hydrographique induit par les retenues.

Les impacts des retenues se cumulent d'amont en aval pour l'hydrologie, avec une réduction des flux tout au long du réseau hydrographique et jusqu'à la mer. Cette influence sur un cours d'eau peut toutefois être « diluée » en progressant vers l'aval, avec les apports d'autres zones au fonctionnement moins anthropisé. Ce point **rappelle l'importance de l'échelle à laquelle est effectuée l'évaluation des effets cumulés des retenues**. Ceux-ci peuvent en effet varier fortement selon la taille du bassin versant considéré dans certains contextes : bassin versant constitué de zones très contrastées, dont les effets pourront se compenser.

Pour ce qui concerne le transport solide, les retenues constituent dans la plupart des cas des pièges à sédiments, notamment pour ce qui concerne la charge grossière. Toutefois, le déficit en sédiment induit en aval peut parfois, selon le contexte et si le substrat le permet, conduire à une incision du lit qui compense en partie ce déficit. Dans l'ensemble toutefois, un réseau de retenues limite la propagation des sédiments à l'aval.

Pour les éléments chimiques, pour lesquels l'eau constitue un vecteur, l'influence d'un réseau de retenues sur le cours d'eau aval est plus complexe, et peut s'exprimer à la fois en termes de concentrations, de spéciation et de flux, selon que l'on s'intéresse à un effet cumulé sur les flux à l'échelle du bassin versant tout entier (qui peuvent s'additionner comme en hydrologie) et/ou aux effets sur la qualité de l'eau (spéciation et concentrations) dans le milieu aquatique en aval. Une notion importante pour évaluer l'effet cumulé est la distance d'influence. Ce terme désigne pour une variable caractérisant la qualité physico-chimique de l'eau, la distance nécessaire à l'aval de chaque retenue pour que la variable considérée revienne au niveau qu'elle aurait sans la retenue. Elle est typiquement de quelques dizaines de mètres pour la teneur en oxygène dissous, mais peut atteindre plusieurs centaines de mètres pour la température. Si la distance entre deux retenues est supérieure à cette distance d'influence, il n'y a pas d'interaction entre les effets induits par chaque retenue. Sinon, il faut tenir compte de ces interactions, et les effets peuvent se propager de l'amont à l'aval. La connectivité hydrologique entre les retenues est donc aussi déterminante. La distance d'influence varie avec la variable considérée, l'importance de sa modification dans la retenue, le mode de restitution de l'eau, et l'évolution de la variable vers l'aval, liée notamment soit à des processus physiques et chimiques soit des conditions hydrologiques : alimentation diffuse du cours d'eau ou présence d'affluents. Cette notion est pertinente pour la température, la teneur en oxygène dissous et les concentrations des nutriments ou contaminants. Elle ne s'applique pas dès lors que l'on considère les flux. .

Le cas de l'écologie est plus complexe. La présence de retenues déconnecte au moins pour partie les différents tronçons de cours d'eau du bassin versant mais génère en revanche de nouvelles connexions entre habitats courants et milieux stagnants, et affecte ainsi la dynamique de dispersion des espèces. Là aussi, l'influence d'un réseau de retenues dépend donc du fait que certains affluents (voire d'autres structures paysagères comme des haies, forêts humides...) maintiennent ou non de façon suffisante une connexion pour permettre les échanges nécessaires au maintien des espèces (métapopulations et méta-communautés).

De plus, la présence des retenues affectent la **temporalité de l'hydrosystème** : les flux transférés dans le système (eau, nitrate, différentes formes du phosphore, sédiments grossiers) évoluent non seulement en terme de cumul (à l'échelle annuelle par exemple), mais aussi en terme de dynamique temporelle. Cette évolution est liée notamment aux dynamiques de remplissage de la retenue et de prélèvement dans la retenue pour l'eau, à la dynamique des crues pour les sédiments, et à la dynamique saisonnière pour les paramètres physico-chimiques. Cette évolution peut parfois se traduire par un effet de décalage dans le temps, par un amortissement de la variabilité temporelle, ou au contraire son accentuation. L'amplitude du signal est également souvent affectée. En présence de plusieurs retenues, ces évolutions, atténuations/amplifications, sont à raisonner à l'échelle du paysage et leurs conséquences sur les organismes évaluées.

L'expertise a mis en évidence la nécessité de prendre en compte **les temps longs** dans l'analyse, qu'il s'agisse de l'ajustement morphologique des cours d'eau, de la mobilité de certains éléments chimiques stockés comme le phosphore, les ETM ou les pesticides, ou l'évolution des populations des organismes liés au milieu aquatique. Ces processus sont en effet susceptibles de s'exprimer sur plusieurs dizaines d'années. De la même façon, l'évolution conjointe de l'emprise des retenues sur le bassin, des usages des sols (occupation du sol, pratiques agricoles), et du fonctionnement du bassin versant qui en résulte, à la fois en terme de comportement

hydrologique et d'exportation de sédiments, de nutriments ou de polluants est un phénomène qui doit s'exprimer sur des échelles de temps moyennes à longues. Toujours sur le temps long, il existe visiblement des effets d'héritage, c'est-à-dire que la disparition des retenues n'implique pas nécessairement la disparition immédiate de leurs impacts, qui semblent au contraire pouvoir perdurer parfois plusieurs décennies voire siècles. Toutes ces questions relatives aux temps longs ne sont quasiment pas abordées dans la littérature.

En lien avec cette notion de durée et d'évolution sur les temps longs, il apparaît nécessaire de revenir périodiquement sur les évaluations d'effets cumulés, afin de les actualiser en intégrant les évolutions constatées des déterminants du fonctionnement du bassin (notamment l'évolution des usages des sols, mais aussi s'il y a lieu du climat) et l'évolution de l'état du milieu aquatique : **l'évaluation des effets cumulés doit être un processus itératif.**

Des besoins de données et de recherche en suspens

L'expertise n'a pas pu mettre en évidence d'indicateurs d'effets cumulés ou de seuils (tels que par exemple de densité de retenues) qui seraient applicables en l'état pour déterminer si un bassin est ou non déjà trop équipé en retenues. Elle a par contre permis d'identifier des métriques qu'il apparaît important d'inclure dans des études génériques d'impact et d'évaluation d'effets cumulés, comme par exemple les variations longitudinales de proportions des différentes classes d'invertébrés. Ceci permettrait d'identifier des discontinuités ou des gradients dans ces métriques le long du réseau hydrographique, pour mieux caractériser l'effet des retenues sur ces composantes en fonction du contexte, et pouvoir à terme aller jusqu'à une démarche prédictive.

Le besoin d'acquisition de données a été identifié à deux niveaux, complémentaires :

(i) un effort sur la caractérisation des retenues (taille, morphologie, position dans le bassin versant et par rapport au cours d'eau, usage, mode de restitution de l'eau) doit être réalisé et les données capitalisées, comme cela avait déjà été souligné au cours de la phase exploratoire de l'expertise. En effet, si cet effort a déjà été réalisé sur certains bassins, il n'est pas achevé partout. Les techniques de télédétection offrent dans ce domaine des solutions qui évoluent très rapidement ; leur utilisation demande toutefois des moyens et des compétences qui ne sont pas toujours disponibles dans le domaine opérationnel;

(ii) il est nécessaire de continuer à alimenter les connaissances sur les relations cause-effet des retenues sur les différentes caractéristiques fonctionnelles du cours d'eau, celles-ci n'étant pour l'instant que partielles dans le contexte hexagonal. En particulier, il apparaît nécessaire **d'étudier de façon conjointe l'ensemble des caractéristiques fonctionnelles, leurs interactions et leur réponse à la présence de retenues sur quelques bassins versants « atelier » aux caractéristiques contrastées.** Seule une telle démarche semble à même de permettre d'élaborer un ensemble organisé et quantifié de connaissances sur l'effet cumulé des retenues sur l'ensemble des caractéristiques fonctionnelles des cours d'eau, et de permettre ainsi d'aboutir au développement de modèles, d'outils et d'indicateurs validés, transposables dans des contextes proches et qui pourront contribuer à une prise de décision éclairée. Les études déjà existantes sur les réseaux de lacs, zones humides, grandes retenues ou mares pourront fournir des éléments méthodologiques, ainsi que suggérer des indicateurs dont l'adaptation au contexte des retenues peut être utile. Par ailleurs, l'expertise n'a pas permis de progresser dans les connaissances relatives à l'influence du mode de gestion des retenues sur leurs effets. Ainsi, bien que les résultats de la phase exploratoire aient conduit à supposer une forte influence du mode de gestion (existence ou non d'un débit réservé, mode de restitution de l'eau –surverse ou prise de fond-, dynamique de prélèvement –liées à l'occupation du sol et aux pratiques agricoles-, pratique de la substitution des prélèvements), la bibliographie est restée muette sur cet aspect. L'acquisition de données de référence sur ce point est donc essentielle.

Le recours à la modélisation apparaît nécessaire pour formaliser et organiser les connaissances et permettre d'investiguer des scénarios, relatifs à l'implantation de retenues et à leur gestion par exemple, ou pour explorer la variabilité interannuelle des situations sur un bassin. La démarche de modélisation est confrontée à la difficulté classique d'adéquation entre données disponibles et niveau de sophistication nécessaire pour les modèles à mobiliser. Ainsi, on a vu par exemple que plusieurs types de modèles hydrologiques existent, différant notamment par la représentation de la spatialisation des retenues qui leur est associée. Les conclusions relatives aux autres caractéristiques fonctionnelles de l'hydrosystème abordées dans cette expertise (écologie, physico-chimie, ...) suggèrent qu'une approche complètement distribuée serait utile, pour pouvoir rendre compte des interactions entre les différentes retenues. Les résultats de l'expertise ne permettent pas pour l'instant de déterminer quel type de modélisation il est nécessaire de mettre en œuvre selon les contextes. L'utilisation de différents types de modèles et l'évaluation des incertitudes associées, sur des bassins où les données disponibles permettent cet exercice, semble nécessaire pour progresser dans cette démarche.

Echelles de temps et d'espace : deux notions clés pour l'évaluation des effets cumulés.

Les échelles spatiale et temporelle auxquelles mener l'évaluation d'effets cumulés doivent permettre d'englober l'ensemble des effets attendus. Du point de vue de l'échelle spatiale, des considérations théoriques sur les évaluations d'effets cumulés insistent, comme cela avait été suggéré à l'issue de la phase exploratoire, sur l'intérêt de mener une démarche à **deux échelles emboîtées**, permettant de considérer avec plus d'attention certaines zones du bassin, plus sensibles ou a priori sujettes à une pression plus forte, tout en ayant une vision d'ensemble du fonctionnement du bassin. Par exemple, selon cette proposition, une **étude relative à un projet donné** s'appuierait sur une **étude préalable, réalisée à l'échelle du grand bassin englobant** (échelle du SAGE par exemple), et qui permettrait de caractériser globalement son fonctionnement hydrologique, d'identifier les zones où les enjeux biologiques, de qualité de l'eau, d'usages, sont importants, ainsi que celles où les pressions qui s'exercent (prélèvements en eau, occupation du sol, autre type de pression anthropique) sont fortes. Des études plus poussées pourraient être menées sur ces zones fragilisées. L'étude relative à un nouveau projet s'appuierait sur ces éléments de contexte, qui permettraient de mieux cerner les méthodes à mettre en œuvre et les enjeux à considérer.

Certains effets peuvent s'exprimer sur des temps longs, comme l'ajustement géomorphologique des cours d'eau, le stockage-relargage du phosphore ou de certains contaminants, ou l'évolution de certaines populations, selon la dynamique des espèces considérées. Ils peuvent aussi s'exprimer à des échelles spatiales larges, avec notamment des apports réduits d'eau et de sédiments jusqu'à la mer ou l'émission de GES à l'échelle planétaire : si une étude d'effets cumulés relative à un ensemble de projets donnés ne peut aller jusqu'à ces échelles, il convient toutefois de ne pas négliger ces aspects.

La question de l'échelle renvoie à celle de la gouvernance. Les études convergent sur l'importance qu'une évaluation d'effets cumulés soit menée par une entité exerçant à une échelle dépassant celle des projets considérés. Ceci permet d'assurer, sur une vaste zone, la transparence et l'homogénéité du choix des composantes de l'environnement que l'on souhaite préserver, ainsi que des métriques et seuils utilisés pour déterminer si les effets sont acceptables. Une telle démarche permet aussi une acquisition de données de façon harmonisée, gage qu'elles pourront être capitalisées, partagées et remobilisées.

L'expertise s'est focalisée sur les effets cumulés des retenues sur l'environnement. Elle n'a pas traité les dimensions économique et sociale associées à leurs usages. Les résultats permettent d'alimenter l'étude des usages, services et dys-services écosystémiques associés à l'hydrosystème modifié par les retenues, et ainsi d'objectiver l'évaluation de l'intérêt global de ces ouvrages sur un bassin versant, qui inclut les dimensions économique et sociale.

GLOSSAIRE

Accrétion : Accumulation de sédiments

Ajustement d'un cours d'eau : Modification de la forme d'un tronçon fluvial sous l'effet d'un changement de facteurs de contrôles externes (débit solide ou liquide) ou interne (colonisation végétale)

Barrage : Obstacle artificiel au moyen duquel on crée une retenue d'eau, généralement en coupant un cours d'eau

Diversité alpha : Nombre d'espèces présentes dans un habitat uniforme de taille fixe à un temps donné. Elle correspond à la diversité à l'échelle locale (par exemple station, maille, ...)

Diversité bêta : Taux de variation de la composition en espèces entre différentes localités (stations, mailles,...) au sein d'une zone géographique donnée.

Diversité gamma : Nombre d'espèces présentes dans une aire géographique large. Elle correspond donc à la diversité à l'échelle régionale et dépend à la fois de la diversité alpha (le nombre moyen d'espèces à l'échelle d'une localité) et de la diversité bêta (la variation des espèces rencontrées entre les différentes localités de la région).

DT50 ou demi-vie : temps nécessaire pour observer une dégradation de 50 % de la quantité de la substance chimique considérée.

Charge de fond : Sédiments grossiers constitutifs du lit d'un cours d'eau et dont le transport se produit par roulage ou charriage des particules sur le fond du lit

Eddy Covariance : Mesure de l'évaporation par mesure des flux turbulents verticaux au niveau de la surface évaporatoire

Etang : Étendue d'eau stagnante, naturelle ou artificielle, généralement de dimensions et de profondeur plus faibles qu'un lac

Évapotranspiration potentielle : définie par « l'évaporation d'une pelouse rase suffisamment étendue, en bon état et convenablement alimentée en eau ». **L'évapotranspiration réelle** est la quantité d'eau transférée vers l'[atmosphère](#), par l'[évaporation](#) au niveau du sol et par la [transpiration](#) des [plantes](#). L'évapotranspiration réelle est la quantité d'eau effectivement évapotranspirée, compte tenu du couvert végétal et de la quantité d'eau disponible, par opposition à l'évapotranspiration potentielle,

Exhaussement : Elévation topographique du fond du chenal ou de la plaine alluviale sous l'effet du dépôt de sédiments

Fitness (ou valeur sélective) : Capacité d'un organisme (et par extension d'une population) à maintenir sa biomasse sur plusieurs générations. Elle permet par exemple de mesurer le succès reproducteur d'un génotype d'après ses variations de fréquence dans une population d'une génération à l'autre.

Hydrochorie : Modes de dispersion des graines des végétaux ou des diaspores se faisant grâce à l'eau.

Hydropériode : Patron saisonnier des niveaux d'eau dans une zone humide. Elle décrit principalement la période au cours de laquelle un milieu humide est couvert d'eau.

Incision : Abaissement topographique du fond du chenal ou du fond de vallée sous l'effet de l'ablation de sédiments

Limnophiles : Organismes qui affectionnent les eaux calmes ou stagnantes.

Lithophiles : Organismes qui pondent leurs oeufs sur un substrat minéral de type galets / graviers

Mare : Milieu aquatique stagnant généralement peu étendu et peu profond, avec une végétation bien développée résultant d'une richesse en matière organique.

Métacommunauté : ensemble de communautés locales contenues dans une région biogéographique étendue, susceptibles d'échanger des espèces à une échelle régionale. Autrement dit, une méta-communauté intègre l'ensemble des méta-populations présentes dans un paysage donné.

Métapopulation : concept écologique qui définit un ensemble de populations d'individus d'une même espèce séparées spatialement ou temporellement et étant interconnectées par la dispersion.

Pan-évaporation ou évaporation sur des bacs de classe A : évaporation d'un volume d'eau soumis uniquement aux contraintes météorologiques locales. Cette évaporation se distingue donc d'une évapotranspiration Potentielle (ETP) qui correspond à l'évapotranspiration d'un sol couvert de gazon non limité par l'eau. La norme pour mesurer la pan-évaporation est d'utiliser des bacs de classe A. Bien qu'il s'agisse d'une mesure d'évaporation en eau libre, la pan-évaporation se distingue de l'évaporation d'une retenue car les paramètres micrométéorologiques sont influencés par l'environnement immédiat du bac.

Plan d'eau : Toute surface en eau lenticule, d'origine naturelle ou anthropique

Psychrophile : Organismes dont la distribution spatiale est limitée par les températures élevées. Leur température optimale de croissance est inférieure à 20°C (parfois 15°C pour les macro-invertébrés benthiques).

Q10, Q90 : Q10 : débit dépassé 10% du temps ; Q90 : débit dépassé 90% du temps

Réserve : retenue d'eau d'origine artificielle, construite en dehors du cours d'eau et alimentée par pompage dans la nappe ou la rivière

Retenue : Toute surface en eau lenticule, d'origine anthropique

Rétraction : diminution de la largeur du lit mineur (ou de la bande active) d'un cours d'eau

Rhéophile : Organismes qui affectionnent les habitats soumis à des vitesses de courant élevées.

Richesse, ou richesse spécifique : désigne le nombre d'[espèces](#) présentes dans un milieu donné. Mesure la plus simple de la [biodiversité](#) de tout ou partie d'un [écosystème](#).

Scintillométrie : Technique de mesure de l'évapotranspiration par détermination du flux de chaleur latente, basée sur la scintillation d'un faisceau électromagnétique passant à travers l'atmosphère.

Structure taxonomique (ou structure spécifique) si on examine la structure d'une communauté décrite de manière homogène au niveau « espèce ») : désigne une organisation numérique du peuplement. Celle-ci traduit un type d'organisation biologique, qui a des implications écologiques en termes de fonctionnement ou de nature des interactions.

Thermophiles : Organismes ayant besoin d'une température élevée pour se développer

VCN3, VNCx : Débit minimal ou débit d'étiage enregistré pendant 3 (ou x) jours consécutifs

SIGLES ET ACRONYMES

ACP : Agricultural Conservation Program

AIP : Apatitique Inorganique Phosphore

ASPT : Average Score Per Taxon

BACI : Before-After Control-Impact

BARMAN : Barrage Management

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

BV : Bassin-Versant

BWQI : Biological Water Quality Index

CACG : Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne

CAMS : Catchment Abstraction Management Strategy

CCR : Catchment Command area Ratio

CEAM : Cumulated Effect Assessment and Management

CEC : Cumulative Environmental Change

CEQ : Council on Environmental Quality

CESE : Conseil Economique Social et Environnemental

CGAAER : *Conseil Général de l'Alimentation, de l'Agriculture et des Espaces Ruraux*

CGEDD : Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable

CHEAT : Complex Hydrological Evaluation of the Assumptions in TEDI

CLE : Commission Locale de l'Eau

CO : Carbone Organique

COD : Carbone Organique Dissous

CORPEN : Comité d'Orientation pour des Pratiques agricoles respectueuses de l'ENvironnement

COT : Carbone Organique Total

DCE : Directive Cadre sur l'Eau

DD : Discontinuity Distance

DDT : Direction Départementale des Territoires

DDT : DichloroDiphénylTrichloroéthane

DE : Discriminatory Efficiency

DEB : Direction de l'Eau et de la Biodiversité

DMB : Débit Minimum Biologique

DMF : Decision Making Framework

DOE : Débit d'Objectif d'Etiage

DDT : Direction Départementale des Territoires

DMF : Decision Making Framework

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

ELOHA : Ecological Limits of Hydrological Alteration

EPT : Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères

ESA : Ethane Sulfonic Acid

ESA : Endangered Species Act

ESCo : Expertise Scientifique Collective

ETM : Eléments Traces Métalliques

ETP : Evapo Transpiration Potentielle

ETR : Evapo Transpiration Réelle

EVHA : Evaluation de l'Habitat

FAO : Food and Agriculture Organization

GES : Gaz à Effet de Serre

GR4J : modèle du Génie Rural à 4 paramètres, à pas de temps Journalier

HRT : Temps de Résidence Hydraulique

HRU : Hydrologic Response Units

I2M2 : Indice Invertébré Multimétrique

IBD : Indice Biologique Diatomées

IHA : Indicators of Hydrologic Alteration

IHACRES : Identification of unit Hydrographs And Component flows from Rainfall, Evaporation and Streamflow data

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique

IOTA : Installations, Ouvrages, Travaux ou Activités

IPR : Indice Poissons Rivière

IRSTEA : Institut de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture

ISBA : Interaction Sol-Biosphère-Atmosphère

LEMA : Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques

MAF : Minimum Acceptable Flow

MCPA : 2-methyl-4-chlorophenoxyacetic acid

MEEM : Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer

MES : Matières En Suspension

MNT : Modèle Numérique de Terrain

MO : Matière Organique

NAIP : Non Apatitique Inorganique Phosphore

NDPI : Normalized Difference Pond Index

NDTI : Normalized Difference Turbidity Index

NDVI : Normalized Difference Vegetation Index

NDWI : Normalized Difference Water Index

NQE : Normes de Qualité Environnementale

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Économiques

ONEMA : Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques

OUGC : Organisme Unique de Gestion Collective

PHN : Plan Hydrographique National

PI : Intensité de la perturbation

PO : Phosphore Organique

PP : Phosphore Particulaire

PTEF : Phosphore Total Eau Filtrée

RAM : Ressource Assessment and Management

RCC : River Continuum Concept

RMA : Resource Management Act

RTP : Fonction de Rétention du Phosphore

SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SCS-CN : Soil Conservation Service – Curve Number

SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

SDC : Serial Discontinuity Concept

SEA : Strategic Environmental Assessment

SEDEM : Sediment Delivery model

SIG : Système d'Information Géographique

SL : Sediment Load

SPEAR : Species At Risk

SRP : Soluble Reactive Phosphore

STEP : STation d'EPuration

SWAT : Soil and Water Assessment Tool

SYRAH-CE : SYstème Relationnel d'Audit de l'Hydromorphologie des Cours d'Eau

TE : Trap Efficiency

TEDI : Tools for Estimating Farm Dam Impacts

TSL : Trapped Sediment Load

USDA : U.S. Department of Agriculture

VCN : Débit minimal sur N jours consécutifs

VEC : Valued Environmental Component

WASA : Water Availability in Semi-Arid environment

WATEM : Water and Tillage Erosion Model

WOS : Web Of Science

ZRE : Zone de Répartition des Eaux

ZTHA : Zones Tampons Humides Artificielles

ZTM : Zone de Turbidité Maximale

ANNEXES

ANNEXE I : NOTE DE PROJET DE L'EXPERTISE COLLECTIVE SUR L'IMPACT CUMULE DES RETENUES

Contexte

En 2008, une réforme visant à résorber les déficits quantitatifs dus aux prélèvements d'eau a été introduite. Dans tous les bassins en déficit quantitatif, il a été demandé aux préfets de déterminer **le volume prélevable**, tous usages confondus, garantissant le bon fonctionnement des milieux aquatiques correspondants et donc le respect **huit années sur dix des débits objectifs d'étiage (DOE)**, et de réviser les autorisations de prélèvement pour que le volume total autorisé soit au plus égal au volume prélevable d'ici fin 2014, 2017 ou 2021 selon les bassins.

Une circulaire du 3 août 2010 relative à la résorption des déséquilibres quantitatifs en matière de prélèvements d'eau a précisé que le retour à l'équilibre quantitatif dans les bassins à écart important (écart entre le volume prélevé en année quinquennale sèche et volume prélevable supérieur à un seuil de l'ordre de 30%) reposerait sur un ensemble de mesures visant à **encourager les économies d'eau et à créer, sous certaines conditions, de nouvelles ressources (c'est-à-dire des retenues)**.

Dans certains bassins (en particulier Adour Garonne, Loire Bretagne et Rhône Méditerranée et Corse), l'aboutissement de la réforme de la gestion quantitative de l'eau est conditionné à la mise en place de nouvelles **réserves de substitution**. Celles-ci sont envisagées dans des bassins versants qui sont en général déjà pourvus d'une grande variété d'ouvrages installés directement sur les cours d'eau ou à proximité : retenues collinaires alimentées par le ruissellement des eaux et déconnectées des cours d'eau, retenues construites sur les cours d'eau, réserves situées hors cours d'eau et alimentées par pompage en rivière ou dérivation ou nappe, etc. Seuls les ouvrages déconnectés des cours d'eau et remplis en dehors de la période de tension par pompage en rivière ou nappe sont considérés comme des réserves de substitution.

A la demande des services déconcentrés de l'Etat et des acteurs directement concernés, la direction de l'eau et de la biodiversité a publié en novembre 2011 un guide dont l'objectif est d'apporter un appui juridique propre à éviter les erreurs de procédure portant sur la légalité externe (forme et procédure) dans les dossiers de construction de retenues. Ce guide rappelle que la notice d'incidence à fournir par le pétitionnaire dans son dossier de **déclaration ou d'autorisation doit prendre en compte l'impact cumulé des ouvrages en projet**. Cette obligation est également précisée à l'article R122-5 du code de l'environnement (modifié par le décret n°2011-2019 du 29 décembre 2011 relatif aux études d'impact). Le guide précise également que certains **SDAGE ont pris des dispositions demandant aux services de l'Etat de s'assurer que l'impact cumulé de l'ensemble des retenues présentes sur un bassin est bien pris en compte lors de l'instruction du projet**. La compatibilité du projet avec le SDAGE pourra donc nécessiter une évaluation de l'impact cumulé du ou des projets de retenues avec les retenues déjà existantes dans le bassin concerné.

A l'heure actuelle, la question de l'impact cumulé d'ouvrages de stockage successifs sur un même bassin versant est mal appréhendée tant par les services chargés de l'instruction des projets d'ouvrages que par les pétitionnaires eux-mêmes. **Aucune méthodologie n'a jusqu'à présent été mise en place au niveau national mais le sujet prend de l'ampleur dans le cadre de la réforme des volumes prélevables**. La question devient d'autant plus cruciale que les dernières études disponibles sur l'évaluation des impacts du changement climatique montrent que celui-ci aura des impacts significatifs sur les régimes hydrologiques des cours d'eau

et par conséquent sur le remplissage des ouvrages. Le changement climatique et le recul prévu de la limite d'enneigement risquent également de conduire à un accroissement du nombre des retenues pour neige de culture, dont l'impact sur le milieu pourrait devenir significatif dans les zones de montagne.

Objectif de l'expertise

L'expertise a pour objectif de mettre à disposition des éléments méthodologiques opérationnels permettant d'améliorer la qualité des procédures d'instruction :

- Améliorer les notices d'incidence et études d'impact élaborées par les pétitionnaires en vue d'évaluer l'impact cumulé généré par leur projet de retenue, compte-tenu des ouvrages similaires déjà existants dans le bassin versant concerné. Il s'agit de définir des éléments méthodologiques permettant d'améliorer ces documents en tenant compte, si c'est pertinent, des contextes hydrogéographiques qui seront à organiser selon une typologie.
- Améliorer et faciliter l'évaluation par les services de police de l'eau de la qualité et de la pertinence des notices d'incidence et des études d'impact produites par le pétitionnaire, dans le cadre de son dossier de déclaration ou d'autorisation, en définissant notamment des critères d'analyse à prendre en compte.

L'un des enjeux essentiels de l'instruction des dossiers de création de retenues d'eau est de garantir la non-dégradation de la qualité des masses d'eau, obligation instaurée par la directive cadre sur l'eau. Le commanditaire de l'expertise, la Direction de l'Eau et de la Biodiversité souligne qu'il ne s'agit pas de définir des potentiels d'équipement par bassin versant ni de donner des recommandations sur la gestion de la ressource.

Dans ce cadre, l'expertise sera centrée sur les connaissances, les moyens et méthodes de caractérisation et de quantification de l'impact supplémentaire engendré par la création d'une nouvelle retenue sur des bassins versants pouvant déjà être équipés de nombreuses retenues. Il s'agira donc de définir de quelle manière il est possible d'appréhender l'impact cumulé engendré par une nouvelle retenue, en tenant compte des impacts cumulés des retenues déjà existantes à l'échelle d'un bassin versant (aire de gestion cohérente des processus), sans limitation a priori sur la taille des bassins pouvant être considérés. L'expertise donnera donc également des éléments pour appréhender l'impact des retenues déjà présentes sur un bassin versant.

L'expertise n'a pas comme objectif d'aller jusqu'à l'élaboration de modèles de cahiers des charges ou d'outils directement opérationnels d'évaluation de l'impact cumulé (modèles). L'expertise permettra par contre de définir les champs de recherche et de développement nécessaire à développer pour élaborer ce type d'outil. De plus, elle rassemblera et mettra en perspective les éléments méthodologiques déjà mobilisables, probablement en s'appuyant sur une typologie des principaux milieux et situations rencontrés.

L'expertise devra permettre également d'apporter des éléments de préconisations nécessaires à l'élaboration des SAGE et autres documents de planification concernant les politiques à mener sur la création de nouvelles retenues.

Les impacts à prendre en compte concernent la totalité du cycle de vie de la retenue : construction, fonctionnement et entretien. Le champ de l'expertise doit couvrir les différents types d'impact en lien avec les différentes composantes du fonctionnement de l'état des masses d'eau prises en compte dans l'évaluation de l'état des eaux dans le cadre de la DCE :

- la physico-chimie (notamment nutriments, polluants et température)
- l'hydromorphologie (régime hydrologique, continuité sédimentaire et biologique, morphologie)
- la biologie (poissons, macro-invertébrés, flore, phytoplancton).

Les méthodes permettant d'évaluer les aspects relatifs à la sécurité des ouvrages existent déjà, et ce champ ne sera pas considéré dans l'expertise.

Tous les types de retenues déjà construites ou dont la construction est envisagée sont à considérer : notamment, les retenues directement sur le cours d'eau ou en dérivation, les retenues collinaires alimentées par ruissellement, les réserves de substitution alimentées par des pompes durant l'hiver en cours d'eau ou en nappe et probablement les retenues pour neige de culture (l'intégration de ces dernières sera soumise à réflexion).

Pilotage de l'expertise

La mise en œuvre de l'expertise est confiée à Irstea qui l'organise en partenariat étroit avec l'Inra et en lien avec l'Onema. Dans ce cadre, le pilotage de l'expertise est confié à une chercheuse d'Irstea : Nadia Carlier.

L'Irstea et l'Inra mettent en commun leurs compétences et mettent à disposition des moyens humains nécessaires au bon déroulement de l'expertise afin notamment de constituer une équipe projet mixte permettant de faciliter le travail des experts (travail bibliographique, mise à disposition et archivage des documents, soutien logistique des réunions visite et échange, animation du groupe d'expert) et de garantir le suivi des règles de l'expertise.

Un calage entre les deux établissements est nécessaire afin de garantir une homogénéisation des procédures.

Les coûts de l'expertise sont pris en charge par Irstea sur la base d'un bilan financier provisionnel (frais de logistique des différents groupes et mobilisation des agents de l'équipe projet) dans le cadre de la convention Irstea-Onema.

Organisation de l'expertise

L'expertise est organisée autour de 4 comités selon un schéma classique d'expertise collective.

1 - Un comité de pilotage dont le rôle est :

- de garantir le bon déroulement de l'expertise conformément à la commande et à ses objectifs ;
- de s'assurer de l'adéquation des compétences réunies dans le groupe d'experts avec les objectifs de l'expertise ;
- de faciliter le travail des experts au sein de leur institution ;
- de définir les modalités de diffusion et de communication des résultats de l'expertise.

Ce comité est constitué de représentants des institutions en charge de l'expertise (Irstea, Inra et ONEMA) et du commanditaire (DEB du Ministère en charge de l'environnement). Ce groupe de pilotage se réunit au moment des étapes clés de l'expertise et à la demande du pilote de l'expertise.

2 - Une équipe projet regroupe les personnes qui accompagnent le pilote du projet ; son rôle est :

- d'animer le groupe d'expertise en lien avec le pilote du groupe d'experts ;
- de procéder aux travaux bibliographiques nécessaires à l'expertise ;
- d'organiser les réunions et échanges du groupe d'experts et suivre leurs travaux ;
- de fournir la documentation assurant l'adéquation des compétences réunies dans le groupe d'experts avec les objectifs de l'expertise ;
- d'organiser et de mettre en œuvre la diffusion et la communication des résultats de l'expertise.

L'équipe projet est constituée d'un ingénieur de recherche, d'un ingénieur d'études et de plusieurs documentalistes.

3 - Un comité d'experts (Cf. annexe) dont le rôle est d'élaborer les différents rapports d'expertise.

Ce comité d'experts est constitué d'un ensemble de spécialistes de différentes disciplines, présentant une forte composante en recherche appliquée. Afin de traiter de l'ensemble de la problématique, le comité d'experts réunira l'ensemble des compétences nécessaires (Cf. annexe).

Chaque expert sera mandaté et recevra pour ce faire une lettre de mission.

4 - Un comité de suivi dont les objectifs sont :

- de veiller à la prise en compte de l'ensemble des enjeux opérationnels au démarrage de l'expertise ;
- de veiller à la complétude du rapport final du point de vue opérationnel ;
- de veiller à la lisibilité et l'opérationnalité du rapport final.

Ce comité de suivi sera constitué de personnes qualifiées issues des services de l'Etat et des établissements publics concernés par la problématique de la création des retenues, notamment en lien avec l'instruction des dossiers de demande de déclaration et/ou d'autorisation, l'élaboration des SDAGE et des SAGE :

- représentants du ministère en charge de l'écologie, direction de l'eau et de la biodiversité, commanditaire de cette expertise ;
- représentants des services déconcentrés du ministère en charge de l'écologie (DDT, DREAL), représentants des Agences de l'Eau, particulièrement concernées par cette problématique notamment les Agences Adour-Garonne, Loire Bretagne et Rhône Méditerranée et Corse ;
- représentants de l'Onema (DG, DiR et SD).

Déroulement et calendrier de l'expertise

Sans préjuger des réflexions qui seront conduites par le comité d'experts, plusieurs éléments méthodologiques paraissent indispensables à mettre en œuvre afin d'obtenir des résultats les plus opérationnels possible :

- exploiter au maximum des exemples de bassins équipés présentant suffisamment de données permettant le retour d'expérience ;
- partir de cas représentatifs, afin d'obtenir des résultats facilement généralisables. A cette fin, une typologie des cas les plus souvent rencontrés pourra être constituée en fonction des différents types d'ouvrage existant (associé à des modes de gestion notamment) et des différents contextes biogéographiques dans lesquels sont rencontrés la plus grande majorité des cas (bassin Adour-Garonne, bassin Rhône-Méditerranée-Corse et une partie du bassin Loire-Bretagne) ;
- procéder à des interviews des parties prenantes et d'acteurs de la gestion. Ces interviews permettront d'intégrer dans la réflexion les parties prenantes et notamment les pétitionnaires et les bureaux d'étude mandatés pour élaborer les dossiers.

Afin d'avoir une vision exhaustive à la fois des aspects scientifiques et des aspects opérationnels, l'expertise se déroulera en 3 phases qui feront chacune l'objet d'un ou plusieurs documents. Ces phases s'alimenteront successivement :

Période préalable (février à août 2014) : *acclimation du pilote scientifique et de l'ingénieur d'études à la problématique, premiers contacts avec des opérationnels. Identification des experts.*

Phase 1 (septembre 2014 – avril 2015) : cette phase correspond à une phase exploratoire des questions opérationnelles. Elle a comme objectif de circonscrire l'ensemble des interrogations en se basant notamment sur des échanges avec les gestionnaires / acteurs opérationnels et l'analyse des pratiques déjà mise en œuvre et de la littérature opérationnelle disponible. Au final le rendu doit expliciter, au regard de la problématique et des pratiques déjà existantes, les éléments méthodologiques que l'on peut considérer comme acquis, les incertitudes et les points qui font divergence. Ce rendu doit permettre également de mettre en avant les bonnes pratiques. Cette phase doit enfin permettre de définir les champs scientifiques à investir pour progresser dans l'élaboration d'éléments méthodologiques dans les domaines où les acquis ne sont pas suffisants et ainsi de préparer la deuxième phase (élaboration des requêtes bibliographiques).

Ce rendu présentera donc des premiers éléments opérationnels, mais sans analyse complète de la bibliographie internationale existante.

Phase 2 (avril 2015 – mars 2016) : cette deuxième phase correspond à la mise en œuvre d'une expertise collective scientifique classique. Elle consiste à définir les acquis scientifiques et les champs de recherche nécessaires à développer sur la base de l'analyse de la bibliographie scientifique internationale. Cette phase est organisée sur la base des résultats de la première phase et permettra d'alimenter la dernière phase. Le rendu de cette phase correspond à un état de l'art de la recherche sur les différents points d'incertitude et de controverse identifiés lors de la première phase.

Phase 3 (mars 2016 – décembre 2016) : cette troisième et dernière phase correspond à la constitution du document final. Il s'agit de concevoir un document le plus opérationnel possible, supporté par une analyse scientifique. Ce document devra au final faire le point sur :

- les bonnes pratiques déjà existantes ;
- les outils déjà existants pouvant être adaptés simplement pour répondre aux besoins ;
- les éléments de méthode pouvant améliorer les études d'impacts et leurs instructions ;
- les champs du savoir encore incertains ;
- des pistes de recherche et développement à développer permettant d'améliorer les pratiques à différentes échelles de temps.

Les rendus de l'expertise et leur diffusion

La première phase de l'expertise fera l'objet d'un seul rapport qui aura pour objectifs de faire le point, du point de vue opérationnel, sur les acquis, les méthodes mobilisables et les méthodes mises en œuvre pour aborder l'impact cumulé des retenues dans les études d'impact ou notices d'incidence. Il visera aussi à identifier les connaissances qu'il sera nécessaire d'approfondir en deuxième phase ainsi que les domaines qu'il sera utile d'investir pour pouvoir ensuite élaborer des éléments méthodologiques qui permettront d'avancer sur cette problématique. La deuxième phase fera, quant à elle, l'objet de deux rendus différents, le premier correspondant au rapport complet de l'ESCO, compilant les résultats des lectures menées par les experts dans chaque discipline et le second correspondant à un rapport de synthèse reprenant les points essentiels ressortant de ces lectures. Enfin, la troisième et dernière phase impliquera la rédaction d'un rapport proposant des éléments méthodologiques à destination des opérationnels.

Les modalités de diffusion de ces documents (ampleur, support, forme et accompagnement) ou d'extraits de documents devront être définies à l'issue de chaque phase. Une attention particulière sera portée à la diffusion des rendus de la phase 1 qui, par construction, pourront intégrer des résultats encore préliminaires.

Le rendu final fera l'objet de colloques de restitution dont le premier, ouvert à la société civile, avec une mise en débat des résultats, se déroulera à la fin de la deuxième phase. Trois autres séminaires de restitution régionaux à destination des opérationnels et bureaux d'étude pourront être organisés à la fin de la troisième phase dans chacun des grands bassins des trois Agences de l'eau les plus concernées (Loire-Bretagne, Adour-Garonne, Rhône-Méditerranée et Corse).

Annexe : Constitution du comité d'experts

Le comité d'experts est composé de spécialistes de différentes disciplines, présentant une forte composante en recherche appliquée. Afin de traiter de l'ensemble de la problématique, le comité d'experts réunira des compétences en :

Hydrologie des cours d'eau : le ou les experts doivent pouvoir appréhender dans quelle mesure les régimes hydrologiques sont altérés à l'échelle des bassins versants, par la gestion des différents types de

retenues (phase de remplissage et phase de vidange notamment). Cette altération doit être évaluée en regard du fonctionnement physico-chimique, biologique et de la dynamique hydromorphologique des cours d'eau d'un bassin versant, avec les spécialistes correspondants. Le ou les experts doivent être capables de comprendre et prendre en compte les différents enjeux relatifs au fonctionnement des cours d'eau. Une attention particulière est à porter sur le lien entre hydrologie et morphologie, ainsi qu'entre hydrologie et habitat aquatique.

Mot clefs : hydrologie, bassin versant, régime des débits, ruissellement, variabilité, modélisation, étiage, crue, bassins versants ruraux, impact milieu, hydraulique, habitat.

Hydrogéologie : le ou les experts doivent être capable de faire le lien, à l'échelle d'un bassin versant, entre l'évolution à court et moyen termes de l'état des nappes, et les différents impacts entraînés directement et indirectement par le fonctionnement des retenues (pompage direct dans la nappe, interception d'une partie du ruissellement, écrêtage de crue notamment).

Mot clefs : hydrogéologie, bassin versant, ruissellement, variabilité naturelle des nappes, remplissage des nappes, modélisation, bassin versant ruraux, étiage, crue.

Physico-chimie des cours d'eau et des plans d'eau : le ou les experts doivent être capables d'analyser les différents processus physico-chimiques se déroulant au sein des retenues après leur remplissage. Il doit pouvoir aussi caractériser les différents impacts sur la physico-chimie, et notamment la température, les concentrations en nutriments, en MES et différents polluants (phytosanitaires) des cours d'eau entraînés par une évolution des régimes des débits des cours d'eau. Il doit aussi pouvoir évaluer la contribution de ces retenues à l'émission de gaz à effet de serre.

Mots clefs : chimie, cycles biogéochimiques, température, nutriments, matière organique, phytosanitaire, GES, hydrologie, retenue, plan d'eau

Ecotoxicologie : le ou les experts doivent être capables de faire le lien entre l'évolution de la biodisponibilité des contaminants dans le milieu aquatique induite par les retenues (phase liquide, sédiment, dans les retenues et à leur aval, en fonctionnement courant et en phase de vidange) et leur effet écotoxicologique sur les organismes aquatiques.

Mots clefs : écotoxicologie, contaminant, sédiment, biodisponibilité, hydrologie, retenue.

Hydromorphologie et transport solide en cours d'eau : le ou les experts doivent être capables de définir de quelle manière la dynamique hydromorphologique (transport sédimentaire, érosion, sédimentation) peut être impactée par le fonctionnement de retenue sur un bassin versant. Le lien devra être fait entre l'évolution des régimes des débits entraînés par le fonctionnement des retenues, l'hydraulique des cours d'eau et l'état de la morphologie de ces derniers. L'évolution à moyen et long termes des habitats entraînée par l'évolution des régimes hydrologiques (du ruissellement au régime des débits) et des équilibres hydro-sédimentaires (érosion/sédimentation) devra pouvoir être prise en compte à l'échelle d'un bassin versant.

Mots clefs : hydromorphologie, transport sédimentaire, habitat, crue, crue morphogène, ruissellement et érosion

Ecologie : le ou les experts doivent pouvoir appréhender les réponses des compartiments biologiques à l'évolution des régimes hydrologiques, du fonctionnement hydromorphologique et des caractéristiques physico-chimiques des cours d'eau, à court et moyen termes, entraînés par la gestion des retenues. Les compartiments biologiques à prendre en compte sont en premier lieu les poissons, les macro-invertébrés et la flore (macrophytes). Les impacts sur les espèces protégées et leur habitat devront être également pris en compte, notamment pour les zones ennoyées par la mise en place de la retenue. Il est essentiel de pouvoir appréhender le lien hydrologie/hydraulique/habitat/compartiment biologique. Au-delà de l'impact local sur l'habitat, la notion de continuité écologique en cours d'eau devra également être considérée, qu'il s'agisse des espèces locales, migratrices ou invasives.

Mots clefs : habitat poisson, macro-invertébrés, flore, température, hydraulique, modélisation, cycle biochimique, continuité écologique, espèces invasives, espèces migratrices

Agronomie : le ou les experts doivent être en mesure de comprendre les déterminants de l'usage et de la gestion des retenues pour l'agriculture. Il est également nécessaire d'être en capacité d'appréhender le ruissellement des eaux sur les bassins versants et notamment sur des champs cultivés.

Mots clefs : ruissellement, gestion des retenues, irrigation, assolement, cultivars, stress hydrique, nutriments, phytosanitaires.

Sociologie : le ou les experts doivent être en mesure d'appréhender les enjeux sociologiques liés aux développements des retenues dans les bassins et d'éclairer la façon dont des groupes d'acteurs réagissent face aux projets d'aménagement.. Cet aspect peut se révéler indispensable, lorsque les autorisations sont soumises à enquête publique ou lors de la consultation des communes et des commissions locales de l'eau.

Mots clefs : sociologie des mobilisations, agriculture,.

Pour la plupart des disciplines, il est souhaitable d'être en mesure d'appréhender les différents processus à la fois à l'échelle des aménagements et celle d'un bassin versant dans sa totalité. Les principaux liens et interactions entre les différents processus doivent pouvoir être prises en compte, il est donc nécessaire que les experts soient en capacité d'interagir avec des champs disciplinaires autres que les leurs. Une bonne connaissance du fonctionnement des petits et moyens bassins versant à dominante rurale devra pouvoir être mobilisée, l'impact des retenues se faisant expressément sentir sur ces types de bassin. Il est essentiel que les experts puissent porter un regard opérationnel sur ces questions, l'objectif étant de produire des éléments de méthode directement utilisables par les acteurs impliqués dans l'élaboration et l'instruction des autorisations.

ANNEXE II : LISTE DES EXPERTS

Nom Prénom	Affiliation	Statut	Thématique
BABUT Marc	Irstea Lyon-Villeurbanne - UR MAEP - Laboratoire d'écotoxicologie	ICPEF	Ecotoxicologie (micropolluants, composés émergents, bioaccumulation...)
BELLIARD Jérôme	Irstea Antony / UR Hydrosystèmes et bioprocédés.	Ingénieur de recherche	Ecologie des systèmes aquatiques, écologie des communautés, bioindication
BERNEZ Ivan	UMR ESE0985 Inra-Agrocampus Ouest	Ingénieur de recherche	Ecologie de la restauration / Ecologie des communautés
BURGER-LEENHARDT Delphine	INRA - UMR 1248 Agir - Département SAD	Directrice de recherche	Agronomie du territoire, agronomie des systèmes de culture
DORIOZ Jean-Marcel	INRA Thonon / UMR CARTEL	Directeur de recherche	Physico-chimie (Pollution diffuse, eutrophisation, phosphore) ; Ecologie, agropédologie, bassin versant
DOUEZ Olivier	BRGM	Ingénieur	Hydrogéologie
DUFOUR Simon	Université Rennes 2 - LETG Rennes COSTEL - CNRS UMR 6554 / Dépt. de Géographie	Maître de conférences	Géographie, géomatique appliquée aux hydrosystèmes (télédétection et SIG), paysages alluviaux
GRIMALDI Catherine	UMR INRA-Agrocampus Ouest 1069 SAS	Directrice de recherche	Physico-chimie des cours d'eau et plans d'eau
HABETS Florence	CNRS Paris / UMR Metis / Université Pierre & Marie-Curie	Directrice de recherche	Hydrologie
LE BISSONNAIS Yves	INRA Montpellier / UMR LISAH	Directeur de recherche	Transport solide
MOLENAT Jérôme	INRA Montpellier / UMR LISAH	Directeur de recherche	Hydrologie des bassins-versants, hydrologie des retenues collinaires, échange d'eau entre la surface et le souterrain, modélisation hydrologique
ROLLET Anne-Julia	Laboratoire LETG Caen GEOPHEN UMR 6554 CNRS	Maître de conférences	Etude du fonctionnement physique actuel des systèmes fluviaux et de leur restauration
ROSSET Véronique	Irstea Lyon-Villeurbanne - UR MAEP - Laboratoire Dynam	Ingénieur de recherche	Ecologie des étangs et plans d'eau (Macroinvertébrés, Odonates adultes)
SAUVAGE Sabine	Ecolab Toulouse / UMR 5245 CNRS-UPS-INPT ENSAT	Ingénieur de recherche	Modélisation, hydrodynamique, transfert des contaminants
USSEGLIO-POLATERA Philippe	Université de Lorraine - UMR 7360 - LIEC	Professeur des universités	Ecologie des communautés (Invertébrés benthiques)

Julien TOURNEBIZE, IDAE à l'UR HBAN à Irstea Antony, a contribué au chapitre sur la qualité physico-chimique des eaux pour l'effet des retenues sur le devenir et les transferts de pesticides.

AUTEURS ET CONTRIBUTEURS DE L'EXPERTISE

Experts :

Marc BABUT, Irstea
Jérôme BELLIARD, Irstea
Ivan BERNEZ, Agrocampus Ouest
Delphine BURGER-LEENHARDT, INRA
Jean-Marcel DORIOZ, INRA
Olivier DOUEZ, BRGM
Simon DUFOUR, Université de Rennes 2
Catherine GRIMALDI, INRA
Florence HABETS, CNRS
Yves LE BISSONNAIS, INRA
Jérôme MOLENAT, INRA
Anne-Julia ROLLET, Université de Caen
Véronique ROSSET, Irstea
Sabine SAUVAGE, Ecolab
Philippe USSEGLIO-POLATERA, Université de Lorraine

Equipe projet :

Nadia CARLUER, responsable scientifique de l'étude, Irsta
Béatrice LEBLANC, coordinatrice de l'étude, Irstea
Sarah MOSNIER, chargée de communication, Irstea

Documentalistes :

Anne-Laure ACHARD, Irstea
Marie-Pascale BALIGAND, Irstea
Sybille De MARESCHAL, Irstea

Relecteurs scientifiques :

Alain CRAVE, CNRS
Frédéric DELAY, Université de Strasbourg
Bernard MONTUELLE, INRA
Jean-Marie MOUCHEL, Université Pierre et Marie Curie

Rapport de l'expertise scientifique collective réalisée par Irstea, en partenariat avec l'Inra,
à la demande du Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, avec l'appui de l'Onema.

Mai 2016

