1

© Michel Bramard - AFB

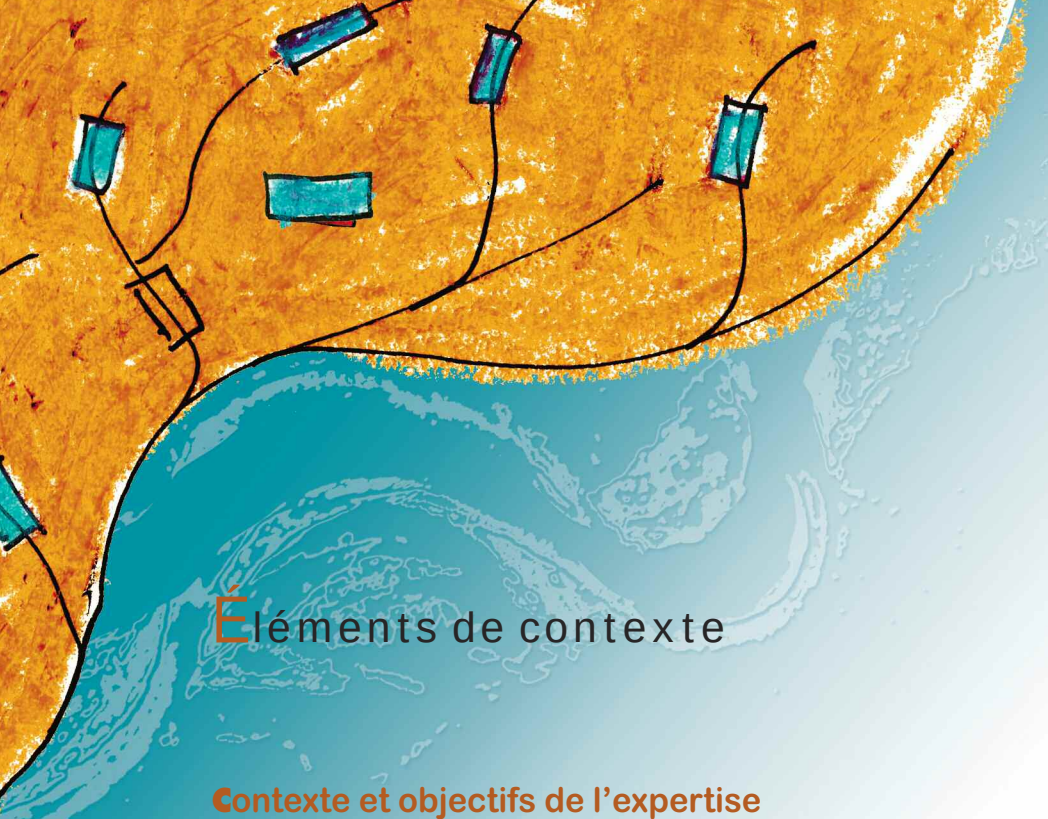
Introduction

18 ■ Éléments de contexte

22 ■ Règlementation française en lien avec les retenues et politique de gestion quantitative

26 ■ Domaines abordés par l'expertise

30 ■ Démarche adoptée pour l'expertise scientifique collective



Éléments de contexte

Contexte et objectifs de l'expertise

Cette expertise collective porte sur **l'impact cumulé des retenues*[1] d'eau sur le milieu aquatique.**

Elle s'inscrit dans le cadre conjoint de **la réforme sur les volumes prélevables et de la réforme des études** d'impact des projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements, établie en application de la loi engagement national pour l'environnement (dite loi Grenelle 2) du 12 juillet 2010 (décret du 29 décembre 2011[2]). L'application de la réforme des volumes prélevables, issue de la loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006, peut conduire dans certains cas à la création de nouvelles infrastructures de stockage d'eau, ou retenues, notamment dans le cadre des projets de territoire. La réforme des études d'impact implique que les dossiers de construction de retenues soumis par les pétitionnaires prennent en compte l'effet cumulé des ouvrages en projet. Par ailleurs, certains SDAGE ont pris des dispositions demandant aux services de l'État 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. Dans ce cas, la compatibilité du projet avec le SDAGE nécessite donc une évaluation de l'effet cumulé du ou des projets de retenues avec les retenues déjà existantes dans le bassin concerné.

Pourtant, il n'existe pas pour l'instant au niveau national de méthodologie permettant d'appréhender cette question de l'impact cumulé d'ouvrages de stockage d'eau sur un même bassin versant. Dans ce contexte, le ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer (MEEM), avec l'appui de l'Onema, a sollicité une expertise scientifique collective (Esco) auprès d'Irstea, en partenariat avec l'Inra, sur l'impact cumulé des retenues d'eau sur le milieu aquatique. Cette expertise, conduite dans une démarche pluridisciplinaire et mobilisant des experts issus de plusieurs organismes de recherche ou de recherche-enseignement supérieur, cherche donc à recenser, et le cas échéant élaborer, des éléments méthodologiques opérationnels permettant d'améliorer la qualité des procédures d'instruction. La liste des experts impliqués figure en annexe II.

Une étude inter-agence sur l'impact des petites réserves* artificielles sur les milieux (CACG, Hydrosphère et Géosys, 2001) a été menée au tout début des années 2000. Elle faisait un point relativement exhaustif sur les connaissances existant sur les retenues et débouchait sur certaines propositions, d'une part pour évaluer l'effet des petits plans d'eau sur le milieu aquatique et d'autre part pour le limiter; elle reste en grande partie d'actualité. Pour autant, certains éléments de contexte ont évolué depuis que cette étude a été menée. En particulier, l'adoption de la directive cadre sur l'eau (DCE) en 2000, de la loi sur l'eau et les milieux aquatiques en 2006, ainsi que les deux réformes citées précédemment (cf (page 22, sur l'évolution du contexte réglementaire) justifient de renouveler le regard sur la question, en intégrant notamment la notion de bon état du milieu aquatique que la DCE a introduite. Par ailleurs, quinze ans après cette étude, l'état des connaissances et méthodes disponibles mérite d'être actualisé.

1 - Les termes signalés par un astérisque sont définis dans un glossaire en fin d'ouvrage.*
2 - Décret n° 2011-2019

Cette introduction présente tout d'abord quelques éléments de contexte sur l'usage des petites retenues au niveau global, puis français. Elle rappelle ensuite le cadre règlementaire dans lequel s'inscrit actuellement la création de retenues, puis apporte un éclairage sur la règlementation en usage à l'étranger pour les petites retenues agricoles, à travers l'exemple de quelques pays particulièrement concernés par cette problématique. Elle précise ensuite les domaines abordés par l'expertise, et présente la démarche suivie, en énonçant d'abord rapidement les principaux résultats issus d'une phase exploratoire qui a précédé cette expertise, et qui a permis de mieux cerner les questions à investiguer.

Usages et tendances d'évolution des petites retenues à travers le monde

À l'échelle mondiale, le stockage de l'eau a considérablement augmenté depuis les années 1950, notamment pour les besoins de l'irrigation. En 2003 on comptait 6 700 km^3 d'eau stockée. En 2010, des estimations sur la base d'analyses de données, de SIG, et de relations statistiques, considèrent que la surface des retenues agricoles couvrirait au moins 70 000 km^2, ce qui représente entre 0,1 à 6% de la surface agricole sur terre, pour plusieurs millions de petites retenues[3]. Les USA compteraient à eux seuls 2,5 millions de petites retenues agricoles et l'Australie plus de 2 millions dont la capacité cumulée représente environ 10% de ce qui est stocké dans les grands réservoirs dans ce pays. En termes de densité, selon les sources et les tailles de bassins versants, on arrive en Australie à des valeurs variant entre 0,15 à 6,1 retenues/km^2 pour des années relativement récentes, ce qui est du même ordre de grandeur qu'au niveau d'un bassin versant des USA.

Les retenues de petite taille ont souvent une vocation agricole, et servent principalement pour l'irrigation et l'abreuvement du bétail. Ces retenues collectent et stockent l'eau de pluie pour sécuriser les moyens de subsistance et augmentent les rendements des cultures. Elles se sont avéré des outils essentiels pour surmonter les aléas du climat et ainsi stabiliser les rendements des cultures. L'usage agricole des retenues varie : par exemple, en Australie, ces ouvrages de petite taille sont plutôt consacrés à l'abreuvement du bétail, alors que les retenues pour l'irrigation sont plus grandes. De même, en zones de pâturage de moyenne montagne, les retenues servent à abreuver le bétail. L'usage d'irrigation reste néanmoins le principal usage agricole des retenues, même si plusieurs auteurs évoquent, notamment dans le cas de l'Inde, le fait que ces retenues à usage d'irrigation rendent dans le même temps d'autres services : abreuvement du bétail, réserves d'eau en cas d'incendie, amélioration du microclimat local, régulation des inondations, lavage du linge, pisciculture, baignade.

Au cours des dernières décennies, le nombre de retenues s'est fortement développé. Le nombre de ces retenues a été multiplié par 2 à 10 en Australie en 35 ans selon les bassins versants étudiés (soit 5 à 22 % par an), tandis qu'une augmentation de 1 à 3 % par an a été mentionnée aux USA et jusqu'à plus de 60 % par an en Inde.

Les facteurs expliquant ce fort développement des petites retenues, le plus souvent à usage agricole, sont divers et le plus souvent liés. En particulier, sont identifiées l'occurrence de sécheresses et la pression économique des filières agro-alimentaires. Cette tendance a le plus souvent été soutenue ou encouragée par des programmes incitatifs gouvernementaux. Néanmoins, l'usage agricole des retenues peut être abandonné au cours du temps. En particulier dans le cas d'une urbanisation croissante.

3 - La limite entre petite et grande retenue est discutée au page 28, pour fixer les idées, on la situe vers quelques millions de m^3.

Quelques chiffres sur les retenues en France

À notre connaissance, la seule tentative pour caractériser de façon systématique l'occurrence (nombre, surface, volume et usage) des petites retenues au niveau national a été effectuée au début des années 2000 dans le cadre de l'étude inter-agence sur l'impact des petites réserves artificielles (moins de 1 million de m^3) sur les milieux (CACG *et al.*, 2000). Compte tenu de la difficulté à aboutir à un ensemble de données cohérentes et suffisantes, sur l'ensemble du territoire, malgré la diversité des sources sollicitées, l'étude avait conclu à la nécessité que chaque département établisse un inventaire de l'ensemble des plans d'eau présents sur son territoire. Certains départements l'ont fait, ou sont en passe de le finaliser, mais il n'existe pas de base de données consolidée à l'échelle nationale. Les chiffres présentés ici sont essentiellement issus des extrapolations réalisées dans l'étude inter-agences à partir des données collectées. On suppose en première approche que les ordres de grandeur restent corrects, bien que l'étude ait montré une forte dynamique de création de retenues dans certains départements sur la période étudiée (1995-2000). L'étude avait mis en évidence une grande hétérogénéité de la densité en retenues à l'échelle communale, 2 200 communes (soit près de 7 % du territoire national, chiffre annoncé comme probablement sous-évalué) présentant une densité supérieure à 0,2 retenue/km^2 L'ensemble du parc était estimé à 125 000 ouvrages pour une surface de 200 à 300 000 ha et un volume total d'environ 3,8 milliards de m^3. Près de 50 % des retenues recensées avaient une superficie inférieure à un hectare, pour un volume inférieur dans 90 % des cas à 100 000 m^3 et une profondeur inférieure à 3 m dans 50 % des cas et 5 m dans 90 % des cas. Pour les plans d'eau d'irrigation, le volume moyen se situait vers 30 000 m^3. Le Tableau 1 résume la répartition des retenues selon les usages et les régions.

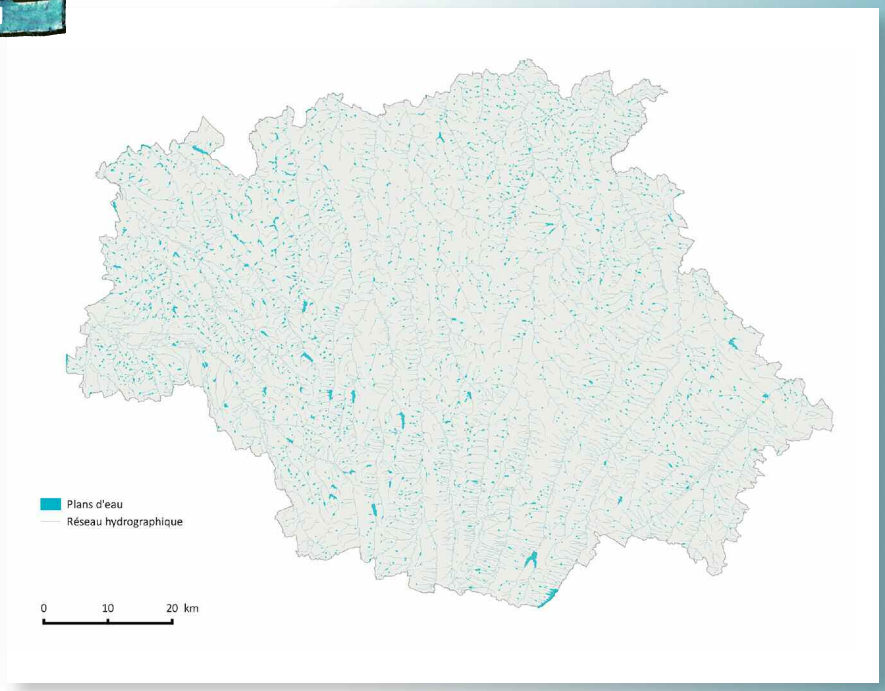
Tableau 1 *Principaux usages des petits plans d'eau en France (d'après étude inter-agences, 2000)*

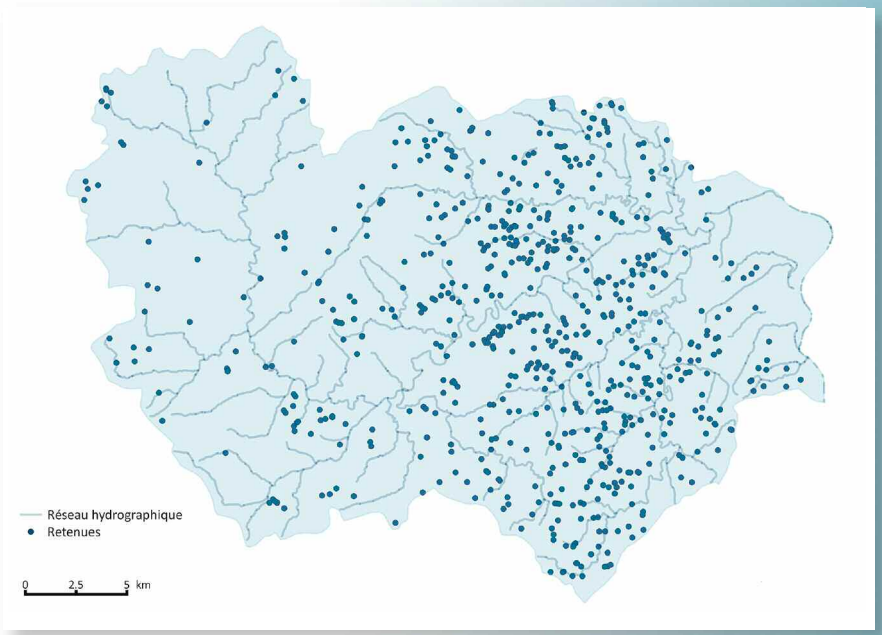
Usage	% en effectifs	% en surface	Régions les plus concernées
Irrigation	15	15	Sud-Ouest, Ouest
Aquaculture	12	30	Centre, Rhône Alpes, Lorraine et Limousin
Pêche et loisir	11	20	Bourgogne, Pays de la Loire, Limousin, Auvergne et Bretagne
Loisirs et agréments	62	35	Pays de la Loire, Bretagne, Centre, Limousin

Notons que dans certaines régions, les retenues pour usage de loisirs ou pisciculture occupent une surface comparable ou supérieure à celle des retenues à usage d'irrigation ou soutien d'étiage. La question de l'évaluation de l'effet de la création de nouvelles retenues renvoie toutefois actuellement le plus souvent aux retenues pour irrigation et/ou aux réserves de substitution (Encadré 3, page 27, pour les définitions).

Les cartes Figure 1 illustrent non seulement la densité de retenues sur des bassins déjà très équipés, comme par exemple dans le département du Gers et, sur le bassin-versant du Doux, dans le nord du département de l'Ardèche, mais également l'effort conséquent de bancarisation des données sur les retenues réalisé par certains services départementaux de l'État.

Figure 1





Exemples de localisation de retenues. En haut, zoom sur la localisation de plans d'eau dans le nord-ouest du département du Gers (Source : DDT Gers) ; en bas, , bassin versant du Doux (Source : DDT Ardèche).

Règlementation française en lien avec les retenues et politique de gestion quantitative

Conformément à l'article L. 2141-1 du code de l'environnement, **la construction de nouvelles retenues est encadrée par la nomenclature loi sur l'eau**[4] qui détermine le régime d'instruction (déclaration / autorisation, c'est-à-dire soumise à document d'incidence ou étude d'impact) auquel est désormais soumis tout projet d'aménagement, selon l'importance et les effets de celui-ci sur la ressource en eau et les milieux aquatiques. Le législateur a prévu cette nomenclature pour assurer une gestion équilibrée et durable de la ressource en eau. Ainsi, la création d'un plan d'eau*, quel que soit le statut de ce dernier, est dorénavant soumise à déclaration ou à autorisation en fonction notamment des seuils de superficie déterminés par plusieurs rubriques de la nomenclature loi sur l'eau. D'après la rubrique 3.2.3.0, tout plan d'eau permanent ou non, dont la superficie est supérieure ou égale à 3 ha est soumis au régime d'autorisation ; si sa superficie est comprise en 0,1 et 3 ha, le plan d'eau est alors soumis à déclaration. Ces seuils peuvent cependant être modifiés dans certaines situations spécifiques.

Règlementation sur la gestion quantitative et lien avec les retenues

La loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006, dite LEMA, a permis d'introduire des mesures législatives visant une gestion durable de la ressource en eau et une résorption des déséquilibres chroniques, à travers la réforme dite des « volumes prélevables »[5]. La circulaire du 30 juin 2008[6] précise notamment les modalités de cette réforme. Elle prévoit entre autres que les agences de l'eau, aidées des DREAL de bassin, doivent proposer aux préfets coordonnateurs de bassin la liste des bassins en déficit quantitatif[7]. Cette dernière ainsi établie doit être mise en cohérence avec les SDAGE. Une ressource en eau est considérée faire l'objet d'une gestion quantitative équilibrée lorsque, statistiquement, huit années sur dix en moyenne, les volumes et débits maximums autorisés ou déclarés dans cette ressource, quels qu'en soient leurs usages, peuvent en totalité être prélevés dans celle-ci tout en garantissant le bon fonctionnement des milieux aquatiques correspondants. Il s'agit là de la notion de **volumes prélevables**[8]. La garantie du bon fonctionnement de ces milieux peut, lorsqu'ils existent, s'observer par le respect des débits d'objectif d'étiage[9] (DOE) dans les SDAGE ou les SAGE.

4 - Décret n°93-743 du 29 mars 1993 relatif à la nomenclature des opérations soumises à autorisation ou à déclaration en application de l'article 10 de la loi n°92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau.
5 - La circulaire du 30 juin 2008 définit le volume prélevable comme le volume que le milieu est capable de fournir dans des conditions écologiques satisfaisantes, c'est-à-dire qu'il soit compatible avec les orientations fondamentales fixées par le SDAGE, et le cas échéant, avec les objectifs généraux et le règlement du SAGE.
6 - Circulaire du 30 juin 2008 relative à la résorption des déficits quantitatifs en matière de prélèvement d'eau et gestion collective des prélèvements d'irrigation.
7 - Un bassin en déficit quantitatif est dans une situation d'inadéquation entre la disponibilité de la ressource et les prélèvements. Sur ces territoires, l'atteinte de l'équilibre quantitatif est nécessaire pour assurer le respect des objectifs d'état des masses d'eau superficielle et souterraine tout en recherchant la pérennité des principaux usages.
8 - Le volume prélevable doit être entendu comme le volume réellement prélevable dans le milieu durant une période donnée : dans le cas des retenues, à l'exception des retenues de soutien d'étiage, on considèrera leurs conditions de remplissage et non pas les modalités d'utilisation de l'eau stockée.
9 - Les débits d'objectif d'étiage permettent de satisfaire l'ensemble des usages en moyenne huit années sur dix et d'atteindre le bon état des eaux.

La procédure de **retour à l'équilibre** doit ainsi être engagée ou poursuivie sur tous les bassins en déséquilibre quantitatif. Cette circulaire du 30 juin 2008 fixe ainsi les objectifs généraux visés pour la résorption des déficits quantitatifs :

- l'évaluation des volumes prélevables globaux par les agences de l'eau et les DREAL de bassin en absence de CLE ;
- l'engagement d'un programme de révision des autorisations de prélèvement dès la connaissance des volumes prélevables pour que le volume total autorisé soit au plus égal au volume prélevable d'ici fin 2014, 2017 ou 2021 selon les bassins ;
- la répartition des prélèvements d'eau à usage d'irrigation agricole pouvant être déléguée, notamment dans le cas de zones de répartition des eaux (ZRE), à un organisme unique de gestion collective (OUGC) regroupant les irrigants sur un périmètre adapté.

La circulaire du 3 août 2010 relative à la résorption des déséquilibres quantitatifs en matière de prélèvements d'eau précise, quant à elle, que le retour à l'équilibre quantitatif dans les bassins à écart important[10] repose sur un ensemble de mesures visant à encourager les économies d'eau et à **créer, sous certaines conditions, de nouvelles ressources, à savoir des retenues.**

La conférence environnementale de septembre 2013 précise que dorénavant, **seules les retenues de substitution s'inscrivant dans un projet de territoire pourront être subventionnées par les agences de l'eau.** Ces projets de territoire ont pour objectif une gestion équilibrée de la ressource en eau, sans détériorer la qualité chimique et écologique des milieux aquatiques, et doivent être le fruit d'une concertation associant tous les acteurs du territoire.

La prise en compte des effets cumulés des retenues dans le cadre de la réforme des études d'impact

Que le projet de création de retenue soit soumis à un régime de déclaration ou d'autorisation, le pétitionnaire est tenu de présenter aux services de l'État un document d'incidences qui comporte une analyse de l'ensemble des effets du projet au regard des objectifs de gestion équilibrée et durable de la ressource en eau. Une étude d'impact pourra être exigée soit de manière systématique dans le cas de projets soumis à autorisation au titre de certaines rubriques de la nomenclature loi sur l'eau, soit après vérification préliminaire dite « examen au cas par cas ».
Le décret du 29 décembre 2011[11] porte sur la réforme des études d'impact des projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements qui est entrée en application au 1er juin 2012. Cette réforme vise à mieux prendre en compte les effets cumulés des projets. En effet, conformément aux articles R. 122-4 et R. 122-5 du code de l'environnement, **une étude d'impact doit notamment comporter une analyse des effets cumulés du projet avec d'autres projets connus.** Les projets connus sont les projets rendus publics qui, lors du dépôt de l'étude d'impact ont fait l'objet :

- d'un document d'incidences au titre de l'article R. 214-6 et d'une enquête publique ;
- d'une étude d'impact au titre du présent code et pour lesquels un avis de l'autorité administrative de l'État compétente en matière d'environnement a été rendu public.

Il est de la responsabilité du pétitionnaire d'identifier les projets connus à l'aide du fichier national des études d'impact.

Un projet de retenue doit être compatible avec le SDAGE, et le SAGE lorsqu'il existe, ce qui est le cas lorsque ce projet n'est pas contraire aux orientations ou aux principes fondamentaux de ces documents. De nombreux SDAGE ont par ailleurs des dispositions demandant aux services de l'État de s'assurer que l'impact cumulé des projets de retenue est bien pris en compte lors de l'instruction du projet. De la même façon, les SAGE peuvent avoir édicté des règles visant des opérations pouvant avoir des impacts cumulés significatifs en termes de prélèvement sur leur périmètre.

10 - Ecart entre le volume prélevé en année quinquennale sèche et volume prélevable supérieur à un seuil de l'ordre de 30 %.
11 - Décret n° 2011-2019

Encadré 2

Les SDAGE 2016-2021 prenant des dispositions concernant les effets cumulés des retenues

Globalement, les SDAGE 2016-2021 concernant les bassins Rhône-Méditerranée, Loire-Bretagne ainsi qu'Adour-Garonne prennent des dispositions non seulement sur les effets cumulés des retenues mais également des dispositions plus générales sur cette notion d'impact cumulé en prenant notamment exemple sur la séquence « éviter-réduire-compenser ».

Le SDAGE 2016-2021 Rhône-Méditerranée comprend entre autres la disposition 6A-14 « Maîtriser les impacts cumulés des plans d'eau » qui indique que la création de plan d'eau ne doit pas compromettre à court et long terme l'atteinte des objectifs environnementaux dans les bassins versants concernés, la résilience des milieux aquatiques, les objectifs de la trame verte et bleue, et certains usages dépendant fortement de la qualité sanitaire des eaux.

Le SDAGE Loire-Bretagne 2016-2021 présente également des dispositions qui prennent en compte cette notion d'impact cumulé des retenues dont la disposition 7D- « Faire évoluer la répartition spatiale et temporelle des prélèvements, par stockage hivernal » qui prévoit que ces aménagements, ainsi que leur cumul avec des ouvrages existants sur un même bassin versant peuvent avoir des impacts sur les milieux qu'il convient d'anticiper.

Enfin, le SDAGE 2016-2021 Adour-Garonne prévoit lui aussi des dispositions spécifiques pour identifier les territoires concernés par une forte densité de petits plans d'eau, et réduire les impacts cumulés des plans d'eau. La disposition D12 « Identifier les territoires impactés par une forte densité de petits plans d'eau » prévoit notamment d'identifier d'ici 2018 les sous-bassins versants concernés par une forte densité des « plans d'eau », où il est nécessaire de limiter la prolifération des petits plans d'eau.

Éclairage sur la prise en compte des petites retenues agricoles dans la règlementation étrangère à travers quelques exemples

Les éléments recueillis sur la règlementation des retenues au sein de quelques pays étrangers (Australie, Nouvelle-Zélande, États-Unis, Royaume-Uni, Espagne) où cette problématique est prégnante, bien que partiels, soulignent les différences notables avec le contexte français, ainsi que les points de convergence. *A priori,* l'impact cumulé de ces retenues ne semble, la plupart du temps, pas traité dans les documents consultés.

Globalement, la gestion des retenues au sein de ces pays s'effectue soit à l'échelle régionale, soit à l'échelle étatique, avec une règlementation relative à ces petits barrages* agricoles qui diffère selon les régions ou États.

L'Australie, qui est confrontée tout particulièrement à des épisodes de sécheresse prolongés et de plus en plus fréquents, a vu le nombre de ses petites retenues agricoles augmenter depuis les années 2000, comme la plupart des autres pays abordés dans cette partie. Le gouvernement australien a par conséquent opté pour une gestion de la ressource en eau qui tente de concilier l'ensemble des usages de l'eau dans les zones de régulation, et qui intègre notamment le système des marchés de l'eau. Cet instrument économique, utilisé également en Californie mais aussi au Chili, reste finalement assez marginal en Australie car il ne représente que 5 à 10 % des volumes prélevés chaque année, même en période de sécheresse. Par ailleurs, la prise en compte de la nécessité de préserver l'environnement, liée à la prise de conscience de la dégradation des milieux aquatiques, a conduit le gouvernement fédéral à axer plus particulièrement ses efforts sur le bassin hydrographique de Murray-Darling, qui constitue la région agricole du sud-ouest australien où les besoins en eau sont les plus élevés par suite de l'occupation agricole du sol. Les quotas de prélèvement d'eau y ont ainsi été revus à la baisse, ce qui a profité à l'environnement. Le gouvernement fédéral australien s'oriente désormais vers une

politique de réduction des quotas d'eau, et globalement une limitation des retenues agricoles sur le bassin de Murray-Darling.

Aux États-Unis, les petites retenues agricoles sont également très nombreuses et leur construction est de plus en plus contrôlée dans certains États, dont la Californie. Les marchés de l'eau californiens jouent un rôle encore plus marginal qu'en Australie, car ils ne représentent que 3% des volumes consommés annuellement. La préservation des milieux aquatiques est apparue dans ce pays notamment grâce à la gestion des débits environnementaux au niveau des infrastructures de taille conséquente.

En Nouvelle-Zélande, les petits barrages agricoles connaissent une importance croissante du fait de la demande en eau toujours plus conséquente, liée notamment à l'agriculture intensive, qui est le principal moteur du développement économique. Le nombre exact de petites retenues agricoles étant mal connu, un travail de recensement de ces ouvrages a été initié par les conseils régionaux d'Auckland et de Northland. Désormais, 98 % des prélèvements de 5L/s ou plus réalisés en Nouvelle-Zélande seront mesurés et comptabilisés. La politique de gestion de l'eau instaurée en Nouvelle-Zélande soutient ces infrastructures qui permettent de sécuriser l'accès à l'eau, mais en surveillant tout de même leur développement.

En Angleterre et au Pays de Galles, ce sont les agences environnementales qui gèrent les licences de prélèvements et de retenues. Grâce à ce système d'attribution de licences, ces deux pays européens contrôlent ainsi combien, où et quand l'eau est prélevée. Ces pays s'appuient sur la procédure CAMS qui évalue grâce aux débits environnementaux (*environmental flow indicator*) la quantité d'eau disponible pour un prélèvement sur un bassin-versant.

Même s'ils ne sont pas exhaustifs, ces quelques exemples de règlementation des retenues à l'étranger, non transposables en droit français tendent plutôt à montrer que la France dispose d'un socle règlementaire encadrant la construction et la gestion des retenues relativement riche et que les résultats de cette expertise pourraient au final intéresser potentiellement d'autres pays.

Domaines abordés par l'expertise

L'expertise aborde les effets des retenues sur le milieu aquatique. Compte tenu de la complexité pressentie du sujet et des attentes fortes qui s'expriment au niveau opérationnel, l'interrogation de la littérature internationale, qui sert de base à toute expertise scientifique collective (Esco), a été précédée d'une **phase exploratoire** (cf. note sur l'organisation de cadrage de l'expertise en annexe I, page 134). Celle-ci a permis de faire l'état des lieux des connaissances et méthodes mobilisées en France, en s'appuyant sur l'analyse de la **littérature opérationnelle** disponible, et de mieux cerner les champs à investiguer de façon plus approfondie dans le cadre de l'Esco [12]. Il s'agit dans cette expertise de faire un état des lieux de la littérature académique internationale sur les connaissances, concepts et outils disponibles pour aborder l'effet cumulé des retenues. Une étape ultérieure devra aboutir à la proposition d'éléments méthodologiques pour aborder la question de façon opérationnelle, ainsi qu'à l'identification éventuelle de besoins de recherche.

Les types d'effet[13] abordés ici sont ceux liés à l'hydrologie et l'hydrogéologie du bassin versant, à la dynamique des sédiments et à l'hydromorphologie, aux évolutions physico-chimiques de l'eau, à différents compartiments biologiques : poissons, invertébrés, végétaux, c'est-à-dire les organismes présents dans les zones d'influence des retenues et du cours d'eau. Les effets des retenues doivent donc être examinés sous l'angle de différentes **caractéristiques fonctionnelles** associées au cours d'eau et que l'on peut regrouper selon ces quatre catégories principales. Ce terme recouvre la dynamique des flux d'eau, des flux et des concentrations de matière associés (matières en suspension, nutriments, contaminants). Il englobe aussi les caractéristiques des compartiments physiques (lit du cours d'eau, retenues) ou biologiques du cours d'eau, ainsi que les interactions entre ces différentes composantes. On examinera les différentes **caractéristiques fonctionnelles** associées à ces différents aspects du cours d'eau, c'est-à-dire les flux, les concentrations quand il y a lieu, les évolutions et l'influence sur les autres compartiments, physiques ou biologiques. Ces différents types d'effets seront considérés à différentes échelles d'espace et de temps. Les oiseaux ne sont pas spécifiquement étudiés parce qu'ils ne sont pas strictement inféodés à une retenue ou au cours d'eau correspondant, et nécessiteraient un cadre d'analyse plus large. Enfin, le changement climatique n'est pas considéré explicitement, bien que l'évolution prévisible des capacités de stockage en eau y soit intimement liée, au moins dans certaines zones géographiques, et qu'il soit susceptible d'influencer également à terme la capacité de remplissage de telles infrastructures. L'effet cumulé des retenues sur les émissions de gaz à effet de serre est en revanche abordé.

La notion d'effets cumulés a été définie au niveau réglementaire précédemment (page 23), on l'entendra ici comme recouvrant l'ensemble des effets induits par l'ensemble des retenues considérées, sur l'ensemble des variables envisagées. On verra au chapitre 2 que plusieurs définitions de cette notion sont possibles, plus ou moins larges.

12 - http://www.developpement-durable.gouv.fr/Expertise-scientifique-collective,46310.html

*13 - Dans la pratique, il semble que le terme d'**effet**, désigne la résultante d'un processus induit par une cause sans notion de valeur, alors que le terme d'**impact**, est plutôt associé à une notion de jugement (impact positif ou négatif) et suppose donc la définition de critères d'évaluation et de seuils pour juger qu'un impact est positif ou non. Dans ce rapport, qui se concentre sur l'influence des retenues sur le milieu, les deux termes seront utilisés indifféremment, le terme effet est généralement employé dans le sens premier de « résultat, conséquence d'un agent ou phénomène quelconque ».*

Les aspects sociaux et économiques, s'ils ont été en partie considérés comme éléments de contexte dans le cadre notamment des visites de terrain menées pendant la phase exploratoire, ne font pas partie du champ de l'expertise. En particulier, celle-ci n'aborde pas la question du bien-fondé ou non de la construction d'une retenue du point de vue socio-économique.

Une des difficultés liées à l'étude des retenues d'eau est celle de la diversité des structures auquel ce terme peut faire référence, qu'il s'agisse des usages qui leur sont associés, de leur mode d'alimentation, de leur mode de restitution de l'eau, de la qualité de l'eau qu'elles collectent, ou d'autres caractéristiques de leur environnement. Cette diversité s'accroit encore quand on envisage l'ensemble des retenues existant sur un bassin donné, puisque la distribution dans l'espace des différents types de retenues peut montrer des configurations très diverses. L'effet d'une retenue isolée sur les différents compartiments de l'écosystème aquatique dépendant notamment de son (ses) usage(s), de ses modes d'alimentation et de restitution, **une typologie liée à chacun de ces aspects** a été proposée à l'issue de la phase exploratoire. Elle est présentée dans l'encadré 3 et servira de référence pour le reste du document. On verra toutefois que les informations disponibles dans les articles et documents consultés ne permettent pas toujours d'affecter avec certitude les objets étudiés à l'une ou l'autre de ces catégories.

Encadré 3

Typologie des retenues

Usages

En première approche, on peut distinguer les usages :

- qui ne consomment pas d'eau, en restituant directement au cours d'eau et tout au long de l'année, l'eau interceptée ;
- qui n'en consomment pas à l'échelle annuelle mais influencent significativement le régime des débits en stockant et déstockant les flux entrants ;
- qui consomment effectivement de l'eau.

À noter que les usages 1 et 2 (Figure 2, page suivante) influencent principalement le régime hydrologique via l'évaporation, voire l'infiltration.

Les usages de première catégorie sont par exemple les usages de loisirs (attrait paysager, baignade, loisirs nautiques, pêche, mares* de chasse) ou la pisciculture. Ils n'entrainent pas de consommation d'eau mais peuvent avoir des effets par exemple sur la qualité de l'eau. L'usage pour l'hydroélectricité appartient typiquement à la deuxième catégorie. Certains prélèvements pour des activités industrielles peuvent aussi être rattachés à cette catégorie, selon qu'ils restituent l'essentiel de l'eau prélevée ou non au milieu. Les retenues de **restitution / réalimentation**, qui servent à réalimenter le cours d'eau en période sèche et à soutenir les étiages peuvent également être classées dans cette catégorie. La troisième catégorie comprend tous les usages prélevant de l'eau qui ne sera pas restituée directement au cours d'eau : eau potable[14], irrigation, abreuvement du bétail, neige de culture. De façon générale, les retenues peuvent avoir des usages multiples. Les retenues de restitution / réalimentation peuvent aussi se rapprocher de cette catégorie dans la mesure où l'eau qu'elles restituent au cours d'eau est parfois reprise pour l'irrigation.

Mode d'alimentation

On distingue ici essentiellement cinq types de retenues, en fonction de leur position par rapport au cours d'eau et de leur mode de remplissage (Figure 2, page suivante). Mode d'alimentation et usages ne sont pas strictement indépendants. Ils sont présentés ci-après selon un ordre croissant de connexion au réseau hydrographique. La **substitution** désigne la pratique qui permet de prélever l'eau dans le milieu hors période de tension (en automne-hiver dans le cas général) pour la stocker dans une retenue utilisée en été et diminuer d'autant les prélèvements dans le milieu en période d'étiage. Une **retenue** stocke l'eau qui s'écoule de façon gravitaire, alors qu'une **réserve** est remplie par pompage.

14 - Il est considéré généralement que les prélèvements pour eau potable sont quantitativement restitués à hauteur de 80 % : pas toujours dans le même milieu, ni au même moment, et généralement avec une altération sensible de qualité.

Figure 2

Emplacement des retenues selon leur type d'alimentation (Source : F. Peyriguer [Irstea] d'après O. Douez [BRGM]).

1. Réserve alimentée par pompage dans **la nappe.** Il s'agit d'une réserve déconnectée du réseau hydrographique superficiel, alimentée strictement par pompage dans un aquifère proche.

2. Réserve alimentée par pompage dans **la rivière**. Également déconnectée du réseau hydrographique superficiel, elle est alimentée strictement par pompage dans la rivière.

3. Retenue collinaire. Ces retenues sont alimentées par **ruissellement** et normalement **déconnectées du réseau** hydrographique. Parce qu'elles sont situées dans des talwegs de manière à intercepter plus de ruissellement, il s'avère que des ouvrages considérés comme des retenues collinaires peuvent être installés **sur des sources** ou **drainer des nappes** : il s'agit alors en réalité de retenues sur cours d'eau, qui devraient être soumises aux règlementations de ce type d'ouvrage (notamment débit minimum).

4. Retenue en dérivation. Une telle retenue s'apparente à une réserve alimentée par pompage dans la rivière (2), mais l'alimentation est ici gravitaire. Toutefois, la déconnexion de la retenue une fois celle-ci remplie est rarement complète, et souvent seul un débit minimum, parfois busé depuis l'amont de la retenue, assure la continuité hydrique du cours d'eau.

5. Retenue en barrage. Ce type de retenue est situé sur un cours d'eau : sauf dispositif particulier de débit minimum (avec prise de l'eau en amont), toute l'eau qui rejoint le cours d'eau à l'aval a transité par la retenue. Certaines retenues peuvent être alimentées par écoulement d'eau pluviale urbaine ou d'eaux usées traitées provenant de stations d'épuration ou d'industries ; elles ne seront pas abordées spécifiquement ici.

La demande d'expertise abordait *a priori* **l'ensemble des types de retenue**, notamment sans limite explicite de capacité, sans toutefois aller jusqu'aux très grands ouvrages. Pour fixer les idées, l'étude inter-agences, déjà évoquée, se limitait aux retenues d'un volume inférieur au million de m^3, alimentées par de l'eau de surface. À l'inverse, Bergkamp *et al*[15], dans un rapport sur l'influence des barrages sur les fonctions des écosystèmes, définissent les grands ouvrages comme ceux ayant une hauteur de digue supérieure à 15 m ou une hauteur comprise entre 5 et 15 m et un volume supérieur à 3 millions de m^3. C'est l'ordre de grandeur considéré comme maximal dans le cadre de cette expertise, sans qu'il s'agisse d'une limite absolue si des connaissances ou

15 - Bergkamp, G., M. McCartney, P. Dugan, M. J. and M. Acreman (2000). Dams, Ecosystem Function and Environemtnal Restoration, WCD Thematic Review Environmental Issues II.1. W. C. o. Dams: 187.

informations disponibles pour des retenues plus grandes s'avéraient pertinentes. Les retenues de réalimentation se situent à la limite de cette gamme de taille, étant souvent d'un volume excédant le million de m^3, et ne sont donc qu'en partie couvertes par l'expertise. En termes de surface, les retenues considérées vont donc de quelques dizaines ou centaines de m^2 à une dizaine d'hectares.

Tableau 2 *Principaux usages des petits plans d'eau en France (d'après étude inter-agences, 2000)*

		Hydrologie hydrogéologie	Physico-chimie (température, oxygène, azote, phosphore, métaux lourds, pesticides, gaz à effet de serre). Qualité des eaux		Transport solide. Hydro-morphologie	Ecologie (notamment bio indicateurs, végétation, macroinvertébrés, amphibiens, poissons)
Thématiques abordées						
Types de retenues considérés	**Usages**	Essentiellement Pêche, loisirs, pisciculture, irrigation, agrément	Retenue pour réalimentation (de volume conséquent)		Retenue d'eau pour neige à canon. Références très limitées. Méritent une expertise propre	
	Type d'alimentation	Pompage dans la nappe (réserve de substitution)	Pompage dans le cours d'eau (réserve de substitution)	Ruissellement, source (retenue collinaire)	Retenue en dérivation	Barrage en rivière

Démarche adoptée pour l'expertise scientifique collective

Les enseignements de la phase exploratoire

Cette première étape, qui a exploré la littérature opérationnelle, a montré qu'à l'échelle d'une seule retenue, de nombreuses données et connaissances étaient déjà disponibles pour aborder l'effet des retenues de taille importante, à l'inverse des retenues de faible taille, notamment des retenues collinaires, pour lesquelles les données sont beaucoup moins nombreuses. L'analyse a toutefois montré que les informations étaient souvent de nature qualitative, ou le contexte de la retenue pas assez explicité pour que les facteurs déterminant le fonctionnement du système soient suffisamment caractérisés et qu'il soit facile de transposer/remobiliser les connaissances dans un autre contexte que celui où elles ont été acquises.

Pour ce qui concerne les **effets cumulés**, l'hydrologie et l'hydrogéologie semblent actuellement les domaines les plus à même de les aborder, entre autres par le biais de la modélisation. Le type de modélisation à mettre en œuvre reste toutefois à préciser, notamment en fonction des besoins émanant de l'évaluation de l'effet des retenues sur les autres variables du système (transport solide, physico-chimie, écologie). De par son rôle de vecteur, l'hydrologie pilote en effet en grande partie ces autres composantes, mais les paramètres clés ne sont pas forcément les mêmes pour toutes ces composantes. On peut citer par exemple *a priori* : les débits forts pour le transport solide et l'hydromorphologie, les débits caractéristiques pendant les périodes critiques pour les organismes aquatiques (étiage, reproduction …), la saisonnalité des débits pour la qualité physico-chimique de l'eau. Par ailleurs, certaines méthodes permettant de faire le lien entre les altérations du régime hydrologique associées au cumul de retenues et les altérations d'habitat sont déjà mobilisables et permettent ainsi pour partie d'évaluer les effets induits sur les organismes aquatiques par les modifications hydrologiques. Elles sont toutefois axées essentiellement sur les étiages et sur les habitats piscicoles, et n'abordent les effets cumulés que comme la somme d'effets individuels : elles méritent d'être complétées pour rendre compte des interactions entre les processus écologiques conditions hydrologiques et physico-chimiques, et des effets de seuil qui en résultent certainement pour les compartiments biologiques. Enfin, cette première étape a montré que certaines métriques biologiques sont sensibles à la présence de retenues : elles peuvent déjà ainsi permettre de réaliser un diagnostic de l'état initial avant implantation d'une retenue, voire de discuter de l'acceptabilité de certaines retenues. Elles n'autorisent toutefois pas encore une démarche prédictive, qui permettrait d'anticiper l'impact attendu d'une ou de nouvelle(s) retenue(s) sur certains compartiments biologiques.

D'un point de vue opérationnel, cette première phase a mis en évidence la nécessité pour les acteurs en charge de l'évaluation de l'impact cumulé des retenues de **disposer de données, sous une forme facilement interrogeable et mobilisable.** Cela parait un préalable indispensable à la mise en œuvre de méthodes adaptées à la problématique, qui s'appuieront nécessairement pour conduire à des résultats pertinents sur un ensemble de données cohérent et de précision suffisante.

Les limites et les questions en suspens mises en évidence par la phase exploratoire

L'analyse de la littérature opérationnelle qui a été réalisée a permis d'identifier certains points sur lesquels porter particulièrement l'attention dans les recherches bibliographiques sur la littérature internationale, y compris à **l'échelle d'une retenue isolée :**

- pour ce qui concerne l'hydrologie et l'hydrogéologie, la quantification de l'évaporation et de l'infiltration depuis les retenues est apparue comme une source potentielle d'incertitude. Par ailleurs, l'effet des retenues sur les échanges nappe-rivière et le fonctionnement de la zone hyporhéique, avec les conséquences possibles sur le fonctionnement écologique du cours d'eau doit être abordé ;
- pour ce qui concerne la physico-chimie, la nécessité de mieux caractériser les facteurs d'influence, et de mieux quantifier les processus a été mise en évidence. En particulier, il semble nécessaire pour aborder le cumul d'envisager une approche en flux/variation de stock, alors que les données et connaissances disponibles sont le plus souvent basées sur des mesures de concentration en conditions hydrologiques hors crue, qui ne peuvent suffire dans cette optique. L'eutrophisation, qui semble fréquente dans les retenues, mérite également une attention particulière, de même que la production de gaz à effet de serre qui, si elle n'apparait pas significative pour une retenue individuelle pourrait le devenir pour un grand nombre de telles structures et jusqu'à l'échelle mondiale ;
- il apparaît que la sécurisation de l'accès à l'eau induite par la présence de retenues sur un bassin versant est susceptible d'influencer son fonctionnement hydrologique et physico-chimique, à la fois par l'évolution des cultures et pratiques culturales qu'elle autorise, et par l'évolution du système sol-plante-atmosphère qu'elle induit. Ce point mérite d'être investigué ;
- du point de vue du transport sédimentaire, quand il est cité, c'est le plus souvent de façon globale : les fractions fines et grossières ne sont pas distinguées alors que leur devenir en présence d'une retenue est très différent. Là aussi, les données en crue sont rares, sinon inexistantes. Il convient donc d'investiguer ces aspects, à la fois pour la production en versant, le dépôt et la remobilisation (des particules et des éléments associés) en retenue, et pour l'influence sur le cours d'eau à l'aval ;
- pour l'écologie, les connaissances sur l'influence des petites retenues, et notamment des retenues collinaires, sur l'écologie de la zone avoisinant la retenue et de son aval sont assez limitées. Il convient donc d'explorer la littérature internationale sur cet aspect et éventuellement élargir la recherche à des systèmes potentiellement proches en termes de fonctionnement : mares et étangs*, marais, têtes de bassin versant, cours d'eau intermittents, en tentant de dégager les déterminants de leur fonctionnement et dysfonctionnement éventuels, et d'identifier des descripteurs de fonctionnement pertinents.

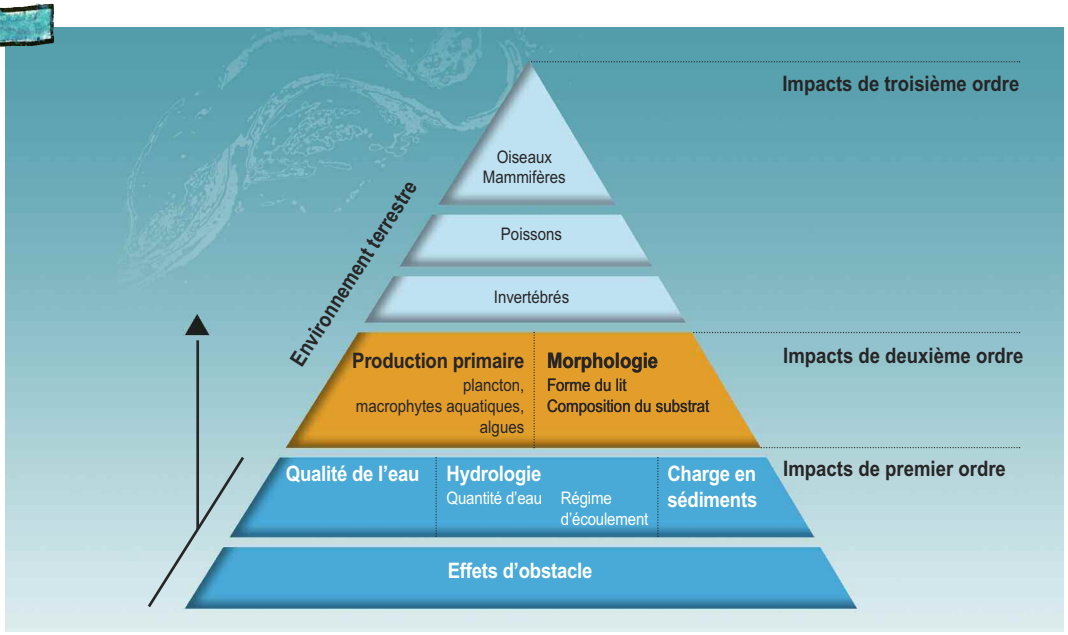
Cette phase a également mis en évidence **le besoin d'un cadre conceptuel permettant d'organiser les connaissances et éléments de méthodes** pour aborder la question des effets cumulés des retenues. L'expertise s'attachera donc à repérer dans la littérature existante les cadres conceptuels déjà élaborés pour l'étude de l'effet cumulé des retenues sur les milieux, mais aussi plus largement dans des études relatives à d'autres types de plans d'eau distribués sur les bassins versants, ou même dans le cadre d'évaluations d'effets cumulés portant sur d'autres thématiques.

On pressent que la question de l'**organisation spatiale des retenues dans le paysage** est importante, et il convient d'appréhender l'influence de cette organisation sur les flux d'eau ou de matière, ainsi que sur les communautés biologiques en place et leur évolution, mais aussi d'investiguer la capacité à caractériser cette distribution, à la fois en termes de position des retenues dans le bassin versant et par rapport au cours d'eau, et en termes de caractéristiques de ces objets (surface, volume, usages de l'eau, dynamique de prélèvement et de restitution de l'eau quand il y a lieu). L'étude inter-agences avait proposé des indicateurs pour évaluer les impacts cumulés des retenues : on recherchera si d'autres indicateurs ont été proposés dans la littérature scientifique et testés dans des contextes différents.

La démarche adoptée

Outre les questions spécifiques énoncées plus haut, les recherches bibliographiques de la phase 2 de l'expertise ont, pour chaque thématique, abordé en premier lieu l'**influence d'une retenue isolée**. Pour cela, les experts se sont attachés à identifier, quand ceux-ci étaient disponibles, les éléments de contexte et les caractéristiques propres de la retenue, pour permettre d'une part d'**identifier les facteurs influents**, et d'autre part de juger de la possibilité de transposer, ou non, les résultats ou connaissances à d'autres contextes. Le fonctionnement de la retenue et son influence d'une part sur la qualité du plan d'eau créé et d'autre part sur le cours d'eau aval (voire sur le cours amont et la zone avoisinante dans le cas de la biologie) sont distingués. Les méthodes d'étude sont également analysées, en fonction notamment de leur contexte d'application et des données disponibles. Ensuite, la même démarche a été adoptée pour l'**influence cumulée d'un ensemble de retenues**. Enfin, pour chaque thématique, une partie conclusive revient sur l'essentiel des connaissances, outils et méthodes analysés, et interroge les liens possibles avec les autres compartiments, pour tenter de dépasser la seule approche mono-thématique des effets cumulés des retenues sur l'environnement. Il s'agit d'expliciter la façon dont la modification « immédiate » de certaines composantes (impact qualifiés sur la figure de 1er ordre) en influence d'autres en cascade (impacts de 2e et 3e ordre). La Figure 3 propose un tel cadre qui peut s'appliquer pour une retenue isolée. Pour **aborder l'effet cumulé des retenues sur un bassin versant, il convient d'appréhender les dimensions spatiale et temporelle des processus, et notamment les interactions possibles entre retenues.** La prise en compte des effets à long terme (création de stocks, interactions avec le réchauffement climatique) est indispensable.

Figure 3



Exemple de cadre pour évaluer l'impact de réservoir sur les écosystèmes d'une rivière (Bergkamp et al.*, repris de Petts, 1984).*

Les requêtes bibliographiques ont été formulées pour couvrir les questions énoncées plus haut, pour chaque ensemble de caractéristiques fonctionnelles (hydrologie-hydrogéologie transport solide-hydromorphologie ; qualité physico-chimique de l'eau ; biologie). Pour aboutir à un corpus tout à la fois exploitable et assez vaste, elles ont dû être modulées soit pour restreindre la zone géographique couverte (exclusion des zones tropicales pour ce qui porte sur les nutriments par exemple), la période considérée (références postérieures à 2000 pour la bibliographique concernant une seule retenue pour la physico-chimie), soit au contraire pour élargir aux retenues de grand volume (cas du transport solide) ou aux autres plans d'eau naturels (lacs), soit encore en acceptant de ne pas toujours connaître la nature des objets considérés (cas de l'écologie, où le type de plan d'eau étudié n'est pas toujours spécifié : mare, étang, retenue). On verra que cette démarche, qui nous a semblé la

seule pragmatique, conduit à des analyses thématiques qui ont pu au final porter sur des ensembles d'objets relativement différents. Par ailleurs, il convient de noter que malgré l'accent mis dans les requêtes sur l'effet cumulé des retenues, sur un corpus d'environ un millier de références, seule une faible proportion d'environ 10 à 25 % (un peu plus élevée pour l'hydrologie) est effectivement relative au cumul, bien que l'on ait inclus des objets autres que les seules retenues concernées par l'expertise (grands barrages, lacs, zones humides).

Quelques exemples

Quelques exemples des questions auxquelles l'expertise (avec ses trois phases) cherche *in fine* à apporter, soit directement des éléments de réponse, soit des éléments de méthode pour les aborder, sont pour un bassin donné listés ci-dessous.

Y a-t-il des effets avérés d'un ensemble de retenues sur l'hydrosystème et son environnement ? Quels sont-ils ? Comment sont-ils mesurés ? Existe-t-il des indicateurs pertinents pour en rendre compte ?

À volume équivalent, quels sont les effets de nombreuses petites retenues *versus* quelques grandes ? Quels sont les effets de leur position dans le paysage – y compris par rapport au réseau hydrographique ?

Peut-on prédire les effets d'équipements futurs ?

Y a-t-il des effets seuil pouvant conduire à un changement de fonctionnement de certaines composantes du bassin versant ? Quels risques de dégradation de la qualité du milieu en résulte-t-il ?

Y a-t-il des hypothèses fortes mais non encore totalement avérées sur les effets d'un ensemble de retenues ? Quels sont les besoins de recherche pour tester ces hypothèses ?

Quelles sont les compétences, outils, méthodes et données, nécessaires pour aborder ces questions ?

Plan du rapport

Avant d'aborder spécifiquement l'effet des retenues sur les différentes composantes des milieux aquatiques, ce rapport présente tout d'abord des éléments plus généraux sur les méthodes d'évaluation des effets cumulés liés à des projets spécifiques, ou plus globalement aux activités humaines. Ce chapitre permet de souligner les questions méthodologiques et de gouvernance qu'implique une démarche d'évaluation des effets cumulés. Il permet aussi de définir les concepts mobilisés, et auxquels la suite du rapport fait appel, parfois de façon implicite. Le rapport aborde ensuite successivement les différents ensemble de caractéristiques fonctionnelles énoncées plus haut et dans un ordre qui répond au schéma causal de la Figure 3 : influence des retenues sur le fonctionnement hydrologique et hydrogéologique d'un bassin versant (Chapitre 4), sur le transport solide et l'hydromorphologie des cours d'eau (Chapitre 5), sur la qualité physico-chimique de l'eau (Chapitre 6), et enfin sur la biologie des milieux aquatiques et de leurs environs (Chapitre 7). Chaque chapitre aborde successivement l'effet d'une retenue seule puis l'effet du cumul de retenues, en soulignant à chaque fois les méthodes utilisées, les types d'outils disponibles, et le type d'objets étudiés. Dans la mesure du possible, on aborde à la fois le cours d'eau, la retenue comme nouveau milieu, et le milieu qu'elle a remplacé.

Comme cela a déjà été souligné, il n'a pas été toujours possible de se limiter aux seules retenues de taille modérée qui font l'objet de cette expertise. Dans ce cas, le rapport essaie de préciser les résultats qui apparaissent directement transposables aux petites retenues, ou ne peuvent l'être que d'un point de vue méthodologique. Compte tenu de l'importance que revêt la caractérisation des retenues sur un bassin versant, qui revient de façon récurrente pour chaque thématique, un chapitre est consacré à l'état de l'art sur ce point (Chapitre 3), pour mieux cerner ce que permettent les méthodes actuelles, notamment dans le domaine de la télédétection, à la fois d'un point de vue théorique et dans une optique opérationnelle.

La conclusion générale tente d'extraire les enseignements utiles pour aborder l'évaluation de l'influence cumulée des retenues de façon pertinente ; elle met également en avant les lacunes et besoins de connaissances que l'expertise a permis d'identifier.