

**ANALYSE DES IMPACTS SUR LE MILIEU AQUATIQUE DE RETENUES DE
SOUTIEN DES ETIAGES DANS LE SUD-OUEST DE LA FRANCE
RETOUR D'EXPERIENCE DE LA CACG⁽¹⁾**

Daniel BOUBEE
Directeur de l'Aménagement Hydraulique, CACG, France

Antoine HETIER
Ingénieur agro-écologue, CACG, France

FRANCE

1 INTRODUCTION

La Compagnie d'aménagement des Coteaux de Gascogne (CACG) a construit et gère dans le Sud-Ouest de la France un parc important de barrages-réservoirs destinés à la réalimentation des cours d'eau (plus de 2 000 km de rivières réalimentées à partir d'une soixantaine de réservoirs de 1 à 25 millions de mètres cubes). Sur ce type particulier de retenues, plusieurs études ont été entreprises durant toute la décennie 90, sur un panel d'une dizaine de sites représentatifs de ce parc de réservoirs, en vue de mieux cerner l'évolution de la qualité des eaux stockées et les répercussions éventuelles vers l'aval des cours d'eau .

Les retours d'expérience permis par ces études, [1 à 3] présentés ci-après, ont dans un premier temps permis de constituer une base de référence scientifique partagée.

¹ *Impact assessment of river recharging on water environment in the South-West of France – Lessons drawn from CACG experience*

Ces études avaient également l'intérêt pour les propriétaires et gestionnaires des ouvrages de donner des éléments de réponse étayés aux allégations, le plus souvent sans fondement, des détracteurs des barrages pour leur nuisances supposées tant en termes d'artificialisation des régimes naturels que de dégradation de la qualité des eaux. Nous allons constater que les mesures effectuées et enregistrées, tant sur le terrain qu'en laboratoire d'analyse des eaux, ont largement contribué aux deux objectifs recherchés.

2 IMPACTS HYDROLOGIQUES ET HYDRAULIQUES

Pour que leur volume soit en adéquation avec les besoins à satisfaire tout en ayant un remplissage annuel garanti, les retenues sont, statistiquement, implantées au premier dixième du linéaire total de la rivière aménagée et interceptent 5% de son bassin versant global. Les incidences sur les écoulements sont analysées ci-après en distinguant les trois phases du fonctionnement des réservoirs.

2.1 PHASE DE REMPLISSAGE

Cette phase peut durer de quelques semaines à quelques mois, en fonction de l'importance des restitutions estivales et automnales effectuées durant l'année précédente à partir de la retenue, et des conditions hydrologiques hivernales et printanières.

Au cours de cette période, le débit de la rivière au pied de la retenue est maintenu à hauteur du débit réservé, pour lequel on retient, hors contrainte particulière, la valeur « plancher » introduite par la « loi Pêche » (soit 1/10^e du module). Dans les conditions du Sud-Ouest, on constate que cette valeur correspond sensiblement à la valeur du débit « ordinaire » de la rivière ²: de ce fait, les incidences hydrologiques en phase de remplissage correspondent essentiellement au stockage des crues.

En aval de la retenue, et avec l'augmentation rapide de la superficie du bassin versant, l'interception des écoulements, au-delà de deux fois le bassin amont, ne donne plus lieu à une modification sensible des conditions hydrologiques et hydrauliques.

² Débit habituellement constaté en hiver et au printemps, sur les périodes séparant les divers épisodes de crues.

2.2 PHASE D'ETALE

Lors de la phase d'étale, une fois le réservoir rempli, les volumes parvenant en amont du réservoir sont pratiquement intégralement restitués en aval ; l'incidence sur les débits est minime, et correspond seulement au phénomène de laminage des crues par stockage temporaire sur la surface du plan d'eau.

2.3 PHASE DE RESTITUTION

Les restitutions sont effectuées en période d'étiage (essentiellement de juin à septembre, et dans une moindre mesure au-delà), afin de subvenir aux usages consommateurs, tout en assurant le maintien, en un point de consigne « aval », d'un débit garantissant la salubrité du cours d'eau sur tout le linéaire réalimenté.

Cette réalimentation constitue, par référence aux conditions naturelles, la principale modification apportée au fonctionnement du cours d'eau, avec notamment un profil de débit décroissant de l'amont (pied de l'ouvrage de réalimentation) vers l'aval (point de consigne au confluent ou à la mer).

Au cours de cette phase, les lâchers d'eau effectués pourront conduire à faire transiter sur les premiers kilomètres du cours d'eau réalimenté un débit maximal de l'ordre de 250 l/s par tranche de un million de m³ stocké (valeur pouvant être atteinte durant les quelques jours de pointe des prélèvements en eau d'irrigation).

On constate à l'expérience que cette valeur maximale du débit de réalimentation n'est pas exceptionnelle par rapport aux valeurs naturelles des débits de crue ou de hautes eaux de fréquence courante sur la rivière, débits qui ont contribué à façonner le gabarit du cours d'eau. A de rares exceptions près (cas de petits cours d'eau devenus très encombrés, voire instables à la suite d'un manque d'entretien), le transit des débits de réalimentation s'effectue sans aucune difficulté, et sans nécessité de recourir à des travaux de nettoyage ou de confortement des berges.

3 IMPACT SUR LA QUALITE DES EAUX

3.1 QUALITE DES EAUX STOCKEES

Le fonctionnement physico-chimique des réservoirs est essentiellement régi par les influences conjuguées du cycle thermique annuel, et de leur propre niveau trophique.

3.1.1 Cycle thermique

L'évolution saisonnière des températures atmosphériques détermine pour la masse d'eau stockée un cycle thermique en quatre étapes :

- **une période hivernale** au cours de laquelle la température de l'eau stockée est homogène sur toute la colonne d'eau, à des valeurs équivalentes ou légèrement inférieures à celles des eaux courantes (5 à 7°C en Gascogne),
- **une période printanière** au cours de laquelle s'établit un gradient thermique décroissant entre les eaux de surface (dont la température est de l'ordre de 15°C) et les eaux de fond (températures d'environ 10°C),
- **une période estivale** caractérisée par une stratification thermique marquée et durable. Celle-ci tend à séparer la masse d'eau en deux tranches distinctes, entre lesquelles les échanges chimiques par diffusion sont ralentis ou interrompus, et dont l'évolution physico-chimique devient de ce fait divergente. Les suivis effectués permettent de retenir empiriquement que l'épaisseur de la tranche d'eau de surface représente (pour la gamme de réservoirs contrôlés) la moitié de la profondeur moyenne à retenue pleine ; la température peut y atteindre ou dépasser 22°C. La tranche d'eaux profondes présente dans sa partie supérieure un gradient thermique rapidement décroissant, éventuellement prolongé (dans le cas de réservoirs de grande profondeur) par une zone de températures homogènes, et équivalentes aux températures printanières,
- **une période automnale** où, sous l'effet conjugué du refroidissement des températures atmosphériques et du soutirage des eaux de fond (restitutions), on observe progressivement une homogénéisation des caractéristiques thermiques des tranches d'eau.

3.1.2 Niveau trophique des réservoirs

Les travaux de recherche notamment conduits par l'OCDE ont mis en évidence que le niveau trophique des réservoirs est essentiellement déterminé par la richesse des eaux d'alimentation en éléments nutritifs, et tout particulièrement en phosphore ; la notion de temps de séjour des eaux intervient en tant que facteur pondérateur de cette richesse nutritive³.

Le parc de retenues gérées par la CACG se caractérise, du fait de leur fonction de réalimentation, par des temps de séjour relativement brefs (fourchette de 1.1 à 1.4 années, correspondant à l'utilisation annuelle moyenne de 70 % à 90 % de la capacité totale de la retenue). Compte tenu de l'implantation de la plupart des ouvrages dans des zones relativement peu exposées à la pollution par le phosphore, ces retenues se situent pour la plupart à un niveau trophique mésotrophe à eutrophe⁴. On notera que le phosphore y constitue très

³ Selon les équations de régression établies par l'OCDE, à richesse en phosphore égale, un temps de séjour prolongé tend à abaisser le niveau trophique du réservoir.

⁴ L'échelle des niveaux trophiques proposée par l'OCDE s'organise en cinq niveaux : ultra-oligotrophe, oligotrophe (« qui nourrit peu »), mésotrophe (« qui nourrit moyennement »), eutrophe (« qui nourrit bien ») et hyper-eutrophe.

systématiquement le facteur limitant du développement des peuplements phytoplanctoniques, constituant le premier étage de la production biologique.

Un tel niveau trophique permet le développement non excessif de peuplements planctoniques, s'organisant en plusieurs vagues annuelles. Ces cycles de croissance et de mort du phytoplancton contribuent à renforcer la différenciation physico-chimique observée entre les tranches d'eau au printemps et en été :

- **la tranche d'eaux de surface** est dominée par les mécanismes d'assimilation chlorophyllienne. On y observe donc la production d'oxygène dissous et la consommation du carbone et des sels dissous, ce qui tend à induire une élévation du pH (de l'ordre d'un point), ainsi qu'une diminution de la conductivité et des teneurs en nutriments (phosphates, nitrates, silice...),
- **la tranche d'eaux profondes** est dominée par les mécanismes de décomposition bactérienne, s'accompagnant d'une consommation d'oxygène dissous, et d'une augmentation des teneurs en composés organiques. Dans la mesure où le gradient thermique estival s'oppose au renouvellement du stock d'oxygène par diffusion depuis la surface, on aboutit généralement dans le courant de l'été à une situation d'anoxie totale dans les eaux profondes. Les composés chimiques résultant de la dégradation de la matière organique restent sous forme réduite (augmentation progressive des concentrations en ammonium et diminution des concentrations en nitrates, dont l'oxygène est utilisé par certaines bactéries) ; on peut assister à la libération de composés minéraux (fer, manganèse, phosphore...) précédemment immobilisés sous forme oxydée dans les sols noyés.

De façon globale, la qualité de la tranche d'eau de surface peut être jugée comme bonne ; celle des eaux profondes est principalement pénalisée par le déficit en oxygène dissous, et par l'élévation des teneurs en composés réduits (qui ne concerne cependant que la partie de cette tranche d'eau à proximité immédiate du fond).

3.1.3 Cas particulier du premier remplissage

Lors du premier remplissage de la cuvette, la minéralisation de la matière organique contenue dans les sols noyés conduit à une très forte consommation de l'oxygène dissous dans les eaux au contact du fond. Cette minéralisation s'accompagne de la mise en solution de composés chimiques caractéristiques des milieux réducteurs, comme décrit précédemment, mais de façon plus intense, et aboutit habituellement à une dégradation sensible de la qualité des eaux stockées dans les tranches profondes.

Des précautions particulières peuvent être prises pour limiter l'ampleur de ces phénomènes, qui ne se reproduisent qu'exceptionnellement au-delà du premier cycle remplissage / vidange (ce premier cycle pouvant être étalé sur une à trois années).

3.2 QUALITE DES EAUX RESTITUEES

De façon générale, la qualité des eaux restituées en aval d'un réservoir tend à refléter celle des eaux stockées, compte tenu à la fois des évolutions saisonnières, et de l'horizon dont ces eaux proviennent (eaux de fond dans la plupart des cas, eaux de surface lors des épisodes de déversement). Toutefois :

- le passage dans les organes de vidange introduit certaines modifications des composantes chimiques des eaux restituées,
- ces composantes continuent d'évoluer vers l'aval en fonction des caractéristiques physiques du cours d'eau et de l'importance du débit restitué,
- l'influence du réservoir diminue également avec la distance, à mesure que l'augmentation de la surface du bassin versant s'accompagne de nouveaux apports naturels.

Ces considérations, confirmées par l'expérience, amènent à distinguer, en ce qui concerne la qualité des eaux restituées, les effets « locaux » (perceptibles sur un tronçon de quelques centaines de mètres à quelques kilomètres), et les effets « globaux » (considérés à l'échelle du cours d'eau réalimenté).

3.2.1 Effets locaux

3.2.1.1 Températures

Les effets thermiques observables en aval d'un réservoir se traduisent (par comparaison au cycle saisonnier des températures d'eaux libres) par des écarts de sens et d'ampleur variable en fonction de la saison et de l'origine des eaux restituées. D'après les résultats obtenus au cours des 3 années de suivi des principales retenues gasconnes, les écarts thermiques les plus conséquents entre l'amont et l'aval immédiat d'un réservoir peuvent être observés :

- en fin de printemps, lors des épisodes de déversement : les eaux restituées, provenant de la surface du plan d'eau, peuvent alors être sensiblement plus chaudes que celles s'écoulant en amont (écarts instantanés de 5 à 6 °C au maximum),
- au début de la période estivale, lors de la restitution d'eaux de fond dont la température est alors (du fait de la stratification thermique) nettement plus fraîche que celle des eaux libres ; l'écart maximum instantané peut également atteindre 5 à 6°C.

En dehors de ces périodes particulières, c'est à dire de la fin de l'été au début du printemps suivant, les écarts thermiques observables seront de faible ampleur ; ils tendent à se compenser au pas de temps annuel, où l'on n'observe qu'une tendance modérée au réchauffement du cours d'eau aval (+ 1°C en moyenne).

Au cours du transit vers l'aval, la température de l'eau évolue rapidement vers une température d'équilibre dictée par les conditions atmosphériques et

certaines conditions propres aux stations considérées (pente du lit, ombrage). Cet équilibre semble pouvoir être atteint au terme d'un transit de quelques kilomètres au plus, soit une fraction assez minime de l'ensemble du cours réalimenté⁵.

3.2.1.2 Oxygénation

Tous les suivis réalisés en aval des réservoirs contrôlés montrent que le passage dans les organes de restitution (vanne, puis chenal de tranquillisation et seuil déversant) permet, si nécessaire, une réoxygénation conséquente de l'eau délivrée en aval. La chronique des mesures⁶ du taux d'oxygénation en aval immédiat des réservoirs étudiés montre ainsi que ce taux est proche de 90% dans 75 % des cas, et que 90% des mesures témoignent d'un taux d'oxygénation supérieur à 75%. On montre également que le taux d'oxygénation évolue favorablement au cours du transit vers l'aval, la réoxygénation complète de l'eau pouvant être achevée après un transit de quelques centaines de mètres.

L'effet d'oxygénation observé n'apparaît pas relié au type de vanne mis en place (vanne plate, à jets tubulaires ou à jet creux) ; il semble en revanche s'accroître avec l'augmentation du débit restitué.

Le taux minimal observé en aval immédiat des plans d'eau contrôlés (5 à 7 mg/l selon les plans d'eau) permet d'éviter tout effet toxique vis à vis des peuplements aquatiques, et permet en outre d'amorcer des phénomènes chimiques d'oxydation des composés réduits.

3.2.1.3 Teneurs en nutriments (nitrates et phosphates)

Les contrôles effectués de part et d'autre de divers réservoirs montrent que ces derniers sont susceptibles d'exercer un certain abattement des concentrations en nitrates et en phosphates. Cet effet résulte d'une part de la consommation de ces nutriments par le phytoplancton lacustre, mais également de phénomènes purement physiques ou chimiques (dégagement d'azote gazeux intéressant les eaux de surface, mécanismes de réduction des nitrates pouvant concerner les eaux profondes en période estivale, précipitation du phosphore devenant insoluble). L'importance de ce phénomène s'avère variable en fonction des conditions saisonnières (elle est plus sensible au printemps et en été), mais également des concentrations mesurées en amont du plan d'eau⁷.

Les séries des concentrations en nitrates et en phosphore mesurées tout au long de l'année en aval immédiat de réservoirs mésotrophes à eutrophes sont

⁵ Entre 30 et 200 kilomètres par réservoir.

⁶ Chronique répartie sur l'ensemble de l'année, et plus dense en période estivale lorsque les eaux de fond sont en phase d'anoxie sévère.

⁷ L'abattement est moindre lorsque les concentrations amont sont elles-mêmes faibles.

compatibles avec un classement en eaux de « bonne qualité » selon les grilles normatives en vigueur (SEQ-Eau).

3.2.1.4 Teneurs en azote réduit et en composés organiques

Les eaux restituées en aval de réservoirs peuvent présenter un certain enrichissement en composés organiques et en azote réduit, cet enrichissement dépendant de l'importance de la biomasse produite à l'intérieur du volume d'eau stockée. La mesure régulière des concentrations en ammonium, nitrites, azote Kjeldahl et carbone organique aboutit aux conclusions suivantes :

- en aval immédiat de réservoirs mésotrophes à méso-eutrophes, les séries de mesures obtenues sont compatibles avec un classement en eaux de « bonne qualité » selon les grilles normatives. Pour des réservoirs plus nettement eutrophes, la qualité devient « passable », du fait de quelques pics de concentration observables en période de restitution estivale,
- les concentrations évoluent favorablement vers l'aval à mesure de la poursuite de la réoxygénation de l'eau, et de l'auto-épuration. Les mesures pratiquées sur les stations de contrôle implantées 5 kilomètres en aval des retenues correspondent dans tous les cas à des eaux de bonne qualité, et il est probable que cet état soit atteint encore plus en amont.

3.2.2 Effets globaux

Au-delà des quelques kilomètres situés en aval immédiat des ouvrages de retenue, les incidences « locales » évoquées précédemment sont définitivement estompées, et le restant du cours d'eau bénéficie, en période de réalimentation, d'un apport d'eaux de bonne qualité.

Le fonctionnement des réservoirs de réalimentation permet d'augmenter sensiblement les valeurs de débit pouvant être garanties en période d'étiage, à la station de contrôle placée au point critique du cours d'eau réalimenté (implantation urbaine importante), en s'approchant autant que possible de la valeur (« débit de salubrité ») assurant le bon fonctionnement physico-chimique et biologique du cours d'eau. L'impact correspondant est évidemment positif.

4 IMPACT SUR LES PEUPELEMENTS AQUATIQUES

La création de réservoirs de réalimentation s'accompagne de certaines modifications du peuplement piscicole des cours d'eau qui y sont reliés. Les transformations les plus spectaculaires sont celles survenant dans l'emprise du plan d'eau ; des effets plus ou moins sensibles peuvent cependant être observés de part et d'autre de la retenue créée.

4.1 DANS L'EMPRISE DU PLAN D'EAU

Un plan d'eau constitue de manière évidente un milieu propice au développement des peuplements aquatiques. Il est cependant clair que les peuplements aquatiques lacustres diffèrent sensiblement de ceux associés aux eaux courantes. Ainsi, dans les conditions du Sud-Ouest de la France (zones de montagne exclues), la création d'un barrage-réservoir tend à remplacer un peuplement originel relevant de la partie inférieure de la zone biogéographique « à truite », ou encore de la zone « à ombre », par un peuplement apparenté à celui des zones « à barbeau », voire « à brême »⁸. Cette transformation s'y accompagne d'un renouvellement complet des communautés piscicoles initiales.

Les réservoirs de soutien d'étiage sont par ailleurs caractérisés par un marnage annuel régulier et important. Par le biais de la réduction estivale des surfaces en eau, et de la réduction des ceintures de végétation aquatique, ce marnage a pour effet de limiter la productivité biologique des plans d'eau.

C'est ainsi que la biomasse piscicole évaluée sur les principaux réservoirs hydro-agricoles du piémont pyrénéen s'est avérée inférieure à celle de lacs naturels placés dans des conditions physiques analogues. Les prises effectuées (nombre, taille, espèces) par les pêcheurs témoignent cependant de la bonne capacité d'accueil du réservoir y compris dans ses tranches profondes de moindre qualité.

4.2 HORS PLAN D'EAU

Sur le cours de la rivière situé en aval de la retenue, les peuplements piscicoles originels sont susceptibles d'évoluer sous l'action des principaux facteurs suivants :

- modifications hydrologique et hydrauliques. En période de remplissage, le maintien d'un débit réservé équivalent au débit « ordinaire » permet de conserver en aval du barrage des caractéristiques d'habitat analogues aux conditions initiales, et ne constitue donc pas un facteur d'évolution majeur⁹. En revanche, en période de restitution, l'augmentation des débits et des vitesses d'écoulement peut contribuer à créer des conditions défavorables vis à vis du maintien des peuplements aquatiques (originels ou introduits).

⁸ *La composition précise du peuplement piscicole du plan d'eau dépend avant tout du type de gestion piscicole mis en place.*

⁹ *Sur certains bassins, l'interception des crues d'automne par le remplissage des réservoirs a été considérée comme un facteur susceptible de retarder les migrations des truites adultes vers leurs lieux de ponte ; un tel facteur ne joue pas en Gascogne (simplement en raison de l'absence naturelle des truites en aval des ouvrages).*

- modifications thermiques : les écarts thermiques observés en fin de printemps et en début d'été peuvent constituer une perturbation importante dans la reproduction et la croissance des juvéniles pour de nombreuses espèces de salmonidés d'eau courante.
- diffusion d'espèces : des poissons échappés de la retenue sont susceptibles de se maintenir en aval et de concurrencer les espèces autochtones. Les conséquences de ces « évasions » sont fonction du degré de divergence entre le peuplement introduit dans le plan d'eau, et le peuplement initial du cours d'eau.

Les suivis des peuplements piscicoles effectués en aval de deux principales retenues (Puydarieux, Gimone) permettent de considérer que les modifications évoquées, sensibles en aval immédiat des réservoirs, sont déjà résorbées à l'issue d'un transit de quelques (4 à 8) kilomètres. Les incidences, moindres, sur l'amont du cours d'eau ont également fait l'objet de diagnostics.

4.3 EFFET D'OBSTACLE

Le marnage affectant les réservoirs de réalimentation ne permet pas de les équiper de dispositifs permettant leur franchissement par les poissons. Les digues s'opposent donc à toute remontée migratoire. Dans le contexte du Sud-Ouest français, l'incidence de cet effet d'obstacle sur les dynamiques des peuplements piscicoles peut cependant être considérée comme mineure, car :

- les cours d'eau secondaires de coteau et de plaine n'abritent que peu d'espèces migratrices (il s'agit essentiellement du chevesne, tandis que la truite y est naturellement rare ou absente), nonobstant une actuelle volonté de favoriser la remontée des anguilles,
- l'implantation des réservoirs très en amont des réseaux hydrographiques laisse encore accessible la majeure partie du linéaire des cours d'eau principaux et bien sûr de leurs affluents.

Les résultats de tous ces constats et analyses ont constitué un premier retour d'expérience utilement mis à profit par le gestionnaire et diffusé auprès de ses partenaires. Des recommandations (qui pourraient être détaillées dans le cadre d'une autre communication) en termes de choix d'implantations des nouveaux barrages, de gestion du bassin amont et des berges, d'opportunité ou non de prises étagées et de by-pass, de gestion piscicole et halieutique, d'ajustement fin de la gestion hydraulique... sont d'ores et déjà partagées par les acteurs directs de cette gestion. Ils ne sont malheureusement pas encore imprégnés dans le conscient des habituels opposants aux barrages, voire dans quelques strates de l'administration : il est donc apparu nécessaire de conforter ce premier corpus de connaissances.

5 ACTUELLE DEMARCHE D'ACTUALISATION ET DE COMPLEMENT :

Dans le cadre de la mise en œuvre de la Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE), un programme de surveillance doit être établi pour suivre l'état écologique et l'état chimique des eaux douces de surfaces, et notamment des lacs.

La DCE retient un seuil minimum de 50 ha au-dessus duquel tout plan d'eau constitue une masse d'eau. Parmi les lacs du bassin, une distinction est à faire entre :

- les lacs naturels, dont l'origine résulte de processus géomorphologiques,
- les lacs d'origine anthropique, créés sur une rivière et qui correspondent pour l'essentiel à des lacs de barrage.

Sur le bassin Adour-Garonne (coïncidant au grand quart sud-ouest de la France), 105 lacs ont ainsi été identifiés lors de l'état des lieux [4]. Un référentiel et un protocole d'étude ont été calés : dans le cadre du programme de surveillance établi sous l'égide de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne (AEAG), la moitié de ces lacs devra être suivie au moins une fois. Les critères de choix ont été les suivants :

- la moitié des lacs du bassin devront faire l'objet d'un suivi
- tous les lacs naturels doivent faire l'objet d'un suivi
- si un lac est le seul dans sa typologie, il fera l'objet d'un suivi

Les lacs d'origine anthropique ont été choisis en fonction de :

- leur typologie,
- leur localisation par sous-bassins et l'hydro-écorégion auxquelles ils appartiennent,
- l'existence de données disponibles sur les plans d'eau,
- l'avis d'experts relatif à la morphologie du plan d'eau (superficie, profondeur et forme de la cuvette).

Le nombre de lacs sélectionnés est proportionnel au nombre total de lacs dans chaque classe typologique. De plus, les lacs choisis sont équitablement répartis sur le territoire des différents sous-bassins. Enfin, dans chaque classe typologique, les lacs sont choisis de façon à obtenir un large échantillon de superficies, de types de cuvette et d'autres critères morphologiques, physico-chimiques ou biologiques quand ceux-ci sont connus.

Les lacs naturels sont suivis tous les ans dont une fois pour l'ensemble des paramètres (suivi complet : chimie et bio). L'année du suivi complet, un effort d'investigation sera à apporter sur la connaissance des flux des principaux tributaires de ces lacs. Concernant les lacs non naturels (artificiels ou fortement modifiés), ils auront fait l'objet d'un suivi sur un cycle annuel pour l'ensemble des paramètres. Les échantillons prélevés et comptages portent sur l'eau du réservoir

et les sédiments de fond de cuvette, les indices représentatifs de la vie halieutique (IBGN et IBMR).

L'AEAG a ainsi engagé un protocole de suivi sur une soixantaine de lacs dont une douzaine de lacs naturels, essentiellement des étangs côtiers, servant de témoins, mais qui ne font pas l'objet de notre présente préoccupation. Parmi la cinquantaine de véritables lacs-réservoirs, une vingtaine (parmi les principaux) est exploitée par la CACG. Cet échantillon fait l'objet d'une série de trois années de mesures sur la période [2009-2011], à raison de 15 à 20 lacs par an. Les derniers prélèvements sont ainsi en cours à la date de rédaction du présent document. L'ensemble des résultats bruts de mesures devrait ainsi être disponible lors du Congrès de Kyoto, mais toutes les synthèses ne seront pas encore nécessairement validées.

En effet la masse des données recueillies est très importante : par anticipation sur les résultats globaux qui devraient être disponibles courant 2012, nous avons vérifié les résultats acquis sur l'un des lacs contrôlés en 2010 (le lac-réservoir de l'Astarac d'une capacité totale de 10hm³) qui avait déjà été intégré dans notre précédent panel d'étude. Un tel réservoir a une fonction de soutien des étiages de la rivière et connaît un cycle de remplissage (février à juin) et de destockage (juillet à janvier) avec un maximum de débit de lâchures entre juillet et août correspondant à la période des irrigations. Quatre campagnes de prélèvements ont été réalisées durant l'année. Nous n'avons malheureusement pas de situation de référence de fin de printemps (juin) à retenue pleine (surface de plan d'eau de 180 ha). Les paramètres physico-chimiques (température, taux d'oxygénation, pH et conductivité, nitrates, teneurs en nitrites nitrates et phosphates) sont analysés selon des prélèvements échelonnés sur une dizaine de mètres en profondeur, permettant de définir des transecs. Les résultats d'ores et déjà disponibles, permettant des comparaisons à une dizaine d'années d'intervalle avec les premières études sérieuses sur le sujet, ne montrent pas d'évolution comportementale. Le carbone organique, la teneur en chlorophylle^a et la turbidité, les matières en suspension également analysés, ne nous conduisent pas à ce jour, à des conclusions différentes.

La recherche est toutefois largement étendue à un ensemble de paramètres qui n'avaient pas fait l'objet d'analyses systématiques auparavant. Sont ainsi recherchés :

- une centaine d'éléments courants (pesticides, organo-chlorés,...) traduisant des pollutions diffuses du bassin amont,
 - une vingtaine de composants plus rares jugés prioritaires, essentiellement des métaux lourds (le plus souvent non présents sinon à l'état de traces),
 - environ 80 autres composants non prioritaires (pesticides en bonne partie)...
- ces éléments étant mesurés sur plusieurs profondeurs-tests, nous disposons au résultat d'environ 1500 valeurs à dépouiller et interpréter pour chaque campagne et chaque site!

Ces interprétations, qui nécessitent encore plusieurs mois de travail, seront en mesure de nous donner une vue quasi exhaustive de l'évolution des

paramètres de la qualité de l'eau dans les diverses tranches du réservoir pour un ou plusieurs transecs représentatifs.

Certes, comme indiqué précédemment, la qualité de l'eau stockée est importante en termes de vie aquatique, d'éventuel usage nautique ou de baignade, d'aspect du plan d'eau... mais pas directement déterminant sur les usages ayant une forte notation sanitaire (pas de prélèvement direct pour l'eau potable, pas d'abreuvement de troupeaux, pas de pêche vivrière...). Par contre la qualité des eaux restituées à l'aval des réservoirs reste déterminante pour les divers usages consommateurs.

Nous avons en conséquence adopté en 2011 à la CACG, en accord avec l'Administration et une Institution du bassin (propriétaire de plusieurs ouvrages), un autre protocole complémentaire de suivi « pied de barrage » des eaux destockées pour les objectifs déjà indiqués : en aval de 8 lacs-réservoirs du sous-bassin Adour, de mi-mai à mi-septembre, en corrélation avec les débits restitués en aval, ou le cas échéant déversants par l'évacuateur de crues. Les paramètres recherchés sont les éléments physico-chimiques principaux classiques (température, pH, conductivité, concentration en oxygène et en ion ammonium). Des suivis de stations sont également poursuivis en aval du dernier grand réservoir mis en service (Gabas) en ce qui concerne les populations halieutiques. Les résultats de ces recherches complémentaires seront agrégés, dès que disponibles, aux précédents.

6 EN CONCLUSION A CE STADE DE NOTRE EXPERIENCE

A l'issue de différentes études de suivi du fonctionnement de réservoirs exploités suivant un cycle annuel de remplissage et de vidange, un certain nombre de conclusions peuvent être avancées ; nous espérons qu'elles permettront de nuancer des prises de position souvent trop hâtives, et de combattre quelques idées reçues.

Le fonctionnement des réservoirs de réalimentation n'engendre pas de dysfonctionnement hydraulique sur les cours d'eau réalimentés. Leur incidence hydrologique ne résulte pas particulièrement de la valeur absolue des débits délivrés, mais tient plutôt à l'inversion du régime des eaux ; elle peut indirectement être ressentie par les peuplements aquatiques, mais sur un tronçon d'extension relativement réduite.

Vis à vis de la qualité de l'eau, le fonctionnement de ces réservoirs introduit, en aval des ouvrages, des modifications concernant le cycle thermique, et certains des paramètres chimiques (azote, phosphore, matières organiques) ; ces modifications ne peuvent se résumer à un procès de dégradation ; la qualité des eaux restituées est généralement bonne dès l'aval immédiat des retenues ; dans

le cas contraire (période estivale dans le cas de retenues nettement eutrophes), la qualité des eaux est passable en pied de barrage, et devient bonne à l'issue d'un transit de seulement quelques kilomètres.

Le constat objectif des impacts environnementaux liés à la création et au fonctionnement de réservoirs de soutien des étiages ne conduit pas à nier l'existence de tels effets, mais à en relativiser l'importance, en termes d'acuité, d'extension géographique, et, finalement, de bilan global vis à vis de l'ensemble de l'écosystème. Cette analyse débouche en outre sur la mise au point de pratiques de gestion (non développées ici) permettant d'atténuer les impacts, et fournit des arguments permettant d'enrichir le débat concernant la conception et l'équipement des ouvrages.

A l'échelle internationale le Comité International des Grands Barrages (CIGB) s'est fortement préoccupé de rassembler toutes les données correspondant à des constats réels et scientifiques sur un vaste parc d'ouvrages existants et ainsi couper court aux fausses bonnes idées en matière de gestion de tels ouvrages. Cette préoccupation est relayée à l'échelon national pour rassembler toutes les expériences et donner suite aux pistes de recherche technologiques réalistes. Il n'est pas exclu qu'au terme des réflexions et recherches encore en cours, la confrontation de ces divers résultats étayés par des mesures, concrètes et répétées, permette de diffuser à l'usage des gestionnaires d'ouvrages des conseils ou consignes encore mieux fondées.

BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES

- [1] « *Qualité des eaux des rivières et retenues gasconnes* » / CACG 1991/1994.
- [2] « *Impact des barrages de réalimentation sur la qualité des eaux* » / CARA -1995/1997.
- [3] « *Qualité de réservoirs non réalimentés depuis la montagne* » / CACG - 1999/2000.
- [4] SIEAG « *Portail des données sur l'eau du bassin Adour-Garonne* » / AEAG 2011

RESUME

Plusieurs années de suivi du fonctionnement de différents réservoirs destinés à la réalimentation de cours d'eau dans le Sud-Ouest de la France ont permis d'apporter des éléments objectifs quant à la nature et à l'importance des impacts générés par ce type d'ouvrage. Ces impacts (hydrologiques, physico-chimiques et piscicoles) apparaissent modérés, en termes d'intensité et d'extension géographique.

Leur connaissance débouche sur des mesures simples de gestion opérationnelle, et devrait permettre de mieux orienter les choix de conception ou d'équipement des ouvrages à construire.

Des compléments d'information sont actuellement engagés sur un large échantillon de barrages du bassin. Encore fragmentaires, les premiers résultats n'apportent pas de démenti aux premiers disponibles et mis à profit par la CACG depuis plus de 10 ans dans sa recherche d'amélioration des modalités de gestion des réservoirs opérationnels.

SUMMARY

The several years monitoring of various reservoirs built for river recharging in the South-West of France has produced objective elements as for the nature and importance of the impacts generated by this type of dams. Such impacts (hydrological, physicochemical and piscicultural) appear moderate, in terms of intensity and geographic extension.

Their identification leads to simple decisions of operational management, and should allow better choices in the design or equipment of future works.

Any complements of information are presently engaged through a large panel of dams in our basin. Always partial, their first results don't compromise the precedent 'ones which are used by CACG since ten years in her aim of best practices with dam and water management.

MOTS CLES

Effet des barrages sur l'environnement, qualité de l'eau, eutrophisation, essai de laboratoire et in situ, débit réservé, consignes d'exploitation,

KEY WORDS

Effects of dams on environment, water quality, eutrophication, laboratory and field tests, compensation water, operation instruction,

BARRAGES NOMMEMENT CITES dans le corps du texte :
Astarac, Gabas, Gimone, Puydarieux.