

Synthèse des connaissances et données existantes sur les retenues collinaires



LAETITIA ROGER
MARS - AOUT 2013
Irstea Lyon-Villeurbanne
5 rue de la Doua
69100 Villeurbanne



Pour mieux
affirmer ses
missions, le
Cemagref devient
Irstea



Sommaire

INTRODUCTION	1
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	3
1. DEFINITIONS.....	3
1.1 Les retenues collinaires	3
1.2 Les retenues de substitution	4
1.3 Les retenues de soutien d'étiage	4
1.4 Les retenues d'altitude.....	4
1.5 Les plans d'eau.....	5
2. TYPOLOGIE DES RETENUES COLLINAIRES	6
2.1 Type d'alimentation.....	6
2.2 Types de déversement	8
2.3 La réalisation d'une vidange	10
3. IMPACTS DES PLANS D'EAU SUR LE MILIEU	12
3.1 Impacts des plans d'eau sur l'hydrologie	12
3.2 Illustration des impacts hydrologiques des retenues collinaires (étude menée sur le bassin de la Brévenne-Turdine)	15
3.3 Impacts des plans d'eau sur les caractéristiques physico-chimiques.....	16
3.4 Impacts des plans d'eau sur les caractéristiques biologiques.....	24
3.5 Impacts des plans d'eau sur le paysage et sur la sécurité	28
3.6 Propositions de solutions	29
4. LES PRODUITS PHYTOSANITAIRES DANS LES ZONES HUMIDES ARTIFICIELLES	30
4.1 Le projet ArtWET Life Environment en quelques mots.....	30
4.2 Le transfert des produits phytosanitaires en zone humide artificielle	31
4.3 l'aménagement d'ouvrages hydrauliques en ouvrages de rétention et de remédiation	33
5. REGLEMENTATION SUR LES PLANS D'EAU.....	35
5.1 La création de plans d'eau	36
5.2 L'alimentation.....	41
5.3 Les vidanges.....	41
5.4 La loi Pêche	42
6. RECAPITULATIF DES ETUDES UTILISEES POUR LA SYNTHESE.....	44
6.1 Etudes terminées	44
6.2 Etudes en cours de réalisation ou projet d'études	45
6.3 Acteurs contactés.....	46

CONCLUSION	47
BIBLIOGRAPHIE	48
GLOSSAIRE	51
ANNEXES	55
1. ANNEXE 1 : ARRETE DU 27 AOUT 1999	56
1.1 Annexe 1.1 : Prescriptions générales applicables aux opérations de création d'étangs ou de plans d'eau (Legifrance, 2013e).....	56
1.2 Annexe 1.2 : Prescriptions générales applicables aux opérations de vidange de plans d'eau (Legifrance, 2013f).....	58
2. ANNEXE 2 : NOMENCLATURE RELATIVE AUX PLANS D'EAU	59
3. ANNEXE 3 : TABLEAU RECAPITULATIF DES REGLEMENTATIONS CONCERNANT LES PLANS D'EAU	61
4. ANNEXE 4 : TABLEAU RECAPITULATIF DES INDICATEURS D'EVALUATION DES IMPACTS DES PLANS D'EAU (CACG ET AL., 2001A)	62
5. ANNEXE 5 : TABLEAU RECAPITULATIF DES SEUILS CORRESPONDANT AUX INDICATEURS (CACG ET AL., 2001A)....	63

Note

Les mots repérés par un astérisque () dans le corps du texte sont répertoriés dans le glossaire situé à la fin du rapport (page 51).*

Source photographie page de garde : photographie personnelle d'une retenue du bassin versant de l'Yzeron.

Table des illustrations

Figure 1 : Typologie générale des retenues collinaires (source personnelle).....	6
Figure 2 : Principe d'alimentation par ruissellement de surface (source personnelle)	7
Figure 3 : Principe d'alimentation de retenue en dérivation avec seuil (source personnelle)	7
Figure 4 : Système de déversoir de surface (source personnelle).....	8
Figure 5 : Système de déversoir de fond par moine (source personnelle).....	9
Figure 6 : Système de siphons à vannes (CACG et al., 2001a)	9
Figure 7 : Système de siphons à crépine (Ecosphère & Hydrosphère, 2001)	10
Figure 8 : Système de lit filtrant (CACG et al., 2001a)	10
Figure 9 : Cycle aquatique de l'azote et rôle de l'oxygène (source personnelle)	22
Figure 10 : Procédure d'autorisation de création de plans d'eau (Direction de l'eau et de la biodiversité, 2011, Préfecture de l'Allier, 2012)	39
Figure 11 : Procédure de déclaration de création de plans d'eau (Direction de l'eau et de la biodiversité, 2011, Préfecture de l'Allier, 2012)	40

Table des tableaux

Tableau 1 : Classe des barrages de retenue et des ouvrages assimilés	37
--	----

Table des abréviations

Ici figurent les abréviations utilisées dans le corps de la synthèse, par ordre alphabétique.

Agence de l'eau AG : Agence de l'Eau Adour Garonne

Agence de l'eau RM&C : Agence de l'Eau Rhône, Méditerranée et Corse

CACG : Compagnie d'Aménagement des Coteaux de Gascogne

CE : Code de l'Environnement

DBO : Demande Biologique en Oxygène

DCE : Directive Cadre sur l'Eau

DDT : Direction Départementale des Territoires

DIREN : Direction Régionale de l'ENvironnement

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique

Irstea : Institut de recherche scientifique et technologique sur l'environnement et l'agriculture

LEMA : Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques

MES : Matières En Suspension

MISE : Mission InterServices de l'Eau

MO : Matière Organique

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

SAGE : Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux

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

ZHA : Zone Humide Artificielle

Introduction

Dans les années 1970, dans le contexte de sécurisation des cultures, de nombreuses retenues d'eau ont été créées pour permettre aux agriculteurs d'irriguer leurs cultures et de produire plus, mais aussi pour l'abreuvement ou la pêche et les loisirs. Dans les conditions de réchauffement climatiques actuelles, les ressources en eau constituent une problématique majeure qui concerne tous les acteurs.

Dès 1992, la protection des écosystèmes aquatiques est prise en compte en France, avec la « loi sur l'eau » (loi n°92-3 du 3 janvier 1992). Cette loi introduit les SDAGE*, (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux) approuvés en 1996, qui permettent une gestion équilibrée de la ressource en eau. La Directive Cadre sur l'Eau (DCE : adoptée en 2000 au niveau européen) vise le bon état physico-chimique et biologique de tous les milieux aquatiques. Elle est suivie en 2006, par la loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA), qui instaure l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA) pour répondre aux objectifs de la DCE et demande à ce que les bassins établissent une étude des volumes prélevables pour répondre aux besoins de chacun et assurer le bon état du milieu. En effet, d'après la circulaire du 30 juin 2008, certaines régions de France, dont le Sud-Ouest, ont des besoins en eau qui dépassent les ressources disponibles, notamment en période d'étiage* (basses-eaux) (Ministère de l'Ecologie de l'énergie du développement durable et de l'aménagement du territoire, 2008).

En effet, les ressources en eau s'amenuisent et, pour répondre aux besoins de chacun, des hommes comme de l'environnement, une gestion précise des volumes est nécessaire, ainsi qu'une connaissance approfondie des impacts des retenues d'eau sur l'environnement terrestre et aquatique, d'un point de vue hydrologique, physico-chimique et biologique. Dans cette optique, l'ONEMA débute actuellement une expertise pour la manière d'appréhender les impacts cumulés liés à la création de nouvelles retenues, en tenant compte des impacts cumulés de celles préexistantes.

Dans ce contexte réglementaire d'atteinte de bon état des milieux mais aussi pour répondre aux besoins en eau des agriculteurs, l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse (RM&C) a demandé à l'Institut de recherche scientifique et technologique sur l'environnement et l'agriculture (Irstea) de Lyon, d'établir une synthèse des données existantes sur les retenues collinaires et leurs impacts sur le fonctionnement hydrologique des bassins versants, la qualité de l'eau et les conséquences pour les habitats disponibles.

La présente synthèse bibliographique des études et données existantes sur les retenues collinaires, comporte plusieurs thèmes. En début de synthèse, figurent les définitions et les typologies des retenues collinaires, suivie des impacts des retenues sur le milieu. Un autre point aborde les connaissances actuelles en termes de transferts de produits phytosanitaires dans les zones humides. Une partie réglementaire est également présente ainsi que la présentation des études utilisées pour cette synthèse.

Synthèse bibliographique

1. DEFINITIONS

1.1 LES RETENUES COLLINAIRES

Il est important de bien définir le terme de « retenue collinaire ». Plusieurs définitions peuvent en effet, être attribuées à ces réserves, notamment selon les Agences de l'Eau.

En 2005, l'Agence de l'Eau RM&C a réalisé une étude sur les coûts de construction des retenues collinaires. Dans cette étude elle définit les retenues comme suit : « **réserve artificielle d'eau**, en fond de terrains vallonnés, fermée par une ou plusieurs digues (ou barrage), et alimentée soit en période de pluies par ruissellement des eaux, soit par un cours d'eau* permanent ou non permanent. Suivant la perméabilité des terrains et le risque de fuite d'eau, le fond peut-être rendu étanche par un voile artificiel ou une couche d'argile » (Agence de l'eau RM&C, 2005a).

De plus l'Agence de l'Eau RM&C considère « les retenues collinaires comme les ouvrages ayant une capacité (volume en eau en limite de déversoir) allant jusqu'à 1 million de m³. A partir de cette valeur et au-delà, il s'agira de grands barrages. » (Agence de l'eau RM&C, 2005a).

Une autre définition est utilisée par l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne. Pour cette agence, sont définies comme retenues collinaires, les réserves alimentées "par les seules eaux de ruissellement, lors des précipitations ou par pompage dans le milieu en période d'excédent de la ressource en eau" et "ne doivent pas être traversées par un cours d'eau permanent (ou non permanent s'il y a des frayères intéressantes)" (SCE & GREBE, 2000).

Enfin, selon une définition sur le site internet EauFrance citant l'ONEMA, une retenue (sans précision sur son état collinaire) est un « plan d'eau artificiel destiné à l'hydroélectricité, au soutien des étiages ou à l'irrigation ainsi qu'à l'alimentation en eau potable. Généralement ces plans d'eau sont caractérisés par une profondeur irrégulière, un niveau variable selon les crues et les étiages et une masse d'eau homogène ».

Cette définition est aussi très générale et ne fait visiblement pas de distinction entre les retenues types lacs et les retenues de taille plus restreinte qui seront d'usage plus agricole et auxquelles nous nous intéressons.

1.2 LES RETENUES DE SUBSTITUTION

Les retenues collinaires sont à distinguer des **retenues de substitution**. Ces dernières sont uniquement dédiées au **soutien d'irrigation** pour les agriculteurs, alors que les retenues collinaires peuvent être utilisées en tant que ressource pour l'agriculture mais aussi d'agrément pour la pêche, l'abreuvement ou d'aménagement du paysage. Le fonctionnement des retenues de substitution, repose sur le prélèvement d'eau pendant la saison des hautes eaux pour substituer au prélèvement d'eau dans les cours d'eau ou les nappes pendant la saison d'étiage* (basses eaux ; généralement l'été pour les régimes pluviaux) et avoir un réservoir assuré pour cette période (Direction de l'eau et de la biodiversité, 2011). La notion de retenues de substitution peut être précisée par les différentes Agences de l'Eau dans les SDAGE quant à leur position sur cours d'eau ou non.

1.3 LES RETENUES DE SOUTIEN D'ETIAGE

Le SDAGE de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne (AG) distingue un autre type de retenue : **les retenues de soutien d'étiage**, de taille plus imposante que les retenues de substitution. L'Agence de l'Eau AG les définit comme retenue à usages multiples, utilisées pour alimenter les cours d'eau en période de basses eaux afin de compenser les prélèvements effectués pour l'alimentation en eau potable, l'agriculture, l'industrie, le tourisme etc. (Agence de l'eau Adour-Garonne, 2010).

1.4 LES RETENUES D'ALTITUDE

Ces retenues, situées en montagnes, ont pour but de stocker l'eau en vue de produire de la neige artificielle pour les périodes de ski. Le remplissage peut s'effectuer au printemps, comme c'est le cas pour les retenues de Savoie et de Haute-Savoie (DDT de la Savoie, 2009) ou en octobre-novembre (dans les Alpes Maritimes notamment). La production de neige débute en décembre, pour toute la période de ski. Elles peuvent être de taille très importante : jusqu'à 404000m³ en Savoie, le but étant d'assurer les besoins en neige. Les retenues de taille plus petite ont besoin d'être remplies plusieurs fois selon les hivers et l'enneigement naturel. Dans les trois départements cités, les retenues sont alimentées par pompage dans les cours d'eau ou bien par surverse du réseau d'alimentation en eau potable. Certaines sont alimentées par les deux systèmes et d'autres par une autre retenue (DDT de la Savoie, 2009).

1.5 LES PLANS D'EAU

Un autre terme que l'on trouve régulièrement dans la bibliographie est celui de « plans d'eau ».

D'après l'ONEMA cité par EauFrance, un plan d'eau est une « *étendue d'eau douce continentale de surface, libre stagnante, d'origine naturelle ou anthropique, de profondeur variable. Il peut posséder des caractéristiques de stratification thermique. Le terme de plan d'eau recouvre un certain nombre de situations communément appelées lacs, retenues, étangs, gravières*, carrières* ou marais** ».

Les termes de lacs, étangs et marais peuvent être associés au terme de retenue. Il convient alors de les préciser.

Un lac est une zone d'eau en général supérieure à 200ha, d'une profondeur moyenne de 5m (Ecosphère & Hydrosphère, 2001), située dans une dépression naturelle ou artificielle (lacs de barrages) où s'établit un écosystème aquatique (zone pélagique*). Les eaux sont stagnantes et il s'y crée une stratification thermique. En saison chaude, on distingue l'épilimnion de 0 à 10m, le métalimnion de 10 à 15m puis l'hypolimnion de 15 à 30m (EauFrance, 2013a). Ces hauteurs sont variables pendant les saisons.

Un étang, à la différence d'un lac, n'a pas de stratification thermique. Il se distingue aussi par une forte productivité végétale et animale (EauFrance, 2013b). Il est situé dans une dépression naturelle ou artificielle de surface comprise entre 0.5 et 200ha et de profondeur en général inférieure à 5m mais pouvant aller jusqu'à 8m (Ecosphère & Hydrosphère, 2001). Les eaux peuvent être renouvelées. Les retenues collinaires leur sont souvent associées en tant qu'étangs artificiels.

Une mare est une petite étendue d'eau stagnante et peut être temporaire. Elle est de superficie inférieure à un étang et de faible profondeur : moins de 5000m² de surface et moins de 2m de profondeur en général (Ecosphère & Hydrosphère, 2001).

A retenir

Pour ce rapport, nous retiendrons la définition plus générale accordée aux retenues collinaires sous entendant un **dispositif artificiel** (souvent associé au terme d'étang artificiel) **interceptant l'eau de ruissellement ou de cours d'eau, l'eau de source ou de nappe, sans restitution immédiate.**

Cela s'approche de la définition qu'a adoptée l'INRA de Toulouse (Institut National de la Recherche Agronomique) au cours de sa recherche sur l'identification et la

caractérisation des retenues à usages d'irrigation. Leur définition restreint toutefois les retenues collinaires comme ayant un usage uniquement d'irrigation, étant de capacité entre 2000m³ et 200000m³ avec un barrage en terre barrant le lit majeur et non seulement un seuil sur le lit mineur (INRA Toulouse, 2013).

La sous-partie suivante décrit les différents types de retenues collinaires que l'on peut trouver, du point de vue de leurs caractéristiques.

2. TYPOLOGIE DES RETENUES COLLINAIRES

Dans l'étude de l'Agence de l'Eau RM&C, différents types de retenues collinaires sont cités. Les ouvrages dits « **rustiques** » où aucune technique particulière n'a été mise en place pour créer la retenue et les ouvrages dits « **techniques** » qui nécessitent la mise en place d'une bâche ou géomembrane par exemple (Agence de l'eau RM&C, 2005b). En plus de cette distinction en termes de construction, les retenues sont classées d'après leur type d'alimentation et de déversement en eau.

2.1 TYPE D'ALIMENTATION

Les trois grands modes présentés ci-dessous sont les plus fréquents (BRL-Ingénierie, 2006, DDT du Cher, 2010) :

- Retenues **hors réseau** : il s'agit des retenues qui sont alimentées par les eaux de ruissellement mais aussi par des sources ou des forages
- Retenues **en série ou en barrage** : ce sont les retenues qui sont au travers du cours d'eau
- Retenues **en dérivation** : ces retenues ne sont pas en contact avec le lit mineur mais alimentées par un bras

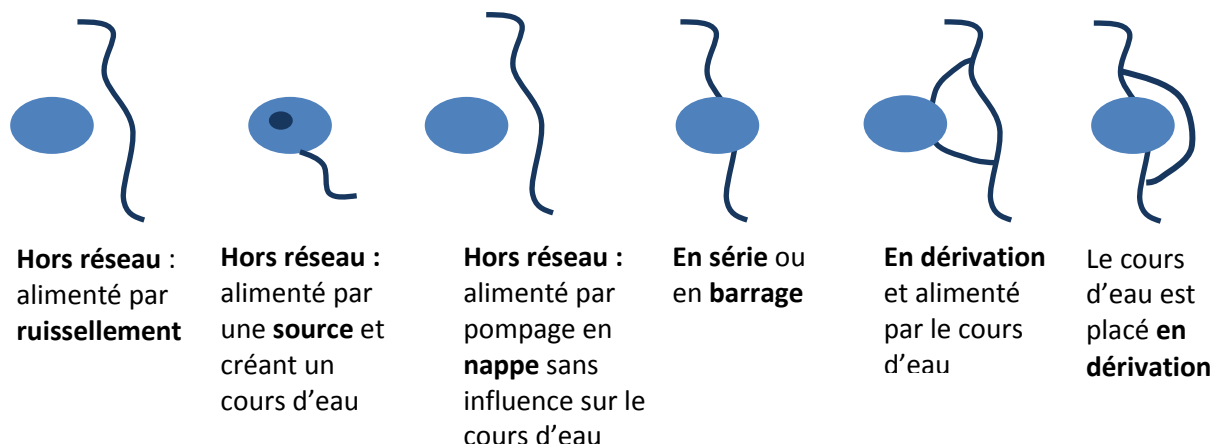


Figure 1 : Typologie générale des retenues collinaires (source personnelle)

Ces modes peuvent être détaillés davantage. L'Agence de l'Eau Loire-Bretagne explicite les différents mode d'alimentation des retenues suite à la réalisation d'un guide de description des retenues pour une enquête sur terrain (Agence de l'eau Loire-Bretagne, 2000). Les éléments suivants sont listés dans l'étude Interagence Loire-Bretagne :

- Alimentation par **ruissellement de surface** : comprend l'alimentation par ruissellement des *eaux de précipitation*. On trouve aussi l'alimentation par les eaux provenant de *station d'épuration* et celles issues de *ruissellement de route* qui ne passent pas par l'intermédiaire d'un cours d'eau. La qualité des eaux du bassin est alors dépendante de celle des eaux de ruissellement (Ecosphère & Hydrosphère, 2001).

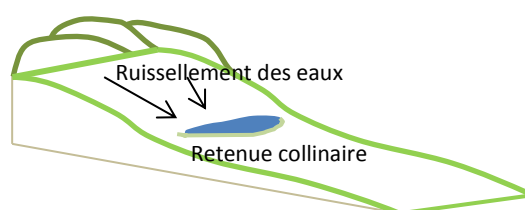


Figure 2 : Principe d'alimentation par ruissellement de surface (source personnelle)

- Alimentation par **dérivation avec seuil*** : désigne une alimentation par gravité à partir d'un cours d'eau ou ruisseau* au moyen d'une dérivation équipée d'un seuil (l'ouvrage se situe plus en aval du cours d'eau amont et est séparé du cours d'eau par un seuil, sorte de barrière en métal installée dans le lit mineur). Le cours d'eau peut aussi être celui-ci mis en dérivation et contourner la retenue si elle se situe au fond d'un thalweg*.

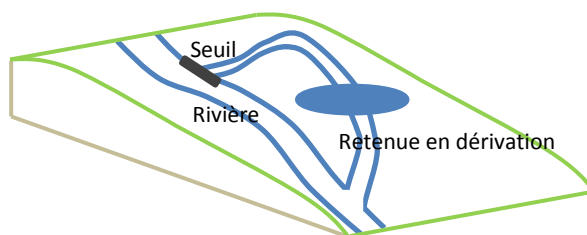


Figure 3 : Principe d'alimentation de retenue en dérivation avec seuil (source personnelle)

- Alimentation en dérivation **avec vannage** : il s'agit d'une alimentation en dérivation via une vanne située sur l'organe de barrage d'un cours d'eau ou ruisseau (permet de régler le débit, s'ouvre et se ferme). La vanne peut par exemple être située sur un seuil (on dit alors qu'il est mobile car dispose d'un élément mobile).

- **Barrage à l'écoulement naturel d'un cours d'eau** : alimentation directe lorsque l'ouvrage est situé sur le lit mineur d'un cours d'eau ou d'un ruisseau pérenne ou intermittent.
- Alimentation via une **source** : désigne une alimentation par une source pérenne ou intermittente, généralement située en tête de bassin (Ecosphère & Hydrosphère, 2001).
- Alimentation par des **collecteurs de drainage agricole** : alimentation directe par des collecteurs de drainage agricole sans passer par l'intermédiaire d'un cours d'eau.
- Alimentation provenant d'un **pompage en nappe** : comprend l'alimentation par les nappes alluviales* (on parle alors de carrières ou gravières) ou profondes. Les carrières dites « en eau », peuvent être construite dans le lit mineur (interdit depuis 1992 (Ecosphère & Hydrosphère, 2001)) ou le lit majeur du cours d'eau, en communication directe ou non avec la nappe et le cours d'eau (carrières en eau ouvertes) ou en communication avec la nappe seulement (carrières fermées). Les carrières dites « hors d'eau » n'ont pas de contact direct avec la nappe mais peuvent être remplies par celle-ci en période de crue.

2.2 TYPES DE DEVERSEMENT

Les retenues n'ont pas de restitution immédiate de leur volume en eau. Les modes de déversement concernent principalement les cas de surplus en eau et donc de retour au cours d'eau. Plusieurs modes de déversement peuvent être observés (Agence de l'eau Loire-Bretagne, 2000) :

- Existence d'un **déversoir de surface** : principe d'évacuation des eaux de la retenue par un aménagement spécifique permettant d'évacuer l'eau en surplus (cf. *figure 4*). Avec ces dispositifs la vidange est plus ou moins réalisable.



Figure 4 : Système de déversoir de surface (source personnelle)

- Présence de **vannes** : installation d'une vanne de fond, plate, à jet creux ou avec une crête mobile, située en bas de la digue ou de la retenue pour évacuer l'eau. Dans ces dispositifs on peut aussi intégrer les **moines** qui permettent à la fois la

vidange du lac sans impacter les poissons (Ecosphère & Hydrosphère, 2001) (cf. figure 5).



Figure 5 : Système de déversoir de fond par moine (source personnelle)

- Dispositif de **Trop-plein** : installation d'un tuyau en PVC vertical pour y faire écouler l'eau en surplus de manière passive.
- **La tour de prise d'eau à niveaux multiples** (Ecosphère & Hydrosphère, 2001) : restitue l'eau de l'étang à différentes profondeurs, ce qui permet de ne pas restituer que les eaux froides du fond.
- **Les siphons** : ils sont extérieurs à la digue et concernent souvent les petits plans d'eau. Ils peuvent être équipés de vannes inférieures situées à l'amont et à l'aval de la digue (Ecosphère & Hydrosphère, 2001), et d'un orifice supérieur d'amorçage (cf. figure 6). D'une autre façon, l'évacuation de l'eau peut se faire par le fond avec un système équipé d'une crépine (figure 7).

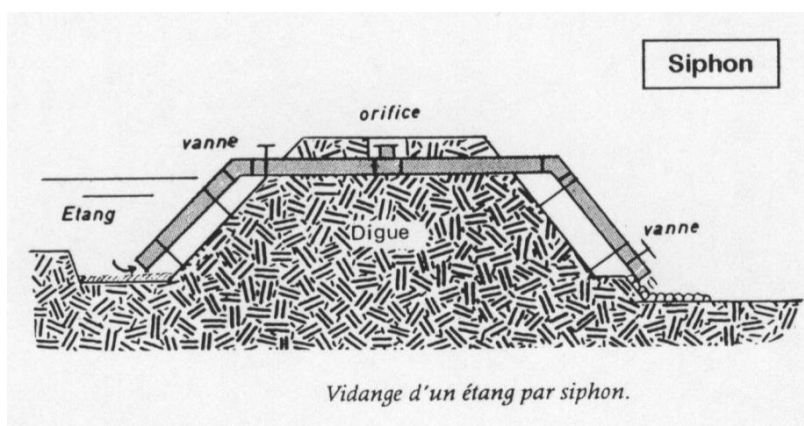


Figure 6 : Système de siphons à vannes (CACG *et al.*, 2001a)

- Les siphons équipés de crépine

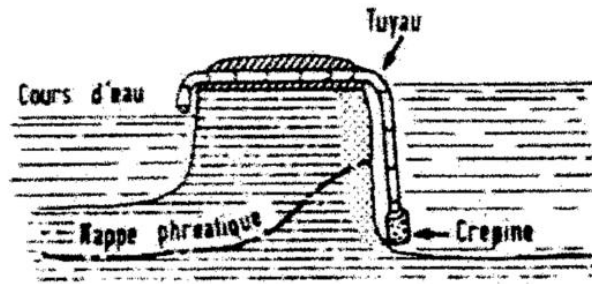


Figure 7 : Système de siphons à crépine (Ecosphère & Hydrosphère, 2001)

- **Dispositif de lit filtrant** : sorte de jointure entre deux systèmes aquatiques : retenue d'eau et rivière, qui permet l'écoulement mais pas le passage des poissons, ni celui des sédiments (cf. figure 8).

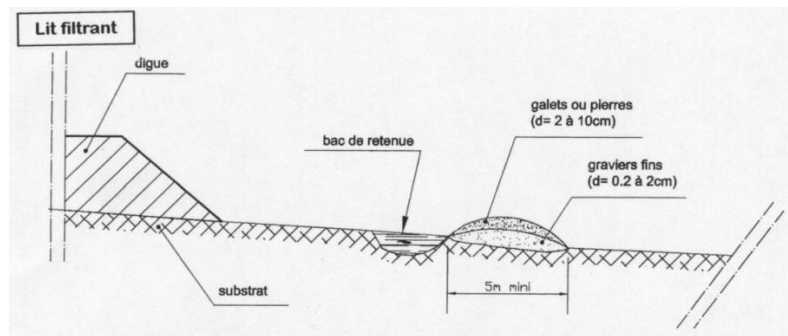


Figure 8 : Système de lit filtrant (CACG et al., 2001a)

- **Dispositif de pompage** : l'eau évacuée permet d'irriguer les terres agricoles.

2.3 LA REALISATION D'UNE VIDANGE

Afin d'assurer l'entretien de la retenue d'eau, celle-ci est vidangée de manière à pouvoir le curer et vérifier les fondations. La vidange peut se faire par les dispositifs vus précédemment. Elle s'effectue généralement d'avril à fin octobre afin de respecter la période interdite : 31 octobre-31 mars, période de reproduction de la truite Fario (décidée par les organismes gestionnaires (Ecosphère & Hydrosphère, 2001)).

A retenir

Des **typologies des retenues collinaires**, on retiendra surtout les trois types principaux d'alimentation : **en série, en dérivation ou hors réseau** et les deux principaux modes de déversement par **surverse** avec les eaux de surface ou par **moine** avec les eaux du fond.

La partie qui suit présente les différents impacts des plans d'eau sur le milieu.

Deux références principales ont été utilisées :

- l'étude terminée en avril 2001 par la Compagnie d'aménagement des coteaux de Gascogne (CACG), pour le compte de l'Interagence Loire-Bretagne, sur les impacts des *petites réserves artificielles* sur le milieu.
- L'étude terminée en août 2001 par les bureaux Ecosphère et Hydrosphère, pour la DIREN Champagne-Ardenne, sur les impacts des *plans d'eau*.

Il sera fait mention ici des impacts des *plans d'eau* et non des *retenues collinaires* car les études de référence n'ont pas la même définition des retenues collinaires : pour la CACG, il s'agit uniquement d'*eaux closes* (pas de communication avec un cours d'eau libre) (CACG *et al.*, 2001b) tandis que pour les bureaux d'études, il s'agit d'*étangs artificiels* qui sont « des étangs en barrage ou en dérivation (étangs de pêche ou de loisirs, réservoirs agricoles...) » ou « des étangs issus d'excavation répondant à des besoins industriels (carrières...) ou d'agrément (étangs de jardins...) » (Ecosphère & Hydrosphère, 2001).

Ainsi, nous préférons parler de plans d'eau pour regrouper les différents types de réservoirs d'eau qui ont été soumis à l'étude d'impacts :

- La CACG a pris en compte les étangs artificiels, les retenues d'eau (y compris collinaires = eaux closes) et les bassins (hors bassins d'orage et de lagunage),
- les bureaux d'études considèrent les plans d'eau dans leur ensemble : lacs, réservoirs, bassins artificiels, mares et étangs, mais dans leur rapport, ce sont les impacts des étangs artificiels alimentés par les eaux superficielles (cours d'eau ou source) ou par les eaux souterraines, qui sont majoritairement étudiés. Dans le cas où les impacts générés ne le sont que par des ouvrages plus imposants, cela sera précisé dans le corps du texte.

Il est aussi important de préciser que les études ont été menées avant la création du code de l'environnement et donc avant que plusieurs réglementations de réductions d'impacts ne soient mises en place : l'interdiction de construire des ouvrages en série ou d'implanter une digue directement dans le cours d'eau, la présence d'un chenal aval pour évacuer les eaux de surverse, le contrôle du débit d'alimentation, la limitation du débit dérivé vers le plan d'eau, les dispositifs de déconnexion totale et de déversoir de crues, l'entretien régulier des ouvrages et de la qualité de l'eau (CACG *et al.*, 2001a). Cependant, les impacts des retenues anciennement créées s'appliquent toujours (des mesures de

réductions sont d'ailleurs proposées dans la phase 3 de l'étude). La réglementation actuelle est présentée plus loin dans le rapport.

3. IMPACTS DES PLANS D'EAU SUR LE MILIEU

3.1 IMPACTS DES PLANS D'EAU SUR L'HYDROLOGIE

Cette partie sur l'hydrologie provient de l'étude menée par les bureaux Ecosphère et Hydrosphère en 2001.

De manière générale, les plans d'eau les plus impactants sur le débit sont ceux situés en dérivation ou en série.

Les pertes par infiltration dépendront de la nature du sol et de sa capacité à être saturé ou non en eau. Les pertes seront plus importantes sur sol sableux que sur sol argileux, néanmoins, associé avec du limon, un sol sableux est imperméable.

Les impacts par l'évaporation sur le débit aval ne sont significatifs que si le niveau des plans d'eau est constant et le débit de fuite* variable. De même, l'impact hydrologique de ces pertes est significatif si elles constituent une proportion significative du débit d'étiage* du cours d'eau : plus le débit d'étiage est faible et plus l'impact sera important. L'évaporation est proportionnelle à la température et à la surface du plan d'eau et inversement proportionnelle aux précipitations, ce qui signifie que l'évaporation sera au plus fort en période estivale sur plans d'eau de grande superficie. Les plans d'eau vont créer un surplus d'évaporation et une perte nette au niveau de la nappe d'accompagnement* (nappe en contact direct avec la rivière) par rapport aux pertes occasionnées par un couvert végétal, c'est pourquoi les impacts sont moindres en forêt ou lorsque qu'une rive végétalisée est associée au plan d'eau. Les arbres vont créer de l'ombre sur le plan d'eau et diminuer ainsi l'évaporation, toutefois, le pompage généré par les racines peut être important.

L'impact des plans d'eau en barrage (en série) ou en dérivation est maximum sur les apports en eau du bassin versant. En effet, les plans d'eau en série interceptent la totalité des apports en eau. Il s'agit d'une véritable disparition d'un tronçon du cours d'eau. La connectivité n'existe plus ce qui cause de larges problèmes notamment pour les poissons types salmonidés* (saumons, truites) lors de leur migration. Si un assèchement en aval est observé, la disparition du cours d'eau est complète. Dans l'étude menée par les bureaux Ecosphère et Hydrosphère en 2001, il est fait mention de trois étangs reliés entre eux par des tuyaux, le cours d'eau ne reprenant qu'après le troisième étang (région du Falkenstein).

Ceux placés en dérivation ont un impact plus ou moins important selon leur gestion et impacteront uniquement sur la partie court-circuitée.

Les plans d'eau situés sur une source ou alimentés par les eaux de ruissellements (correspondants à la définition restreinte des retenues collinaires à usage agricole) ont une alimentation non maîtrisée et interceptent la totalité des eaux pluviales ainsi que des sources pour les premiers. L'interception des eaux pluviales, entraîne plusieurs effets :

- L'épuisement des nappes d'accompagnement et donc la hausse des étiages
- La diminution de l'impact bénéfique des pluies estivales qui participent au regonflement des rivières
- La diminution des débits d'étiage due à l'impact cumulé des ouvrages en tête de bassin

L'interception des sources en amont conduit pour sa part à l'assèchement des cours d'eau en aval.

Les plans d'eau alimentés par pompage de janvier à mai, pour ensuite stocker l'eau et substituer ainsi aux prélèvements dans les cours d'eau en période d'étiage, interceptent uniquement une partie des écoulements des cours d'eau et des nappes d'alimentation. Cependant, s'il s'agit d'une nappe d'accompagnement, le risque est de voir la période d'étiage et d'assec* du cours d'eau plus tôt dans l'année.

L'impact du remplissage des plans d'eau situés au fil de l'eau ou sur talwegs dépend s'il y a restitution pendant le remplissage. Dans le cas où il n'y a pas de restitution, le débit aval est très inférieur au débit amont et le cours d'eau va jusqu'à l'assèchement. Avec restitution, le débit aval est toujours inférieur mais l'impact est moindre. Il faut noter qu'avec les ouvrages du type barrages réservoirs, créés pour éviter les inondations en aval et faire du soutien d'étiage, les impacts cumulés sont importants tant sur les zones humides que sur les populations aquatiques du fait de la baisse de débit.

Les vidanges et les lâchures provoquent une augmentation brutale du débit en cas d'ouverture non progressive, même si les nappes souterraines peuvent jouer un effet tampon avec l'infiltration de l'eau délivrée. La hausse du débit provoque une augmentation de l'érosion du lit et des berges. La morphologie du cours d'eau en est changée et le lit est plus grand. La lame d'eau en est diminuée, la vitesse d'écoulement aussi et le cours d'eau s'envase avec les matières en suspension relâchées plus en amont suite à la vidange ou la lâchure, ce qui diminue la diversité granulométrique et modifie l'habitat des populations aquatiques.

Parfois le débit aval est supérieur au débit amont. Cela s'explique par la présence de sources en amont de la retenue ou bien de sources captées par la retenue. Celle-ci contient alors à la fois les eaux du cours d'eau et celles de la source. Néanmoins, le débit aval reste inférieur à la somme des débits amont.

Une étude menée par Irstea en 2002 sur les impacts hydrologiques des retenues collinaires dans le bassin de la Séoune et de Tescou (Tarn) démontre que les volumes de crue et les modules annuels diminuent et les étiages s'intensifient. Cette analyse a été faite avec le modèle empirique GR4J et le modèle statistique « débit-durée-fréquence ». « *Le modèle GR4J est un modèle empirique à 4 paramètres permettant de simuler l'écoulement quotidien des bassins versants. Les données d'entrée sont : la superficie du bassin, l'évapotranspiration inter décadaire*, les précipitations journalières et une chronique de débits quotidiens observés de durée suffisante pour le calage des paramètres et la validation des débits simulés. Les sorties sont des lames d'eau écoulées quotidiennes.* ». le modèle statistique « débit-durée-fréquence » est « *un modèle continu de prédétermination des étiages d'un bassin versant qui permet de répondre à une conception de gestion intégrée des cours d'eau et de leurs bassins versants* » (Galea et al., 2002).

Cela a permis de prouver que l'origine de ces modifications sur le débit n'était pas due au climat mais bien à « *l'influence anthropique* » (Galea et al., 2002).

A retenir

Globalement une **diminution du débit** est observée à l'aval des plans d'eau en fonctionnement normal. On observe une diminution des volumes de crue et une **sévérité des étiages renforcée**. L'impact des plans d'eau placés en série et en dérivation est maximal par la déconnexion qu'ils provoquent. L'interception des eaux de pluie induit **l'épuisement des nappes d'accompagnement**. Les vidanges et les lâchures entraînent des hausses brutales du débit et un bouleversement du régime hydrologique du cours d'eau. L'évaporation provoque un surplus de pertes hydriques par rapport à un couvert végétal et une perte nette au niveau de la nappe d'accompagnement. L'impact hydrologique de l'évaporation va dépendre de sa proportion vis-à-vis du débit d'étiage. Plus celui-ci est faible et plus les pertes en eau seront marquées.

3.2 ILLUSTRATION DES IMPACTS HYDROLOGIQUES DES RETENUES COLLINAIRES (ETUDE MENEES SUR LE BASSIN DE LA BREVENNE-TURDINE)

Le bureau d'étude GEOPLUS a mené en avril 2007, pour le compte du Syndicat de Rivière Brévenne-Turdine une étude sur la gestion quantitative des ressources en eau sur le bassin versant de la Brévenne-Turdine dans le département du Rhône (GEOPLUS, 2007a).

Pour cette étude, l'inventaire de toutes les sources de prélèvement a été réalisé. Dans leur étude, le bureau d'étude distingue les prélèvements selon les usages qui en sont faits. Les retenues collinaires sont alors des retenues d'eau à usage d'irrigation pour l'agriculture, pouvant servir parfois d'abreuvement, d'agrément ou de pêche et étant situées sur réseau (ou zone de source) ou hors réseau hydrographique.

Sur les 349 retenues collinaires dénombrées sur le bassin-versant (interceptant 110km² soit 25% du bassin-versant), les pertes liées à l'évaporation sont de 280 milliers de m³ pour un volume annuel prélevé de 2.2 millions de m³ et un volume prélevé à l'étiage (avec interception des pluies et du ruissellement) de 1 millions de m³ (données estimées), le tout sur les ressources en eau du bassin (les ressources en eau potable sont majoritairement importées). Si l'on compare par rapport aux usages, les prélèvements liés aux retenues collinaires représentent 40% des volumes totaux prélevés annuellement et 60% des volumes totaux prélevés à l'étiage ou en perte par évaporation.

40% des retenues collinaires sont alimentées par ruissellement uniquement et 30% le sont par ruissellement et sources ainsi que 30% par cours d'eau. Les retenues collinaires interceptent en moyenne 30 à 40% des sous-bassins versants. Celles situées en travers des cours d'eau ont une plus grande interception. De plus, pour ces dernières, il y a normalement existence d'un débit réservé qui influence la part interceptée du bassin-versant mais cette donnée a été très difficile à trouver pour le bureau d'étude GEOPLUS. Les retenues collinaires influencent fortement le débit d'étiage des cours d'eau : une dizaine de retenues impacte une douzaine de tronçons de cours d'eau et une vingtaine en impacte trois.

Par rapport au débit d'étiage cumulé estimé, prélevé par les retenues pour l'irrigation, la majorité des cours d'eau sont impactés par les retenues : les débits prélevés vont de 0.6l/s à 17l/s (les débits moyen d'étiage sont de 548l/s soit 2.5l/s/km² sur la Brévenne et 487l/s soit 3l/s/km² sur la Turdine).

Suite au bilan réalisé de tous les prélèvements par tous les usages, sans les rejets effectués par les eaux usées et les industries, « la situation hydrologique à l'étiage est très préoccupante en année quinquennale sèche ». « Les pertes nettes en eau, essentiellement

dues aux nombreuses retenues agricoles, » sont très importantes et pour le bassin de la Brévenne, les importations en eau potable ne suffisent pas à être en positif à l'été.

66% du débit d'été estimé cumulé sur le bassin de la Brévenne-Turdine est prélevé par les retenues collinaires, sans prendre en compte les restitutions d'eau possible en aval.

(GEOPLUS, 2007a)

A retenir

D'après cette étude menée par GEOPLUS, l'impact hydrologique des retenues collinaires est réel, participant à de nombreuses pertes en eau pour le bassin versant de la Brévenne.

La suite de l'étude (phase 2 (GEOPLUS, 2007b)) propose des actions pour réduire les impacts hydrologiques les plus impactants en été sur les cours d'eau par les prélèvements sur l'ensemble du bassin-versant Brévenne-Turdine (de nombreuses cartes de localisation et de synthèse des impacts sont à l'appui).

3.3 IMPACTS DES PLANS D'EAU SUR LES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

3.3.1 Effets des plans d'eau sur la température

Les impacts thermiques des plans d'eau dépendent de la température de l'air, des précipitations (brassage de l'eau) et de l'environnement immédiat (présence d'arbres). S'ils sont influencés par ces conditions, les impacts thermiques le sont d'autant plus par le mode d'alimentation et de restitution d'eau des plans d'eau, ainsi que par leur profondeur et leur surface (Ecosphère & Hydrosphère, 2001).

3.3.1.1 Influence du mode d'alimentation et de restitution

Les plans d'eau en série ont le plus fort impact thermique sur les cours d'eau. Cet impact est maximisé si le débit est faible car cela sous-entend un renouvellement en eau limité et une incidence thermique plus forte.

Les plans d'eau en dérivation ont un effet thermique proportionnel au débit qu'ils détournent : leur impact sera plus fort sur le cours d'eau s'ils détournent une forte proportion du débit.

Les plans d'eau alimentés par des eaux superficielles types sources, impacteront grandement le cours d'eau car ils le priveront des eaux fraîches pendant l'été.

Les plans d'eau alimentés par des eaux souterraines auront un impact dépendant de leur distance par rapport à la rivière. Si la distance est faible (<50m) et que le plan d'eau

à une surface d'échange des eaux avec elle. Sinon, les alluvions tamponnent l'effet thermique du plan d'eau.

Une restitution par surverse est fortement impactant sur le régime thermique du cours d'eau aval, l'eau de surface étant la plus chaude. S'il s'agit d'un mode de restitution avec une **vanne entrouverte**, le réchauffement sera moindre. Un **déversement par moine**, infiltration ou fuite est le mieux de ce point de vue thermique car les eaux sont fraîches. Cependant l'étang doit être assez profond pour avoir une bonne différence thermique. Notamment, les lâchures des barrages-réservoirs peuvent être à l'origine de refroidissement en été.

Dans l'étude menée par l'Interagence Loire-Bretagne, il est fait mention d'une analyse réalisée sur des étangs dans le Limousin en 1999 par Touchard. Il a été observé que « pour des petits étangs à gradient thermique et déversoir de surface, les cours d'eau vont être réchauffés à l'aval si le vent souffle l'eau vers le déversoir mais à l'inverse, les cours d'eau seront refroidis si le vent est dans le sens contraire à l'écoulement » (CACG et al., 2001b).

(Ecosphère & Hydrosphère, 2001)

3.3.1.2 Influence de la profondeur et de la surface

Un plan d'eau avec une faible profondeur sera plus vite réchauffé en période estivale et aura plus d'impacts sur le cours d'eau aval. A l'inverse un plan d'eau avec une forte profondeur aura des stratifications thermiques en place et, dans ce cas, son impact dépendra de son mode de restitution de l'eau au cours d'eau, comme vu précédemment.

L'impact de la superficie du plan d'eau sur sa propension à se réchauffer dépend de plusieurs facteurs. En effet, d'après l'étude menée par Ecosphère et Hydrosphère en 2001, deux écoles de pensées se font face. Pour certains auteurs, plus la superficie est grande et plus l'étang se réchauffe vite, pour d'autre c'est l'inverse car ils prennent en compte l'inertie thermique (dépendante de la profondeur) qui fait que les petits étangs, globalement moins profonds, se réchauffent plus vite. Une étude menée en 1982 fait le point sur l'effet de la superficie. Il semblerait alors que les étangs de plus d'1ha réchauffent plus les cours d'eau aval que ceux de moins d'1ha avec une différence en moyenne de 2°C. Les petits étangs ont une élévation de température plus variable que les étangs de plus grande surface : sur l'étude menée, les élévations de températures notées en aval des grands plans d'eau étaient constantes (faible écart-type) tandis que les élévations de température étaient beaucoup plus fluctuantes entre les petits étangs. Les fortes variations des résultats pour les petits étangs indiquent que ceux-ci sont beaucoup plus sensibles à leur environnement,

notamment la température de l'air, le rayonnement solaire et le couvert végétal. Leur participation au réchauffement des cours d'eau aval dépendra plus de leur environnement que les grands plans d'eau (un couvert d'arbres n'a pas la même efficacité en ombrage sur une petite surface que sur une grande).

(Ecosphère & Hydrosphère, 2001)

Résumé des effets sur la température

Les plans d'eau (essentiellement ceux en série et moyennement ceux en dérivation), exercent une élévation de la température sur les cours d'eau en aval en période estivale et peuvent créer un refroidissement en été lors des lâchures par moine ou en hiver (surtout dans le cas d'étang avec une forte stratification thermique). De manière générale, l'impact thermique des plans d'eau ne va pas au-delà du kilomètre, sauf dans les cas de lâchure des barrages-réservoirs qui peuvent impacter sur plusieurs dizaines de kilomètres (CACG et al., 2001b, Ecosphère & Hydrosphère, 2001).

3.3.2 Effets des plans d'eau sur les matières en suspension

Comme nous l'avons dit précédemment, les plans d'eau alimentés par les cours d'eau peuvent être **soit décanteurs, soit producteurs de matières en suspension* (MES)**.

Dans le premier cas, cela dépend du régime amont. En effet, en cas de fort débit à l'amont et d'une teneur en MES de 50mg/L, l'étang va jouer un rôle de décantation : un fort débit charrie plus de particules qu'un faible. La forte quantité de particules amenées par le fort débit amont va se retrouver dans un espace stagnant où elle pourra décanter et reposer sur le fond de l'étang. Cela est d'autant plus visible lors des épisodes de crues où la concentration en amont est très importante (du fait du fort débit tout le long du versant) et où on observe une forte diminution à l'aval.

Dans le second cas où les plans d'eau peuvent être producteurs de MES, cela tient à des teneurs en MES plus faibles à l'amont. Les plans d'eau auront aussi bien un rôle de décantation que d'exportation. Par exemple, lors de teneurs de MES en amont de 20mg/L, les plans d'eau seront essentiellement exportateurs (CACG et al., 2001b) car leur propre production de MES devient alors plus nette : elle correspond à une production de phytoplanctons* et zooplanctons* dans l'étang, qui augmentent la production de matière organique au sein de l'étang et donc les MES (Ecosphère & Hydrosphère, 2001).

Lors des épisodes de vidanges et avec des débits de vidanges trop importants, de grandes quantités de MES sont répandues à l'aval, conduisant à des pics de déversement

lors de l'ouverture de la vanne, lors du vidage du culot et lors d'épisodes orageux qui peuvent provoquer des éboulements. Dans le cas de plans d'eau en série, lors de l'ouverture pour la vidange, la rivière va réceptionner tous les sédiments. Pour les plans d'eau en dérivation, l'impact est bien moindre car on peut choisir de couper la jonction amont entre la rivière et l'étang. Le déversement des MES entraîne avec lui celui des éléments toxiques qui étaient piégés dans les sédiments (leur remise en circulation peut aussi être du fait d'une détérioration de l'oxygénation au sein du plan d'eau) (Ecosphère & Hydrosphère, 2001).

Dans la synthèse menée par la CACG, il est fait mention d'une étude réalisée par DIREN du Limousin en 1994 sur la qualité des cours d'eau au cours d'une vidange de deux étangs. Sur 90% du temps total, aucune dégradation n'est notée. Sur le temps restant, la qualité évolue négativement : une augmentation significative des MES pour les deux bassins et une diminution en oxygène, une augmentation des teneurs en ammonium (essentiellement pour un des bassins où la concentration est de 3.5mg/L/). A la suite de cette étude, il est mentionné que l'utilisation d'un moine et la mise en dérivation permettaient de réduire l'exportation de MES et d'obtenir une meilleure dilution en aval.

Résumé des effets sur les matières en suspension

Les plans d'eau alimentés par les cours d'eau peuvent être à la fois producteurs et décanteurs de MES. Cela varie selon les teneurs amont : si celles-ci sont > 50mg/L, le plan d'eau sera décanteur ; si les teneurs sont < 20mg/L, le plan d'eau sera exportateur. Les plans d'eau alimentés par les eaux de source, augmenteront généralement leur charge en MES et leur turbidité. Les phénomènes de crues et de vidanges augmentent les déversements de MES en aval.

3.3.3 Effets des plans d'eau sur la teneur en oxygène

L'évaluation de cet impact est assez difficile, compte-tenu des variations fréquentes d'oxygène dans les eaux.

Il semblerait cependant que les plans d'eau participent à une diminution des teneurs en oxygène à l'aval du plan d'eau. Cela est dû à plusieurs phénomènes, notamment :

- La diminution du débit qui diminue le brassage air-eau
- L'augmentation de la température qui diminue la solubilité de l'oxygène
- Une augmentation de la consommation en oxygène par les micro-organismes (lors de la décomposition des matières organiques)
- La consommation d'oxygène par les sédiments, les MES

- La demande plus forte en oxygène des populations aquatiques (liée à la hausse des températures)

(CACG et al., 2001b, Ecosphère & Hydrosphère, 2001)

En général, la réoxygénation du cours d'eau est assez rapide (CACG et al., 2001b).

Il existe aussi des cas de réoxygénation du cours d'eau aval par le plan d'eau, dans les cas où il y a une forte activité végétale dans le plan d'eau et lors des déversements d'eau car cela crée un brassage (sauf lorsque de l'eau de profondeur est déversée car les fonds des plans d'eau sont souvent en anoxie). Lors des lâchures et des vidanges, la teneur en oxygène diminue du fait de l'augmentation de la teneur en MES : hausse de la turbidité* de l'eau qui participe à baisser l'activité photosynthétique et à diminuer l'oxygène dissous.

Cela coïncide avec une élévation de la demande biologique en oxygène* (DBO₅) à l'aval des plans d'eau (Ecosphère & Hydrosphère, 2001). Tout comme pour les MES, les plans d'eau auraient un rôle double envers la matière organique (MO) (le faible nombre de mesures ne permet pas d'énoncer plus qu'une généralité) : rôle de décantation quand les valeurs amont en MO sont élevées et de production pour des valeurs plus faibles (CACG et al., 2001b).

Résumé des effets sur la teneur en oxygène

Cet élément est assez difficile à apprécier compte-tenu des variations assez fréquentes d'oxygène. Cependant, on observe une tendance à la diminution des teneurs en oxygène en aval des plans d'eau.

3.3.4 Effets des plans d'eau sur l'eutrophisation

L'eutrophisation* est un phénomène qui intervient lorsque la production de végétaux est très importante. Les lacs et étangs deviennent alors turbides et la concentration en oxygène diminue fortement. L'eutrophisation est liée à la teneur en sels nutritifs que sont le phosphore (intervient sous forme organique ou lié aux MES) et l'azote (sous forme minérale ou organique). Plusieurs paramètres interviennent dans la libération des sels nutritifs (Ecosphère & Hydrosphère, 2001) :

- La température et le pH : l'azote est très sensible aux variations de températures et de pH. Plus on tend vers une augmentation de ces éléments (principalement en été) et plus l'équilibre ammoniac / ammonium (NH₄⁺) bascule vers une production d'ammoniac (NH₃). La production d'orthophosphates (PO₄³⁻) augmente avec la température mais ils ont alors

plus tendance à se fixer aux argiles, hydrocomplexes ferriques et calcites présents dans les sédiments.

- Les MES : elles permettent de piéger les sels nutritifs et de les sédimenter. Cependant, la remise en suspension des sédiments remet en solution tous les composés piégés.
- L'oxygène : une diminution de la teneur en oxygène induit un changement chez les micro-organismes. Les bactéries anaérobies (liées à l'absence d'oxygène) vont se développer et minéraliser les composés, réduisant les nitrates et produisant de l'ammoniaque. Une baisse d'oxygène dans le milieu provoque aussi une remise en solution du phosphore contenu dans les sédiments.
- La végétation : les plantes aquatiques permettent la consommation de nitrates et de phosphore. Celle-ci sera plus importante en été car il y a plus de végétaux. Néanmoins, on continue d'observer une augmentation des nutriments en aval des plans d'eau lorsque le déversement se fait par un moine. Cela s'explique par une consommation peu importante des nutriments par les phytoplanctons situés en fond d'étang. A l'inverse, on observe une diminution lorsque le déversement se fait par surverse car la consommation des phytoplanctons en surface est plus efficace.
- Les épisodes de vidange et de lâchure : ces phénomènes permettent une dilution des nutriments dans les cours d'eau du fait de la grosse quantité d'eau répandue.

Au cours d'une étude demandée par la chambre d'agriculture d'Ardèche et menée en 1997 par le bureau d'étude Eco-hydro-Service, il a été identifié les impacts de deux retenues collinaires sur la qualité des cours d'eau (retenues de la Jointine et d'Eclassan). Les cours d'eau en aval des retenues ont des teneurs élevées en azote et phosphore lorsque le déversement de la retenue dans le cours d'eau se fait par les eaux du fond (Chambre d'agriculture de l'Ardèche & Agence de l'eau Rhône Méditerranée et Corse, 1997). Les retenues avaient toutes deux un caractère eutrophe voir hyper-eutrophe avec une turbidité importante, des valeurs importantes en chlorophylle et une anoxie importante des eaux du fond. Dans cette étude l'azote ammoniacal provenait essentiellement des apports du bassin versant via les ruissellements et les sédiments.

Les plans d'eau sont de façon générale moins eutrophiés en hiver. Selon les modes de déversement, les formes remises en solution changent en quantité : on observe ainsi une diminution des nitrates et une légère augmentation des formes organiques par surverse et

une diminution des nitrates et une augmentation forte des formes organiques et réduites par les eaux de fond (CACG et al., 2001b). Ces phénomènes sont moins visibles en forêt où l'ombre des arbres réduit les écarts de température et la luminosité, diminuant les risques de turbidité. L'eutrophisation dépend aussi du substrat du plan d'eau : un sol calcaire retiendra mieux les nutriments qu'un sol granitique. Enfin, l'eutrophisation est augmentée par les apports externes liés à l'industrialisation, l'agriculture et l'urbanisation qui rejettent de nombreux éléments nutritifs. Les plans d'eau à usage piscicole auront une tendance plus forte à l'eutrophisation, due aux fertilisations et autres amendements présents dans ces retenues (Ecosphère & Hydrosphère, 2001).

La *figure 9* schématise le cycle aquatique de l'azote et les problématiques liées à une diminution d'oxygène dissous.

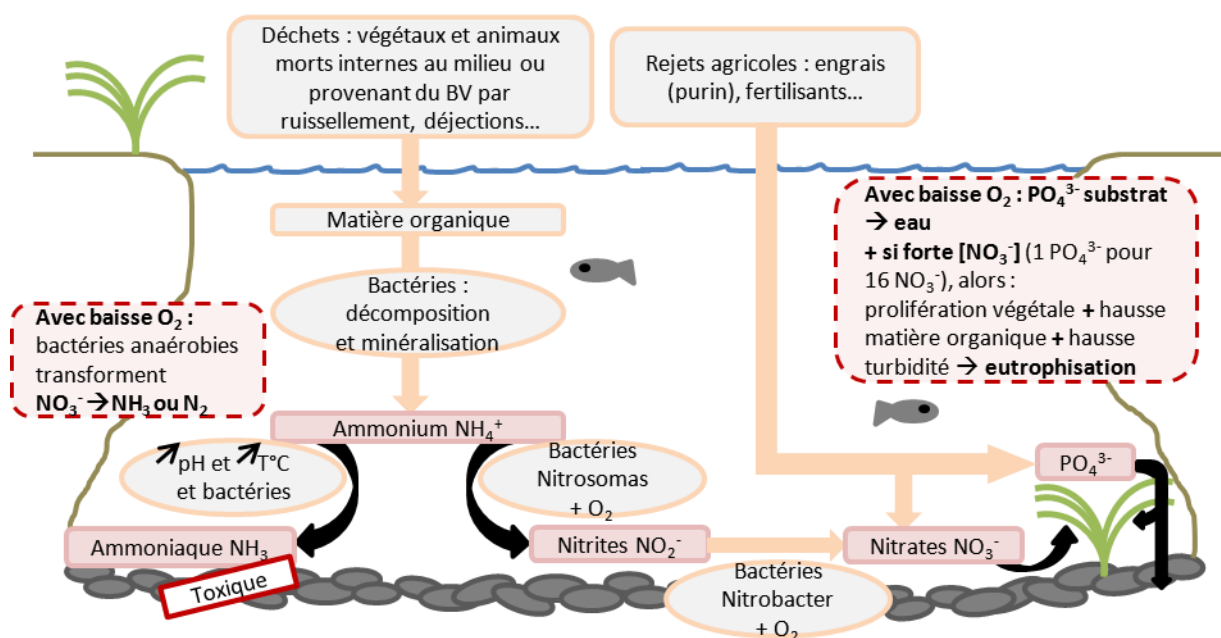


Figure 9 : Cycle aquatique de l'azote et rôle de l'oxygène (source personnelle)

Légende :

BV = bassin versant

O_2 = oxygène

PO_4^{3-} = orthophosphate

$^{\circ}\text{C}$ = température

La dégradation de la matière organique en ammonium consomme beaucoup d'oxygène. Les sels nutritifs apportés dans le milieu aquatique par l'agriculture via les engrais et les fertilisants : nitrate et phosphore (ce dernier apporté aussi par les rejets domestiques, notamment dans les lessives), favorisent la croissance des végétaux qui augmentent pendant un temps la production d'oxygène, notamment en surface : les végétaux prolifèrent et finissent par couvrir les eaux ce qui diminue l'entrée de la lumière.

En mourant, les végétaux produisent encore plus de matière organique dégradable et le cycle reprend. L'azote organique est aussi transformé (via une forte consommation d'oxygène) en nitrites puis nitrates, utiles à la croissance des végétaux avec le phosphore. Ce dernier est l'élément limitant, souvent piégé dans les sédiments, cependant, avec une baisse d'oxygène dans le milieu, le phosphore est remis en solution, participant à la multiplication végétale.

Résumé des effets sur l'eutrophisation

Les plans d'eau ont une tendance à s'eutrophier et à relarguer des sels nutritifs dans les cours d'eau, surtout lors des déversements par ouvrages de fond cependant, les vidanges et lâchures peuvent les diluer.

3.3.5 Effets des plans d'eau sur les variations de pH

Du fait de l'activité photosynthétique, principalement sur les eaux de surface, le pH augmente en journée et diminue en soirée. Un déversement par surverse tend à augmenter le pH en aval. Si les variations sont faibles, elles jouent néanmoins sur d'autres facteurs comme l'ammoniac qui augmente rapidement avec une faible élévation du pH. En fond des étangs, on note généralement une baisse des teneurs en pH du fait des activités bactériennes. Un déversement des eaux du fond participerait à la diminution du pH dans les cours d'eau aval. Les retenues à usage de pêche ont des valeurs en pH plus importantes du fait des amendements réalisés (CACG et al., 2001b).

Résumé des effets sur les variations de pH

Si les variations de pH en elles-mêmes sont faibles elles peuvent néanmoins impacter sur la production de sels nutritifs comme l'ammoniac.

A retenir

Les plans d'eau ont des impacts globalement négatifs sur les caractéristiques physico-chimiques : ils tendent à **augmenter la température** en aval ainsi que les **phénomènes d'eutrophisation** et à **diminuer les teneurs en oxygène**. Ils ont un **rôle double sur les teneurs en MES** : exportateurs ou décanteurs. Si, prises une à une, les variations peuvent être légères (comme dans le cas du pH) et ne pas être significatives, c'est **le cumul de chacune qui provoque une augmentation des effets négatifs** des plans d'eau sur les cours d'eau.

3.4 IMPACTS DES PLANS D'EAU SUR LES CARACTERISTIQUES BIOLOGIQUES

3.4.1 Effets des plans d'eau sur la flore

Si les plans d'eau sont installés sur des zones riches du point de vue de la biodiversité, leur implantation générera une dépréciation du milieu. Si, à l'inverse, le plan d'eau est créé sur une zone artificialisée, il peut constituer un apport en biodiversité.

Comme nous l'avons vu précédemment, les plans d'eau diminuent le débit du cours d'eau en aval, diminuent la lame d'eau, favorisent le dépôt de sédiments, etc. : cela peut induire un déplacement des végétaux. Les zones qui étaient habituellement trop profondes pour être végétalisées ne le sont plus. Les habitats deviennent de plus en plus homogènes. Les espèces végétales qui vont se développer seront des espèces favorables aux eaux calmes. Le développement des végétaux va à son tour induire des phénomènes de production de matière organique, de hausse de la turbidité, de variations d'oxygène et autres impacts.

Le changement de débit provoqué par les plans d'eau et la limitation des inondations par les barrages-réservoirs diminuent les zones humides* en aval qui ont besoin d'être inondées. Les inondations « décapent » le sol et favorisent ainsi le développement d'espèces pionnières. Les zones humides sont de grand intérêt écologique par leur liaison entre le milieu aquatique et le milieu terrestre.

(Ecosphère & Hydrosphère, 2001)

Résumé des effets sur la flore

La flore peut être bouleversée par les changements de débit qui induiront une prolifération des espèces d'eaux calmes et pourront assécher les zones humides en aval. Si les plans d'eau sont végétalisés il est important d'y introduire des espèces locales pour respecter l'écologie du milieu et éviter l'invasion par des espèces non natives.

3.4.2 Effets des plans d'eau sur la macrofaune benthique

La macrofaune benthique* (larves, mollusques) vivant sur les fonds des cours d'eau et plans d'eau, est fortement impactée par un changement de débit. L'homogénéisation du substrat du fait de la baisse de l'écoulement et de son appauvrissement, (les plans d'eau au fil de l'eau bloquent les sédiments grossiers pour ne laisser passer que les sédiments fins), constitue une perte d'habitat. Les MES déprécient la diversité du milieu en colmatant le fond des plans d'eau. En conséquence, les espèces exigeantes par rapport à leur milieu, dites rhéophiles*, vont disparaître au profit de celles qui le sont moins, les espèces dites limnophiles* (CACG et al., 2001b, Ecosphère & Hydrosphère, 2001). Les écrevisses

notamment ont largement disparu dans les cours d'eau où des plans d'eau sont présents en amont. Dans les cas de vidange et de lâchure l'impact n'est que temporaire car le repeuplement, s'il est dégradé pendant un temps se refait vite, notamment par les espèces provenant de l'amont et du plan d'eau, ce qui participe à diversifier la macrofaune (Ecosphère & Hydrosphère, 2001).

Du point de vue de la température, les écarts ne sont pas assez importants pour avoir un véritable impact sur la macrofaune (CACG et al., 2001b, Ecosphère & Hydrosphère, 2001).

La baisse de la teneur en oxygène influe grandement, voire de manière plus importante, que les pertes de débit sur la macrofaune benthique. Une analyse faite sur la retenue d'Eclassan montre que la valeur de l'IBGN* (Indice Biologique Normal Globalisé) est inférieure de 5 points en aval par rapport à l'amont avec une perte d'oxygène contre une perte de 1 point dans le cadre d'une perte de débit (CACG et al., 2001b, Ecosphère & Hydrosphère, 2001).

Dans le cas de retenues placées en aval de terrains agricoles et industriels, on note une présence de métaux lourds* et de substances toxiques en aval des retenues (lorsque la quantité en amont n'était pas supérieure à la quantité notée dans le plan d'eau). Ces déversements ne favorisent pas des espèces moins exigeantes par rapport aux autres, mais concernent toutes les catégories, entraînant des disparitions plus ou moins importantes selon les taux de métaux lourds (CACG et al., 2001b, Ecosphère & Hydrosphère, 2001).

Les retenues placées en dérive ont globalement moins d'impacts sur la macrofaune que les retenues au fil de l'eau. Pour ces dernières, l'impact est d'autant plus important que les retenues sont placées en tête de bassin. En effet, dans ce cas-là, les caractéristiques internes à la retenue sont vraiment différentes de celles du cours d'eau. Les populations ne s'adaptent pas d'un milieu à l'autre. Lorsque les retenues sont en aval, leurs caractéristiques seront plus proches de celles des cours d'eau. Le taux de mortalité, lors du lâcher est alors moindre (CACG et al., 2001b, Ecosphère & Hydrosphère, 2001).

Les modes de restitution influent sur le type de macrofaune qui va être libéré. Les invertébrés pélagiques* seront libérés par surverse tandis que les invertébrés benthiques le seront plus par les eaux de fond (CACG et al., 2001b).

Résumé des effets sur la macrofaune benthique

La macrofaune benthique est directement concernée par les variations en oxygène et les augmentations en MES. La perte d'habitat provoque un appauvrissement du milieu en espèces rhéophiles pour des espèces limnophiles. Un plan d'eau situé à proximité d'un

terrain agricole ou en amont aura des impacts plus négatifs qu'un plan d'eau en aval, éloigné de sources toxiques.

3.4.3 Effets des plans d'eau sur la population piscicole

Tout comme la population benthique, la population piscicole est concernée par les modifications de l'habitat par les pertes de débit. Les retenues alimentées par ruissellement se remplissent pendant la période hivernale (période de reproduction des salmonidés) et peuvent intercepter des débits assez importants, affectant la reproduction des salmonidés dans les cours d'eau (CACG et al., 2001b, Ecosphère & Hydrosphère, 2001). En été, seules les variations de débit sur les cours d'eau de tête de bassin affectent les poissons : les variations sur les cours d'eau à débit moyen ne sont pas assez significatives pour créer une altération (CACG et al., 2001b). Les barrages-réservoirs implantés sur les grands cours d'eau abaissent les débits hivernaux et provoquent la déconnexion du cours d'eau principal avec ses annexes, ce qui est préjudiciable au cycle biologique des poissons qui se déroule en grande partie dans ces zones servant de frayères, de zones de reproduction et d'approvisionnement en nourriture (Ecosphère & Hydrosphère, 2001).

Les lâches et vidanges provoquent la dévalaison des espèces et une réduction de la diversité et de la densité. Elles impactent aussi les jeunes poissons et les espèces les plus sensibles aux modifications du débit (CACG et al., 2001b, Ecosphère & Hydrosphère, 2001).

La température influe sur les phases de reproduction : un refroidissement retarde la reproduction et un réchauffement l'accélère. Elle joue aussi sur la nutrition des populations piscicole en modifiant les espèces dont ils se nourrissent. Les salmonidés verraient leur activité alimentaire diminuée avec une augmentation de 2 à 3°C des cours d'eau à cause d'un stress physiologique provoqué par ces changements de milieu. De plus, comme nous l'avons vu, la température influe sur la quantité d'oxygène disponible, sur la qualité de l'eau (l'ammoniac est toxique pour les poissons), sur la quantité d'agents pathogènes favorisés par les températures élevées (Ecosphère & Hydrosphère, 2001).

Les températures maximales tolérées sont de 20°C pour un peuplement salmonicole, 22°C pour un peuplement mixte à dominance salmonicole et 25°C pour un peuplement cyprinicole* (carpes, gardons) (CACG et al., 2001b).

Les espèces de type salmonidés, préférant les eaux fraîches disparaissent au profit des espèces rhéophiles, qui, si elles restent exigeantes par rapport au milieu s'adaptent mieux aux élévations de température (Ecosphère & Hydrosphère, 2001).

Le colmatage dû aux MES déversées homogénéise le substrat. Cela est défavorable aux poissons ayant des préférences pour le substrat sur lequel ils pondent les œufs,

défavorable à l'éclosion des œufs car ils sont colmatés, favorable à la prédation car avec le colmatage, il n'y a plus de cache pour les jeunes poissons. De même, les poissons qui se nourrissent des populations benthiques ont moins de ressources car elles sont elles-mêmes impactées par l'homogénéisation du substrat (cela est valable aussi pour les poissons phytophages car les végétaux sont affectés par la turbidité de l'eau). Lors des vidanges ou des lâchures, ces phénomènes sont multipliés car les quantités de MES sortantes sont très importantes. Les MES causent aussi des lésions aux branchies en les obstruant (CACG et al., 2001b, Ecosphère & Hydrosphère, 2001).

Si en fonctionnement normal, les baisses en oxygène ne sont pas suffisantes pour causer la mort des poissons, en phase de vidange et de lâchures, elles deviennent fortement limitantes, notamment pour les salmonidés. A l'inverse, la sursaturation joue aussi sur les poissons, leur causant des embolies gazeuses mortelles (CACG et al., 2001b, Ecosphère & Hydrosphère, 2001).

Les plans d'eau ont aussi un impact négatif de par leur existence en barrage sur les cours d'eau : ils créent une déconnexion nuisible à toutes les espèces migratrices (Ecosphère & Hydrosphère, 2001).

Enfin, les espèces piscicoles des étangs peuvent être vecteurs de parasites et les transmettre aux espèces des cours d'eau lors des fuites de poissons (vidanges, lâchures). L'augmentation de la densité piscicole peut aussi être un facteur de compétition accrue au détriment de la population d'origine (Ecosphère & Hydrosphère, 2001). Des nouvelles espèces introduites dans les étangs piscicoles peuvent être la source d'invasion biologique.

Résumé des effets sur la population piscicole

Les populations piscicoles sont fortement impactées par les modifications du milieu qui s'accumulent : diminution du débit, colmatage du substrat, hausse ou baisse des températures, baisse d'oxygène, déconnexion entre les habitats... Tous ces impacts diminuent la biodiversité locale au profit d'espèces moins exigeantes, certaines pouvant aller jusqu'à l'invasion du milieu, dans les cas d'espèces introduites (de façon accidentelle ou intentionnelle).

3.4.4 Effets des plans d'eau sur les autres espèces

De manière générale les plans d'eau sont très favorables à la présence des oiseaux car ils leur procurent une ressource alimentaire et des zones de nidification, surtout si un pourtour végétal diversifié est aménagé.

Cependant, comme pour la faune piscicole, les phases de vidange sont aussi perturbantes, notamment pour les oiseaux nicheurs qui voient leurs nids détruits. Beaucoup d'espèces sont liées aux zones humides et disparaissent avec l'assèchement de celles-ci, dû principalement à la présence des barrages-réservoirs qui limitent les inondations.

Pour les amphibiens, les plans d'eau n'ont aucun attrait particulier. Ils préfèrent généralement les petits étangs et les mares. Les odonates (groupe des libellules) sont présents sur n'importe quels plans d'eau. Les mammifères comme les castors, loutres, musaraignes peuvent s'adapter sur les plans d'eau même si leur habitat privilégié reste les cours d'eau peu modifiés.

(Ecosphère & Hydrosphère, 2001).

A retenir

L'impact des plans d'eau sur la flore et la faune est important car il faut prendre en compte **l'accumulation de tous les petits effets**. Les populations aquatiques les plus sensibles aux modifications du milieu vont régresser au profit des autres et entraîner une **diminution de la biodiversité**. C'est ainsi qu'on observe de nombreuses **pertes d'habitats**, la **déconnexion entre les milieux**, une **dégradation de la qualité de l'eau** qui fait intervenir la capacité d'adaptation des espèces aquatiques et influe sur leur survie. Ces observations sont aussi valables pour les espèces associées aux zones humides et les mammifères tels que loutres et castors, qui sont sensibles aux modifications de leur habitat. Le développement des oiseaux pourraient être favorisé par les plans d'eau mais les vidanges et lâchures peuvent détruire leur nichée.

3.5 IMPACTS DES PLANS D'EAU SUR LE PAYSAGE ET SUR LA SECURITE

La CACG a étudiée 4 bassins versants (le Doux (département 07), la Séoune (départements 46,47,82), La Vaux (département 08) et l'Yvel (départements 22,35,56)), et les impacts des retenues sur ces derniers. Par rapport aux impacts liés aux paysages et à la sécurité, les remarques suivantes ont été faites : globalement, les retenues n'ont pas d'impact paysager réel. Elles peuvent même l'embellir dans le cas de retenues pour l'agrément car ces dernières sont souvent aménagées. Il faut cependant remarquer que les espèces végétales utilisées pour leur aménagement ne sont pas natives. Il est dommage de ne pas favoriser le développement des espèces régionales qui sont les plus adaptées à l'environnement local et au développement d'une faune variée. Parfois les retenues à

vocation agricole sont plus artificialisées et dans ce cas leur insertion dans le paysage est moins appréciable.

Pour la sécurité, la plupart étaient envahis par la végétation et des traces d'érosion par ravinement étaient visibles, marquant le manque d'entretien. Certains étaient notés en risque de rupture. Bien souvent les plans d'eau n'avaient pas d'ouvrage adapté à la restitution d'un débit minimal réservé* ($\geq 1/10^{\text{ème}}$ du module*) ainsi que des dispositifs de déversements corrects.

A retenir

Les plans d'eau n'ont **pas d'impact particulier sur le paysage et la sécurité**. Certains ne sont pas aux normes et en **état de rupture** et nécessiteraient une remise à niveau. Ceux construits pour l'agrément s'intègrent bien dans le paysage même s'il est dommage de noter que ce sont en majorité des **espèces non natives qui sont utilisées pour les végétaliser**.

3.6 PROPOSITIONS DE SOLUTIONS

Comme il a été mentionné en introduction de cette partie, la CACG propose dans la phase 3 de son rapport des solutions pour réduire les impacts sur les retenues préexistantes aux changements apportés par le code de l'environnement. Ces dernières participent à réduire les impacts des retenues et permettent normalement de diminuer la mauvaise qualité des eaux en aval, souvent observée.

Il sera fait ici une brève liste des solutions proposées (CACG et al., 2001a) :

- équipements en dispositifs anti-migratoires (grille en amont du trop-plein ou du déversoir) → diminution d'impact biologique
- seuil à orifice alimentant une conduite longeant le plan d'eau et débouchant dans le cours d'eau en aval de la digue ou chenal de contournement (tranchée ouverte) pour assurer le débit réservé → diminution d'impact hydrologique
- se renseigner sur les caractéristiques du bassin, du cours d'eau pour connaître les espèces présentes et adapter les phases de remplissages et de vidanges selon les cycles biologiques des espèces les plus sensibles → diminution d'impacts biologiques.

Parmi tous les impacts cités, provenant de lectures sur les plans d'eau, aucun n'aborde les impacts des plans d'eau sur les produits phytosanitaires. Aucune documentation spécifique n'a été trouvée sur ce thème. Pour avoir une première

connaissance du transfert des produits phytosanitaires dans les milieux aquatiques et leur possible gestion, la partie qui suit explique le fonctionnement des zones humides en tant que zone tampon (*projet ArtWET Life Environment*).

4. LES PRODUITS PHYTOSANITAIRES DANS LES ZONES HUMIDES ARTIFICIELLES

Le transfert des produits phytosanitaires est une problématique étudiée par l'équipe « Pollutions diffuses » d'Irstea de Lyon. Dans les différentes études et données qui ont été utilisées pour élaborer cette synthèse, aucune ne faisait mention des produits phytosanitaires et de leurs impacts sur la qualité de l'eau. De même une éventuelle utilisation des retenues alimentées uniquement par ruissellement comme zone tampon n'est pas apparue.

Il a alors été jugé intéressant de se documenter sur les transferts des produits phytosanitaires dans les zones humides, thème qui a été traité en profondeur à deux reprises. Si les zones humides et les retenues alimentées par ruissellement n'appartiennent pas au même milieu, les processus peuvent en partie être les mêmes et les retenues alimentées par ruissellement pourraient peut-être être aménagées comme ouvrage de remédiation des produits phytosanitaires. En effet c'est l'aménagement qui est évoqué pour les ouvrages hydrauliques dans deux projets, le projet *ArtWET Life Environment*, qui sera détaillé dans cette partie, et le projet *ENRHY*, qui sera abordé dans la partie suivante.

Pour cette partie sur le transfert des produits phytosanitaires en zone humide, deux sources ont été utilisées : le projet *ArtWET Life Environment* sur la réduction et la phytoremédiation des produits phytosanitaires en zone humide artificielle et la thèse d'Elodie Passeport, sur « l'efficacité d'une zone humide artificielle et d'une zone tampon forestière pour dissiper la pollution par les pesticides », rédigée en 2010 et intervenant aussi dans le projet ArtWET.

4.1 LE PROJET *ARTWET LIFE ENVIRONMENT* EN QUELQUES MOTS

Le projet *ArtWET Life Environment* réunissait neuf partenaires en Italie, Espagne et France et était coordonné par l'ENGEEES (Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg). Il s'est déroulé sur 4 ans, d'octobre 2006 à septembre 2010.

Le projet s'appuyait sur les propriétés biologiques des zones humides pour réduire les transferts de produits phytosanitaires et améliorer ainsi la qualité des eaux vis-à-vis de ces molécules.

La présence d'une végétation assure une rugosité, une résistance et une friction sur le cours d'eau qui influe sur les paramètres hydrologiques. Le débit est réduit et en conséquence, la hauteur d'eau et le temps de rétention hydraulique augmentent. Le temps de résidence s'accroît avec le contact eau/plantes macrophytes ainsi que le potentiel d'atténuation des polluants (ArtWET, 2010).

Ce projet prévoyait notamment l'aménagement des bassins d'orage prévus pour lutter contre les inondations en zone humide artificielle afin qu'ils assurent aussi un rôle épurateur. Des guides pour la création et l'optimisation de l'efficacité de zones humides artificielles sont présents dans le rapport.

L'aménagement des bassins d'orage avec un pourtour en zone humide artificielle assurerait la présence végétale nécessaire à l'atténuation des polluants et à la bioremédiation. De plus, « les zones humides artificielles n'ont aucun impact négatif sur la qualité de l'eau », « leurs déversements ne polluent pas en aval et ces zones remplissent leur rôle d'épuration des eaux vis-à-vis des produits phytosanitaires » (ArtWET, 2010).

4.2 LE TRANSFERT DES PRODUITS PHYTOSANITAIRES EN ZONE HUMIDE ARTIFICIELLE

4.2.1 Les mécanismes connus

Les zones humides artificielles participent à l'atténuation des polluants grâce à l'activité microbienne présente au niveau du système racinaire des végétaux, par l'absorption par les racines et les plantes et l'adsorption sur les sédiments. Il faut maximiser au plus le contact entre l'eau et les végétaux, les micro-organismes et les sédiments : de bons résultats sont observés avec des vitesses inférieures à 0.3m.s^{-1} , une densité élevée en végétaux et un lit du cours d'eau végétalisé lui aussi (ArtWET, 2010). Les zones de rétention en forêt bien aménagées sont efficaces par le taux de matière organique et le système racinaire très développé qui les caractérisent.

Après des expériences menées sur différents écosystèmes : bassin d'orage et zone tampon forestière à débit entrant non constant, zone humide, fossés végétalisés et zone humide à écoulement, et en remplaçant les pesticides par des traceurs biodégradables fluorescents, l'équipe d'ArtWET a été en mesure de décrire les capacités d'atténuation des polluants par les écosystèmes. Il en est ressorti que les « ZHA en régime non permanent et un niveau d'eau variant, peuvent stocker de grandes quantités de polluants » (ArtWET, 2010). Ces polluants peuvent être remis en solution lors d'épisodes orageux. Avec les milieux en régime permanent, la densité de végétation et la profondeur d'eau permettent

une sorption plus efficace sur les plantes et sédiments. Ce sont donc les écosystèmes peu profonds avec une végétation importante qui sont les plus efficaces (ArtWET, 2010).

Dans sa thèse, Elodie Passeport mentionne le fait que, plus le volume d'eau est grand, plus la dilution sera importante et la vitesse sera faible. Cela causera moins de resuspension des sédiments et participera à augmenter la rétention des molécules par les sédiments (Passeport, 2010). La végétation participe aussi à la diminution de l'écoulement par la rugosité qu'elle apporte.

Lors de sa thèse, E. Passeport a testé le transfert de trois molécules dans plusieurs sites, dont une zone humide. Ces trois molécules (isoproturon et metazachlor : herbicides et l'époxiconazole : fongicide hydrophobe) ont permis de faire ressortir l'importance des processus d'adsorption et de désorption qui ont lieu dans ces milieux. Ces phénomènes dépendent des caractéristiques physico-chimiques des molécules : globalement, l'adsorption est plus importante sur les sols de forêt pour les molécules très hydrophobes qui formeront des rétentions le plus souvent irréversibles. Aussi, les molécules solubles auront des coefficients d'adsorption moindres que les molécules moins solubles, et ce, dans tous les milieux. Le taux de matière organique et d'argile influence aussi l'adsorption des molécules comme l'isoproturon (moins mobile que le metazachlor). Que ce soit dans les zones humides ou les forêts, les sédiments et le sol semblent jouer le rôle le plus important dans la rétention des molécules (en comparaison avec les végétaux des zones humides et la litière des forêts). Les substrats végétaux montrent un fort potentiel de sorption mais aussi le plus fort taux de désorption, induisant une énergie de sorption initiale assez faible. Cependant, il est intéressant d'introduire des végétaux dans les zones humides car ils participent à la réduction des produits phytosanitaires (Passeport, 2010).

Les phénomènes de désorption peuvent se réaliser si les conditions du milieu changent (température, conditions d'oxydo-réduction...) et l'énergie nécessaire pour désorber les molécules est alors plus grande que celle nécessaire pour les adsorber. De plus les adsorptions réversibles ne sont pas forcément mauvaises car l'adsorption initiale aide à diluer les concentrations de produits dans l'eau (Passeport, 2010). Enfin, les processus de désorption peuvent rendre les molécules à nouveau libres pour être dégradées par les micro-organismes ou les faire à nouveau adsorber. Cependant, si ni l'une ni l'autre des voies n'est prise cela signifie que les molécules vont s'infiltrer et rejoindre les eaux souterraines ou atteindre les eaux de surface.

4.2.2 Les points à approfondir

Le rapport du projet ArtWET met l'accent sur deux principaux points :

- si l'effet des ZHA sur les insecticides semble prouvé, cela n'est pas évident pour les herbicides et les biocides. En cas de mécanismes de désorption ou de remise en solution, après un orage par exemple, les végétaux et les organismes seraient exposés à l'action des herbicides et biocides, action plus ou moins importante selon la sensibilité des espèces présentes dans la ZHA,
- le transfert des polluants des ZHA vers les eaux souterraines est aussi possible, notamment pour les herbicides, beaucoup plus solubles que les insecticides. Les zones humides artificielles ont cependant la capacité à retenir des composés pharmaceutiques et cosmétiques (ArtWET, 2010), en général hydrophobes.

Les zones humides et les zones tampons forestières diminuent les transferts de produits phytosanitaires sur les cours d'eau situées en aval du bassin. Cependant, forcer les écoulements à traverser la zone humide peut participer à la perte d'un volume en eau par les processus d'infiltration et d'évapotranspiration. Si la perte à la sortie de la zone humide ou de la zone tampon est minime, il faut considérer les pertes cumulées sur toutes les zones humides et les zones tampons du bassin versant (Passeport, 2010).

L'adsorption permet de retarder le transfert de molécules ou de réduire les concentrations. Cependant la question qui reste en suspens est de connaître le potentiel des zones humides et zones tampons à retenir les pesticides. Si un seuil de rétention existe et qu'il est dépassé, le risque est que les zones ne deviennent exportatrices de molécules de produits phytosanitaires. Une étude a été menée sur l'un des sites. Bien qu'incomplète elle ne montre aucune accumulation de molécules dans les sols ou les sédiments (Passeport, 2010).

4.3 L'AMENAGEMENT D'OUVRAGES HYDRAULIQUES EN OUVRAGES DE RETENTION ET DE REMEDIATION

L'aménagement des ouvrages hydrauliques en ouvrages de rétention et de remédiation des produits phytosanitaire a été abordé dans le projet *ArtWET Life Environment* avec la création de zones humides artificielles autour des bassins d'orage prévus pour limiter les inondations et récoltant des eaux de ruissellement.

En prolongement d'ArtWET, le projet ENRHY : Evaluation nationale du potentiel de réduction des flux de produits phytosanitaires dans les eaux de surface par des ouvrages de rétention et de remédiation (OR2), a pour objectifs (ENRHY, 2011) :

- « de valoriser la présence d'ouvrages hydrauliques qui collectent des eaux de ruissellements d'origine agricole pour ajouter une fonctionnalité de remédiation tout en conservant la vocation hydraulique »
- « déterminer la localisation optimale de nouveaux ouvrages au sein du paysage dont la fonction unique est l'atténuation de produits phytosanitaires »

L'idée développée pour aménager les ouvrages existants serait de placer un lit filtrant en sortie de vidange de l'ouvrage. L'eau devrait y séjourner quelques temps pour que l'adsorption par les sédiments, les plantes et la dégradation par les micro-organismes puisse se faire. Ces ouvrages doivent être situés en tête de bassin, au plus proche du terrain agricole qui doit avoir un ruissellement de type Hortonien, c'est-à-dire lorsque les eaux de pluie sont trop forte pour que le sol ait le temps de les infiltrer en totalité même s'il n'est pas saturé. Deux sites ont été choisis :

- l'un contenant un ouvrage de rétention construit pour protéger contre les inondations, qui, après aménagement d'un lit filtrant et présence de macrophytes, a montré des « taux d'abattement entre 39 et 100% selon les composés et les conditions hydrogéochimiques » (ENRHY, 2011),
- l'autre site composé de deux bassins versants fortement soumis aux pressions agricoles (grandes cultures et fortes utilisations de produits phytosanitaires) : le premier sans ouvrage mais instrumenté et permettant d'enregistrer en continu des données de pluviométrie et de débit de ruissellement, le second équipé d'un barrage sec.

Le but de cette première étape, était de tester leur outil de modélisation hydrologique et hydraulique pour reproduire « le comportement hydrologique et hydraulique d'un système en série bassin versant et ouvrage de rétention dans le but de vérifier la faisabilité d'implantation d'aménagement permettant l'abattement des pesticides » (ENRHY, 2011). Leur outil a bien été validée en fin d'étude et leur permet d'avoir trois paramètres : le temps de séjour hydraulique, les variations de hauteur d'eau dans l'ouvrage et les périodes de temps sec. Il leur faut ensuite développer un modèle pour représenter l'atténuation des pesticides dans les ouvrages existants.

D'après les études menées en zone humide, les molécules des produits phytosanitaires peuvent être adsorbées sur les sédiments ou sur les végétaux qui la peuplent et la matière organique présente. Sur les deux études menées, la capacité de rétention des zones humides a été prouvée et améliore nettement la qualité des eaux qu'elle intercepte. Des points restent néanmoins à améliorer comme le risque d'infiltration vers des eaux souterraines et le potentiel de rétention des zones humides.

Avec les aménagements d'ouvrages hydrauliques, il semblerait que les ouvrages hydrauliques existants ne perdent en rien leur fonction d'irrigation ou de protection contre les inondations. C'est un bon moyen pour répondre aux enjeux fixés par la directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE) pour limiter les transferts de résidus de produits phytosanitaires dans les masses d'eau (ENRHY, 2011).

Comme il a été démontré tout au long de cette synthèse, la construction d'ouvrages hydrauliques, quelle que soit la taille et l'usage de ces derniers, est susceptible d'impacter négativement sur les milieux aquatiques et la ressource en eau. Pour pallier à cet effet, de nombreuses lois ont vu le jour, autant dans la réglementation française qu'europpenne. La partie 5 présente les différentes réglementations s'appliquant aux plans d'eau.

5. REGLEMENTATION SUR LES PLANS D'EAU

La prise en compte de la protection des écosystèmes aquatiques par les états, apparaît pour la première fois en France via la loi du 16 décembre 1964. Cette loi vise la satisfaction de tous les usages qui sont d'intérêt général (contrairement au milieu biologique) tout en veillant à ne pas nuire aux milieux aquatiques. Cette loi instaure la création des agences de bassin, ce qui apporte un véritable changement pour la gestion de l'eau, avec la notion de bassin en tant que circonscription administrative (Agence de l'eau RM&C).

A la suite de cette loi, la loi du 10 juillet 1976, introduit la préservation de l'environnement comme étant d'intérêt général. Le 29 avril 1984, la loi Pêche intègre la préservation des milieux aquatiques et du patrimoine piscicole en intérêt général (Agence de l'eau RM&C).

C'est en 1992, en France, suite à la rédaction de la loi n°92-3 du 3 janvier 1992, dite « loi sur l'eau » que la protection des milieux aquatiques devient plus forte. Par cette loi, les SDAGE et les SAGE, permettent une gestion équilibrée de la ressource en eau. Les décrets d'application de la loi sur l'eau : décrets 92-742 et 92-743 du 29 mars 1993, présentent les rubriques de la nomenclature « eau » qui permet de réglementer les ouvrages hydrauliques

selon leurs caractéristiques. Cette nomenclature est toujours d'actualité et figure maintenant dans le Code de l'Environnement (CE) à l'article R 214-1.

La réglementation continue d'évoluer avec la Directive Européenne Cadre sur l'Eau, le 23 octobre 2000, qui fixe les objectifs à atteindre pour 2015, par les 27 états membres de l'Union Européenne avec, pour point principal, l'atteinte du bon état du point de vue physico-chimique et biologique, de tous les milieux aquatiques. La directive met en place, entre autre, la gestion du point de vue des bassins versants et les plans de gestion, pris en compte par les SDAGE et les SAGE.

En France, la loi sur l'Eau et les Milieux Aquatique, du 30 décembre 2006, regroupe les lois sur l'eau de 1964 et de 1992. Elle donne les outils pour atteindre les objectifs de la DCE et crée l'ONEMA dans ce but. Elle est intégrée au CE, dont la rédaction est terminée en 2007. Ce code regroupe toutes les lois et règlements relatifs au Droit de l'Environnement.

5.1 LA CREATION DE PLANS D'EAU

La création ou la modification d'un plan d'eau fait appel à l'article R214-1 (et suivants) du CE, ainsi qu'à l'arrêté du 27 août 1999 fixant les prescriptions générales sur la création des plans d'eau (cf. annexe 1.1). Avant toute création ou modification, il faut s'assurer de la connaissance des caractéristiques du plan d'eau pour savoir si le projet sera soumis à autorisation, à déclaration ou à aucun des deux (Préfecture de l'Allier, 2012). Les différentes caractéristiques sont listées dans la nomenclature « eau » (article R 214-1) qui fait référence aux conditions concernant les prélèvements, les rejets, les impacts sur les milieux aquatiques et la sécurité publique et les milieux marins et les régimes d'autorisation, valant autorisation au titre des articles L214-1 et suivants du CE.

La préfecture de l'Allier a fait une synthèse des cas apparaissant le plus souvent dans la nomenclature « eau », avec le complément qui indique dans quel cas l'ouvrage nécessite une autorisation ou une déclaration. Cette synthèse est présente en annexe 2.

Dans son guide juridique de construction des retenues collinaires, le ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement résume les premières phases d'investigation à répondre aux questions suivantes :

1. Quelle sera la superficie du plan d'eau ?
2. Le prélèvement sera-t-il effectué dans une zone de répartition des eaux ?
3. Quelle sera l'alimentation de la retenue ?
4. Est-elle située dans le lit majeur ou mineur d'un cours d'eau ?
5. Quelle sera la hauteur et le volume d'eau stocké ?

6. Sera-t-elle située dans une zone humide ?

7. Quels seront les travaux ?

Pour répondre à la cinquième question, le guide cite l'article R 214-112, dont le tableau est repris dans le décret n°2007-1735 du 11 décembre 2007 – Article 1. Ce tableau indique la classification des barrages de retenues d'eau et des ouvrages assimilés. Les trois premières classes A, B et C nécessitent une autorisation, la classe D, une déclaration (cf. *tableau 1*).

Tableau 1 : Classe des barrages de retenue et des ouvrages assimilés

Classe de l'ouvrage	Caractéristiques géométriques
A	$H \geq 20$
B	Ouvrage non classé en A pour lequel $H^2 \times \sqrt{V} \geq 200$ et $H \geq 10$
C	Ouvrage non classé en A ou B et pour lequel $H^2 \times \sqrt{V} \geq 20$ et $H \geq 5$
D	Ouvrage non classé en A, B ou C et pour lequel $H \geq 2$

Avec « H », la hauteur de l'ouvrage exprimée en mètres et définie comme la plus grande hauteur mesurée verticalement entre le sommet de l'ouvrage et le terrain naturel à l'aplomb de ce sommet ; « V », le volume retenu exprimé en millions de mètres cube et défini comme le volume qui est retenu par le barrage à la cote de retenue normale (Direction de l'eau et de la biodiversité, 2011).

Une étude de dangers est obligatoire avant toute création et doit être renouvelée tous les 10 ans et transmise au préfet (Legifrance, 2013a).

Les propriétaires de plans d'eau doivent assurer l'entretien et la surveillance de leurs ouvrages. Des règles particulières sont notifiées dans le décret n°2007-1735 du 11 décembre 2007 – Article 1 (Legifrance, 2013a) et varient selon la classe de l'ouvrage concerné. Les barrages avec une hauteur d'ouvrage inférieure à 2m, ne sont pas soumis à la nomenclature de l'article R 214-1. Pour ces ouvrages, il est conseillé de suivre les préconisations spécifiées dans la réglementation qui s'appliquent aux ouvrages de classe D (Préfecture de l'Allier, 2012).

5.1.1 Procédure d'autorisation

La procédure d'autorisation de création d'ouvrage est citée dans les articles R214-6 à R 214-31 du CE (Préfecture de l'Allier, 2012).

Un dossier en 7 exemplaires doit être remis au préfet contenant l'identification du demandeur, l'emplacement précis de l'ouvrage, la nature de l'ouvrage, un document d'évaluation de l'incidence de l'ouvrage, les moyens de surveillance et d'interventions prévus si un problème se pose, des éléments graphiques (cartes et plans) (Legifrance, 2013b). Une étude d'impacts doit être ajoutée si l'ouvrage construit figure dans la liste du tableau de l'article R122-2, consignant tous les ouvrages et la nécessité de faire ou non une étude d'impacts. Plus généralement, une étude d'impacts est obligatoire dès que le coût de l'ouvrage dépasse 1 900 000€ ou pour les ouvrages d'une superficie supérieure ou égale à 2ha (Direction de l'eau et de la biodiversité, 2011).

Le contenu des études d'impacts est précisé dans l'article R122-5 du CE (modifié par le décret n°2011-2019 du 29 décembre 2011). Il y est précisé « qu'une analyse des effets cumulés du projet avec d'autres projets connus » doit être faite (Legifrance, 2013c).

La procédure d'autorisation comprend 8 étapes (Direction de l'eau et de la biodiversité, 2011, Préfecture de l'Allier, 2012) après dépôt du dossier. Elle peut durer jusqu'à 1 an avant la notification du préfet (cf. *figure 10*) :

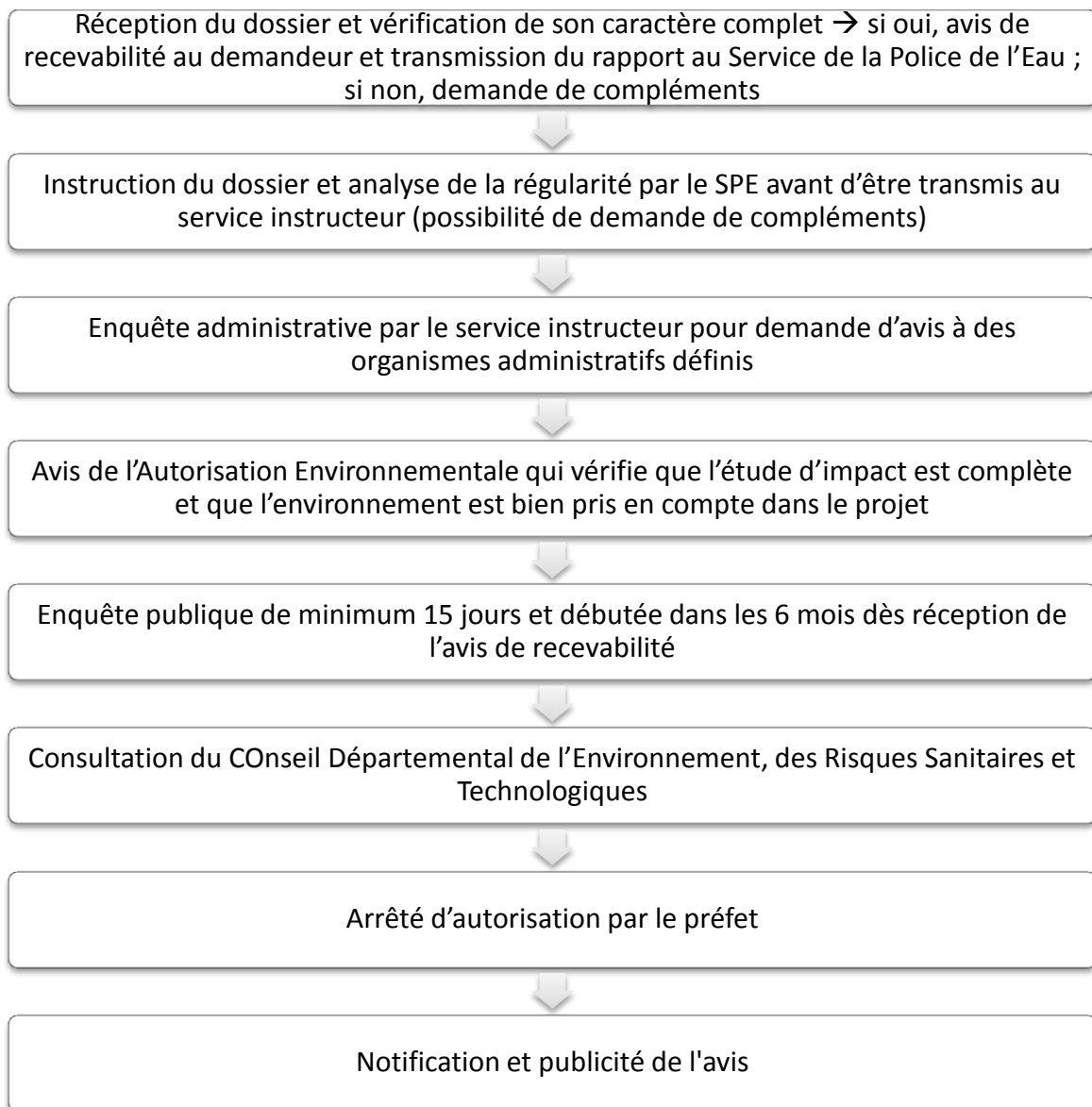


Figure 10 : Procédure d'autorisation de création de plans d'eau (Direction de l'eau et de la biodiversité, 2011, Préfecture de l'Allier, 2012)

5.1.2 Procédure de déclaration

La procédure de déclaration est décrite dans les articles R214-32 à R214-40 du CE (Préfecture de l'Allier, 2012).

Un dossier identique à celui demandé pour l'autorisation doit être déposé en 3 exemplaires au préfet.

Les étapes qui suivent le dépôt du dossier sont similaires à celles pour la demande d'autorisation mais plus légères (cf. *figure 11*). Elles ne doivent pas dépasser deux mois à compter de la date du dépôt sans compter le délai ajouté si le dossier est incomplet :

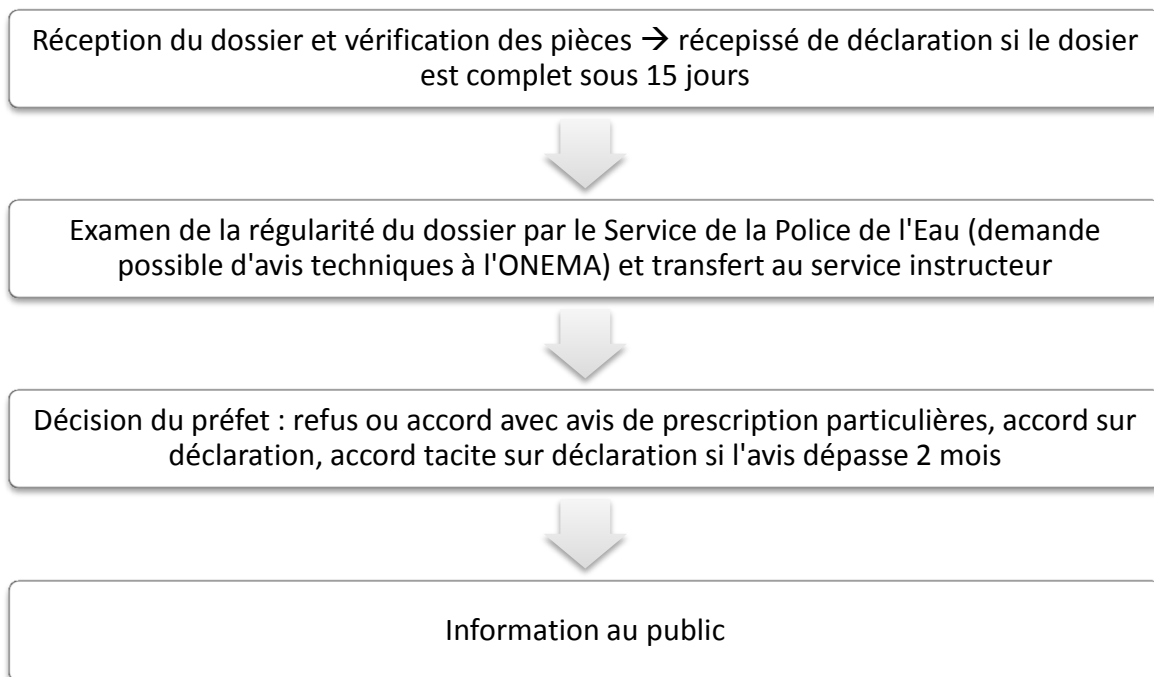


Figure 11 : Procédure de déclaration de création de plans d'eau (Direction de l'eau et de la biodiversité, 2011, Préfecture de l'Allier, 2012)

5.1.3 Mise aux normes d'un plan d'eau

Dans le cas de plans d'eau créés ou modifiés avant le 29 mars 1993 (date de création du décret n°93-743, donnant la nomenclature des opérations soumises à autorisation ou à déclaration, pris dans l'article R214-1) et étant présent dans la nomenclature de l'article R214-1, une régularisation est possible :

- les ouvrages disposant d'un titre sur le fondement antérieur à la loi sur l'eau, bénéficient d'une équivalence de titre et sont alors déclarés ou autorisés au titre de la loi sur l'eau (Lyonnaise des eaux France),
- les ouvrages créés avant la loi sur l'eau peuvent continuer de fonctionner si les propriétaires fournissent les informations nécessaires à la préfecture avant le 31/12/2006. Si une contre-indication est observée, il est alors demandé au propriétaire de faire une demande d'autorisation ou de déclaration (Lyonnaise des eaux France).

Pour ceux postérieurs au 29 mars 1993 et non conformes, une régularisation est impossible : le propriétaire devra démolir son ouvrage et faire une demande de création (Préfecture de l'Allier, 2012).

5.1.4 Le débit minimal réservé

L'article L432-5 du CE fixe la définition du débit minimal réservé. Tous les ouvrages construits dans le lit d'un cours d'eau (comprenant aussi ceux en dérivation) doivent

assurer le maintien d'un débit minimal dans le cours d'eau sortant. Ce débit ne doit pas être inférieur au $1/10^{\text{ème}}$ du module du cours d'eau, correspondant « *au débit moyen interannuel, évalué à partir des informations disponibles portant sur une période minimale de cinq années, ou au débit à l'amont immédiat de l'ouvrage, si celui-ci est inférieur* » (Legifrance, 2013d). Le débit minimal réservé doit garantir en permanence « *la vie, la circulation et la reproduction des espèces qui peuplent les eaux au moment de l'installation de l'ouvrage ainsi que, le cas échéant, des dispositifs empêchant la pénétration du poisson dans les canaux d'amenée et de fuite* » (Legifrance, 2013d).

5.2 L'ALIMENTATION

Les dispositifs d'alimentation des étangs ou des plans d'eau doivent être pourvus de moyens de mesure ou d'évaluation des débits conformément à l'article L. 214-8 du code de l'environnement (Legifrance, 2013e). Si des travaux doivent avoir lieu sur ces dispositifs, il faut en faire la demande à la préfecture (DDT du Cher, 2010).

Le dispositif de prélèvement, doit pouvoir réguler les apports et les interrompre totalement. Il doit aussi permettre de maintenir dans le cours d'eau le débit minimal prévu à l'article L432-5 du code de l'environnement (Legifrance, 2013e), ainsi que la libre circulation des espèces (essentiellement dans le cas de plans d'eau en série ou en dérivation, ou ceux alimentés par une source et donnant naissance à un cours d'eau (DDT du Cher, 2010).

Le remplissage du plan d'eau doit respecter les périodes de remplissage optimales, c'est-à-dire en dehors du 15 juin au 30 septembre, considérée comme étant la période d'étiage. Le remplissage doit être progressif pour maintenir à l'aval du plan d'eau le débit minimal réservé (conformément à l'article L. 432-5 du code de l'environnement (Legifrance, 2013f)).

5.3 LES VIDANGES

Dans le cas des ouvrages en règle, si la vidange a été prévue dans le dossier de demande d'autorisation, de déclaration ou de régularisation, il n'y a pas besoin de faire une nouvelle demande de déclaration. Il suffit d'adresser au service de police de l'eau référent, une déclaration d'intention de vidange. La procédure est la même dans le cas où, bien que la vidange ne soit pas précisée dans le dossier d'autorisation, de déclaration ou de régularisation, la dernière vidange est inférieure à 3 ans. Cependant, si la dernière vidange date de plus de 3 ans et qu'elle n'avait pas été mentionnée dans les dossiers de création, il

faut alors élaborer un dossier de déclaration d'une vidange (Préfecture de l'Allier, 2012), à déposer au moins 2 mois avant la date de vidange escomptée.

Les arrêtés du 27 août 1999 appliquant le décret n°96-102, fixent les prescriptions générales en matière de création et de vidange des plans d'eau (cf. annexe 1.2 pour plus de compléments).

Concernant les vidanges des plans d'eau, il y est spécifié les quelques éléments suivants :

- A l'exception de ceux alimentés par la nappe phréatique, les plans d'eau doivent pouvoir être entièrement vidangés (Legifrance, 2013e).
- Le débit doit pouvoir être régulé et maîtrisé et le départ des sédiments limité (Legifrance, 2013e).
- La vidange de l'étang doit pouvoir être faite en moins de 10 jours en cas de danger grave et imminent pour la sécurité publique, en tenant compte des apports par les précipitations (Legifrance, 2013e).
- Le plan d'eau doit être agencé pour permettre la récupération de tous les poissons et crustacés dévalant lors des vidanges, notamment afin d'éviter leur passage dans le cours d'eau récepteur (Legifrance, 2013e).
- La qualité des eaux rejetées sera mesurée en aval, juste avant le rejet dans le cours d'eau (Legifrance, 2013f).
- Si les eaux de vidange s'écoulent directement, ou par l'intermédiaire d'un fossé ou exutoire, dans un cours d'eau de première catégorie piscicole*, la vidange d'un plan d'eau est interdite pendant la période du 1er décembre au 31 mars (période de frai des truites) (Legifrance, 2013f).

5.4 LA LOI PECHE

Les plans d'eau pouvant être à vocation piscicole, la police de la pêche intervient pour la bonne gestion de ces plans d'eau.

5.4.1 Les plans d'eaux « closes »

Les plans d'eaux « closes » ne sont pas concernés par la réglementation relative à la pêche dans les plans d'eau. L'article L431-4 du CE donne la définition des eaux closes : « fossés, canaux, étangs, réservoirs et autres plans d'eau dans lesquels le poisson ne peut passer naturellement (...) ». Il est de plus signalé dans l'article L431-2 que les dispositions qui s'appliquent aux poissons, s'appliquent également « aux crustacés et aux grenouilles ainsi qu'à leurs frais ». Les eaux closes sont soumises uniquement aux réglementations

concernant la protection de la faune piscicole et la préservation de l'environnement (Legifrance, 2013g), mais le propriétaire peut faire une demande de rattachement à la loi Pêche.

Dans les eaux closes, le poisson appartient au propriétaire du plan d'eau, c'est donc envers lui que la permission de pêcher doit être faite. De plus, il n'existe pas de période pêche à respecter (DDT du Cher, 2010).

Cependant, l'introduction sans autorisation d'espèces non représentées dans le milieu est interdite ainsi que celle pouvant entraîner des désordres biologiques (Ministère de l'Ecologie du Développement et de l'Aménagement durables, 2008).

5.4.2 Les piscicultures

De même, les piscicultures ne sont pas concernées par la police de la pêche. Est considérée comme piscicole : « une exploitation ayant pour objet l'élevage de poissons destinés à la consommation, au repeuplement, à l'ornement, à des fins expérimentales ou scientifiques ainsi qu'à la valorisation touristique. Dans ce dernier cas, la capture du poisson à l'aide de lignes est permise dans les plans d'eau » (article L431-6 du CE). Les piscicultures doivent être déclarées ou autorisées par l'administration (article L431-8 du CE) afin de ne pas être concernées par la police de la pêche (Legifrance, 2013g).

5.4.3 Les plans d'eaux libres

En définitive, la police de la pêche ne s'applique qu'aux étangs à eaux libres, c'est-à-dire définies comme étant « non-closes » (DDT du Cher, 2010).

A la suite de cela, les propriétaires doivent assurer la protection de la faune piscicole ainsi que de son habitat (articles L432-1 et suivants du CE) (Legifrance, 2013g), doivent posséder un permis de pêche et respecter toutes les conditions fixées par la réglementation (DDT du Cher, 2010).

A retenir

Les plans d'eau sont soumis à une réglementation complète, faisant appel à plusieurs thématiques : la loi sur l'eau, la loi Pêche et autres arrêtés. Le Code de l'Environnement reprend toutes ces dispositions et il est conseillé de s'y référer pour plus de précisions. Un tableau regroupant tous les textes législatifs et réglementaires cités dans cette partie est présent en annexe 3.

En partie 6 de cette synthèse, figure un récapitulatif des études utilisées pour la rédaction et la présentation des projets d'études entrepris actuellement en France sur le thème des retenues collinaires.

6. RECAPITULATIF DES ETUDES UTILISEES POUR LA SYNTHESE

La bibliographie utilisée au cours de cette synthèse est présente en fin de rapport. Il s'agit ici d'explicitier un peu plus le contenu des principales études et les projets à venir, ou déjà entrepris, sur le thème des retenues collinaires. Seule la bibliographie française a été étudiée.

6.1 ETUDES TERMINEES

Pour cette synthèse bibliographique sur les études d'impacts des retenues collinaires, deux études ont été particulièrement utiles.

6.1.1 Etude menée pour l'Interagence Loire-Bretagne

Cette étude, réalisée par la CACG et terminée en septembre 2001, traite dans une première partie, des impacts des petites réserves artificielles des plans d'eau sur les aspects hydrologiques, physico-chimiques et faunistiques. Une deuxième phase est consacrée à l'étude des réserves dans les bassins du Doux, de la Séoune, de la Vaux et de l'Yvel et des calculs d'indicateurs et de seuils pour déterminer plus facilement les impacts des retenues. Les indicateurs et les seuils retenus sont présents en annexes 4 et 5.

Une troisième et dernière phase propose des solutions à l'échelle du bassin versant et à l'échelle locale pour réduire les impacts négatifs sur l'environnement terrestre et l'environnement aquatique.

6.1.2 Etude menée pour la DIREN Champagne-Ardenne

Cette étude, réalisée par les bureaux d'études Ecosphère et Hydrosphère et terminée en août 2001, a consisté à établir les impacts des plans d'eau sur l'hydrologie, la qualité de l'eau d'un point de vue physico-chimique et les impacts sur la faune aquatique et à proximité des cours d'eau. Il fait écho au travail réalisé pour l'Interagence Adour-Garonne.

6.1.3 Autres études

D'autres rapports ont été utilisés pour cette synthèse, particulièrement les études portant sur les retenues dans le **bassin de la Brèvenne-Turdine** par le bureau d'étude

GEOPLUS en 2007, celles sur les **retenues d'Eclassan et de la Jointine** en Ardèche en 1997 et celles dans les **bassins de la Séoune et du Tescou** (notamment par le Cemagref en 2002).

La partie renseignant sur les **transferts de produits phytosanitaires dans les zones humides** a pu être rédigée grâce aux rapports des projets ArtWET et ENRHY ainsi qu'à la thèse effectuée par E. Passeport en 2010.

6.2 ETUDES EN COURS DE REALISATION OU PROJET D'ETUDES

Les retenues collinaires et leurs impacts sont au cœur de l'actualité environnementale. En effet, une gestion quantitative des ressources en eau a débuté en 2008 avec l'étude des volumes prélevables pour assurer le respect huit années sur dix des débits d'objectifs d'étiage. De même, les notices d'incidences, demandées pour chaque création de nouvelles retenues, doivent prendre en compte les impacts cumulés, tel qu'il est précisé dans le guide juridique de construction des retenues, rédigé en novembre 2011. C'est dans ce domaine que l'ONEMA travaille actuellement, avec le lancement d'une expertise sur la manière d'appréhender les impacts cumulés liés à la création de nouvelles retenues, en tenant compte des impacts cumulés de celles préexistantes.

Les autres études en cours, dont nous avons eu mention suite au compte-rendu d'une réunion sur les impacts cumulés des plans d'eau en avril 2013, sont les suivantes (INRA *et al.*, 2013) :

- **ONEMA (2012-20..)** : expertise en 2013 pour aider les services instructeurs à évaluer les impacts cumulés des ouvrages et projet de recherche sur les retenues d'eau pour 2014
- **INRA (2013- 20..)** :
 - deux stages de six mois 2013 : identification et caractérisation des retenues à usage d'irrigation (travail de topologie) et modélisation des effets des lacs collinaires sur les étiages du bassin AG
 - **MAELIA (2009-2013)** : plateforme de simulation multi-agents pour évaluer les impacts des changements sociétaux et environnementaux sur la gestion des étiages à l'échelle de « grands » bassins versants
- **DDT 82 (2007-20..)** :
 - calcul d'indicateurs, identification des masses d'eau à fortes pressions
 - stage de 6 mois 2013 : évaluation des impacts du cumul des retenues sur le bassin versant

- **Bassin Adour-Garonne (2013-20..)** : groupe de travail Agence-DREAL-ONEMA-DDTs sur l'impact cumulé des plans d'eau sur l'hydrologie
- **DDT 32** : base de données lacs avec les plans d'eau du département, et approche terrain avec calcul d'indicateurs

6.3 ACTEURS CONTACTES

Pour la recherche des données et études, nous avons été amenés à contacter plusieurs acteurs, notamment les DDT et MISE du bassin RM&C, la DREAL de bassin, des membres de l'ONEMA.

Si certains n'ont pas donné suite, les documents transmis par les autres ont été insérés dans ce document lorsque cela s'avérait un complément d'information. Aucune donnée quantitative n'a pu être trouvée sur les retenues collinaires. Les études des volumes prélevables n'ont pas pu être utilisées comme source de données. Seuls les indicateurs proposés par la CACG peuvent servir de base pour des calculs d'impacts cumulés, mais ils ne sauraient pris pour référence.

Conclusion

Au vu des études qui ont été menées, il apparaît que les retenues collinaires peuvent impacter grandement sur l'environnement terrestre et aquatique, en terme d'hydrologie (diminution du débit, sévérité des étiages, épuisement des nappes d'accompagnement) mais aussi au niveau de la qualité de l'eau et de ses caractéristiques physico-chimiques (problèmes d'eutrophisation) influençant sur la vie des organismes aquatiques (conditions d'habitats réduites ou supprimées, perte en biodiversité).

Il est nécessaire que chaque ouvrage soit à jour du point de vue réglementaire pour limiter les impacts (plus importants lorsque les ouvrages ne respectent pas les mesures réglementaires en termes de vidanges, seuils, débit d'objectif d'étiage, qui ont été revues avec le code de l'environnement). En ce qui concerne les retenues créées avant modification de la réglementation, il est nécessaire de mettre en place des dispositifs limitant l'impact mais aussi de se renseigner plus en avant sur les espèces et les caractéristiques du bassin versant et du cours d'eau pour gérer la retenue en fonction.

Les données quantitatives sur les retenues collinaires manquent, ce qui rend difficile le calcul d'impacts cumulés des retenues sur les bassins versants. Des expérimentations et modélisations sont nécessaires pour recueillir plus d'éléments.

Aussi, aucune étude spécifique française, sur les retenues collinaires alimentées par ruissellement, n'aborde le thème des transferts des produits phytosanitaires et le rôle que pourraient y jouer les retenues. Nous savons que la qualité de ces dernières dépend de la qualité des eaux de ruissellement. D'après les études menées sur les zones humides artificielles et les conclusions favorables aux aménagements de bassins d'orage avec des zones humides artificielles, il serait intéressant et utile d'étendre la recherche aux retenues collinaires.

Bibliographie

Agence de l'eau Adour-Garonne, 2010. Glossaire du SDAGE 2010-2015. *Agence de l'eau Adour-Garonne, Toulouse*: 149 pages.

Agence de l'eau Loire-Bretagne, 2000. Dossier de présentation des projets de retenue et bassin pour irrigation-Notice-. *Agence de l'eau Loire-Bretagne, Orléans*: 11 pages.

Agence de l'eau RM&C, Gestion de l'eau en France, historique. [En ligne]: <http://www.eaurmc.fr/pedageau/la-gestion-de-leau-en-france/historique/la-loi-du-16-decembre-1964.html> (consulté le 03 juin 2013).

—, 2005a. Fiche synthétique de l'étude de référence de coûts pour la construction des retenues collinaires. *Agence de l'eau Rhône, Méditerranée et Corse, Lyon*: 2 pages.

—, 2005b. Référence de coûts pour la construction des retenues collinaires. *Agence de l'eau Rhône Méditerranée et Corse, , Lyon*: 46 pages.

Aquaportail, 2007. Dictionnaire biologie. [En ligne]: <http://www.aquaportail.com/dictionnaire-glossaire-aquario.html> (consulté le 17 avril 2013).

ArtWET, 2010. Réduction de la pollution diffuse due aux produits phytosanitaires et bioremédiation dans les zones humides artificielles - guide technique -. *ArtWET Life Environment*: 111 pages.

BRL-Ingénierie, 2006. Etude de faisabilité pour une meilleure gestion des étiages du bassin de l'Yseron, phase 1. *Convention SAGYRC-BRL Ingénierie, Nîmes*: 89 pages.

CACG, GEOSYS, HYDROSPHERE, 2001a. Etude de l'impact des petites réserves artificielles sur le milieu, phase 3. *Convention Interagence Loire-Bretagne-CACG, Tarbes*: 34 pages.

—, 2001b. Etude de l'impact des petites réserves artificielles sur le milieu, phase 1. *Convention Interagence Loire-Bretagne-CACG, Orléans*: 200 pages.

—, 2001c. Etude de l'impact des petites réserves artificielles sur le milieu, phase 2. *Convention Interagence Loire-Bretagne-CACG, Tarbes*: 186 pages.

Chambre d'agriculture de l'Ardèche, Agence de l'eau Rhône Méditerranée et Corse, 1997. Impact des retenues collinaires sur la qualité des cours d'eau : Phase 1 - retenues d'Eclassan et de la Jointine: 47 pages.

DDT de la Savoie, 2009. Gestion durable des territoires de montagnes : la neige de culture en Savoie et Haute-Savoie. *Direction Départementale des Territoires de la Savoie, Chambéry*: 88 pages.

DDT du Cher, 2010. Plaquette d'information relative aux plans d'eau de loisirs. *Direction Départementale des Territoires du Cher, Bourges*: 4 pages.

Direction de l'eau et de la biodiversité, 2011. Guide juridique à la construction de retenues. *Ministère de l'écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, Paris*: 50 pages.

EauFrance, 2013a. Lacs et Plans d'eau - Fonctionnement d'un lac -. [En ligne]: <http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/milieux-continentaux/lacs/fonctionnement.php> (consulté le 23 avril 2013).

—, 2013b. Le glossaire de A à Z. [En ligne]: <http://www.glossaire.eaufrance.fr/> (consulté le 17 avril 2013).

Ecosphère, Hydrosphère, 2001. Impacts des plans d'eau *Convention DIREN Champagnes-Ardenne-Ecosphère-Hydrosphère, Châlon-en-champagne*: 121 pages.

ENRHY, 2011. Validation et analyse de la transposabilité des méthodologies d'aménagement et d'implantation des Ouvrages de Rétention et de Remédiation (OR2). *ENRHY, Strasbourg*: 84 pages.

Galea G., Breil P., Renaux A., 2002. Impact des retenues collinaires sur le régime hydrologique - sous bassins du Tescou et de la Séoune (Bassin Adour-Garonne). *Cemagref, Lyon*: 84 pages.

GEOPLUS, 2007a. Etude globale de la gestion quantitative des ressources en eau du bassin versant, phase 1. *Convention SYRIBT-Géoplus, Peyrin*: 52 pages.

—, 2007b. Etude globale de la gestion quantitative des ressources en eau du bassin versant, phase 2. *Convention SYRIBT-Géoplus, Peyrin*: pages.

INRA, DDT 32, DDT 82, ONEMA, Agence de l'eau Adour-Garonne, 2013. Réunion sur l'impact cumulé des plans d'eau. Paper presented at Réunion sur l'impact cumulé des plans d'eau; 11 avril 2013,

INRA Toulouse. 2013. Identification et caractérisation des retenues à usage irrigation. Toulouse: INRA.

Legifrance, 2013a. Décret n°2007-1735 du 11 décembre 2007 - Article 1 [En ligne]: http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexteArticle.do;jsessionid=341FAA4CB8AD9F39CA0B8FB600D4F77F.tpdjo09v_3?cidTexte=JORFTEXT000017641418&idArticle=LEGIARTI000017648993&dateTexte=20071213&categorieLien=cid#LEGIARTI000017648993 (consulté le 4 avril 2013).

—, 2013b. Code de l'environnement - Article R214-6 [En ligne]: <http://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000006074220&idArticle=LEGIARTI000026653733&dateTexte=20130415> (consulté le 4 avril 2013).

—, 2013c. Article R122-5. [En ligne]: http://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do;jsessionid=11731AAAC570E87D7144BD3DB36F60B3.tpdjo15v_3?cidTexte=LEGITEXT000006074220&idArticle=LEGIARTI000025087414&dateTexte=20130821&categorieLien=cid#LEGIARTI000025087414 (consulté le 4 avril 2013).

—, 2013d. Article L432-5 du Code de l'Environnement. [En ligne]: <http://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000006074220&idArticle=LEGIARTI000006834116&dateTexte=20130416> (consulté le 4 avril 2013).

—, 2013e. Arrêté du 27 août 1999 portant application du décret n° 96-102 du 2 février 1996 et fixant les prescriptions générales applicables aux opérations de création d'étangs ou de plans d'eau soumises à déclaration en application de l'article 10 de la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau et relevant des rubriques 2.7.0 (1°, b) et 2.7.0 (2°, b) de la nomenclature annexée au décret n° 93-743 du 29 mars 1993 modifié [En ligne]: <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000577945> (consulté le 4 avril 2013).

—, 2013f. Arrêté du 27 août 1999 portant application du décret n° 96-102 du 2 février 1996 et fixant les prescriptions générales applicables aux opérations de vidange de plans d'eau soumises à déclaration en application des articles L. 214-1 et L. 214-3 du code de l'environnement et relevant des rubriques 3.2.4.0 (2°) de la nomenclature annexée au décret n° 93-743 du 29 mars 1993 modifié. [En ligne]: <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000000577946> (consulté le 5 avril 2013).

—, 2013g. Code de l'environnement, Titre III : Pêche en eau douce et gestion des ressources piscicoles. [En ligne]: Pêche en eau douce et gestion des ressources piscicoles (consulté le 8 avril 2013).

Lyonnaise des eaux France, Loi sur l'Eau, Directives Européennes. [En ligne]: <http://www.lyonnaise-des-eaux.fr/collectivites/-reglementation-decryptee/loi-sur-leau-directives-europeennes> (consulté le 03 juin 2013).

Ministère de l'Ecologie de l'énergie du développement durable et de l'aménagement du territoire, 2008. Circulaire du 30/06/2008 relative à la résorption des déficits quantitatifs en matière de prélèvement d'eau et gestion collective des prélèvements d'irrigation. [En ligne]: http://www.ineris.fr/aida/consultation_document/7183 (consulté le 26 mars 2013).

Ministère de l'Ecologie du Développement et de l'Aménagement durables, 2008. Circulaire du 29/01/2008 relative à la définition des eaux closes. *Ministère de l'écologie, du Développement et de l'Aménagement durables, Paris*: 3 pages.

Passeport E., 2010. Efficiency of an artificial wetland and a forest buffer for pesticide pollution mitigation in a tile-drained agricultural watershed. Doctorat Hydrologie Science de l'Eau, Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement, *AgroParisTech*: 280 pages.

Préfecture de l'Allier, 2012. Les plans d'eau et la loi sur l'eau et les milieux aquatiques. *Préfecture de l'Allier, Moulins*: 46 pages.

SCE, GREBE, 2000. Description et évaluation des projets de retenues et bassins pour irrigation. *Convention Agence de l'Eau Loire-Bretagne-SCE-GREBE, Orléans*: 34 pages.

Glossaire

Assec : période d'assèchement (temporaire) du ruisseau ou d'une partie du ruisseau (source personnelle).

Carrières : « *gisement de substances minérales définis par opposition aux mines qui font l'objet d'une législation spécifique. Les carrières concernent les matériaux de construction, d'empierrement,... Elles peuvent être superficielles ou souterraines, alluviales ou en roche massive* » (EauFrance, 2013b).

Catégorie piscicole des cours d'eau : « *Classement juridique d'un cours d'eau en fonction des espèces dominantes ou méritant une protection. En principe le cours d'eau est classé en première catégorie lorsque le groupe dominant est constitué de salmonidés (saumons, truites) et en deuxième catégorie, lorsque le groupe dominant est constitué de cyprinidés (carpes, barbeaux, gardons, etc.). Ce classement conditionne les pratiques de pêche* » (EauFrance, 2013b).

Cours d'eau : caractérisé par la permanence du lit et une alimentation en eau suffisante c'est-à-dire une source et pas seulement un ruissellement d'eaux pluviales (EauFrance, 2013b). On parle généralement de rivières, tandis que les ruisseaux ne sont pas forcément toujours en eaux.

Cyprinicole : désigne les populations aquatiques de la famille des cyprinidés (carpes, gardons...), cycle de vie en eaux douces.

DBO₅ : Demande biologique en oxygène sous 5 jours. Indique la quantité d'oxygène consommée par les bactéries pour dégrader des matières organiques dans un milieu à 20°C, en 5 jours, souvent dans le noir (source personnelle).

Débit d'étiage : débit minimum d'un cours d'eau en période de basses eaux (source personnelle).

Débit de fuite : débit du cours d'eau situé en sortie de centrale hydraulique (source personnelle).

Débit minimal réservé : débit garantissant la vie, la circulation et la reproduction des espèces qui peuplent le cours d'eau, au moins égal au $1/10^{\text{ème}}$ du module de ce même cours d'eau (EauFrance, 2013b).

Débit réservé : correspond au débit minimal ($\geq$ au $1/10^{\text{ème}}$ du module) augmenté des prélèvements autorisés (EauFrance, 2013b).

Etiage : « *période de plus basses eaux des cours d'eau et des nappes souterraines (généralement l'été pour les régimes pluviaux)* » (EauFrance, 2013b).

Eutrophisation : indique l'état d'un lac avec une forte présence de la végétation due à des teneurs en sels nutritifs (phosphore et azote) élevées qui favorisent la prolifération des végétaux, induit une forte production de matière organique et une turbidité du milieu accompagné d'une diminution de l'oxygène dissous (source personnelle).

Evapotranspiration : vapeur d'eau provenant à la fois de l'évaporation des eaux présentes sur le territoire et de la transpiration des végétaux, exprimée en mm/jour. L'évapotranspiration inter décadaire est l'évapotranspiration calculée sur une décade.

Gravières : « *plan d'eau d'origine artificielle créé par extraction de granulats et alimenté essentiellement par la nappe phréatique* » (EauFrance, 2013b).

IBGN : Indice Biologique Normal Globalisé. Indice qui permet d'évaluer la qualité biologique d'un cours d'eau par l'analyse des macro-invertébrés qui y sont présents. Il dépend à la fois de la qualité intrinsèque de l'eau et de celle du milieu physique (substrat, berges...) (EauFrance, 2013b).

Limnophiles : défini les espèces qui vivent dans les eaux calmes ou stagnantes (Aquaportail, 2007).

Macrofaune benthique : désigne les larves, mollusques et autres invertébrés qui vivent dans le substrat, au fond de l'eau (source personnelle).

Macrofaune pélagique : désigne la population aquatique animale qui vit dans l'eau, sans relation avec le substrat (source personnelle).

Marais : « *ensemble de milieux humides où la nappe d'eau stagnante superficielle est généralement peu profonde* » (EauFrance, 2013b).

MES : Matières En Suspension. Ensemble de particules organiques ou minérale présentes en suspension dans l'eau ce qui la rend trouble.

Métaux lourds : « *Métaux dont la densité est supérieure à 4,5 g/cm³ (protocole relatif aux métaux lourds de la convention de Genève). Les métaux lourds sont des éléments polluants et toxiques surtout sous forme de composés organiques se concentrant dans la chaîne alimentaire. Il s'agit du plomb, du mercure, de l'arsenic, du cadmium, du zinc, du cuivre, du chrome et du nickel. Ils proviennent de la combustion des charbons, pétroles, ordures ménagères... et de certains procédés industriels particuliers* » (EauFrance, 2013b).

Module : moyenne des débits moyens annuels (moyenne des débits journaliers) sur un nombre d'années fixé (en général 5 ou 10 ans) en un point du cours d'eau (EauFrance, 2013b).

Nappe alluviale : volume d'eau souterraine libre, située près des cours d'eau sur des terrains alluviaux et souvent en relation avec eux (EauFrance, 2013b).

Nappe d'accompagnement : nappe d'eau située près des cours d'eau et dont l'exploitation influe sur le cours d'eau : un pompage dans cette nappe provoquera une diminution du débit d'étiage si la nappe alimentait le cours d'eau ou si le cours d'eau se met à l'alimenter (EauFrance, 2013b). Les nappes sont situées dans des formations géologiques perméables appelées aquifères (EauFrance, 2013b).

Pélagique : qualifie tout ce qui n'a pas de lien direct (organismes, processus) avec les fonds d'eau libres, contrairement à benthique (source personnelle).

Phytoplancton : catégorie végétale des planctons : micro-organismes qui vivent dans l'eau. Les zooplanctons désignent les micro-organismes du règne animal.

Rhéophile : définit les organismes aquatiques qui vivent dans les zones où le courant est fort (Aquaportail, 2007).

Salmonicole : désigne les populations aquatiques de la famille des salmonidés (saumons, truites...), cycle de vie en eaux salées et en eaux douces.

SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux. C'est un document fixé par les 7 Agences de l'Eau du territoire métropolitain sur les objectifs en matière de gestion des eaux pour chaque bassin ou groupement de bassins du territoire : Adour-Garonne, Artois-Picardie, Loire-Bretagne, Rhin-Meuse, Rhône-Méditerranée et Corse et Seine-Normandie. Les SDAGE sont ensuite déclinés au niveau local (sous-bassin versant) en Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) (source personnelle).

Seuil : ouvrage implanté dans le lit mineur d'un cours d'eau (EauFrance, 2013b). Son utilité ici est plus de faire un barrage amovible (on peut le soulever) entre le plan d'eau et le cours d'eau aval (source personnelle).

Talweg ou thalweg : ligne joignant les points les plus bas d'un versant et concentrant donc les écoulements pérennes ou non (source personnelle).

Turbidité : indique un état trouble de l'eau due à la présence de matières organiques et minérales en suspension (source personnelle).

Zone humide : zone à l'interface du milieu aquatique et du milieu terrestre (= écotone) et où l'eau (douce, salée ou saumâtre) est le principal facteur qui régule la vie animale et végétale avec des alternances en hautes eaux et basses-eaux, provenant d'un cours d'eau ou d'une nappe phréatique. La biodiversité associée à ces zones est très riche (EauFrance, 2013b).

Annexes

1. ANNEXE 1 : ARRETE DU 27 AOUT 1999

Les points suivants ont été relevés de l'arrêté du 27 août 1999. Ils concernent des précisions de réglementation sur la création des plans d'eau. Pour plus d'informations sur la réglementation, il est conseillé de se référer directement au code de l'environnement, livres II et IV, ainsi qu'aux articles cités dans le rapport et repris dans l'annexe 3.

1.1 ANNEXE 1.1 : PRESCRIPTIONS GENERALES APPLICABLES AUX OPERATIONS DE CREATION D'ETANGS OU DE PLANS D'EAU (LEGIFRANCE, 2013E).

Point divers de la réglementation sur la création des ouvrages

Les ouvrages d'alimentation et de vidange doivent être maintenus en état de fonctionnement.

Le déclarant doit assurer l'entretien des digues quand elles existent et des abords du plan d'eau conformément à son usage sans engendrer de nuisances à l'environnement, en particulier aux eaux superficielles.

La qualité de l'eau doit être maintenue suffisante pour ne pas risquer de dégrader la qualité des eaux superficielles ou souterraines environnantes.

La destination des matières de curage doit être précisée dans la déclaration et ne devra pas concerner une zone inondable. La composition des matières de curage doit être compatible avec la protection des sols et des eaux, notamment en ce qui concerne les métaux lourds et autres éléments toxiques qu'elles peuvent contenir. La création d'un plan d'eau dans le lit majeur d'un cours d'eau ne doit pas faire obstacle à l'écoulement des eaux superficielles.

Le plan d'eau doit être implanté à une distance suffisante du lit mineur d'un cours d'eau pour éviter que le cours d'eau ne pénètre à l'intérieur du plan d'eau suite à l'érosion prévisible des berges, ne pas nécessiter de travaux spécifiques de confortement ou de protection des berges du cours d'eau et enfin permettre le passage des matériels d'entretien du cours d'eau.

Cette distance d'implantation ne peut être inférieure à 35 mètres vis-à-vis des cours d'eau ayant un lit mineur d'au moins 7,50 mètres de largeur et à 10 mètres pour les autres cours d'eau (la distance étant comptée entre la crête de la berge du cours d'eau et celle de la berge du plan d'eau).

L'étanchéité de la cuvette doit être suffisante pour maintenir le niveau normal du plan d'eau, en compatibilité avec le débit d'alimentation.

Si des digues sont établies, elles doivent l'être conformément aux règles de l'art, de façon à assurer la stabilité des ouvrages et la sécurité des personnes et des biens (notamment dispositif d'ancrage de la digue, dispositif anti-renards sur la conduite de vidange, décapage préalable de l'emprise, matériaux suffisamment étanches et compactés). Elles doivent comporter une revanche minimale de 0,40 mètre au-dessus des plus hautes eaux et être protégées contre le battillage si nécessaire. Aucune végétation ligneuse n'y sera maintenue. Un fossé en pied de digue, ou tout autre procédé de drainage au moins équivalent, sera réalisé si nécessaire afin de récupérer les eaux de fuite éventuelles et les canaliser vers l'aval.

Les ouvrages d'alimentation et de vidange doivent être maintenus en état de fonctionnement.

Le déclarant doit assurer l'entretien des digues quand elles existent et des abords du plan

Point divers de la réglementation sur la création des ouvrages

d'eau conformément à son usage sans engendrer de nuisances à l'environnement, en particulier aux eaux superficielles.

La qualité de l'eau doit être maintenue suffisante pour ne pas risquer de dégrader la qualité des eaux superficielles ou souterraines environnantes.

La destination des matières de curage doit être précisée dans la déclaration et ne devra pas concerner une zone inondable. La composition des matières de curage doit être compatible avec la protection des sols et des eaux, notamment en ce qui concerne les métaux lourds et autres éléments toxiques qu'elles peuvent contenir. La création d'un plan d'eau dans le lit majeur d'un cours d'eau ne doit pas faire obstacle à l'écoulement des eaux superficielles.

1.2 ANNEXE 1.2 : PRESCRIPTIONS GENERALES APPLICABLES AUX OPERATIONS DE VIDANGE DE PLANS D'EAU (LEGIFRANCE, 2013F)

Point divers de la réglementation sur la vidange des ouvrages

Si les eaux de vidange s'écoulent directement, ou par l'intermédiaire d'un fossé ou exutoire, dans un cours d'eau de première catégorie piscicole, la vidange d'un plan d'eau est interdite pendant la période du 1er décembre au 31 mars. Le préfet pourra, après avis du conseil départemental de l'environnement et des risques sanitaires et technologiques, interdire ces vidanges pendant une période supplémentaire, entre le 1er novembre et le 1er décembre, pour certains cours d'eau ou pour la totalité du département, en considération de la date de frai des truites, de l'état d'envasement et de la date de dernière vidange des plans d'eau concernés et de la fragilité du milieu aquatique. Le service chargé de la police de l'eau sera informé au moins quinze jours à l'avance de la date du début de la vidange et du début de la remise en eau.

Durant la vidange, les eaux rejetées dans le cours d'eau ne devront pas dépasser les valeurs suivantes en moyenne sur deux heures :

- matières en suspension (MES) : 1 gramme par litre ;
- ammonium (NH₄) : 2 milligrammes par litre.

De plus, la teneur en oxygène dissous (O₂) ne devra pas être inférieure à 3 milligrammes par litre.

Les poissons présents dans le plan d'eau devront être récupérés et ceux appartenant aux espèces dont l'introduction est interdite seront éliminés.

2. ANNEXE 2 : NOMENCLATURE RELATIVE AUX PLANS D'EAU

Ce tableau renseigne sur les caractéristiques de l'ouvrage afin de savoir si l'on doit faire une procédure d'autorisation ou de déclaration. Si au moins une case de la colonne A est cochée, alors le projet est soumis à autorisation, idem pour la colonne D (Préfecture de l'Allier, 2012).

Libellé de la rubrique (Article R 214-1 du CE)	N°	Opération soumise à AUTORISATION si	Si oui, cochez A	Opération soumise à DECLARATION si	Si oui, cochez D
Alimentation du plan d'eau par un prélèvement d'eau dans un cours d'eau	1.2.1.0.	1° Prélèvement $\geq 1000 \text{ m}^3/\text{h}$ ou $\geq 5\%$ du débit du cours d'eau ⁽¹⁾		2° Prélèvement compris entre 400 et $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ ou représentant 2 à 5% du débit du cours d'eau ⁽¹⁾	
Alimentation du plan d'eau par un prélèvement en zone de répartition des eaux ⁽²⁾	1.3.1.0.	1° Capacité $\geq 8 \text{ m}^3/\text{h}$		2° Capacité $< 8 \text{ m}^3/\text{h}$	
Rejet susceptible de modifier le régime des eaux	2.2.1.0.	1° Rejet $\geq 10\,000 \text{ m}^3/\text{j}$ ou $\geq 25\%$ du débit moyen inter-annuel du cours d'eau		2° Rejet représentant 2 000 à $10\,000 \text{ m}^3/\text{j}$ ou 5 à 25% du débit moyen inter-annuel du cours d'eau ⁽¹⁾	
Installations, ouvrages, remblais, épis dans le lit mineur ⁽³⁾ d'un cours d'eau constituant un obstacle à l'écoulement des crues	3.1.1.0- 1°	Opérations toujours soumises à autorisation			
Installations, ouvrages, remblais et épis dans le lit mineur d'un cours d'eau constituant un obstacle à la continuité écologique ⁽⁴⁾	3.1.1.0- 2°	a) Entraînant une différence de niveau $\geq 50 \text{ cm}$, pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage		b) Entraînant une différence de niveau $> 20 \text{ cm}$ mais $< 50 \text{ cm}$, pour le débit moyen annuel de la ligne d'eau entre l'amont et l'aval de l'ouvrage	
Modification du profil en long ou en travers du lit mineur d'un cours d'eau/dérivation d'un cours d'eau	3.1.2.0.	1° Sur une longueur de cours d'eau $\geq 100 \text{ m}$		2° Sur une longueur de cours d'eau $< 100 \text{ m}$	

Ouvrages dans le lit majeur ⁽⁵⁾	3.2.2.0.	1° Surface soustraite à l'expansion des crues, y compris la surface de l'ouvrage, $\geq 10\,000\text{ m}^2$		2° Surface soustraite à l'expansion des crues, y compris la surface de l'ouvrage, $\geq 400\text{ m}^2$ et $< 10\,000\text{ m}^2$	
Plan d'eau, permanents ou non	3.2.3.0.	1° Superficie $\geq 3\text{ ha}$		2° Superficie comprise entre $0,1\text{ ha}$ et 3 ha	
Vidange de plans d'eau	3.2.4.0.	1° Issus de barrages de retenue, d'une hauteur $> 10\text{ m}$ ou d'un volume $> 5\,000\,000\text{ m}^3$		2° Dont la superficie est $> 0,1\text{ ha}$ (hors pisciculture visées à l'article L 432-6 et hors enclos piscicoles visés à l'article L 431-7)	
Barrage de retenue	3.2.5.0.	1° D'une hauteur $\geq 5\text{ m}$ et d'un volume déterminé par $H^2 \times V \geq 20\,000\text{ m}^3$		2° D'une hauteur $\geq 2\text{ m}$	
Pisciculture (mentionnée à l'article L 431-6 du CE)	3.2.7.0.			Installation toujours soumise à déclaration	
Mise en eau de zones humides ou de marais	3.3.1.0.	1° Superficie $\geq 1\text{ ha}$		2° Superficie comprise entre $0,1\text{ ha}$ et 1 ha	

Avec :

Lit mineur : espace dans lequel l'écoulement s'effectue quasiment toujours sauf en période de crue où les eaux débordent du lit mineur. Le lit mineur est supérieur au lit d'étiage qui correspond à la partie en eaux pendant la période d'étiage (EauFrance, 2013b).

Lit majeur : espace maximum que va occuper le cours d'eau lors des très hautes crues. Le lit majeur est déterminé par la limite qu'ont atteintes les eaux lors d'une crue historique (EauFrance, 2013b).

3. ANNEXE 3 : TABLEAU RECAPITULATIF DES REGLEMENTATIONS CONCERNANT LES PLANS D'EAU

Ici figurent les sources législatives utilisées pour cette synthèse.

Thématique	Références
Création ou modification de plans d'eau	Articles R214-1 et suivants du Code de l'Environnement (CE) Arrêté du 27/08/99
Classification des barrages	Articles R214-112 du CE Décret n°2007-1735 du 11/12/2007
Nomenclature des ouvrages	Décret n°93-743 du 29/03/93
Vidange des plans d'eau	Arrêté du 27/08/99
Entretien et surveillance des plans d'eau	Décret n°2007-1735 du 11/12/2007
Procédure d'autorisation	Articles R214-6 à R214-31 du CE
Procédure de déclaration	Articles R214-32 à R214-40 du CE
Etude d'impacts	Article R122-2 du CE Article R122-5 du CE
Débit minimal réservé	Article L432-5 du CE
Moyens de mesures et d'évaluation du débit	Articles L214-8 du CE
Eaux closes	Articles L431-4 à L431-8 du CE Articles L432-1 à L432-12 du CE
Piscicultures et eaux libres	Articles L 431-4 et suivants du CE

4. ANNEXE 4 : TABLEAU RECAPITULATIF DES INDICATEURS D’EVALUATION DES IMPACTS DES PLANS D’EAU (CACG et al., 2001a)

Indicateurs – Tableau récapitulatif		
Type	Nom	Définition
Descripteurs de l'état actuel (année n)	Densité géographique ou Taux d'équipement	$D_{(an)} = \frac{n_{(an)}}{SBV \text{ total (km}^2\text{)}}$
	Taux d'interception	$T_{int(an)} = \frac{\sum \text{Surfaces BV contrôlés}}{S \text{ BV total}}$
	Taux de couverture surfacique	$T_{cs(an)} = \frac{\sum \text{Surfaces plans d'eau}}{S \text{ BV total}}$
	Usages dominants	$Usd. (n, v, s_i) = \% \text{ usage 1} + \% \text{ usage 2}$ [Ex : $Usd(n) = 0.55 \text{ irri} + 0.3 \text{ pêche}$]
Descripteurs de la dynamique de création	Taux de croissance annuel	$Dyn_{(date \text{ act} - date \text{ ref})} = \left(\frac{n_{(n \text{ "actuel"})}}{n_{(n \text{ "référence")}}} \right)^{1/(act-ref)}$ Ex : $Dyn_{(2000-1995)} = 1.037$
	Caractère « innovant » du phénomène	$I_{nn} = \frac{Dyn}{N_{(1970)}}$
Descripteurs des impacts hydrologiques	Capacité d'interception des écoulements	$C_{ie} = \frac{\sum \text{Volume retenues}}{SBV \text{ total}} (\text{mm})$
	Taux de prélèvement	$T_{pr} = \frac{\sum \text{Volume renouvelé annuel}}{\text{Volume total annuel écoulé du BV (naturel)}}$
	Potentiel d'interception de crue	$Pic(\text{crue de référence}) = \text{Max} \left(\frac{\sum \text{Vol. retenues}}{\text{Vol. crue de ref.}}; T_{int} \right)$ [Ex : $Pic_{(1/10)} = 0.26$]
	Indice de poids relatif	$I_{pr} = \frac{\text{Vol total petites retenues}}{\text{Vol total des retenues}}$
Descripteur des impacts hydrobiologiques et piscicoles	Taux d'altération linéaire pondéré	$I_{BV} = 100 \left[\frac{\sum_0 I_i}{L_0} + \frac{\sum_1 I_i}{L_1} + \frac{\sum_2 I_i}{L_2} + \frac{\sum_3 I_i}{L_3} \right]$

5. ANNEXE 5 : TABLEAU RECAPITULATIF DES SEUILS CORRESPONDANT AUX INDICATEURS (CACG ET AL., 2001A)

Proposition de seuils devant inciter à la vigilance en matière de création de plans d'eau, et inciter à la mise en application sur le parc actuel de mesures de réduction des impacts

Nota bene : Dans l'attente d'un essai de validation, les seuils mentionnés n'ont qu'une valeur très indicative.

Indicateur	Formule de calcul	Classe de superficie prise en compte		
		Classe 1 (30 – 150 km ²)	Classe 2 (150 – 750 km ²)	Classe 3 (750–1500 km ²)
Densité (nombre / km ²)	$\frac{NPe}{S}$	1	0.5	0.25
Taux de couverture surfacique (ha / km ²)	$\frac{\sum SPe}{S_{BV}}$	1	0.5	0.25
Taux d'interception (%)	$\frac{\sum SBVi}{SBV}$	30 %	20 %	10 %
Capacité relative d'interception annuelle (%)	$\frac{10 \sum V_{PE}}{(\sum SBVi) \times (E_{nat})}$	50 %	30 %	15 %
Capacité relative d'interception d'automne (%)	$\frac{10 \sum V_{PE}}{(\sum SBVi) \times (E_{nat})}$	80 %	50 %	30 %
Taux d'affectation du linéaire (1 ^è catégorie piscicole) (%)	$\frac{1 \times NPe1 + 0.3 \times NPe2}{L}$	25 %	20 %	10 %
Taux d'affectation du linéaire (2 ^è catégorie piscicole) (%)	$\frac{1 \times NPe1 + 0.3 \times NPe2}{L}$	40 %	30 %	20 %

Variables utilisées pour le calcul des indicateurs :

NPe : nombre de plans d'eau

NPe1 : nombre de plans d'eau établis sur des cours d'eau de première catégorie

Npe2 : nombre de plans d'eau établis sur des cours d'eau de seconde catégorie

SPe : superficie des plans d'eau (ha)

VPe : capacité des plans d'eau (m³)

SBV : superficie de bassin (km²)

SBVi : superficie de bassin interceptée par les plans d'eau (km²)

Enat : écoulement naturel exprimé en lame d'eau (mm)

L : linéaire de cours d'eau (km)