



**Agence de l'eau
RHÔNE MÉDITERRANÉE & CORSE**

*Direction de la Planification et de la Programmation /
Service Méthodes Études et Prospectives*

SYNTHÈSE DES RETOURS D'EXPÉRIENCES DES
PROJETS DE RESTAURATION, MIS EN ŒUVRE SUR
LES PLANS D'EAU DES BASSINS RHÔNE-
MÉDITERRANÉE ET CORSE

RAPPORT FINAL (PHASE 3)



Le plan d'eau d'Aime / développement massif de Characées - Crédit photo: S.T.E.



Sciences et Techniques
de l'Environnement

Rapport 11-423 / 03 – Octobre 2012

Sciences et Techniques de l'Environnement

*B.P. 374 - 17, Allée du Lac d'Aiguebelette - Savoie Technolac
73372 Le Bourget du Lac Cedex*

TEL : 04 79 25 08 06 – FAX : 04 79 62 13 22

Maître d'Ouvrage	Agence de l'Eau RM&C	
	Interlocuteur :	Lionel NAVARRO
	Coordonnées :	2-4 Allée de Lodz - 69363 Lyon cedex 07

Titre du rapport	Synthèse des retours d'expériences des projets de restauration mis en œuvre sur les plans d'eau des bassins Rhône-Méditerranée et Corse Phase 3		
Résumé	<p>Cette synthèse répertorie les différents types d'altération pouvant être rencontrés sur les plans d'eau, diverses techniques de restauration mises en œuvre en France et à l'étranger et elle recense quelques opérations de restauration effectuées sur les plans d'eau douce des bassins Rhône-Méditerranée et Corse.</p> <p>L'objectif du recueil est de pouvoir proposer un bilan des retours d'expériences disponibles et ainsi constituer un outil de gestion.</p> <p>Il est constitué de 2 documents :</p> <ul style="list-style-type: none"> - le présent rapport qui présente la démarche de restauration d'un plan d'eau et décrit succinctement les altérations identifiées et les techniques permettant de lutter contre ces altérations. Ce rapport comprend, par ailleurs, une partie de statistiques réalisées tant sur les techniques que sur les opérations recensées (type d'opération réalisée sur les lacs, les retenues,...) ; - le deuxième document est formé par des fiches synthétiques. Il constitue un catalogue des techniques regroupées par l'altération qu'elles visent à restaurer et illustrées par des opérations. 		
Mots-clés	<p>Géographiques : Bassins Rhône-Méditerranée et Corse</p> <p>Thématiques : plans d'eau – restauration écologique – bibliographie</p>		
Date	Octobre 2012	Statut du rapport	provisoire
Présent tirage en exemplaires	6 (+ 1 CD)	Diffusion informatique au Maître d'Ouvrage	oui

Auteur	S.T.E. Sciences et Techniques de l'Environnement
Rédacteurs	Claire JEUDY, Leslie KRITHARI, Sylvain MEISTERMANN, Audrey PERICAT
Création base de données ACCESS	Éric BERTRAND, Claire JEUDY, Leslie KRITHARI
Chef de projet – contrôle qualité	Éric BERTRAND

*Que l'ensemble des interlocuteurs des structures sollicitées dans le cadre de ce travail trouve
ici nos plus vifs remerciements pour leur implication et leur disponibilité.*

SOMMAIRE

PRÉAMBULE ET CONTEXTE DE L'ÉTUDE.....	1
1 OBJET DE L'ÉTUDE.....	3
2 DÉFINITION DE LA RESTAURATION ÉCOLOGIQUE.....	4
3 LES PLANS D'EAU VISÉS.....	4
3.1 TYPOLOGIE DES PLANS D'EAU.....	4
3.2 USAGES.....	5
3.3 FONCTIONNEMENT PHYSICOCHIMIQUE ET ÉCOLOGIQUE D'UN PLAN D'EAU À L'ÉQUILIBRE.....	6
3.3.1 Une étroite relation entre le plan d'eau et son bassin versant.....	6
3.3.2 Une compartimentation physique.....	6
3.3.3 Une compartimentation biologique.....	8
3.3.4 Un lent comblement naturel.....	10
3.3.5 Un faible marnage.....	10
3.3.6 Les exceptions au modèle classique.....	10
4 DÉMARCHE GÉNÉRALE ET MÉTHODES D'ACQUISITION DES DONNÉES.....	11
5 ARCHITECTURE GÉNÉRALE DU DOCUMENT.....	11
5.1 LE RAPPORT.....	12
5.2 LES FICHES SYNTHÉTIQUES.....	12
5.3 LA BASE DE DONNÉES.....	14
CHAPITRE I. DÉMARCHE DE RESTAURATION DES PLANS D'EAU.....	15
1 IDENTIFICATION DE L'ALTÉRATION.....	19
2 OBJECTIFS ET CADRE DE LA RESTAURATION.....	19
3 CHOIX DES TECHNIQUES.....	20
4 SUIVI ET ÉVALUATION DE L'OPÉRATION.....	21
CHAPITRE II. ALTÉRATIONS DES PLANS D'EAU.....	25
1 LES PRINCIPAUX GROUPES D'ALTÉRATION.....	27
1.1 EUTROPHISATION (A1.).....	27
1.1.1 Augmentation des concentrations en composés nutritifs de la masse d'eau (A11).....	27
1.1.2 Augmentation de la biomasse macrophytique (A12).....	27
1.1.3 Augmentation de la biomasse phytoplanctonique (microphytes et cyanobactéries) (A13).....	28
1.1.4 Augmentation de la biomasse bactérienne (A15).....	28
1.1.5 Anoxie de la masse d'eau (A14).....	28
1.2 DYSFONCTIONNEMENTS DU COMPARTIMENT SÉDIMENT (A2.).....	28
1.2.1 Accélération du comblement du plan d'eau (A21).....	28
1.2.2 Relargage de composés nutritifs vers la masse d'eau (A22).....	29
1.3 DÉSÉQUILIBRES DE LA BIODIVERSITÉ (A3.).....	29
1.3.1 Dégradation de l'écosystème littoral (A33).....	29

1.3.2 Déséquilibre du compartiment floristique (A31).....	30
1.3.3 Déséquilibre du compartiment faunistique (A32).....	30
1.4 ÉROSION (A41).....	30
1.5 TURBIDITÉ (A5).....	31
1.5.1 Augmentation de la turbidité liée à des particules organo-minérales (A51).....	31
1.5.2 Augmentation de la turbidité liée à des micro organismes (A52).....	31
1.6 POLLUTIONS TOXIQUES (A61).....	32
2 SCHEMA RÉCAPITULATIF DES ALTÉRATIONS.....	33
3 CLÉ D'IDENTIFICATION DES ALTÉRATIONS.....	34
4 LES FICHES "ALTÉRATION" – FA	35

CHAPITRE III. TECHNIQUES DE RESTAURATION ÉCOLOGIQUE.....39

1 PRÉSENTATION GÉNÉRALE DES DIFFÉRENTES TECHNIQUES.....	41
2 LES TECHNIQUES DE RESTAURATION D'UN PLAN D'EAU.....	45
EUTROPHISATION.....	46
Techniques luttant contre l'augmentation des concentrations en composés nutritifs de la masse d'eau.....	46
Techniques luttant contre l'augmentation de la biomasse macrophytique.....	47
Techniques luttant contre l'augmentation de la biomasse phytoplanctonique.....	50
Technique luttant contre l'anoxie de la masse d'eau.....	53
DYSFONCTIONNEMENTS DU COMPARTIMENT SÉDIMENT.....	54
Techniques luttant contre l'accélération du comblement du plan d'eau.....	54
Techniques luttant contre le relargage de composés nutritifs vers la masse d'eau.....	56
DÉSÉQUILIBRES DE LA BIODIVERSITÉ.....	57
Technique luttant contre les déséquilibres du compartiment floristique.....	57
Techniques luttant contre les déséquilibres du compartiment faunistique.....	58
Techniques luttant contre la dégradation de l'écosystème littoral.....	60
ÉROSION.....	62
Techniques luttant contre l'érosion.....	62
TURBIDITÉ.....	64
Techniques luttant contre l'augmentation de la turbidité liée à des particules organo-minérales.....	64
Techniques luttant contre l'augmentation de la turbidité liée à des micro-organismes.....	64
POLLUTIONS TOXIQUES.....	65
Techniques luttant contre les pollutions toxiques.....	65
3 LES FICHES "TECHNIQUES" – FT	66

CHAPITRE IV. OPÉRATIONS DE RESTAURATION SUR LES BASSINS RM&C.....71

1 SYNTHÈSE DES OPÉRATIONS RECENSÉES EN RM&C.....	73
1.1 STATISTIQUES PAR ALTÉRATION.....	73
1.2 STATISTIQUES PAR TECHNIQUE.....	75
1.3 OPÉRATIONS PAR TYPE DE PLAN D'EAU.....	77
1.3.1 Opérations sur les étangs artificiels.....	78
1.3.2 Opérations sur les gravières.....	78
1.3.3 Opérations sur les lacs.....	78
1.3.4 Opérations sur les mares.....	79
1.3.5 Opérations sur les retenues.....	79
2 SYNTHÈSE DES SUIVIS POST-TRAVAUX.....	79
2.1 BILAN DES INCIDENCES DES ACTIONS.....	79
2.2 BILAN DES SUIVIS EFFECTUÉS SUR DES OPÉRATIONS EN RM&C.....	80
2.3 PRÉCONISATIONS DE SUIVI.....	81
2.3.1 Techniques mises en œuvre pour améliorer la qualité de l'eau (nutriments, polluants).....	81
2.3.2 Techniques de lutte contre la prolifération du phytoplancton.....	81

2.3.3 Techniques de réoxygénation du plan d'eau.....	82
2.3.4 Techniques mises en œuvre pour lutter contre l'accélération du comblement.....	82
2.3.5 Techniques de lutte contre l'augmentation de la biomasse macrophytique ou contre les espèces végétales invasives.....	82
2.3.6 Techniques mises en œuvre pour lutter contre la prolifération des espèces de faune invasive.....	82
2.3.7 Techniques de diversification des habitats.....	83
2.3.8 Techniques de renforcement des populations.....	83
2.3.9 Techniques de lutte contre l'érosion.....	83
2.3.10 Techniques mises en œuvre pour lutter contre l'augmentation de la turbidité.....	83
3 RETOURS D'EXPÉRIENCE : SYNTHÈSE.....	84
3.1 EUTROPHISATION.....	84
3.1.1 Augmentation des concentrations en nutriments dans la masse d'eau.....	84
3.1.2 Développement de macrophytes.....	84
3.1.3 Développement des microphytes.....	85
3.1.4 Anoxie de la masse d'eau.....	85
3.2 DYSFONCTIONNEMENTS DU COMPARTIMENT SÉDIMENT.....	85
3.2.1 Accélération du comblement.....	85
3.2.2 Relargage de composés nutritifs vers la masse d'eau.....	85
3.3 DÉSÉQUILIBRES DE LA BIODIVERSITÉ.....	85
3.3.1 Déséquilibre du compartiment floristique.....	85
3.3.2 Déséquilibre du compartiment faunistique.....	85
3.3.3 Dégradation de l'écosystème littoral.....	86
3.4 ÉROSION.....	86
4 LES FICHES "OPÉRATIONS" – FO	87

RECUEIL DES OPÉRATIONS EN RM&C PAR ALTÉRATION ET PAR TECHNIQUE.....93

GLOSSAIRE.....95

LISTE DES SIGLES.....99

BIBLIOGRAPHIE.....101

- ANNEXES -.....103

ANNEXE 1 DÉMARCHE GÉNÉRALE ET ACQUISITION DES DONNÉES.....105

1 PHASE 1 : TECHNIQUES DE RESTAURATION.....	105
1.1 PORTÉE DE LA RECHERCHE.....	105
1.2 MÉTHODOLOGIE.....	105
1.3 TABLEAU RÉCAPITULATIF DES CONTACTS AU NIVEAU INTERNATIONAL.....	106
1.4 TABLEAU RÉCAPITULATIF DES CONTACTS AU NIVEAU FRANÇAIS.....	114
2 PHASE 2 : OPÉRATIONS DE RESTAURATION.....	120
2.1 PORTÉE DE LA RECHERCHE.....	120
2.2 MÉTHODOLOGIE.....	120
2.3 ORGANISMES CONTACTÉS.....	120

2.3.1 Organismes ayant participé à l'élaboration de fiches "Opération".....	121
2.3.2 Organismes contactés n'ayant pas mené d'opérations de restauration de plans d'eau sur son territoire.....	121
2.3.3 Organismes contactés n'ayant pas souhaité participer à l'étude.....	123

ANNEXE 2 LA BASE DE DONNÉES.....127

1 ORGANISATION DE LA BASE DE DONNÉES.....	127
2 MODE RENSEIGNEMENT DE LA BASE.....	131
3 MODE CONSULTATION DE LA BASE.....	132

ANNEXE 3 TECHNIQUES RECENSÉES MAIS N'AYANT PAS FAIT L'OBJET D'UNE FICHE "TECHNIQUE".....133

ANNEXE 4 OPÉRATIONS RECENSÉES MAIS N'AYANT PAS FAIT L'OBJET D'UNE FICHE "OPÉRATION".....135

ANNEXE 5 STATISTIQUES DES OPÉRATIONS RÉALISÉES EN FONCTION DE L'ALTÉRATION VISÉE ET DU TYPE DE PLAN D'EAU.....137

1 OPÉRATIONS SUR ÉTANGS ARTIFICIELS.....	137
2 OPÉRATIONS SUR GRAVIÈRES.....	138
3 OPÉRATIONS SUR LES LACS.....	139
4 OPÉRATIONS SUR LES MARES.....	139
5 OPÉRATIONS SUR LES RETENUES.....	140

PRÉAMBULE ET CONTEXTE DE L'ÉTUDE

1 OBJET DE L'ÉTUDE

La directive 2000/60/CE du 23/10/2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le cadre de l'Eau, dite « Directive Cadre Européenne » (DCE), fixe des objectifs de bon état écologique et chimique à l'horizon 2015, pour l'ensemble des masses d'eau. Parmi celles-ci, les plans d'eau sont concernés.

Son annexe V définit les normes de la classification de l'état écologique pour les masses d'eau naturelles et du potentiel écologique pour les masses d'eau fortement modifiées ou artificielles.

Cette même annexe explicite les paramètres à considérer pour définir l'état écologique, à savoir :

- les paramètres biologiques ;
- les paramètres hydromorphologiques soutenant les paramètres biologiques (pour définir le très bon état écologique) ;
- les paramètres chimiques et physicochimiques soutenant également les paramètres écologiques.

Sur ces bases, il est évident que les techniques de restauration de plan d'eau doivent considérer l'ensemble des compartiments concernés.

La présente étude vise à un passage en revue des différentes techniques de restauration connues, puis à identifier celles appliquées sur les bassins RM&C et à en dégager leur applicabilité pour la satisfaction des objectifs de bon état ou potentiel écologique fixés par la DCE.

L'étude a été organisée en trois phases :

- *phase 1* : recensement des techniques de restauration mises en œuvre aux niveaux national et international, création d'une fiche « Technique » des modalités de mise en œuvre et de leurs effets ;
- *phase 2* : exemple d'opérations de restauration réalisées sur les bassins RM&C, création d'une fiche « Opération » décrivant le problème, la technique employée, son efficacité, son coût et un retour d'expériences ;
- *phase 3* : synthèse générale et opérationnelle, création de clés aidant à l'identification des techniques recensées en fonction de l'altération constatée et de certaines caractéristiques du plan d'eau.

Le présent rapport constitue le rapport final de la troisième phase.

2 DÉFINITION DE LA RESTAURATION ÉCOLOGIQUE

La restauration écologique est une action intentionnelle qui initie ou accélère l'auto-réparation d'un écosystème qui a été dégradé, endommagé ou détruit.

Une restauration peut ainsi être passive si l'action entreprise porte uniquement sur la réduction ou la suppression de processus de dégradation, mais aussi active si l'action porte sur un accompagnement du processus d'auto-réparation du milieu vers un écosystème de référence.

L'écosystème de référence vers lequel tend le projet de restauration est défini comme une approximation de l'état écologique du milieu en conditions non perturbées. L'évolution spatio-temporelle d'un écosystème à la suite de manipulations anthropiques peut ne plus permettre un retour à l'état originel de cet écosystème. L'écosystème de référence à atteindre peut alors être une étape alternative parmi une succession d'étapes situées sur la trajectoire de restauration idéale.

Dans cette définition de la restauration écologique, nous élargissons volontairement le champ d'application au delà des plans d'eau strictement naturels. Les plans d'eau artificiels, pour lesquels par définition il n'existe pas d'état écologique de référence, seront donc également suivis dans le cadre des objectifs de cette étude. Pour ces plans d'eau, l'écosystème de référence est adapté pour tenir compte des modifications physiques qu'a subi le milieu. L'objectif de la « restauration » est donc d'atteindre un bon potentiel écologique qui correspond au bon état de la masse d'eau naturelle de laquelle le plan d'eau artificiel se rapproche le plus. Par exemple, pour une retenue, la référence sera généralement un lac (cf. définitions du 3.1).

3 LES PLANS D'EAU VISÉS

3.1 TYPOLOGIE DES PLANS D'EAU

On appelle lac un plan d'eau naturel où la profondeur, la superficie ou le volume est suffisant pour provoquer une stratification thermique.

Un étang est une étendue d'eau stagnante, d'origine naturelle ou anthropique, peu profonde, de surface généralement petite et qui se distingue d'un lac par le fait que ses dimensions (en particulier sa profondeur) ne permettent pas d'établir la zonation thermique propre au lac.

Une mare est une étendue d'eau à renouvellement généralement limité. De même que l'étang, elle est de faible profondeur (environ 2m au maximum), ce qui permet à toutes les couches d'eau d'être sous l'action du rayonnement solaire, ainsi qu'aux plantes de s'enraciner sur tout le fond. Elle se distingue de l'étang par sa très faible superficie, 5000 m² au maximum. Une mare peut être de formation naturelle ou anthropique, permanente ou temporaire.

A ces définitions limnologiques viennent s'ajouter d'autres dénominations de plans d'eau liées à leur origine.

Une retenue est un plan d'eau artificiel obtenu par barrage, généralement profond donc avec une stratification thermique et un comportement plus ou moins proche de celui d'un lac (hors considération des phénomènes de marnage et de vidange).

Une gravière est un plan d'eau artificiel obtenu par creusement et extraction de granulats dans la nappe d'un cours d'eau et donc en lien direct avec elle. Un tel plan d'eau est habituellement peu profond et son fonctionnement se rapproche donc de celui d'un étang.

Dans le présent document, le terme « plan d'eau » est employé en tant que terme générique regroupant l'ensemble des types définis ci-dessus.

La nature du plan d'eau est à prendre en compte dans les choix de gestion et des techniques de restauration à privilégier en fonction de l'altération écologique rencontrée. Sa connaissance permet en effet d'ajuster la mise en œuvre des opérations de restauration et de nuancer l'interprétation des retours d'expériences.

CARACTÉRISTIQUES DES PLANS D'EAU ÉTUDIÉS

Ce document est basé sur un recueil d'opérations menées sur **tout type de plans d'eau douce**, sans limite de type, de taille, de morphologie ou d'origine. Il ne concerne pas les plans d'eau salée ou saumâtre, ni les eaux courantes et ne s'intéresse pas non plus aux plans d'eau situés en dehors des hydro-écorégions des bassins Rhône-Méditerranée et Corse.

3.2 USAGES

On constate depuis quelques décennies un fort développement des usages et activités, notamment loisirs, liés à l'eau en général et aux plans d'eau en particuliers. Les plans d'eau constituent, en effet, des pôles d'attractions, fortement convoités car support de multiples usages :

- usages de loisirs/touristiques (pêche, baignade, nautisme, plongée, promenade, détente...);
- usages concernant la ressource en eau (eau potable, irrigation, soutien d'étiage et régulation des crues...);
- usages de production (hydroélectricité, pêche professionnelle, pisciculture...).

De nombreux plans d'eau ont ainsi été créés pour répondre spécifiquement à un usage particulier : barrages hydroélectriques, étangs à vocation piscicole.

Les plans d'eau permettent souvent la satisfaction de plusieurs types d'usages. Ils présentent aussi fréquemment un caractère patrimonial fort. Ils concentrent en effet une faune et une flore riches et variées et sont de ce fait parfois utilisés comme support pédagogique.

La satisfaction des différents usages nécessite une eau et plus généralement un milieu de bonne qualité. Or, les plans d'eau sont des milieux sensibles aux pollutions (temps de renouvellement des eaux long → rétention, accumulation des pollutions) et donc fragiles.

Ce sont généralement des **milieux à forts enjeux économiques, touristiques et/ou patrimoniaux**.

3.3 FONCTIONNEMENT PHYSICOCHIMIQUE ET ÉCOLOGIQUE D'UN PLAN D'EAU À L'ÉQUILIBRE

Afin de mieux appréhender les altérations qui peuvent impacter le fonctionnement d'un plan d'eau en bon état écologique et physicochimique, on effectue ici un rappel succinct des prérequis limnologiques.

On présente ici le cas d'un plan d'eau « type » qui réunit les caractéristiques suivantes :

- 1 la profondeur est suffisamment importante pour qu'il puisse s'y instaurer une stratification thermique.
- 2 le plan d'eau n'est pas soumis à un phénomène de marnage important.
- 3 le temps de séjour de ses eaux est suffisamment long pour permettre aux différents compartiments d'interagir.
- 4 le plan d'eau peut être monomictique ou dimictique.

Il convient de rappeler qu'un tel plan d'eau dont le fonctionnement interne n'est pas altéré, présente, sur une échelle de temps humaine, un écosystème à l'« équilibre » mais que son évolution naturelle tend vers un comblement.

3.3.1 Une étroite relation entre le plan d'eau et son bassin versant

Les lacs et retenues artificielles, comme tous les autres milieux à eau stagnante dépendent étroitement de leur bassin versant. Ces écosystèmes ouverts fonctionnent comme des pièges à matière et énergie ; leur fonctionnement et leur évolution sont donc liés aux apports hydriques mais aussi en éléments organiques et minéraux provenant du bassin versant.

3.3.2 Une compartimentation physique

La lumière du soleil pénétrant dans le plan d'eau entraîne un réchauffement de l'eau diminuant avec la profondeur. Les eaux plus chaudes, donc plus légères flottent sur des eaux plus froides et plus denses. Une stratification thermique s'établit.

L'atténuation de la luminosité en surface d'un lac est approximativement exponentielle. Toutefois, le profil des températures ne suit pas cette tendance. En fait, des mouvements descendants dus au refroidissement nocturne et surtout provoqués par le vent homogénéisent une certaine épaisseur d'eau de surface légère et chaude appelé *épilimnion*. En profondeur se trouve l'*hypolimnion*. Ces deux masses d'eau sont séparées par le *métalimnion*, couche où la température varie rapidement avec la profondeur, le maximum de variation étant atteint au niveau de la *thermocline*.

L'existence au niveau du métalimnion d'un fort gradient de densité et de viscosité dus à un fort gradient de température, constitue une barrière physique s'opposant aux échanges entre l'épilimnion et l'hypolimnion. On peut ainsi observer, sur certains plans d'eau, un isolement de l'hypolimnion qui peut contribuer à une désoxygénation de ce compartiment.

La stratification thermique a lieu généralement en été (plan d'eau monomictique) voire également en hiver (dimictique), quand les conditions morphologiques le permettent (cf. Illustration 1).

En effet, l'arrivée de l'hiver (❶) peut entraîner l'apparition d'une couche de glace à la surface du plan d'eau. Il y a alors une stratification thermique qui s'installe avec des eaux à environ 0°C se trouvant au dessus d'eaux à 4°C. Lors de la fonte de cette couche et donc du réchauffement en surface au début du printemps (❷), les eaux de surface sont alourdies, si bien qu'il faut peu d'énergie éolienne pour les entraîner en profondeur et épaissir la couche mélangée jusqu'à concerner toute la colonne d'eau. Cette destratification entraîne une homogénéisation de la température ainsi que des substances dissoutes, dont les gaz, jusqu'à ce que s'installe une nouvelle stratification estivale (❸). Cette stratification va alors s'accroître tout au long de l'été (❹). Le maximum atteint par la température de l'épilimnion reste compatible avec la vie des organismes grâce à la très forte chaleur spécifique de l'eau et à la dissipation d'énergie provoquée par l'évaporation. Une nouvelle homogénéisation va ensuite avoir lieu en automne (❺). Ce type d'évolution à deux épisodes de stratification séparés par deux épisodes de mélange est caractéristique des *lacs dimictiques*.

Il est possible de trouver une évolution saisonnière telle qu'une stratification estivale est suivie d'un mélange hivernal uniquement ; ceci est caractéristique des *lacs monomictiques*.

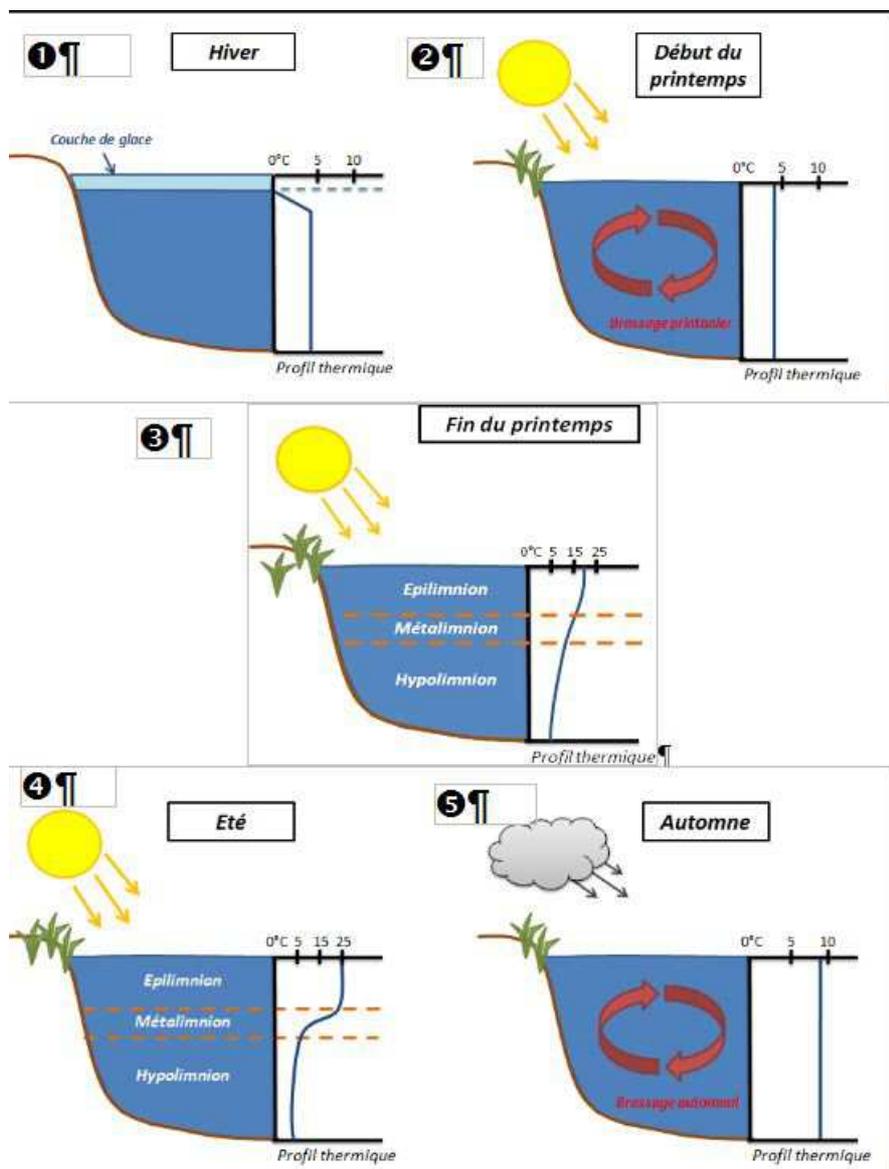


Illustration 1 : Régime thermique d'un lac dimictique

3.3.3 Une compartimentation biologique

La vie aquatique est composée de différents compartiments qui interagissent au travers d'une chaîne trophique complexe.

Le compartiment végétal aquatique est à la base de cet écosystème. Grâce au mécanisme de la photosynthèse, les végétaux produisent de la matière organique et relarguent le jour de l'oxygène dans l'eau à partir des composés minéraux et du gaz carbonique présent dans l'eau.

Les producteurs primaires macroscopiques (macrophytes) sont des plantes qui se développent en étroite relation avec la disponibilité en composés azotés ou phosphorés

(ceux-ci étant le plus souvent des facteurs limitants de leur croissance). Les macrophytes peuplent les berges et se répartissent suivant la pente et la bathymétrie, jusqu'à des profondeurs (en lien avec la transparence des eaux) compatibles avec la photosynthèse. Pour ces plantes, l'assimilation du phosphore dépend des teneurs présentes principalement dans les sédiments, mais également dans l'eau. Ces plantes sont, de leur vivant, relativement peu consommées, alors qu'elles fournissent une quantité de matière organique, à leur mort, qui sera utilisée par des invertébrés et des microorganismes décomposeurs (bactéries et champignons). Cette décomposition nécessite bien entendu une forte quantité d'oxygène. Enfin, le rôle des macrophytes de la zone littorale en tant qu'habitat et support de biodiversité est essentiel pour les plans d'eau.

Les producteurs primaires microscopiques (phytobenthos ou phytoplancton) se développent très tôt au printemps, puis par vague de communautés tout au long de l'année, avec des temps de génération pouvant être très court (quelques jours). Ce développement est fonction de la lumière, de la température et de la disponibilité immédiate en éléments nutritifs dans l'eau. Cette biomasse conduit à une turbidité des eaux qui, en elle-même, peut contribuer à autolimiter leur développement aux couches superficielles des masses d'eau.

Cette biomasse végétale est alors consommée par des organismes herbivores, invertébrés, zooplancton ou encore poissons planctonophages. Le compartiment zooplanctonique contribue à clarifier les eaux chargées en phytoplancton par prédation.

Ces organismes herbivores sont eux même consommés par les organismes carnivores de premier ou de second ordre qu'ils soient internes ou externes au plan d'eau.

Tous les organismes qui participent à cette chaîne trophique meurent ou produisent des déchets organiques qui sédimentent sur le fond du plan d'eau. Cette matière organique est recyclée par divers organismes décomposeurs (oligochètes, bactéries, ...) en matière minérale à nouveau biodisponible dans la masse d'eau pour les producteurs primaires végétaux lors du cycle suivant.

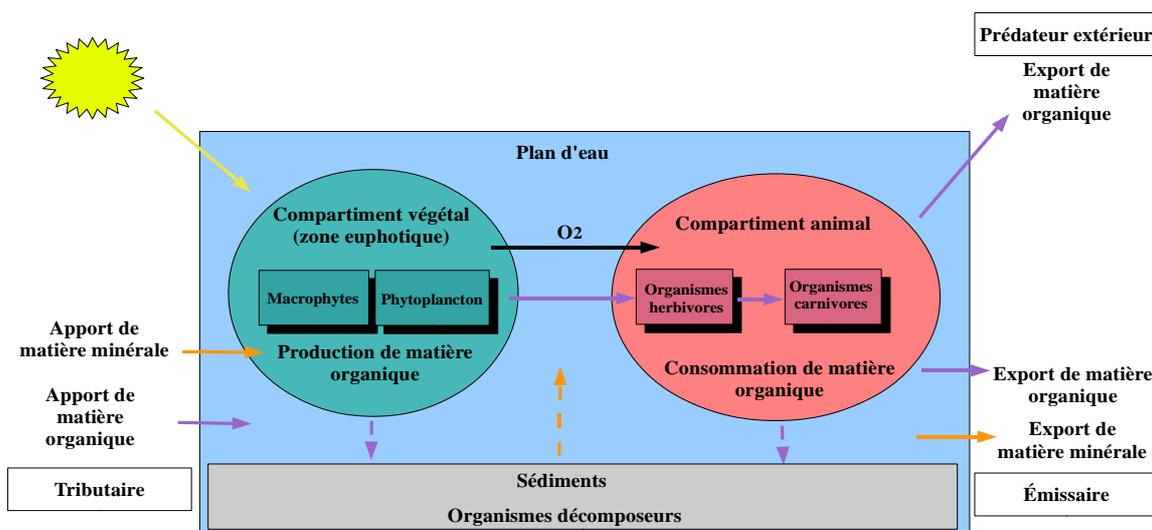


Illustration 2 : Réseau trophique simplifié au sein d'un plan d'eau et interactions avec le milieu extérieur

3.3.4 Un lent comblement naturel

Dans un plan d'eau naturel, il existe un bilan positif entre le flux d'éléments organiques et minéraux entrant et le flux sortant. Il en résulte un lent comblement naturel du plan d'eau.

3.3.5 Un faible marnage

Un plan d'eau peut présenter de légères variations saisonnières de sa cote d'eau (marnage) en fonction des variations de débits entrants et sortants (souvent inférieure à 2 mètres). Les périodes des hautes eaux et de basses eaux dépendent du régime hydrique des tributaires du plan d'eau. Ce marnage naturel saisonnier favorise une meilleure colonisation des berges par les macrophytes par l'intermédiaire de deux phénomènes, une érosion des berges amoindrie (meilleure répartition de l'énergie de la houle) et une minéralisation des sédiments exondés lors de la période de basses eaux.

3.3.6 Les exceptions au modèle classique

Cas des plans d'eau de faible profondeur

Ce type de plans d'eau présente un gradient thermique fonction des conditions climatiques et le plus souvent peu stable : un brassage des eaux et de leurs constituants peut intervenir sur un coup de vent ou un refroidissement.

Cas des plans d'eau à exutoire de fond

Il concerne généralement les retenues (hydroélectrique ;...) et certains plans d'eau singuliers (à pertes de fond).

Ces plans d'eau subissent un marnage important ne permettant pas la mise en place d'une flore littorale pérenne. La mise en place d'une stratification thermique est également perturbée.

Cas des plans d'eau présentant un court temps de séjour des eaux

Le rapide renouvellement des eaux de ce type de plan d'eau entraîne une mise en circulation de la masse d'eau, empêchant une stratification thermique ainsi qu'une zonation biologique clairement établie. C'est le cas de certaines retenues sur des grands cours d'eau pouvant présenter des temps de séjours inférieurs à une semaine.

4 DÉMARCHE GÉNÉRALE ET MÉTHODES D'ACQUISITION DES DONNÉES

Cette étude a été menée selon les modalités décrites en Annexe 1. La recherche des techniques et opérations de restauration a concerné :

- les techniques et opérations employées ou testées (test en milieu naturel) quel que soit le compartiment concerné du plan d'eau ou du bassin versant ;
- toutes problématiques observées, relatives à des dysfonctionnements écologiques de la masse d'eau ou de la zone littorale ;
- tout type de plans d'eau sans limite de taille et de morphologie ;

Ces recherches ont été menées au niveau international (aire géographique étendue : Europe, Amérique du Nord) pour les techniques et au niveau départemental français pour les opérations (détail des organismes contactés en Annexe 1).

5 ARCHITECTURE GÉNÉRALE DU DOCUMENT

Ce recueil comporte 3 documents :

- le présent rapport ;
- des fiches synthétiques ;
- une base de données.

La finalité de ce document est de favoriser les échanges d'expériences et contacts entre les acteurs susceptibles d'intervenir sur les plans d'eau, en présentant pour quelques plans d'eau altérés, les techniques et opérations de restauration mises en œuvre pour répondre aux objectifs écologiques. Il s'adresse donc aux collectivités, administrations, gestionnaires et propriétaires de plans d'eau.

Il ne s'agit en aucun cas d'un « livre de recettes » à appliquer tel quel. Chaque cas est unique. Les objectifs et opérations de restauration sont, à chaque fois, à repositionner dans un contexte écologique, hydraulique, historique et socio-économique particulier.

5.1 LE RAPPORT

Le rapport est une présentation générique des altérations et des différentes techniques mises en œuvre pour lutter contre ces altérations (Chapitre II. et Chapitre III.). Il comprend des statistiques réalisées tant sur les techniques de restauration (Chapitre III.) que sur les opérations recensées sur les bassins RM&C (Chapitre IV.) ainsi qu'un premier chapitre visant à guider les gestionnaires dans leur démarche de restauration.

5.2 LES FICHES SYNTHÉTIQUES

Les fiches synthétiques constituent un document autonome. Celui-ci comporte 3 types de fiches :

- les fiches concernant les altérations pouvant survenir sur un plan d'eau, FA ;
- les fiches concernant les techniques de restauration permettant de lutter contre ces altérations, FT ;
- les fiches concernant les opérations de mise en œuvre de ces techniques, FO.

Il constitue un catalogue des techniques regroupées par l'altération qu'elles visent à restaurer et illustrées par des opérations. Il est organisé de la manière suivante :

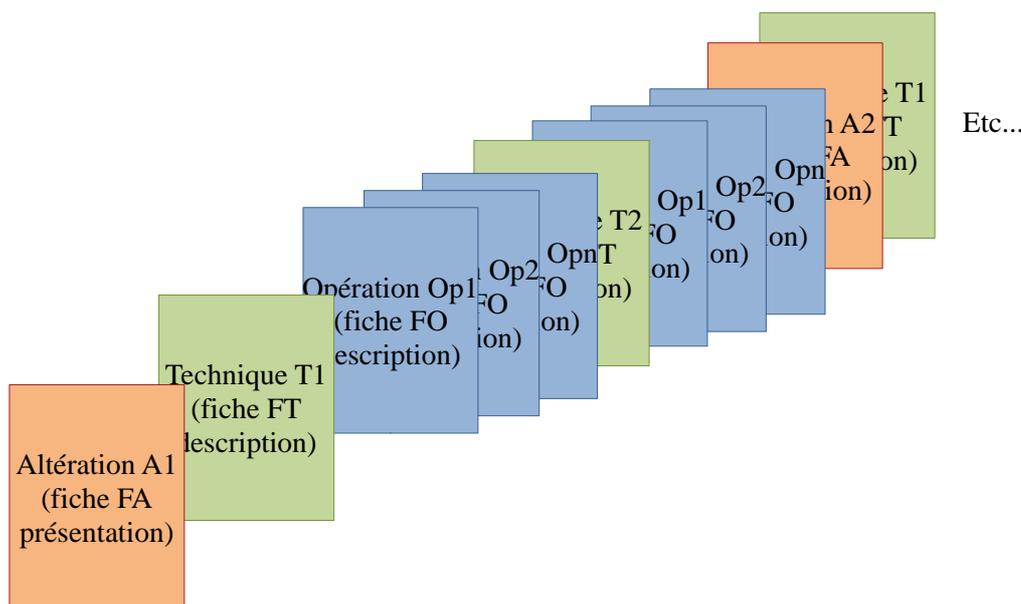


Illustration 3 : Architecture du recueil de fiches

Ces fiches ont pour objectif de décrire succinctement les différentes altérations, techniques et opérations.

Altération A1 (fiche FA présentation)	Les fiches "Altération", FA, présentent tout d'abord les caractéristiques générales des altérations ainsi que les objectifs de reconquête. La seconde partie de la fiche recense les techniques adaptées au traitement de l'altération en les hiérarchisant : <ul style="list-style-type: none"> - techniques spécifiquement adaptées ; - techniques adaptées au traitement d'altérations autres mais induisant secondairement des effets bénéfiques au traitement de l'altération concernées. La dernière partie de la fiche est constituée d'une clé identifiant les techniques recensées susceptibles d'aider à la résolution du problème en fonction de critères concernant le plan d'eau et le degré d'altération.
---	---

Technique T1 (fiche FT description)	Les fiches "Technique", FT, donnent des indications sur les modalités de mise en œuvre des techniques (lieu d'application, fréquence), leurs objectifs (effets ciblés sur le plan d'eau et sur les autres milieux), leurs coûts et les contraintes (législation), leurs potentiels effets indésirables ainsi qu'une estimation de leur efficacité (délai, durée). Les applications recensées sur les bassins RM&C et au niveau international y sont par ailleurs listées.
---	--

Opération Op1
(fiche FO
description)

Les fiches "Opération", FO, représentent les applications pratiques, en RM&C, des techniques qui ont été recensées. Elles sont constituées de 2 parties :

- la première concerne les caractéristiques générales du plan d'eau (hydromorphologie, localisation, usages, historique des altérations...);
- la seconde concerne la technique (mise en œuvre, effets à court et long terme, effets induits, avis du gestionnaire et des usagers...).

5.3 LA BASE DE DONNÉES

Lors de cette étude, une base de données a été créée pour permettre d'automatiser la création, la modification et l'impression tant des fiches "Altération" que Technique et Opération. Elle s'organise selon 4 items : bibliographie, altérations, techniques et opérations (cf. Illustration 4).

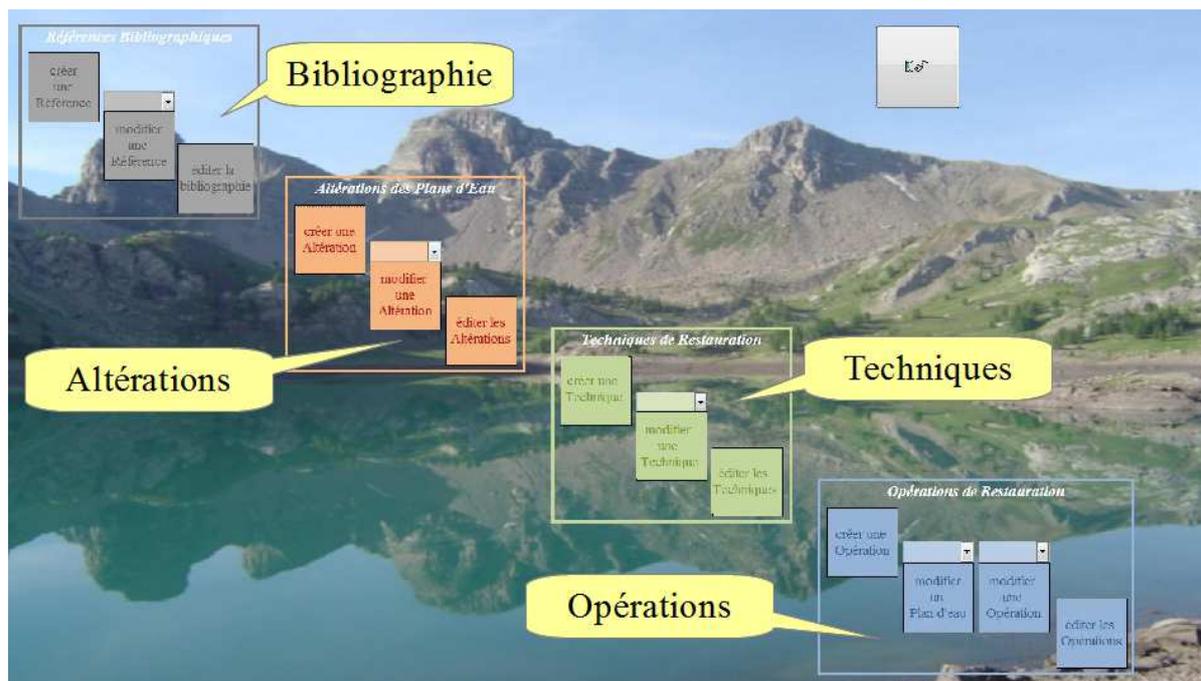


Illustration 4 : Formulaire d'accueil de la base de données

Une version grand public, permettant uniquement la consultation et l'impression des fiches, a aussi été créée.

Les modalités de fonctionnement et de remplissage de la base de données sont détaillées en Annexe 2.

*CHAPITRE I. DÉMARCHE DE
RESTAURATION DES PLANS D'EAU*

La base de la restauration de tout milieu naturel repose sur la compréhension de son fonctionnement, l'identification des facteurs l'influençant, la connaissance du contexte dans lequel il évolue ainsi que sur sa caractérisation (faune/flore, dynamique, historique). C'est pourquoi un diagnostic préalable à tout choix de technique de restauration est essentiel.

Par ailleurs, la mise en place d'indicateurs de suivis simples mais rigoureux est essentielle pour pouvoir évaluer l'impact des opérations de restauration à court et à long terme, notamment au regard des objectifs préalablement fixés.

Toute opération de restauration a un coût tant pour l'opération en elle-même que pour son éventuelle gestion et son suivi. Il est nécessaire de prendre en compte ce coût dès le début de la réflexion concernant le choix de la technique à mettre à œuvre.

La restauration et/ou la préservation d'un plan d'eau comme tout milieu naturel doit nécessairement s'inscrire dans une vision intégrée, en cohérence avec le bassin versant du plan d'eau et associer l'ensemble des acteurs intervenant sur le plan d'eau et son écosystème : propriétaires, élus, collectivités, agriculteurs du bassin versant, pêcheurs, gestionnaires de barrage, acteurs touristiques...

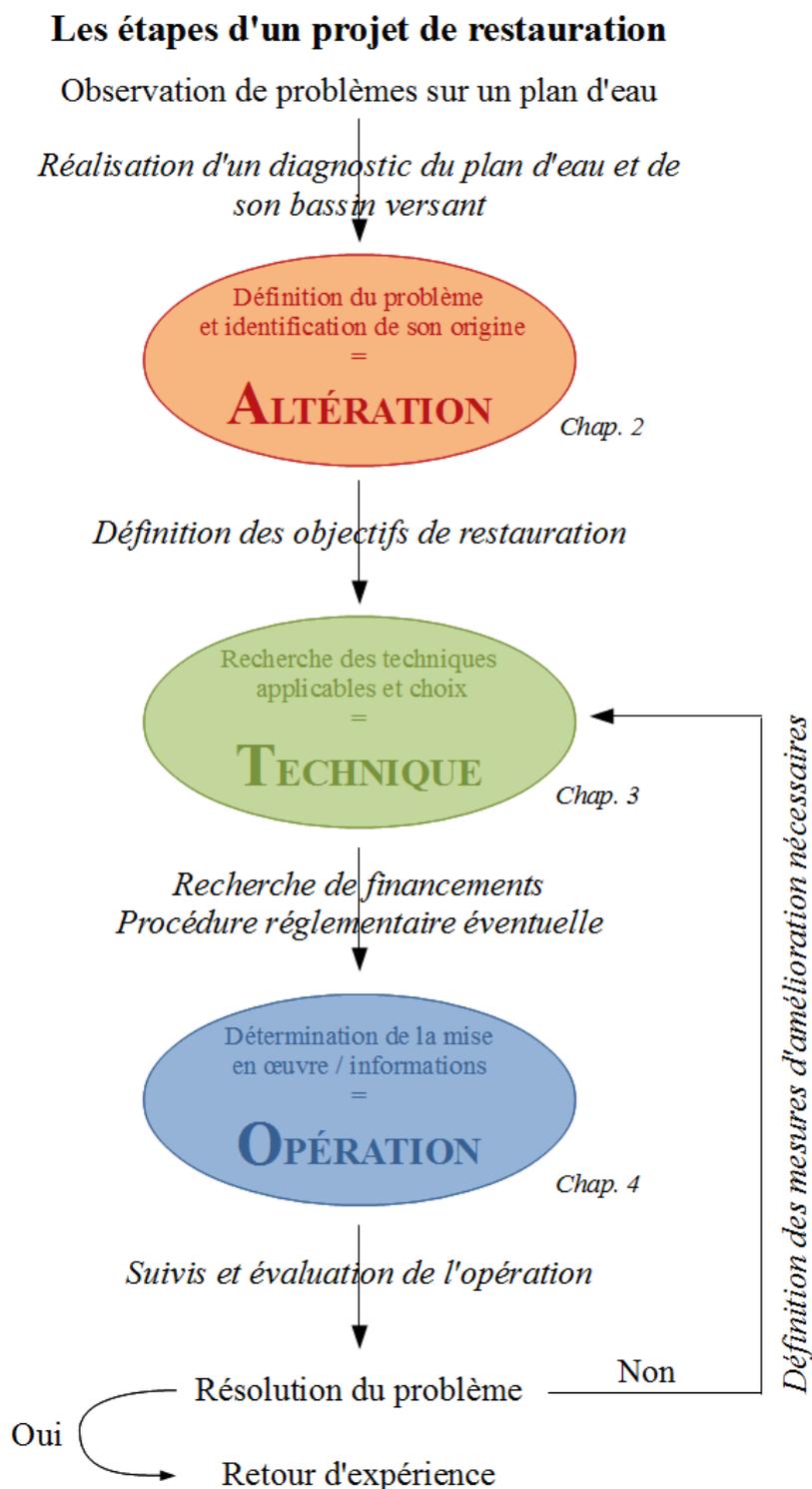


Illustration 5 : Schéma simplifié de la démarche de restauration d'un plan d'eau

1 IDENTIFICATION DE L'ALTÉRATION

Avant toute intervention de restauration, il est indispensable de bien définir la problématique du plan d'eau notamment sa nature, son étendue/importance et son origine. L'identification de l'altération à l'origine des perturbations du fonctionnement écologique du plan d'eau peut nécessiter une étude bibliographique et des entretiens avec les différents usagers. Le plus souvent, il s'avère pertinent de réaliser un diagnostic du plan d'eau (et éventuellement de son bassin versant) ; caractéristiques physiques, hydrologiques, biodiversité, flux entrants et sortants... → localisation et origine des dysfonctionnements. En effet, la mauvaise définition de l'altération touchant le plan d'eau risque fort d'être à l'origine de l'échec des opérations de restauration mises en œuvre.

Une clé a été réalisée dans le but de faciliter l'identification des altérations touchant un plan d'eau (cf. Chapitre II. 3 Clé d'identification des altérations).

2 OBJECTIFS ET CADRE DE LA RESTAURATION

La restauration d'un plan d'eau tend vers le retour de l'écosystème à sa trajectoire historique ou vers une trajectoire « optimale » pour les plans d'eau artificiels. Avant la mise en œuvre d'une opération de restauration, le gestionnaire de plan d'eau doit définir l'écosystème de référence vers lequel il souhaite tendre.

L'écosystème restauré doit être viable, c'est à dire se maintenir structurellement et fonctionnellement. Il doit être résilient et résistant vis à vis de perturbations « normales » de son environnement. Il doit s'intégrer et interagir avec une matrice écologique plus large (flux, échanges biotiques et abiotiques).

Il doit atteindre ou préserver, au sens de la directive cadre sur l'eau (DCE), un bon état ou un bon potentiel écologique.

Il est important de définir précisément les objectifs du projet de restauration. Ceux-ci doivent, de préférence, être chiffrés pour permettre une évaluation des effets des opérations et une adéquation avec le projet d'origine (cf. 4 Suivi et évaluation de l'opération).

Les objectifs portent généralement sur 3 critères :

- critères biologiques (présence/absence d'espèces...) ;
- critères hydromorphologiques (profondeur, état des berges...) ;
- critères physico-chimiques (nutriments, pH, toxiques...).

Par ailleurs, pour réussir un projet de restauration, le choix de l'échelle d'intervention est important (plan d'eau lui-même, bassin versant voire échelle encore plus large par exemple lors de colonisation par des mammifères invasifs). Le projet doit, en effet, être intégré dans un cadre territorial et impliquer l'ensemble des acteurs intervenant sur ce territoire.

3 CHOIX DES TECHNIQUES

Il faut souligner au préalable qu'aucune des techniques de restauration disponibles ne peut être généralisée à tous les plans d'eau. Il n'y a pas de technique miracle, chacune présentant des avantages et des inconvénients.

Le choix d'une technique dépend de nombreux facteurs devant être mis en relation avec les objectifs de restauration :

- *la pertinence de la technique* : est-elle bien adaptée pour traiter le problème ? Par exemple, la mise en place d'opérations de faucardage serait inefficace pour lutter contre les algues filamenteuses.
- *l'applicabilité sur le plan d'eau* : le plan d'eau possède-t-il les caractéristiques nécessaires (profondeur, stratification, superficielle...) à la mise en œuvre de la technique ? Une opération de destratification sur un plan de 60m de profondeur est, par exemple, inutile.
- *l'efficacité (notamment en terme de durée) / la fiabilité* : le temps de réponse d'un plan d'eau suite à la mise en œuvre d'une technique de restauration peut être long. Il est nécessaire d'être conscient de ce temps de latence. Certaines techniques présentent en effet de bons résultats mais uniquement à long terme. Elles doivent donc être mises en œuvre suffisamment longtemps pour permettre d'avoir de bons résultats. Il peut parfois s'avérer pertinent de coupler plusieurs techniques pour accélérer le processus de restauration (traitement des eaux usées entrantes (long terme) et extraction de la fraction superficielle des sédiments (court terme) par exemple).
- *l'impact sur l'écosystème plan d'eau et les milieux alentours* : la mise en œuvre d'une opération aura un impact sur le compartiment du plan d'eau traité mais aussi sur les compartiments et milieux annexes. Ces impacts sont à prendre en considération en terme d'importance, de durée/période et d'étendue. Par exemple, la mise en œuvre d'un soutirage hypolimnique avec rejet sans traitement des eaux pompées peut fortement impacter le cours d'eau receveur (désoxygénation, eutrophisation...) et ceci pendant toute la durée du soutirage et sur un fort linéaire.
- *le coût (investissement, fonctionnement)* : certaines techniques dites « coup de poing », telles le dragage, impliquent des coûts de mise en œuvre pouvant être importants mais ne nécessitant pas ou peu d'entretien. D'autres techniques, telle le faucardage, sont à répéter régulièrement (plusieurs fois par saison ou chaque année). Leur coût de mise en œuvre est souvent bien moindre mais plus régulier. D'autres encore sont permanentes/semi-permanentes (aération hypolimnique), leur emploi implique donc un coût de mise en œuvre et des coûts de fonctionnement (électricité, oxygène...). Lors du choix d'une technique, il est important d'évaluer et de comparer l'ensemble de ces coûts.

Tous ces critères doivent être évalués au cas par cas en fonction du plan d'eau, de son environnement et des compétences des intervenants. Pour chaque altération, une clé permettant de visualiser les différentes techniques envisageables en fonction de certains critères du plan d'eau a été créée (cf. Fiches Altération).

Par ailleurs, avant la mise en œuvre d'une technique, il faudra être conscient de ses limites/contraintes, notamment concernant les délais d'efficacité, les modalités de mise en œuvre et la réglementation.

RÉGLEMENTATION / LÉGISLATION

Les travaux sur les milieux aquatiques sont soumis à de nombreuses réglementations. Il est donc important de s'informer sur la législation/réglementation s'appliquant à la (aux) technique(s) choisie(s) ou pressentie(s) (déclaration de vidange, autorisation/déclaration de destruction de frayères...).

En cas de doute, il est nécessaire de se renseigner auprès des services de la Police de l'Eau.

La réglementation applicable aux plans d'eau fait principalement partie du Code de l'Environnement avec notamment les articles L210-1 et suivants (cf. Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA), 2006).

4 SUIVI ET ÉVALUATION DE L'OPÉRATION

La phase d'évaluation des opérations de restauration porte sur des indicateurs et des protocoles de récolte de données, les suivis.

Le suivi d'une opération de restauration est un élément majeur. En effet, il est essentiel pour évaluer les techniques mises en œuvre et permettre des transferts d'expériences entre gestionnaires ou une communication/valorisation vers le grand public. Aujourd'hui, l'intérêt de généraliser la mise en place de suivis n'est plus à démontrer même si, il y a encore quelques années, une forte proportion des opérations de restauration écologique mises en œuvre ne faisait pas l'objet de suivis.

Bien élaboré, un projet de restauration vise à atteindre des buts fixés préalablement à la mise en œuvre des opérations de restauration et qui tentent de refléter le fonctionnement « normal » de l'écosystème de référence (cf. § 1.2 Objectifs et Cadre de la Restauration).

Les objectifs des suivis sont doubles. Ils servent à rendre compte de la satisfaction des buts fixés mais aussi à évaluer les incidences des opérations réalisées sur le plan d'eau lui-même ainsi que sur les compartiments « aval » (cours d'eau, zones humides annexes, oiseaux, flore...).

Afin d'évaluer si les buts fixés ont été atteints et quelles ont été les incidences de l'opération, il est nécessaire de mettre en place des indicateurs de suivi fiables, pertinents, aisément mesurables et comparables d'une année à l'autre. Ces indicateurs font partie intégrante de la technique de restauration et doivent être définis en même temps que les objectifs et pouvoir être comparés à un état « Zéro » réalisé avant la mise en œuvre des opérations de restauration. Les suivis doivent être planifiés dans le temps. Ils peuvent s'alléger progressivement ou être réorientés, en fonction des résultats obtenus par rapport aux

objectifs de départ.

La mise en œuvre de suivis présente un coût. Celui-ci doit être, là aussi, intégré dès le début de la réflexion.

Pour évaluer l'efficacité d'une opération de restauration, plusieurs questions doivent être posées :

- Les buts fixés sont-ils atteints ?
- Les résultats sont-ils durables ?
- Quelles sont les incidences sur le plan d'eau ? Sur les compartiments annexes ?
- Les incidences négatives sont-elles négligeables ?

Les résultats des suivis permettent de répondre à ces questions et indiquent lorsqu'il est nécessaire de réitérer une opération.

Les indicateurs de suivis sont nombreux, le Tableau 1 en présente quelques exemples en fonction de l'altération visée.

Type de problème rencontré	Indicateurs de suivi possibles
Prolifération de macrophytes/Flore invasive	- cartographie de la végétation - superficie d'eau libre - caractéristiques du peuplement
Prolifération de phytoplancton	- fréquence des blooms - teneur en chlorophylle a - transparence de l'eau - caractéristiques du peuplement
Érosion des berges	- linéaire de berges érodées - vitesse d'érosion
Turbidité	- transparence de l'eau
Anoxie	- concentration O ₂ - saturation O ₂
Comblement	- hauteur de vase - vitesse de sédimentation - apports du bassin versant
Pollutions	- apports du bassin versant - concentration en polluants (eau / sédiments) - mortalité poissons
Animaux invasifs	- nombre de captures/observations
Nutriments	- apports du bassin versant - concentration (eau /sédiments / tributaires)
Absence de faune	- suivi de la population (méthode de Capture-Marquage-Recapture, nombre d'individus pêchés...) - succès de la reproduction

Tableau 1 : Exemple d'indicateurs de suivi en fonction du problème rencontré

En conclusion

Avant d'entreprendre toute opération de restauration d'un plan d'eau, il est **nécessaire de mener une réflexion approfondie et d'évaluer l'ensemble des besoins**. De nombreux facteurs peuvent être source d'échec de l'opération :

- mauvaise identification de l'origine de l'altération ;
- connaissance insuffisante du fonctionnement du plan d'eau et des liens avec les écosystèmes connexes ;
- mauvaise mise en œuvre de la technique choisie ;
- manque de ressource (technique, financière) pour mener à bien et évaluer l'opération....

*CHAPITRE II. ALTÉRATIONS DES
PLANS D'EAU*

1 LES PRINCIPAUX GROUPES D'ALTÉRATION

La définition de la (des) l'altération(s) A touchant le plan d'eau est une phase primordiale (cf. Chapitre I. § 1).

Le fort développement des activités humaines autour des plans d'eau entraîne malheureusement souvent une dégradation de la qualité du milieu (rejet d'effluents domestiques, pollution routière, artificialisation des berges...). Les altérations portant atteinte au bon fonctionnement d'un plan d'eau sont nombreuses et variées. Aussi nous proposons une structuration de ces dernières en fonction des différents compartiments physiques et biologiques que constituent l'écosystème d'un plan d'eau. Il faut cependant garder en mémoire que cet écosystème aquatique forme un ensemble complexe dont le fonctionnement de chacun des compartiments est étroitement relié à celui des autres compartiments. Plusieurs altérations peuvent donc agir en synergie sur un même compartiment.

1.1 EUTROPHISATION (A1.)

L'eutrophisation constitue l'altération la plus courante des plans d'eau.

A l'origine, le terme eutrophisation désigne l'évolution naturelle depuis un état oligotrophe (milieu pauvre en éléments nutritifs) vers un état eutrophe (milieu riche en éléments nutritifs) sans caractère négatif. Cette eutrophisation peut être suivie au travers de l'évolution de divers paramètres caractérisant un état trophique (concentrations en phosphore, en chlorophylle, transparence de l'eau, importance de la biomasse végétale ou concentration en oxygène des eaux du fond). Elle est en relation avec le lent comblement de la cuvette lacustre. Par extension, l'eutrophisation désigne actuellement l'accélération de ce processus et la dégradation des plans d'eau par excès de nutriments dues généralement à l'Homme.

1.1.1 Augmentation des concentrations en composés nutritifs de la masse d'eau (A11)

Les activités humaines (domestiques, industrielles, agricoles,...) peuvent augmenter les concentrations en phosphore et azote au niveau des eaux qui alimentent le plan d'eau. Ce surplus de nutriments (eutrophisation potentielle) entraîne généralement d'autres phénomènes, exprimant une eutrophisation fonctionnelle du plan d'eau.

1.1.2 Augmentation de la biomasse macrophytique (A12)

Les macrophytes qui ont accès aux éléments nutritifs provenant des sédiments mais aussi directement de la masse d'eau peuvent proliférer et présenter une forte biomasse. L'excès de macrophytes entraîne de fortes productions d'oxygène le jour mais aussi à l'inverse de fortes consommations la nuit par le biais des organismes décomposeurs. Une prolifération végétale

peut également altérer la pratique de nombreux usages du plan d'eau (nautisme, pêche,...). Les débris de macrophytes peuvent également s'accumuler au fond du plan d'eau et accélérer le comblement de ce dernier.

1.1.3 Augmentation de la biomasse phytoplanctonique (microphytes et cyanobactéries) (A13)

Cette augmentation est directement liée à l'élévation de la biodisponibilité en nutriments dans la masse d'eau. Les différents groupes d'algues (microphytes) sont très dépendants des composés phosphorés (facteur limitant) alors que les cyanobactéries dépendent souvent de déséquilibres entre azote et phosphore. Le problème majeur de la présence de cyanobactéries est lié à leur faculté à sécréter des cyanotoxines dangereuses pour l'Homme (baignade et consommation) et pour les animaux (toxicité,...).

1.1.4 Augmentation de la biomasse bactérienne (A15)

Cette augmentation est également directement liée à l'élévation des éléments nutritifs minéraux (et organiques) disponibles dans les sédiments ou dans la masse d'eau. De nombreux éléments chimiques peuvent alors être métabolisés tel que l'ammonium, le méthane, certains produits sulfurés. Tous ces éléments peuvent entraîner de fortes odeurs et des dérèglements des communautés animales et végétales.

1.1.5 Anoxie de la masse d'eau (A14)

Il résulte de l'excès de production primaire une importante sédimentation biogène qui alimente massivement les organismes décomposeurs tels que les bactéries ou autres microorganismes. Ces décomposeurs consomment l'oxygène dissous au point de générer des conditions anoxiques, dommageables au bon fonctionnement d'un plan d'eau au travers de réactions chimiques incomplètes produisant des métabolites toxiques et de la mise en place de conditions inhospitalières pour la faune et la flore.

En outre, le manque d'oxygène au niveau de l'interface eau-sédiment, peut provoquer un transfert de phosphore (et autres nutriments) depuis les sédiments vers la masse d'eau, amplifiant ainsi le phénomène d'eutrophisation.

1.2 DYSFONCTIONNEMENTS DU COMPARTIMENT SÉDIMENT (A2.)

1.2.1 Accélération du comblement du plan d'eau (A21)

On rappelle que le comblement est l'évolution normale d'un plan d'eau. Cependant, certaines activités humaines peuvent accélérer ce processus, par exemple par déforestation du bassin versant, érosion, travaux dans le lit des cours d'eau amont (augmentation des matières en suspension dans les tributaires). Une sédimentation excessive d'origine anthropique peut être

à l'origine de perturbations dans le fonctionnement classique d'un plan d'eau et de gênes à l'utilisation de ces plans d'eau (navigation, réserve d'eau douce, bassin écrêteur de crues,...). Un excès de production de biomasse organique au sein du plan d'eau peut également être à l'origine d'une accélération du comblement du plan d'eau.

1.2.2 Relargage de composés nutritifs vers la masse d'eau (A22)

Les sédiments lacustres ont la capacité de piéger certains éléments tels que le phosphore, des composés azotés, des composés organiques ainsi que des éléments toxiques rémanents (métaux, polluants organiques persistants) présents dans les apports du bassin versant.

L'élément clé du piégeage du phosphore est son insolubilisation en présence d'oxygène, de complexes ferriques et donc en fonction du pH et de valeurs élevées du redox.

Les conditions d'anoxie que le processus d'eutrophisation d'un plan d'eau peut entraîner, permettent alors le relargage du phosphore, mais aussi des autres composés toxiques (oxydes de cuivre,...) stockés dans les sédiments.

1.3 DÉSÉQUILIBRES DE LA BIODIVERSITÉ (A3.)

1.3.1 Dégradation de l'écosystème littoral (A33)

Un plan d'eau à l'équilibre constitue un écosystème stable dont la zone littorale est un écotone fragile indispensable à son bon fonctionnement. Toute altération au sein de cet écosystème peut entraîner des perturbations au sein du plan d'eau. Ces altérations peuvent agir sur les organismes et leurs habitats.

L'artificialisation, l'homogénéisation du littoral mais aussi les activités de loisirs nautiques peuvent être à l'origine de diverses dégradations des habitats littoraux. L'exploitation industrielle de certains plans d'eau peut être à l'origine de fortes variations de la cote d'eau préjudiciable à l'écosystème littoral : le jeu du battage des vagues, de la saltation et du marnage conduisent à l'absence d'une granulométrie favorable à l'implantation de végétation.

Ces perturbations se traduisent fréquemment par une perte de biodiversité avec des conséquences multiples mais aussi par des dérèglements du comportement animal.

Une diminution ou une absence de macrophytes peut par exemple entraîner une augmentation de la biomasse phytoplanctonique par compensation trophique (compétition sur les nutriments tels que le phosphore) et une diminution de la population piscicole par manque de frayères.

1.3.2 Déséquilibre du compartiment floristique (A31)

Les espèces végétales envahissantes présentent une dynamique de colonisation rapide et importante. Ces plantes peuvent être indigènes ou exotiques. Les espèces exotiques colonisent des surfaces en dehors de leur aire de répartition géographique d'origine. C'est très souvent l'action de l'Homme qui est responsable de la dissémination des espèces envahissantes exotiques.

Ces dernières sont responsables de nombreuses nuisances vis à vis de l'écosystème mais aussi des usages d'un plan d'eau.

Les espèces végétales envahissantes exotiques peuvent dégrader l'écosystème d'un plan d'eau par diminution de la biodiversité des berges et de la zone littorale (compétition avec les espèces indigènes). La valeur patrimoniale du plan d'eau peut régresser, avec les atteintes connues sur les espèces qui y sont inféodées. La production de nombreux débris végétaux accélère également le comblement du plan d'eau. La biodisponibilité en oxygène ainsi que la transparence des eaux peuvent aussi être modifiées.

1.3.3 Déséquilibre du compartiment faunistique (A32)

Certaines espèces animales envahissantes, surtout exotiques, fragilisent l'écosystème des plan d'eau.

Les espèces terrestres peuvent accélérer l'érosion des berges en les fragilisant par l'intermédiaire des terriers qu'elles creusent, c'est notamment le cas des ragondins.

D'autres espèces, terrestres ou aquatiques, bouleversent la biodiversité animale de ces milieux parce qu'elles entrent en compétition directe avec les espèces indigènes. C'est le cas notamment de l'Écrevisse américaine, de la Tortue de Floride, de la Perche soleil et du Poisson chat.

D'autres altérations (pollutions toxiques, anoxie, espèces végétales envahissantes,...) peuvent avoir pour conséquence une diminution ou une disparition de certaines espèces animales, avec les conséquences que cela peut induire sur le reste de la chaîne trophique.

1.4 ÉROSION (A41)

La végétation qui s'installe au niveau de la zone littorale, plus particulièrement sur les berges, permet une stabilisation de ces dernières. Une activité anthropique trop importante (urbanisation, piétinement, loisirs nautiques,...) ainsi qu'une mauvaise gestion hydraulique (marnage excessif ou au contraire stabilisation trop longue du niveau des eaux en hiver) peuvent favoriser une érosion, une perte de ces habitats avec des conséquences néfastes pour le plan d'eau. Les berges ne sont alors plus stabilisées et finissent par s'effondrer petit à petit.

Les plans d'eau d'origine naturelle présentent souvent un marnage en fonction des conditions hydrologiques et hydrogéologiques. Certains de ces plans d'eau sont équipés d'ouvrages hydrauliques permettant le maintien de la cote d'eau par régulation des débits sortants. Sur de tels plans d'eau, l'impact des vagues liées aux conditions météorologiques ou au batillage se produit toujours sur une hauteur réduite de la berge, celle située directement au niveau de la ligne d'eau. Une forte érosion des berges peut alors être constatée à ce niveau.

Le marnage important de certains plans d'eau artificiels empêche l'installation d'un cortège floristique adapté à de telles conditions (les végétaux hydrophytes ne supportent pas de longues périodes d'exondation, les végétaux terrestres ne supportent pas de longues périodes d'inondation). L'absence de végétation ne permet pas de fixer le substrat des berges. Ces berges peuvent alors présenter des signes d'érosion.

1.5 TURBIDITÉ (A5.)

La turbidité d'une masse d'eau est liée à sa teneur en éléments qui la troublent. Ces éléments peuvent être de natures différentes, soit abiotiques (particules organo-minérales colloïdales...) soit biotiques (bactéries, phyto et zooplancton,...) tout en provoquant les mêmes dysfonctionnements au sein d'un plan d'eau si la turbidité est jugée excessive. La principale conséquence d'une nette augmentation de la turbidité est l'amincissement de la zone euphotique, entraînant ainsi une baisse de la production primaire au sein du plan d'eau, une baisse de la production d'oxygène et un déséquilibre du compartiment végétal.

Cette turbidité est parfois naturelle (Eychauda, Pas des Ondes,...) mais le plus souvent elle est liée à l'action humaine :

- directement : déforestation, extraction de granulats,... (§1.5.1) ;
- indirectement : excès de phytoplancton lié à un phénomène d'eutrophisation (§1.5.2) .

1.5.1 Augmentation de la turbidité liée à des particules organo-minérales (A51)

Une augmentation de la turbidité liée à la présence d'éléments abiotiques peut avoir plusieurs origines possibles :

- des travaux dans les cours d'eau du bassin versant ou dans le plan d'eau lui même ;
- un lessivage de surfaces dévégétalisées en amont du plan d'eau ;
- un brassage des berges (batillage ou houle) ;
- un excès de faune fouisseuse.

1.5.2 Augmentation de la turbidité liée à des micro organismes (A52)

Une augmentation de la turbidité liée à la présence d'éléments biotiques peut avoir plusieurs origines possibles :

- une eutrophisation du plan d'eau se traduisant par une augmentation de la concentration en phytoplancton ;
- un déséquilibre macrophytes / phytoplancton.

1.6 POLLUTIONS TOXIQUES (A61)

Les principaux éléments d'origine purement géologique présentent des concentrations stables au sein des masses d'eau, non préjudiciables au bon fonctionnement des plans d'eau. Pour les éléments dont le taux de transfert naturel vers le plan d'eau est modifié par les activités humaines, les concentrations dans les plans d'eau peuvent devenir préoccupantes. Leur bio-accumulation peut être néfaste pour les compartiments animal et végétal. Des problèmes sanitaires peuvent également être engendrés par ces pollutions toxiques (baignade, consommation,...)

Les pollutions peuvent être de plusieurs types.

Les pollutions métalliques sont principalement d'origine industrielle (mercure,...) ou « agricole » au sens large (agriculteurs, jardiniers, gestion des espaces verts communaux, traitements de certaines infrastructures,...). Ces éléments très peu concentrés dans la masse d'eau peuvent s'accumuler dans le compartiment sédiments, la faune et les organes souterrains des macrophytes.

Les pollutions organiques sont le plus souvent d'origine domestique (solvants, médicaments, perturbateurs endocriniens...) mais aussi agricole (pesticides,...). Certains composés lipophiles peuvent s'accumuler au sein des organismes vivants, notamment au niveau du compartiment piscicole.

Les pluies acides ont pour origine une interaction entre des polluants émis par les activités humaines (oxydes de soufres et d'azote) et le dioxygène de l'atmosphère. Les pluies peuvent alors être chargées en acides divers qui vont se concentrer à terme au sein de certains plans d'eau.

La pollution aux hydrocarbures, souvent liée à la présence d'infrastructures routières non équipées de réseaux de collecte et de traitement des lessivats de la voirie.

2 SCHEMA RÉCAPITULATIF DES ALTÉRATIONS

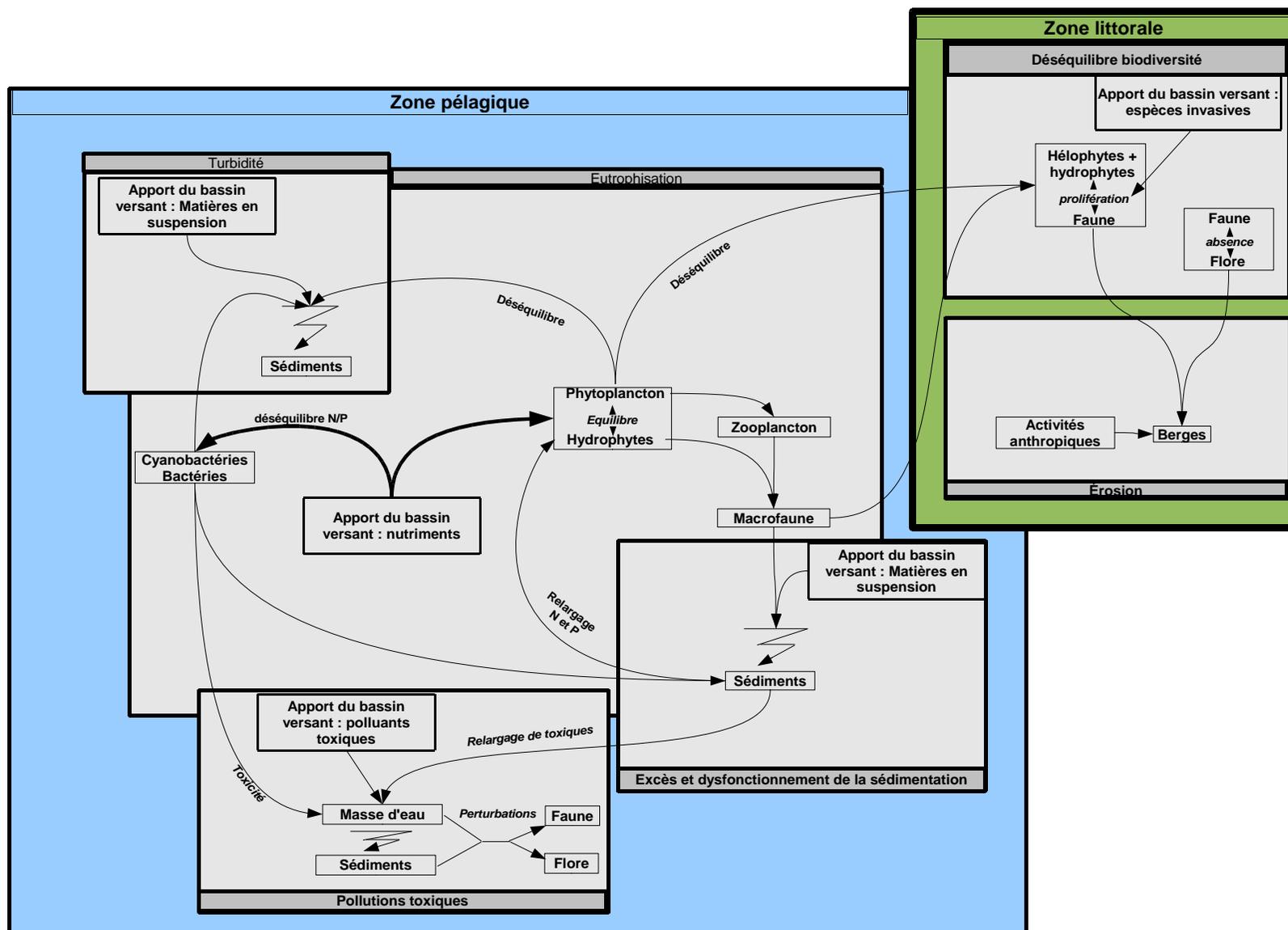


Illustration 6 : Schéma récapitulatif des altérations pouvant toucher un plan d'eau

3 CLÉ D'IDENTIFICATION DES ALTÉRATIONS

Ou ?	Quoi ?	Altération possible
1 Zone littorale	1.a Effondrement, érosion	A41 Érosion
	1.b Prolifération végétale	A31 Déséquilibre du compartiment floristique
		A11 Augmentation des concentrations en composés nutritifs de la masse d'eau A12 Augmentation de la biomasse macrophytique
	1.c Nombreux terriers	A32 Déséquilibre du compartiment faunistique
	1.d Dépôts de matériaux	A33 Dégradation de l'écosystème littoral
	1.e Mauvais accueil des espèces végétales	A33 Dégradation de l'écosystème littoral
A41 Érosion		
2 Surface de l'eau	2.a Présence d'une couche visqueuse, présence d'une écume	A52 Augmentation de la turbidité liée à des micro-organismes
		A15 Augmentation de la biomasse bactérienne
	2.b Le plan d'eau est recouvert de plantes	A32 Déséquilibre du compartiment floristique A12 Augmentation de la biomasse macrophytique
3 Masse d'eau	3.a Faible transparence	A51 Augmentation de la turbidité liée à des particules organo-minérales
		A52 Augmentation de la turbidité liée à des micro-organismes
	3.b Prolifération végétale	A31 Déséquilibre du compartiment floristique
		A12 Augmentation de la biomasse macrophytique
	3.c Prolifération animale	A32 Déséquilibre du compartiment faunistique
	3.d Surmortalité animale / Absence	A32 Déséquilibre du compartiment faunistique
A14 Anoxie de la masse d'eau A61 Pollutions toxiques		
3.e Pollutions diverses	A61 Pollutions toxiques	
4 Fond du plan d'eau, sédiments	4.a Envasement, atterrissement	A21 Accélération du comblement du plan d'eau
	4.b Prolifération végétale	A31 Déséquilibre du compartiment floristique
		A12 Augmentation de la biomasse macrophytique
	4.c Mauvaise odeur	A15 Augmentation de la biomasse bactérienne
A14 Anoxie de la masse d'eau		
4.d Relargage d'éléments nutritifs	A22 Relargage de composés nutritifs vers la masse d'eau	

4 LES FICHES "ALTÉRATION" – FA

Au total, 14 fiches "Altération", rassemblées en 6 groupes, ont été créées.

Les FA se présentent de la façon suivante :

- l'en-tête de page définit le nom de l'altération et son numéro sous la forme Ayx, le chiffre y représentant le groupe de l'altération et le chiffre x le numéro de l'altération au sein de ce groupe (cf. Illustration 7) ;
- la première page présente un descriptif de l'altération (origine, localisation, problèmes engendrés...) et des objectifs de restauration visés (cf. Illustration 7) ainsi que plusieurs illustrations ;
- la (les) page(s) suivante(s) liste(nt) les différentes techniques et opérations recensées visant principalement et secondairement à lutter contre cette altération ;
- la dernière page correspond à une clé d'aide à la décision indiquant les techniques employées en fonction des caractéristiques du plan d'eau altéré. **Cette clé ne fournit pas LA technique à employer en fonction de l'altération subie par le plan d'eau. Elle informe simplement le lecteur sur les techniques envisageables pour lutter contre une altération en fonction de quelques critères du plan d'eau.**

<p>Nom de l'Altération</p>	<p>Déséquilibre du compartiment floristique</p>		<p>N° de l'Altération</p> <p>A31</p>
<p>Nom du groupe de l'Altération</p>		<p><i>Déséquilibres de la biodiversité</i></p>	
<p>Illustration 1</p>	 <p><i>Rorippa sp. colonisant un élag.</i></p>	<p>Les espèces végétales envahissantes présentent une dynamique de colonisation rapide et importante. Ces plantes peuvent être indigènes ou exotiques. C'est très souvent l'action de l'homme qui est responsable de la dissémination des espèces végétales envahissantes.</p> <p>La frange littorale et la zone euphotique sont les principaux compartiments affectés par cette altération.</p> <p>Les espèces végétales envahissantes peuvent dégrader l'écosystème d'un plan d'eau en réduisant la biodiversité (espèces et de la zone littorale (compétition avec les espèces natives). La valeur patrimoniale du plan d'eau est affectée, avec les atteintes connues sur les espèces qui y sont inféodées.</p>	<p>Illustration 3</p>
<p>Illustration 2</p>	 <p><i>Elodée sp. Colonisant le lac de Montrion</i></p>	<p>La production de nombreux débris végétaux puis leur dégradation et sédimentation accélère le comblement du plan d'eau. La biodisponibilité en oxygène ainsi que la transparence des eaux peuvent aussi être modifiées, provoquant ainsi des changements de comportement de la faune.</p> <p>Ce déséquilibre du compartiment floristique est également responsable de nombreuses nuisances vis-à-vis des usages et loisirs d'un plan d'eau.</p>	<p>Objectifs de reconquête :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contrôle ou éradication des espèces nuisibles <p>Objectifs de reconquête</p>

Illustration 7 : Fiche "Altération", page 1

En conclusion

Un plan d'eau représente un écosystème complexe quasiment à l'équilibre sur une échelle de temps humaine. Toutes les interactions entre les différents compartiments de cet écosystème sont fragiles, si bien que lorsqu'une altération affecte l'un d'eux, tout le fonctionnement du plan d'eau peut être modifié. Les altérations affectant les plan d'eau sont très variées et très majoritairement d'origine anthropique.

*CHAPITRE III. TECHNIQUES DE
RESTAURATION ÉCOLOGIQUE*

1 PRÉSENTATION GÉNÉRALE DES DIFFÉRENTES TECHNIQUES

Le développement des activités anthropiques à proximité des plans d'eau ou sur leur bassin versant entraîne souvent l'apparition de nuisances dues à des altérations modifiant le fonctionnement de l'écosystème plan d'eau. Pour faire face à ces nuisances, les gestionnaires ont mis en œuvre différents types de techniques de restauration :

- des techniques préventives qui visent à empêcher l'apparition d'une altération ;
- des techniques curatives qui permettent de remédier à une altération à plus ou moins long terme ;
- des techniques palliatives qui masquent temporairement les effets d'une altération sans en éliminer les causes.

Au total, 71 techniques de restauration des plans d'eau ont été recensées.

La majorité (65) a fait l'objet d'une fiche « Technique » (FT). Chacune de ces techniques est résumée succinctement dans le chapitre suivant (cf. 2 Les techniques de restauration d'un plan d'eau).

Les techniques n'ayant pas pu être l'objet d'une fiche (manque d'information, techniques expérimentales...) sont, quant à elles, listées dans l'Annexe 3.

Chaque technique recensée a pour vocation de lutter principalement contre une altération mais peut aussi viser secondairement 1 à 3 altérations.

Les techniques agissent selon différents procédés :

- chimique ;
- biologique ;
- physique.

L'ensemble des techniques de restauration « réglementaires » a été rassemblé au sein d'une fiche « Réglementation » (A33-T09). En effet, la présente étude n'avait pas pour objet de recenser ces techniques. Toutefois, il semblait important de signaler que, bien que les techniques ne soient pas détaillées ici, la réglementation, en stoppant/limitant les causes de dégradation, permet la restauration de plans d'eau.

Les statistiques qui suivent ont été établies à partir des données recueillies à la date du 30/08/2012 dans la base de données créée dans le cadre de cette étude (cf. chap. 1 § 5.3) et qui comporte, à cette date, 100 opérations, 65 techniques et 14 types d'altérations.

Les deux groupes d'altérations visés principalement par ces techniques sont les déséquilibres de la biodiversité (40%) et l'eutrophisation (28%) (cf. Graphique 1). Viennent ensuite les dysfonctionnements du compartiment sédiment (15%), l'érosion (12%) puis les pollutions toxiques (5%). La turbidité n'est principalement ciblée par aucune technique de restauration mais est secondairement visée par 25% des techniques (répartition uniforme entre les

particules organo-minérales et les micro-organismes). Elle est, en effet, généralement la conséquence d'autres altérations (prolifération de micro-organismes, érosion) ce qui explique l'absence de technique spécifique à cette problématique.

La dégradation de l'écosystème littoral est ciblée à titre principal ou secondaire par près de 45% des techniques recensées. Ce fort pourcentage s'explique par le fait que la zone littorale est particulièrement importante en terme de vulnérabilité et de sensibilité des écosystèmes lacustres. Cette zone de transition entre le milieu terrestre et la zone centrale des plans d'eau est aussi généralement celle qui abrite la plus forte biodiversité.

La prolifération des espèces végétales invasives est ciblée par les mêmes techniques que la prolifération des macrophytes indigènes. Bien qu'une seule fiche ait été réalisée afin de mettre en évidence les précautions à prendre lors de la lutte spécifique contre les plantes invasives, l'ensemble des techniques permettant de lutter contre les macrophytes indigènes peut aussi être utilisé contre les invasives (principalement contrôle manuel, contrôle mécanique et modification des niveaux d'eau).

23% des techniques visent principalement les déséquilibres du compartiment faunistique. Ceux-ci sont de 2 types : absence / diminution de la faune et prolifération d'espèces invasives. La majorité (13 sur 15) des techniques visant cette altération à titre principal cible la prolifération d'espèces invasives. Ce nombre important peut surprendre. Cependant, certaines techniques présentent des modalités de mise en œuvre différentes selon le type d'espèce (mammifères, poissons...). Elles ont donc été divisées en plusieurs fiches. Ainsi 8 techniques, représentées par 13 fiches, ont été recensées pour lutter contre les espèces animales invasives. L'ensemble des techniques visant à titre secondaire les déséquilibres du compartiment faunistique cible l'absence / diminution de la faune. Ce sont principalement des techniques de diversification des habitats visant, à titre principal, la dégradation de l'écosystème littoral.

Concernant l'eutrophisation, l'altération la plus régulièrement visée par les différentes techniques de restauration est l'augmentation de la biomasse phytoplanctonique avec plus d'un quart des techniques (12% à titre principal et 14% à titre secondaire). La prolifération des algues et surtout des cyanobactéries est problématique pour de nombreux usages (baignade, eau potable notamment). Or, avec l'eutrophisation des plans d'eau, elle est plus régulière ce qui explique sûrement l'importance du nombre de techniques la ciblant.

Viennent ensuite, la prolifération des macrophytes (16% des techniques), l'augmentation des nutriments au sein de la masse d'eau (12%) et l'anoxie de la masse d'eau (8%).

Aucune technique visant (principalement ou secondairement) à lutter contre l'augmentation de la biomasse bactérienne n'a été identifiée.

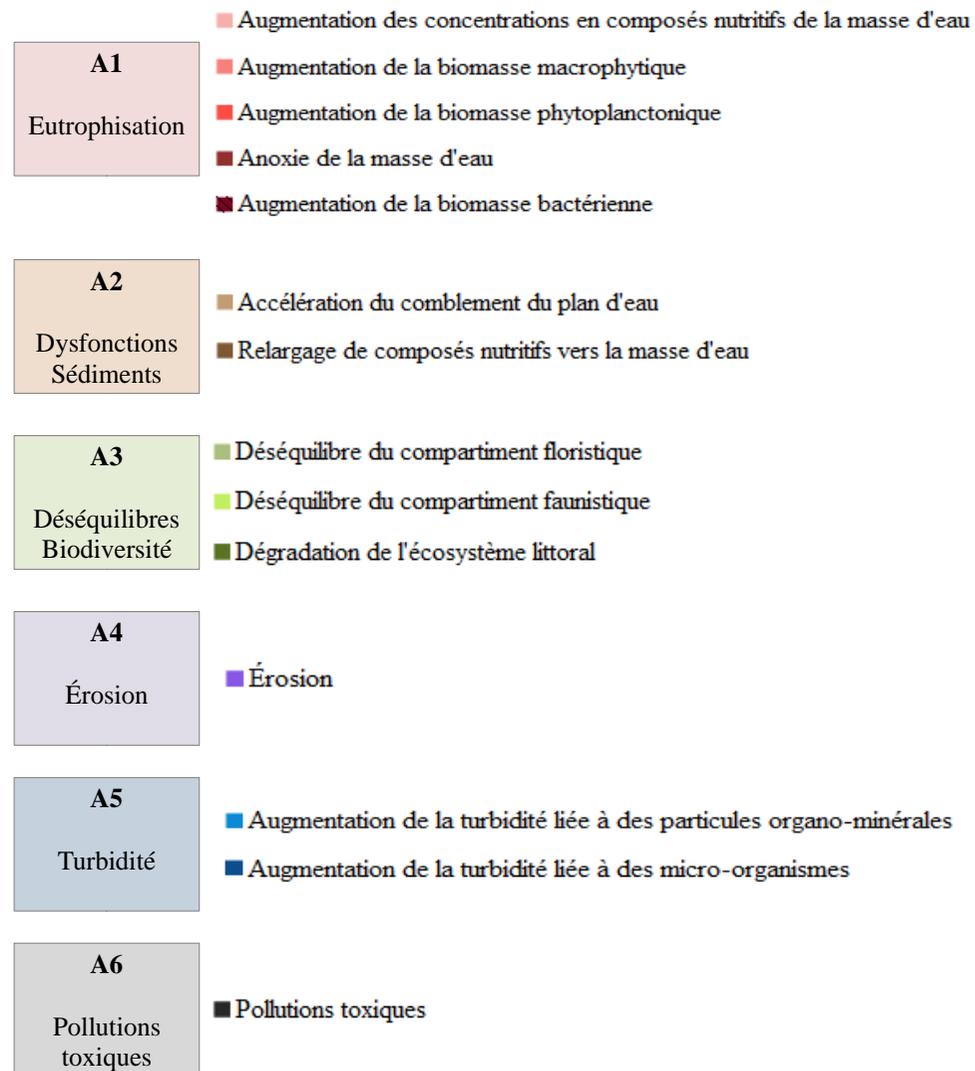
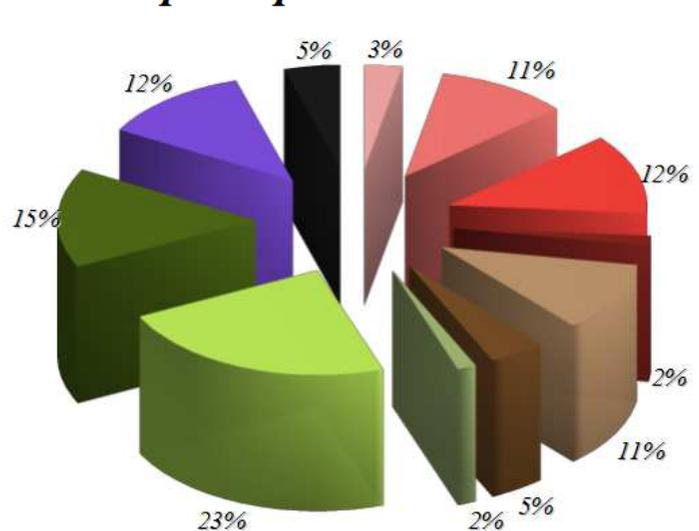
Quant aux dysfonctionnements du compartiment sédiment, l'accélération du comblement du plan d'eau est visée principalement par 11% des techniques (limitation des apports, extraction des sédiments...) et secondairement par 5 % des techniques (limitation des apports dus aux macrophytes).

Le relargage de nutriments vers la masse d'eau est ciblé principalement et secondairement par respectivement 5% et 18% des techniques (inactivation, extraction des sédiments).

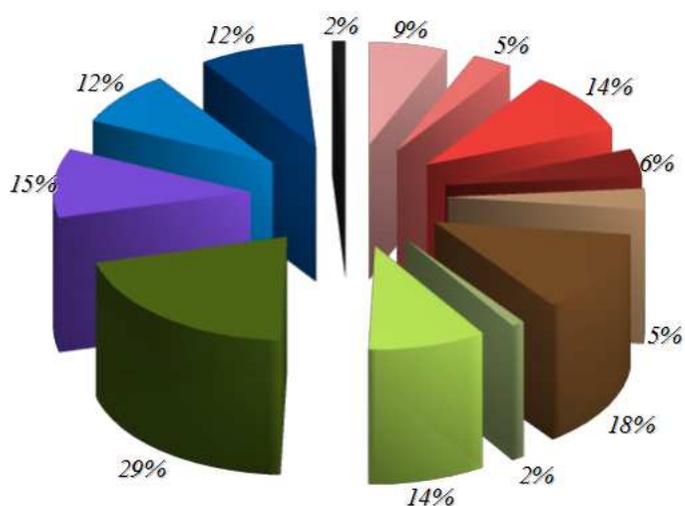
L'érosion est visée par plus d'un quart des techniques (12% à titre principal et 15% à titre secondaire). Les techniques ciblant cette altération à titre principal sont généralement des techniques de génie civil ou de génie végétal. Celles la ciblant à titre secondaire sont principalement des techniques de lutte contre les fousseurs.

Répartition des techniques selon l'altération

principalement visée



secondairement visée



Graphique 1 : Répartition des techniques selon l'altération visée

2 LES TECHNIQUES DE RESTAURATION D'UN PLAN D'EAU

Eutrophisation

Techniques luttant contre l'augmentation des concentrations en composés nutritifs de la masse d'eau

A11

Exemples d'indicateurs de suivi :

- concentration en nutriments (eau, sédiments superficiels) ;
- évolution des quantités de nutriments exportés.

Soutirage hypolimnique

A11-T01

Le soutirage hypolimnique est une technique palliative consistant à **éliminer les eaux du fond réduisant ainsi les concentrations en nutriments et autres éléments indésirables** et limitant les risques d'anoxie en profondeur grâce à un temps de renouvellement plus court de cette sous-masse d'eau.

Cette technique nécessite un dispositif particulier composé d'un système bloquant le débit de surverse naturelle à l'exutoire du plan d'eau, d'une prise d'eau au niveau du fond et d'une canalisation permettant l'évacuation des eaux prélevées. Elle s'applique sur les plans d'eau profonds et stratifiés présentant une faible charge externe en phosphore (par rapport à la charge interne).

Cette technique nécessite une bonne maîtrise du débit soutiré. En effet, il doit être suffisamment important pour permettre la réduction de la concentration en composés nutritifs mais ne doit pas entraîner un enfoncement de la thermocline (réchauffement des eaux, risque de destratification) ou une baisse du niveau d'eau (débit prélevé supérieur aux débits des affluents). Si elle est bien menée, cette technique est, à moyen terme (5ans), particulièrement efficace concernant la réduction de la concentration en phosphore dans les eaux et les sédiments superficiels du plan d'eau. Cependant, elle est potentiellement dommageable au milieu récepteur des eaux prélevées, si les eaux ne sont pas traitées avant leur rejet (déplacement de la pollution).

Traitement / Détournement des tributaires

A11-T02

Cette technique, préventive et curative, permet de diminuer la charge externe reçue par le plan d'eau. **Les eaux de mauvaise qualité** (généralement eaux usées mais aussi eaux de lessivage des routes...) **sont collectées avant leur arrivée dans le plan d'eau** afin d'être dirigées vers une zone de traitement (MES, polluants, nutriments) puis rejetées dans le plan d'eau, un de ses affluents ou vers un autre exutoire (hors du bassin versant du plan d'eau).

Cette technique nécessite des investissements potentiellement très coûteux (réseaux de canalisation, station d'épuration...). Les réseaux doivent être surveillés et bien calibrés pour éviter tout risque de fuite, refoulement. Par ailleurs, les zones de traitements doivent être performantes et cibler les molécules problématiques (azote, phosphore, hydrocarbures...). Si le système est bien dimensionné et bien géré, cette méthode permet une nette amélioration des eaux du plan d'eau (notamment en ce qui concerne la problématique des eaux usées et de l'eutrophisation) à moyen et long terme. Le retour à l'équilibre d'un plan d'eau altéré peut toutefois être très long. Par ailleurs, en cas de détournement des eaux hors du bassin versant du plan d'eau l'impact sur le milieu récepteur et le plan d'eau peut être grand (déplacement de la pollution, déficit hydrique).

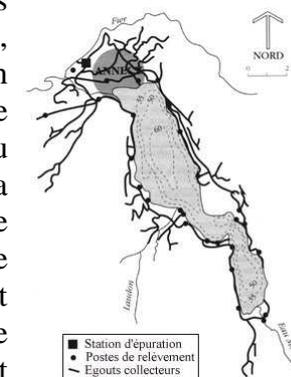


Schéma du réseau du lac d'Annecy (AERMC)

Eutrophisation

Techniques luttant contre l'augmentation de la biomasse macrophytique

A12

Exemples d'indicateurs de suivi :

- superficie/linéaire envahi par les macrophytes (cartographie) ;
- vitesse de recolonisation.

Inhibiteurs physiques de croissance

A12-T01

La mise en place d'inhibiteurs de croissance est une technique curative dont l'objectif est de bloquer le développement végétal en privant les plantes de lumière ou en les « étouffant » par :

- la pose d'une membrane à la surface ou directement sur les végétaux/sédiments ;
- le recouvrement des sédiments par une couche de graviers, sables ;
- l'opacification de l'eau (encre).

L'opacification de l'eau et la mise en place d'une membrane à la surface du plan d'eau sont encore peu utilisées et nous ne disposons pas d'information concernant leur efficacité. Le recouvrement par des graviers et la pose d'un film sur les sédiments sont des méthodes assez efficaces, pour peu qu'elles soient bien mises en œuvre (épaisseur suffisante des graviers, pose sans bulles d'air du film) sur un terrain propice (fond plat et stable). Leur efficacité reste cependant limitée dans le temps (recouvrement par une nouvelle couche sédimentaire, biodégradabilité ou perforation du film...). Leur coût est très variable, il peut être assez élevé (pose du film par des plongeurs si le plan d'eau n'est pas vidangeable) et ne peut donc concerner que des surfaces restreintes.

Outre le coût et les difficultés de mises en œuvre, ces méthodes présentent un autre inconvénient : leur impact sur le milieu (suppression de la faune et de la flore benthique, des frayères).

Baisse du niveau d'eau

A12-T02

Cette technique vise à exposer les végétaux aquatiques et hydrophiles à la dessiccation (et au gel) suffisamment longtemps pour entraîner la mort de la plante. Elle n'est envisageable que sur les plans d'eau dont la maîtrise du niveau d'eau est acquise (barrages, étangs).

L'importance de la baisse du niveau est fonction de la profondeur d'enracinement des végétaux. Le temps d'asec varie en fonction des conditions environnementales et des espèces visées. L'efficacité de cette technique est, en effet, tributaire des espèces végétales (résistance aux périodes d'exondation) et des conditions météorologiques : en cas de gel, elle peut s'avérer particulièrement efficace, en cas d'hiver doux ou de printemps précoce, elle est généralement inefficace.

Comme toute vidange, cette technique peut avoir un impact sur les milieux aval, mais elle peut par ailleurs faciliter la mise en œuvre d'autres techniques de restauration sur le plan d'eau (curage, arrachage des végétaux, chaulage...).



Baisse de niveau sur un lac (Blake)

Eutrophisation

Techniques luttant contre l'augmentation de la biomasse macrophytique

A12

Exemples d'indicateurs de suivi :

- superficie/linéaire envahi par les macrophytes (cartographie) ;
- vitesse de recolonisation.

Contrôle manuel des macrophytes

A12-T03

Le contrôle manuel des macrophytes consiste à arracher/couper la biomasse végétale avec des outils à main puis à l'exporter en dehors du plan d'eau. Pour être efficace, cette technique peut requérir plusieurs passages au cours de la saison de végétation et doit généralement être répétée pendant plusieurs années. C'est globalement une technique efficace mais assez fastidieuse. Elle nécessite d'être méticuleux pour éviter le bouturage des végétaux. Elle est donc assez coûteuse (temps) et ne peut être utilisée que pour traiter de petites zones. Compte tenu des faibles surfaces et volumes mis en jeu, son efficacité vis à vis d'une diminution de la charge interne ou de la vitesse de comblement du plan d'eau est nulle.

Contrôle mécanique des macrophytes

A12-T04

Cette technique, similaire à la précédente, cherche à diminuer la biomasse végétale en la retirant du plan d'eau après avoir coupé ou déraciné les végétaux à l'aide d'engins. Contrairement au contrôle manuel, le contrôle mécanique peut traiter de grandes superficies. Cependant c'est une méthode non sélective, des plantes à forte valeur patrimoniale peuvent aussi être coupées ou arrachées, elle est en outre perturbante et potentiellement dommageable pour la faune aquatique (alevins, invertébrés notamment) qui trouve refuge au milieu des macrophytes. Il est ainsi important d'éviter de mettre en œuvre des opérations de contrôle mécanique lors de périodes sensibles telles le fraie des poissons. Pour plus d'efficacité, il est recommandé de réaliser cette technique avant la période de fructification des végétaux. Le contrôle mécanique doit, par ailleurs, être utilisé avec beaucoup de précautions dans le cas de plantes à forte capacité de bouturage (pose de filets à maille fine et ramassage de tous les fragments végétaux produits), car les risques de propagation de la plante sont très élevés.

Cette technique nécessite des interventions régulières (chaque année) sur le plan d'eau et engendre donc des coûts récurrents.



Faucardage de l'étang de Crosagny (AEMC, 2011)

Eutrophisation

Techniques luttant contre l'augmentation de la biomasse macrophytique

A12

Exemples d'indicateurs de suivi :

- superficie/linéaire envahi par les macrophytes (cartographie) ;
- vitesse de recolonisation.

Dragage

A12-T05

Le dragage a pour objectif d'éliminer les herbiers ainsi que les sédiments chargés en graines, racines ou rhizomes. En outre, en extrayant le sédiment superficiel, une partie de la ressource en nutriments des végétaux est retirée.

Le dragage est effectué lorsque le plan d'eau est en eau à l'aide de dragues mécaniques ou hydrauliques.

C'est une technique particulièrement efficace pour contrôler la croissance des végétaux pour peu que le substrat du plan d'eau soit plutôt meuble et que la fraction contenant la banque de graines et les organes souterrains des végétaux puisse être enlevée en totalité. En outre, l'extraction de la fraction superficielle de sédiment souvent

riche en nutriments entraîne une diminution du relargage.

Le dragage présente cependant quelques inconvénients, il est assez traumatisant pour la faune et la flore et provoque une remise en suspension temporaire des sédiments (possible relargage de nutriments ou de polluants). Son coût peut être élevé mais est à mettre en relation avec la durée d'efficacité.



Dragage mécanique du lac de Machilly (SIFOR, 2009)

Élévation du niveau d'eau

A12-T06

L'élévation du niveau d'eau consiste, de la même manière que l'opacification de l'eau ou la pose d'une membrane à la surface (A12-T01), à limiter l'accès des plantes à la lumière. C'est une technique difficilement applicable (sauf cas particuliers) qui dépend de la capacité de noyade du plan d'eau.

Peu de retours d'expérience, mais cette technique s'est avérée assez efficace dans le cas du plan d'eau de Lescheraines, limitant la repousse des végétaux pendant 2-3 ans.

Traitements chimiques : produits phytosanitaires

A12-T07

Le traitement par des produits phytosanitaires est interdit, il apportait peu d'intérêt (effet limité) et était source de risques. La loi est très stricte et l'utilisation de produits phytosanitaires est interdite à proximité (moins de 5m à 100m selon les produits) des plans d'eau et cours d'eau identifiés sur les cartes IGN 1/25000ème.

Depuis fin 2009, il n'existe plus aucun produit phytosanitaire homologué pour les milieux aquatiques.

Eutrophisation

Techniques luttant contre l'augmentation de la biomasse phytoplanctonique

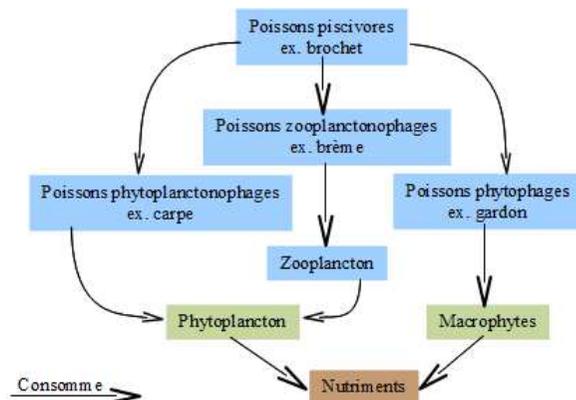
A13

Exemples d'indicateurs de suivi :

- taux de chlorophylle a dans l'eau ;
- fréquence des blooms de cyanobactéries.

Bio-manipulations – Actions sur les chaînes trophiques A13-T01

Cette technique consiste à réduire la biomasse excessive du phytoplancton par manipulation de la structure piscicole. Les manipulations peuvent être effectuées à différents niveaux du réseau trophique (introduction d'organismes phytoplanctonophages, élimination des prédateurs du zooplancton,...). En fonction des espèces introduites ou éliminées, cette technique permet aussi de réduire la biomasse des macrophytes.



Réseau trophique simplifié

Cette technique peut présenter d'excellents résultats, elle est cependant délicate à mettre en œuvre, compte tenu de la complexité des mécanismes en jeu. Il est donc indispensable d'étudier précisément les différents peuplements de l'écosystème et leurs interactions. Par ailleurs, elle présente des risques notamment de déséquilibres du milieu et/ou du milieu aval (transfert des poissons introduits).

Fertilisation en azote A13-T02

A13-T02

Cette technique vise à limiter le développement des cyanobactéries en favorisant celui des microphytes en apportant de l'azote au plan d'eau. Elle ne réduit pas les proliférations mais modifie la composition spécifique du peuplement en agissant sur la ressource nutritive permettant aux microphytes d'être plus compétitives.

Concrètement, il s'agit d'épandre une solution de nitrates d'ammonium sur l'ensemble du plan d'eau dès que l'azote devient limitant. La date d'épandage et les quantités d'azote épandues doivent être définies avec précision et nécessitent donc une étude préalable et un suivi annuel de chaque plan d'eau.

Cette technique encore peu expérimentée a présenté de très bons résultats sur les étangs du Forez (42). Elle reste cependant délicate à mettre en œuvre et peut entraîner diverses effets secondaires néfastes pour le plan d'eau et les milieux aval : libération importante de toxines lors de la mort des cyanobactéries, possible fertilisation en azote des milieux aval.

Eutrophisation

Techniques luttant contre l'augmentation de la biomasse phytoplanctonique

A13

Exemples d'indicateurs de suivi :

- taux de chlorophylle a dans l'eau ;
- fréquence des blooms de cyanobactéries.

Bio-manipulations – modifications des communautés végétales

A13-T03

La technique consiste à implanter des macrophytes dans le plan d'eau ou à favoriser les macrophytes existants, limitant ainsi la biodisponibilité des nutriments (notamment phosphore) pour le phytoplancton. La difficulté consiste à introduire/réintroduire des peuplements de macrophytes en maintenant un certain "équilibre" de développement entre les macrophytes et les microphytes.

La réalisation de cette technique de biomanipulation nécessite une étude préalable rigoureuse et un suivi.

On dispose de peu de retour d'expérience. Cette technique peut être efficace (eaux peu profondes, concentration en phosphore peu élevée et apports non récurrents) et permet une réduction de 10 à 20% de la biomasse planctonique.

Chasse d'eau / dilution

A13-T04

Cette technique vise à réduire les concentrations en nutriments disponibles sur le plan d'eau pour limiter la prolifération phytoplanctonique.

Il s'agit, soit d'apporter une eau très pauvre en phosphore pour diluer la concentration en phosphore biodisponible du plan d'eau (**dilution**) ; soit de fournir un débit d'eau élevé de manière à chasser le phytoplancton plus vite qu'il ne se multiplie (**chasse**).

Les eaux utilisées peuvent être issues d'un pompage (eaux souterraines et réseau de distribution) ou d'une dérivation d'un cours d'eau.

Ces opérations entraînent un brassage des eaux et une modification des caractéristiques physico-chimiques de la masse d'eau pouvant perturber l'écosystème.

L'efficacité de ces méthodes est d'autant plus forte que l'écart entre le taux de nutriments du plan d'eau et de l'eau apportée est grand (dilution) et que le taux d'entraînement est proche du taux de croissance du phytoplancton (chasse et dilution).

L'efficacité est prouvée à court terme sur la production primaire et sur la charge interne en phosphore

Eutrophisation

Techniques luttant contre l'augmentation de la biomasse phytoplanctonique

A13

Exemples d'indicateurs de suivi :

- taux de chlorophylle a dans l'eau ;
- fréquence des blooms de cyanobactéries.

Algicides

A13-T05

Il s'agit d'une technique curative qui vise à appliquer un agent chimique dans l'eau inhibiteur de la photosynthèse, de la division cellulaire et/ou de la fixation de l'azote, entraînant une réduction de la biomasse du phytoplancton (cyanobactéries et/ou algues).

Il existe deux principaux agents chimiques utilisés pour lutter contre les cyanobactéries : le cuivre (lutte aussi contre les algues) et le peroxyde d'hydrogène.

Le cuivre, employé depuis longtemps, ne doit être utilisé qu'à titre exceptionnel (accumulation, toxicité). Ces traitements sont particulièrement efficaces pour réduire les cyanobactéries (-99% en 10j après traitement au peroxyde) et les algues. Cependant, l'efficacité varie en fonction du pH, de la dureté et de la présence de composés humiques.

Paille d'orge

A13-T07

Il s'agit d'introduire de la paille d'orge, algicide naturel, dans le plan d'eau afin de réduire/empêcher le développement des cyanobactéries et des algues. La paille fournit, par ailleurs, un abri supplémentaire au zooplancton le favorisant et augmentant ainsi la population des prédateurs du phytoplancton.

Cette technique palliative ou curative, utilisée depuis la fin des années 70, présente des résultats très variables, sur plusieurs semaines à plusieurs mois. L'efficacité varie selon la température, l'oxygénation de l'eau et les mouvements d'eau.

Destratification

A13-T06

Le procédé de destratification s'applique sur les plans d'eau de faible profondeur. Cette technique palliative vise à créer un mouvement d'eau entraînant le phytoplancton vers les eaux profondes → réduction des capacités des algues vertes (photosynthèse) et des cyanobactéries (flottaison, fixation azote atmosphérique). Cette technique permet d'homogénéiser et d'oxygéner l'ensemble de la colonne d'eau et de rétablir des conditions oxydantes au niveau des sédiments. Elle diminue le phosphore biodisponible (diminution du relargage) et augmente les populations de zooplancton prédateurs du phytoplancton..

La circulation artificielle peut être induite par plusieurs types de procédés : circulation d'air dans un réseau de canalisations immergées, fontaines d'eau, mélangeurs mécaniques, pompage et traitement à l'air ozoné.

Cette technique modifie le fonctionnement limnologique de la masse d'eau, elle perturbe l'écosystème préexistant : modification des caractéristiques physiques et chimiques pouvant générer une disparition d'espèces.

Le dispositif de destratification présente une efficacité assez variable : les proliférations phytoplanctoniques sont diminuées dans 50% des cas. L'investissement peut être assez important et l'entretien des systèmes est nécessaire.



Jet d'eau - Plan d'eau d'Aime (STE, 2011)

Eutrophisation

Technique luttant contre l'anoxie de la masse d'eau

A14

Exemple d'indicateurs de suivi :

- taux d'oxygène dissous dans l'eau à différentes profondeurs.

Aération hypolimnique

A14-T01

L'aération hypolimnique a pour objectif d'augmenter le taux d'oxygène dissous dans l'hypolimnion en préservant la stratification du plan d'eau. Par ailleurs, en rétablissant des conditions oxydantes, elle limite le relargage au niveau des sédiments et permet le maintien des poissons d'eau froide dans les zones profondes.

Cette technique consiste à entraîner l'eau du fond (effet d'air lift ou pompage), l'oxygéner (par contact avec de l'air ou de l'oxygène pur) puis la relâcher en profondeur.

C'est une technique réservée aux plans d'eau relativement profonds (> 15-20m), employée depuis plusieurs dizaines d'années. Son efficacité dépend du bon dimensionnement des appareils. Elle est globalement efficace vis à vis de l'oxygénation de l'eau. La diminution du relargage de phosphore quant à elle dépend de la capacité de fixation des éléments par les sédiments.

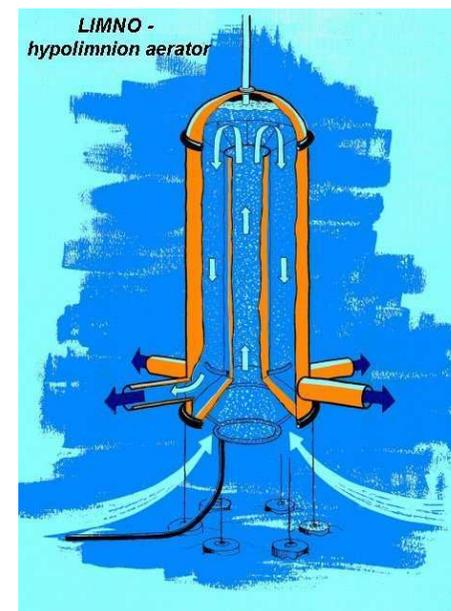


Schéma d'un appareil d'aération hypolimnique (www.agoberlin.fr)

Dysfonctionnements du compartiment sédiment

Techniques luttant contre l'accélération du comblement du plan d'eau

A21

Exemple d'indicateurs de suivi :

- vitesse de sédimentation ;
- hauteur de vase.

Bioadditifs

A21-T01

Il s'agit d'une technique curative qui s'applique sur les plans d'eau présentant de fortes teneurs en matière organique.

Elle consiste à épandre un bioadditif (produit comportant un substrat minéral et des bactéries) qui va minéraliser la matière organique.

L'efficacité de l'opération est variable et de durée réduite. Elle dépend du produit utilisé, des conditions de température et d'oxygénation ainsi que de la teneur initiale en matières organiques. L'efficacité des bioadditifs semble être principalement due au substrat sur lequel les bactéries sont fixées.

Évacuation des sédiments par ouverture des vannes de fond

A21-T03

Il s'agit d'une technique curative permettant de chasser les sédiments les plus fluides, réservée aux plans d'eau de barrage ou de digue.

L'ouverture des vannes de fond doit être fonction du taux de matières en suspension dans les eaux sortantes, système à équiper avec batardeau sur l'amont et des seuils décanteurs en aval permettent un moindre impact sur le milieu en aval de l'infrastructure de retenue.

Technique globalement efficace, mais ayant un impact majeur sur l'écosystème en aval.

Curage

A21-T02

Technique curative, le curage vise à extraire des sédiments afin de diminuer la hauteur de vase et la concentration en nutriments. Le curage est effectué après mise en assec totale ou partielle (parties à curer) du plan d'eau et après une déshydratation suffisante des sédiments permettant une bonne portance des engins de chantier.

L'opération est soumise à une réglementation stricte. Elle modifie totalement la nature des sédiments et change profondément le fonctionnement de l'hydrosystème.

Cette technique est particulièrement efficace concernant la diminution de la hauteur de vase et de la concentration en nutriments.

Le curage est une opération lourde à mettre en œuvre et onéreuse.

Plantations sur le bassin versant

A21-T04

Technique préventive qui vise à effectuer des plantations (arbres, arbustes, herbacées) sur le bassin versant du plan d'eau et/ou de ses affluents afin de réduire le ruissellement (voire l'érosion éolienne) et donc limiter l'entraînement des matières en suspension par fixation et structuration des sols.

Il s'agit d'une technique efficace pour limiter les apports en matières en suspension et matière organique, mais qui doit faire partie intégrante d'un projet à l'échelle du bassin versant.

Dysfonctionnements du compartiment sédiment

Techniques luttant contre l'accélération du comblement du plan d'eau

A21

Exemple d'indicateurs de suivi :

- vitesse de sédimentation ;
- hauteur de vase.

Pré-barrage - digue

A21-T05

Technique préventive qui vise à créer à l'entrée du plan d'eau une zone de rétention d'eau afin que les particules transportées par le cours d'eau sédimentent, limitant ainsi l'envasement du plan d'eau. Une étude préalable de dimensionnement de l'ouvrage est nécessaire.

Un ou plusieurs pré-barrages peuvent être mis en place sous la forme soit d'un petit réservoir « en dur », soit d'un barrage souple, ou d'un mur de palplanches immergées.

Cette technique à l'investissement onéreux, utilisée depuis plusieurs dizaines d'années est particulièrement efficace quant à la limitation de l'envasement (à condition que le pré-barrage soit entretenu).

Pré-barrage – zone humide

A21-T06

Technique similaire à la précédente mais dans laquelle des macrophytes sont plantés dans les pré-barrages. Les conditions nécessaires au développement des espèces végétales plantées doivent être optimales (profondeur d'eau, densité, nature des sédiments). L'entretien des végétaux doit être réalisé régulièrement et la biomasse exportée afin de réellement évacuer les nutriments (sinon stockage puis relargage).

L'efficacité de cette méthode est très variable et dépend du paramètre concerné et de la conception de la zone humide (temps de séjour suffisant).

Vidange / assec

A21-T07

Technique curative qui vise à exposer les sédiments à l'air en vidant le plan d'eau afin d'entraîner une minéralisation et une consolidation des vases. Cette technique comporte 3 phases : la vidange (plusieurs jours) ; l'assec (quelques mois à plusieurs années) ; le remplissage (plusieurs semaines). La phase de vidange permet par ailleurs, de chasser les sédiments les plus fluides. L'opération engendre une modification profonde de l'hydrosystème et nécessite donc un suivi.

La mise en assec des plans d'eau est pratiquée depuis plusieurs dizaines d'années, elle présente une efficacité variable selon les projets (fonction de la durée et de l'éventuelle combinaison avec d'autres techniques).



Séchage des sédiments pendant la phase d'assec (CAB, 2008)

Dysfonctionnements du compartiment sédiment

Techniques luttant contre le relargage de composés nutritifs vers la masse d'eau

A22

Exemple d'indicateurs de suivi :

- taux de matière organique dans les sédiments ;
- concentration en phosphore des sédiments.

Inactivation / précipitation du phosphore

A22-T01

Il s'agit d'une technique curative qui vise à diminuer la concentration en phosphore disponible soit :

- en le précipitant, ce qui entraîne une diminution de la concentration en phosphore disponible dans la colonne d'eau,
- soit en l'inactivant c'est à dire en le piégeant dans les sédiments.

La précipitation comme l'inactivation (doses plus importantes) du phosphore est obtenue par épandage de produits chimiques (sous forme solide ou liquide) tels que les sels d'aluminium, de fer ou de calcium (ou combinaison de plusieurs produits biofloculants de synthèse).

Cette technique chimique est efficace dans le temps. Elle est utilisée depuis plus de 50 ans et peut être très efficace lorsque les produits sont bien dosés : diminution de plus de 80-90% du relargage du phosphore par les sédiments + réduction du phosphore dans la masse d'eau et diminution de la biomasse algale.

Recouvrement des sédiments

A22-T02

Il s'agit de créer une barrière physique bloquant les échanges entre les sédiments et la colonne d'eau. La barrière installée peut être constituée de matériaux naturels (graviers, sables, argiles,...) , ou de bâches (films,...), elle est installée dans le fond du plan d'eau.

Cette technique est plutôt efficace lorsqu'une barrière artificielle type bâche est installée, elle l'est beaucoup moins (ou pas) lorsque la barrière est formée de matériaux naturels.

Système « Plocher »

A22-T03

Le système PLOCHER permet, selon le « constructeur », une « *activation sélective des processus biocatalytiques (...). Ces substances sont constituées en matières porteuses neutres chimiquement qui reçoivent leurs caractéristiques actives spécifiques par transmission d'informations,... les matériaux simulent ainsi la présence d'oxygène permettant l'accomplissement des réactions se faisant normalement en conditions aérobies.... Les matériaux informés sont utilisés en quantités minimales et se distinguent par leur forte efficacité et leur caractère non polluant* ».

Des biocatalyseurs cylindriques sont installés verticalement dans le plan d'eau (6 pour une surface de 10ha). De la poudre de quartz informée est également épandue plusieurs fois par an sur l'ensemble de la surface de l'eau. Le traitement dure plusieurs années.

L'efficacité est variable.

Déséquilibres de la biodiversité

Technique luttant contre les déséquilibres du compartiment floristique

A31

Lorsque le plan d'eau est situé sur un secteur colonisé par des espèces exotiques, il est important de mettre en place un suivi qui permettra de réagir rapidement en cas de début de colonisation du plan d'eau.

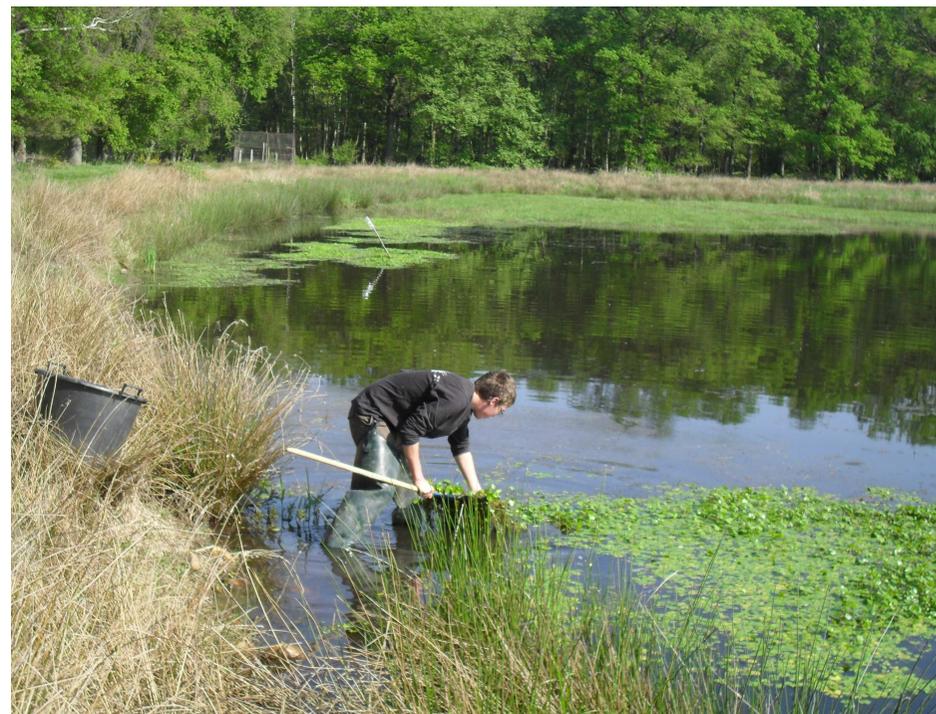
Exemple d'indicateurs de suivi :

- superficie / linéaire envahi(e) ;
- nombre d'espèces exotiques.

***Contrôle des espèces végétales exotiques envahissantes* A31-T01**

Le contrôle des espèces végétales exotiques envahissantes s'effectue avec les mêmes techniques que le contrôle des macrophytes indigènes (A12). Toutefois, il nécessite la prise de précautions tout au long de la réalisation des opérations de lutte afin d'éviter la dissémination de ces espèces.

Technique pouvant être efficace mais certaines méthodes nécessitent de prendre de nombreuses précautions notamment pour éviter le bouturage et donc la multiplication et la propagation des espèces à contrôler.



Ramassage Hydrocotyle ranunculoides - Étang Riquet (Fondation Pierre Vérots, 2011)

Déséquilibres de la biodiversité

Techniques luttant contre les déséquilibres du compartiment faunistique

A32

Exemple d'indicateurs de suivi :

- nombre d'individus piégés / détruits ;
- état des populations.

Création / restauration de frayères **A32-T01**

Il s'agit de créer dans le plan d'eau ou au niveau des annexes hydrauliques des frayères permettant aux poissons de se reproduire. Les frayères peuvent être « naturelles » ou « artificielles flottantes ». Bonne efficacité si les frayères sont bien faites et bien positionnées.

Destruction des pontes de Grenouille taureau **A32-T02**

Technique ciblée sur les invasions de Grenouille taureau, *Lithobates catesbeianus*, qui passe par la destruction des pontes afin de limiter/réguler les populations de l'espèce.

Déterrage **A32-T03**

Technique à utiliser en cas d'invasion de ragondins et de rats musqués sur les berges d'un plan d'eau. Le déterrage consiste à faire capturer par des chiens un animal dans son terrier et à le sortir à l'aide d'outils. Elle permet une régulation des populations.

Empoisonnement **A32-T04 et T05**

Emploi d'appâts empoisonnés afin de réguler les populations de ragondins et rats musqués. Technique devant s'intégrer dans un projet à grande échelle (département) pour être efficace.

Remarque : l'empoisonnement pour éliminer des poissons invasifs est désormais interdit.

Pêche de destruction **A32-T06**

Elle vise les animaux nuisibles : écrevisses invasives, poissons chats,...

Il s'agit de réaliser une pêche dans le plan d'eau avec destruction des animaux nuisibles capturés. Technique nécessitant une forte main d'œuvre, par ailleurs, la pêche électrique ne peut être réalisée que dans les zones de faibles profondeurs. Efficacité assez faible sauf en cas de pêche exhaustive (à la senne).

Piégeage **A32-T07, T08, T09, T10 et T11**

Elle vise les espèces invasives et exotiques. Les animaux capturés avec l'installation de pièges sont ensuite détruits : ce qui permet de réguler leurs populations. La technique consiste à capturer les espèces concernées par l'altération :

- écrevisses exotiques (Écrevisse signal, Écrevisse de Louisiane et Écrevisse américaine) ;
- Grenouille taureau ;
- Ragondin, Rat musqué ;
- poissons exotiques : poissons chat, perche soleil ;
- tortues exotiques.

Ces piégeages doivent s'intégrer dans un projet à grande échelle (département) pour être efficace.

Déséquilibres de la biodiversité

Techniques luttant contre les déséquilibres du compartiment faunistique

A32

Exemple d'indicateurs de suivi :

- nombre d'individus piégés / détruits ;
- état des populations.

Protection des berges contre les fouisseurs **A32-T12**

Cette technique est à appliquer en cas d'invasion de ragondins et de rats musqués. Il s'agit de mettre en place un grillage à grosses mailles, lors de la restauration de berge, empêchant l'arrachage et le creusement de galeries par les ragondins/rats musqués.

Réintroduction / renforcement de populations **A32-T13**

Il s'agit de rééquilibrer des populations en introduisant des individus d'une espèce dans le but de renforcer/réintroduire cette espèce. Un renforcement / une réintroduction à but écologique doit être ponctuel(le) et aboutir au maintien de la population sans nouvelle aide extérieure.

Tir **A32-T14**

Réguler les populations de ragondins, rats musqués et grenouille taureau par élimination des individus au tir (fusil ou arc).

Vidange / assec **A32-T15**

La technique employée est similaire à celle décrite dans la fiche A21-T07. L'objectif étant ici de permettre la capture des espèces aquatiques de faune invasive (poissons, écrevisses, amphibiens, tortues) à la suite de la vidange.

Déséquilibres de la biodiversité

Techniques luttant contre la dégradation de l'écosystème littoral

A33

Exemple d'indicateurs de suivi :

- état des roselières ;
- inventaire des espèces présentes.

Diversification des milieux A33-T01, T02, T03, T04 et T06

Plusieurs techniques de restauration sont proposées pour diversifier les habitats sur un plan d'eau, l'objectif étant de favoriser l'accueil d'une faune ou d'une flore en particulier en créant ou restaurant :

- des **îlots** permettant à l'avifaune de se reproduire et la diversification des habitats littoraux (T01) ;
- des **hauts-fonds** permettant à la végétation aquatique de se développer et offrant un habitat pour la faune piscicole (T02) ;
- de **petites mares** en bordure de plan d'eau afin d'améliorer la richesse patrimoniale floristique et faunistique, facilitant ainsi la reproduction des amphibiens, odonates et permettant le maintien de certaines espèces d'oiseaux, de reptiles (T03) ;
- des **écarts immergés** permettant d'améliorer le potentiel d'accueil de la faune aquatique (T04) ;
- la **ripisylve** sur les bords du plan d'eau afin de diversifier les habitats pour la faune et la flore des rives et de favoriser la biodiversité. Les plantations contribuent en même temps à réduire l'entraînement des matières en suspension dans le plan d'eau (T06).

Piquets de protection (A33-T05)

Cette technique vise à protéger les roselières existantes des bateaux et flottants à l'aide de piquets afin de favoriser leur extension naturelle. Elle s'applique particulièrement aux grands plans d'eau dans les secteurs ventés et soumis à un batillage.

Radeaux végétalisés A33-T07

Il s'agit d'installer des structures modulaires flottantes qui recréeront des habitats pour la flore et la faune aquatiques (poissons, amphibiens, invertébrés, oiseaux...), participeront à la reconstitution d'une biodiversité épuratrice des eaux et limiteront l'impact des vagues.



Radeaux végétalisés sur le lac Kir
(association Arborescence, 2011)

Redynamisation des « roselières » A33-T08

Cette technique vise à revitaliser la « roselière » en diminuant la surface des secteurs atterris au profit de zones plus aquatiques et de dynamiser ainsi la croissance des végétaux (phragmites, joncs...). Plusieurs méthodes de terrassement peuvent être appliquées dont l'étrépage qui consiste à éliminer la couche superficielle du sol conduisant à une augmentation de la lame d'eau ; et la création/réouverture de chenaux qui permet d'ouvrir la « roselière » et de créer de nouveaux écotones.

Déséquilibres de la biodiversité

Techniques luttant contre la dégradation de l'écosystème littoral

A33

Exemple d'indicateurs de suivi :

- état des roselières ;
- inventaire des espèces présentes.

Réglementation

A33-T09

Utiliser la réglementation pour restaurer ou préserver le plan d'eau et ses milieux annexes des altérations dues aux activités humaines. Le gestionnaire peut ainsi protéger le plan d'eau ou des secteurs donnés des pollutions, des pressions de pêche, du batillage, des activités nautiques,... On peut parler ici de restriction d'usages et d'accès sur le plan d'eau. Cette option s'applique en particulier aux plans d'eau situés à proximité de zones urbaines et/ou à fortes pressions touristiques.

Réintroduction d'un marnage

A33-T10

Réguler les débits sortants du plan d'eau et reconstituer un phénomène de marnage naturel afin d'éviter d'exposer toujours la même zone d'une berge à l'énergie érosive des vagues mais aussi dans le but de favoriser l'entraînement de la matière organique en fin d'hiver, la croissance végétale au printemps et la minéralisation des sédiments par l'assec.

Érosion

Techniques luttant contre l'érosion

A41

Exemple d'indicateurs de suivi :

- linéaire de berges érodées;
- vitesse de sédimentation en arrière des ouvrages.

Enrochements / digues

A41-T01

Créer une digue en enrochements qui permet de casser la houle et les vagues, pour faciliter la sédimentation et la reprise végétale. Sa conception doit faire l'objet d'une étude de dimensionnement pour garantir son efficacité. Elle est généralement implantée perpendiculairement à la berge dans les secteurs soumis au vent et à la houle. Des travaux de terrassements sont nécessaires pour construire la digue, l'ouvrage est efficace et durable dans le temps si bien dimensionné.

Gabions

A41-T04

Les gabions (cages remplis de blocs) sont implantés dans la zone littorale, immergés ou légèrement submergés.

L'objectif étant de casser la houle et les vagues pour faciliter la sédimentation et la reprise végétale en arrière des gabions. Il s'agit de travaux de génie civil qui modifie la zone littorale.



Gabions implantés sur le lac du Bourget (CPNS)

Fascines, palissades à claire-voie

A41-T03

Il s'agit de briser la houle et les vagues à l'aide de petits barrages en technique végétale. Les palissades à claire-voie sont généralement constituées d'une double série de pieux entre lesquels sont installées des fascines de saule (parfois utilisation d'autres essences comme l'acacia). Ces barrages sont disposés parallèlement à la rive à une profondeur maximale de 1,5 m. Ils sont régulièrement interrompus pour permettre des échanges de masses d'eau et des flux de particules en suspension entre la zone protégée et le reste du plan d'eau afin d'éviter un enrichissement des eaux défavorable aux roseaux, voire un atterrissement de la zone.

L'efficacité est relative car ce type d'ouvrage est fragile, nécessite d'une mise en œuvre de qualité.

Génie végétal

A41-T05

Il s'agit d'utiliser des végétaux ou parties de végétaux pour protéger les berges contre l'érosion. Il existe de nombreuses techniques de génie végétal : ensemencement, plantations, bouturage, peigne, tapis vivant, lits de plançons, tressage. Une étude préalable doit permettre de dimensionner correctement l'aménagement et de choisir des espèces adaptées au milieu concerné. Ces techniques « plus naturelles » que les gabions où les enrochements s'intègrent mieux à l'hydrosystème lacustre.

Érosion

Techniques luttant contre l'érosion

A41

Exemple d'indicateurs de suivi :

- linéaire de berges érodées;
- vitesse de sédimentation en arrière des ouvrages.

Pieux jointifs

A41-T06

La mise en place d'une série de pieux plantés de façon quasi jointive ou avec un espacement entre deux pieux successifs n'excédant pas quelques centimètres permet de casser la houle et les vagues et de prévenir l'érosion des berges concernées. Il s'agit d'une technique récente avec donc peu de retour d'expérience qui doit s'adapter aux variations du marnage.



Double rangée de pieux sur le lac d'Annecy (SILA, 2012)

Reprofilage / Réengraissement des berges

A41-T08

Il s'agit de réaliser un terrassement pour reconstituer un profil naturel sur la berge et en zone littorale. La recréation d'une plage avec une pente plus douce va permettre de dissiper l'énergie érosive. Ces travaux sont généralement combinés avec d'autres techniques végétales. Cette technique est efficace si le profil de berges est adapté au site concerné, et si l'on a bien pris en compte les éventuelles variations d'eau.

Turbidité

Techniques luttant contre l'augmentation de la turbidité liée à des particules organo-minérales

Techniques luttant contre l'augmentation de la turbidité liée à des micro-organismes

A51

A52

Aucune technique luttant spécifiquement contre la turbidité n'a été identifiée.

La turbidité est, généralement, la conséquence d'autres altérations. La turbidité liée à des particules organo-minérales résulte par exemple principalement de l'érosion des berges ou du bassin versant. A ce titre, elle est traitée à titre secondaire par les techniques luttant contre l'érosion. La turbidité liée à des micro-organismes est le résultat de l'augmentation de la biomasse phytoplanktonique ainsi c'est cette altération qui est ciblée prioritairement par les différentes techniques de restauration et non la turbidité.

Pollutions toxiques

Techniques luttant contre les pollutions toxiques

A61

Exemples d'indicateurs de suivi :

- concentration en polluants (eau, sédiments superficiels) ;
- évolution du pH.

Chaulage

A61-T01

Cette technique s'applique sur les plans d'eau soumis aux **pluies acides**. Elle consiste à épandre un produit neutralisant l'acidité des eaux de surface issue des pluies acides. La calcite, chaux, et soude caustique peuvent être appliquées pour chauler un plan d'eau.

Curage

A61-T02

Cette technique s'applique sur les plans d'eau vidangeables dont les **sédiments sont pollués**. Il s'agit donc simplement de diminuer la concentration en polluants par extraction des sédiments toxiques. Au préalable, il faut bien identifier quelle est l'épaisseur de sédiments contaminés. Le curage est effectué après **mise en assec totale ou partielle** (parties à curer) du plan d'eau. Le curage se fait principalement au moyen d'une pelle mécanique qui permet d'extraire tous types de sédiments. Le devenir des sédiments curés ainsi que leur transport doivent faire partie intégrante du projet de curage. Cette technique est efficace si tous les sédiments pollués ont été retirés.

Dragage

A61-T03

Comme le curage, le dragage vise à exporter les sédiments contaminés. Il s'applique aux plans d'eau d'une profondeur maximale de 40 m. L'opération est réalisée depuis une barge.

Il existe des dragues pneumatiques qui fonctionnent par aspiration (système à air comprimé). Un vide d'air est créé dans un cylindre, la dépression provoque l'arrivée des sédiments qui sont ensuite expulsés et stockés pour être transportés vers un lieu de dépôt approprié. Les dragues dites « environnementales » permettent d'isoler la zone draguée à l'aide de boucliers ou d'écrans protecteurs. Elles utilisent des bennes pour racler le fond et évitent la remise en suspension des sédiments grâce à l'utilisation de systèmes de fermeture étanches. Le devenir des sédiments curés ainsi que leur transport doivent faire partie intégrante du projet.

Cette opération est soumise à une réglementation stricte d'autant qu'elle présente des impacts non négligeables sur le milieu : turbidité, risque de contamination externe.

3 LES FICHES "TECHNIQUES" – FT

Les FT se présentent de la façon suivante :

- l'en-tête de page reprend : le nom de la technique, le numéro, Ayx, et le nom de l'altération principalement visée par cette technique ainsi que son groupe et le numéro, Tz, de la technique au sein de cette altération (cf. Illustration 8) ;
- la première page présente les caractéristiques de la technique : principe et objectifs, modalités de mise en œuvre, législation / réglementation, typologie, lieu d'application, caractéristiques nécessaires du plan d'eau, éventuelles altérations secondairement visées (cf. Illustration 8) ;
- la seconde page traite des effets positifs et négatifs de cette technique sur le plan d'eau et les milieux annexes ainsi que des éventuelles techniques complémentaires (techniques pouvant être mise en œuvre conjointement à la première pour en accentuer les effets) et antagonistes (cf. Illustration 9) ;
- La troisième page concerne l'efficacité et le coût de la technique et liste plusieurs exemples d'application (liste non exhaustive) ainsi que les références bibliographiques utilisées pour la rédaction de la fiche (cf. Illustration 10) ;
- la dernière page est vierge et permettra aux usagers du guide d'inscrire leur notes / remarques personnelles sur la technique.

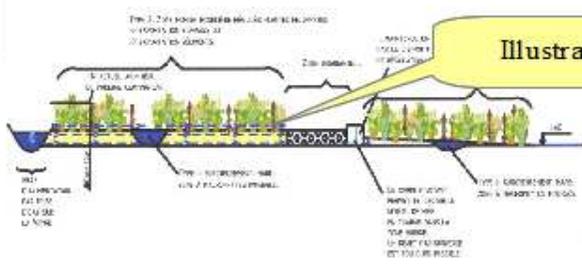
<p>Groupe de l'altération principalement visée</p> <p>Eutrophisation</p> <p>Altération principalement visée</p> <p>Augmentation des concentrations nutritifs de la masse d'eau</p>	<p>Nom de la Technique</p> <p>Pré-barrage (roselière)</p>	<p>Numéro de la Technique</p> <p>A11 T03</p>
<p>Altération principalement visée</p> <p>Nature et lieu d'application</p> <p>Affluent Plan d'eau</p>	<p>Typologie de la technique</p> <p>Technique permanente / semi-permanente</p>	<p>Éventuelles Altérations secondairement visées :</p> <p>Accélération du comblement toxique - Relargage d'eau.</p> <p>Altération(s) secondairement visée(s)</p>
<p>Caractéristiques requises des plans d'eau concernés par cette technique : Plans d'eau alimentés par un cours d'eau principal</p> <p>Caractéristiques des plans d'eau concernés</p>		
<p>Principe général et objectifs environnementaux</p> <p>Créer à l'entrée du plan d'eau une zone de ralentissement des particules transportées par le cours d'eau sédiment, limitant ainsi le transfert de ces particules dans le milieu. Les macrophytes présentes dans le pré-barrage contribuent à la dépollution de l'eau en consommant les éléments nutritifs et notamment le phosphore (P-PO4).</p> <p>Principe général et objectifs</p>		
<p>Description des principales modalités de réalisation</p> <p>Le pré-barrage doit présenter une surface suffisante permettant de filtrer une partie importante des MES et de retenir les nutriments. Les conditions nécessaires au développement des espèces végétales plantées doivent être favorables (profondeur d'eau, densité, nature des sédiments). L'entretien des végétaux doit être réalisé régulièrement et la biomasse exportée afin de réellement évacuer les nutriments (sinon stockage puis exportation). Plusieurs pré-barrages peuvent se succéder (2 voire 3) (espèces, densités, profondeurs différentes).</p>	<p>Illustration 1</p> 	
<p>Contraintes législatives et réglementaires</p> <p>Contraintes en cas de terrassement dans le plan d'eau pour réaliser la zone humide : Autorisation ou déclaration au titre des articles L214-1 et suivants et R214-14 et suivants du code de l'Environnement.</p> <p>Législation / réglementation</p>		

Illustration 8 : Fiche "Technique", page 1

<p>Eutrophisation Altération principalement visée : Augmentation des concentrations en composés nutritifs de la masse d'eau</p>	<p>Pré-barrage (roselière)</p>	<p>A11 T03</p>
<p>Effet(s) ciblé(s) <u>Sur le plan d'eau</u> 1) : Diminution de l'apport de sédiment. 2) : Diminution de la vitesse de comblement. 3) : Diminution des apports en phosphore et autres nutriments.</p> <p>Effets ciblés sur le plan d'eau</p> <p><u>Sur d'autres milieux</u> R.A.S.</p> <p>Effets ciblés sur d'autres milieux</p> <p>Effet(s) bénéfique(s) secondaire(s) sur le plan d'eau 1) : Diminution de la turbidité. 2) : Diminution de la pollution du plan d'eau.</p> <p>Effets bénéfiques induits sur le plan d'eau</p> <p>Effet(s) bénéfique(s) induit(s) sur d'autres milieux 1) : R.A.S.</p> <p>Effets bénéfiques induits sur d'autres milieux</p>	<p>Effet(s) néfaste(s) induit(s) <u>Sur le plan d'eau</u> 1) : Possible modification du transport solide.</p> <p>Effets néfastes induits sur le plan d'eau</p> <p><u>Sur d'autres milieux</u> 1) : Possible modification du transport solide.</p> <p>Effets néfastes induits sur d'autres milieux</p>	<p>Illustration 2</p>  <p>Aménagement d'une roselière à l'arrivée de la Veyre sur le lac d'Avdat - Pignat</p> <p>Techniques complémentaires</p> <p>Techniques complémentaires</p> <p>Techniques antagonistes Aucune technique citée comme antagoniste par les documents consultés</p> <p>Techniques antagonistes</p>

Illustration 9 : Fiche "Technique", page 2

<p>Eutrophisation Altération principalement visée : Augmentation des concentrations en composés nutritifs de la masse d'eau</p>	<p>Pré-barrage (roselière)</p>	<p>A11 T03</p>
<p>Effizienz et Retours d'Expérience</p> <p>L'efficacité de cette méthode est très variable et dépend du paramètre (temps de séjour suffisant). Les résultats sont assez peu disponibles. En moyenne, diminution de 25% du phosphore total, de 32% de l'azote total (diminution plus forte en été, entre 31 et 57% entre mai et octobre) (extrapolation de la technique des filtres plantés). Pour que la diminution des charges soit effective, il faut un débit d'écoulement suffisamment élevé (faucardage avec export de la biomasse).</p>		
<p>Délai d'efficacité Immédiat</p>	<p>Effizienz de la technique</p> <p>Durée d'efficacité Tant que le pré-barrage est en place et est entretenu</p>	<p>Durée d'efficacité</p>

<p>Coûts <u>Investissement et mise en œuvre</u> 700000€ pour la construction d'une zone humide de 30ha</p> <p><u>Gestion et entretien</u> Coût d'entretien peu élevé mais régulier</p>	<p>Illustration 3</p>  <p><i>Roselière du bassin n°3 - Lac des Sapins</i></p>	<p>Applications recensées</p> <p><u>Hors RMC</u> France : étang de l'Écluse d'Aydat Suède : lac Finjasjön</p> <p><u>En RMC</u> Ardèche : lac de Saunier Rhône : lac des Sapins</p>
<p>Coût d'investissement et de mise en œuvre</p> <p>Coût de gestion et d'entretien</p>	<p>Références bibliographiques</p> <p>[003] [016] [124]</p>	<p>Applications recensées hors RM&C</p> <p>Applications recensées sur RM&C</p> <p>HER 1 et 2 sur lesquelles la technique est appliquée</p>

Illustration 10 : Fiche "Technique", page 3

En conclusion

Pour chaque altération touchant un plan d'eau, plusieurs techniques de restauration peuvent être mises en œuvre. Il n'existe pas 1 bonne technique. Le choix de la technique la plus appropriée doit être réalisée au cas par cas en fonction :

- des caractéristiques du plan d'eau ;
- des caractéristiques du bassin versant ;
- des effets induits ;
- des moyens techniques et financiers disponibles.

*CHAPITRE IV. OPÉRATIONS DE
RESTAURATION SUR LES BASSINS RM&C*

1 SYNTHÈSE DES OPÉRATIONS RECENSÉES EN RM&C

Au total, 100 opérations de restauration mises en œuvre sur les bassins RM&C ont fait l'objet d'une fiche "Opération". Quelques dizaines d'opérations ont par ailleurs été recensées mais n'ont pas permis l'élaboration d'une fiche faute de données suffisantes ou parce que non encore réalisées ou en cours de réalisation. La liste de ces opérations figure à l'Annexe 4.

La liste des opérations recensées dans le cadre de ce projet n'est bien évidemment pas exhaustive.

Par ailleurs, cet ouvrage étant issu d'un recueil des informations à disposition des gestionnaires, une certaine hétérogénéité entre les fiches est par conséquent constatée ; les champs, quand ils sont renseignés, le sont avec plus ou moins de précision. L'interprétation des effets et avis reste subjective. **Il est également de la plus haute importance de bien considérer la nature du travail effectué qui a consisté en une compilation de ces données fournies et en une retranscription fidèle des avis des gestionnaires, sans que l'on ait été amené à apporter de quelconques jugements ou commentaires, notamment au regard de la pertinence de l'action dans des objectifs de stricte restauration écologique indépendamment des objectifs d'usages anthropiques.**

Tout comme les techniques, les opérations listées visent à lutter principalement contre une altération et peuvent lutter secondairement contre 1 ou plusieurs autres altérations.

Les statistiques qui suivent ont été calculées à partir des informations recueillies, à la date du 30/08/2012, dans la base de données créée dans le cadre de cette étude (cf. chap. 1 § 5.3) et qui comporte à cette date, 100 opérations, 65 techniques et 14 altérations.

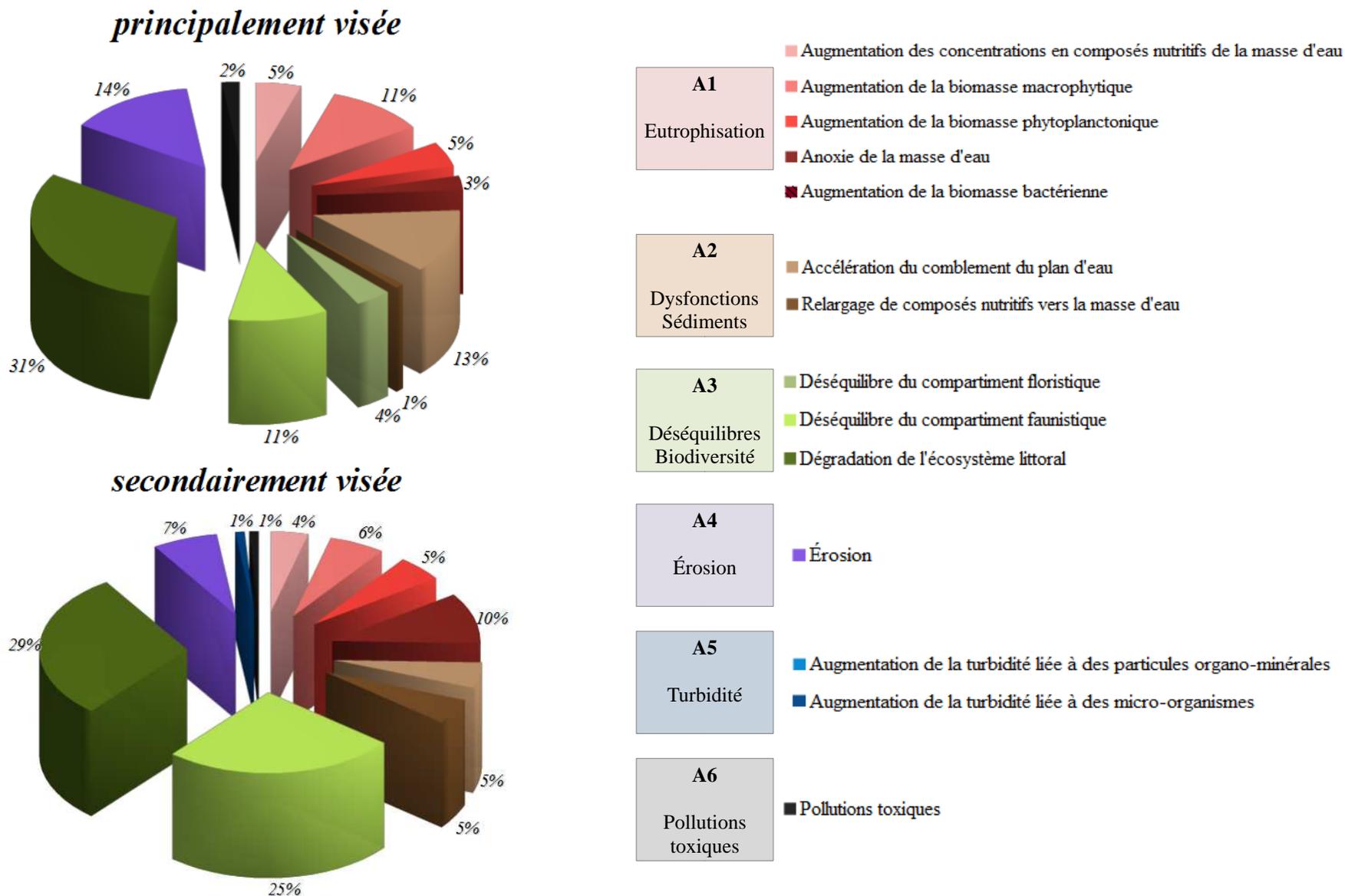
1.1 STATISTIQUES PAR ALTÉRATION

La plupart des altérations décrites au chapitre 1 sont visées par une ou plusieurs opérations. Seules l'augmentation de la biomasse bactérienne ou l'augmentation de la turbidité liée à des particules organo-minérales ne sont ciblées à titre principal ou secondaire, par aucune des opérations recensées. L'augmentation de la turbidité liée à des micro-organismes n'est visée que par 1 opération et ce, à titre secondaire.

La majorité des opérations lutte contre la dégradation de l'écosystème littoral (31% principalement et 29% secondairement) (cf. Graphique 2). Les opérations recensées ciblent ensuite l'érosion (14% et 7%), l'accélération du comblement du plan d'eau (13% et 5%), les déséquilibres du compartiment faunistique (11% et 25%) et l'augmentation de la biomasse macrophytique (11% et 6%).

Les autres altérations restent peu combattues avec 1 à 5 opérations les visant principalement.

Répartition des opérations selon l'altération



Graphique 2 : Répartition des opérations selon l'altération visée

1.2 STATISTIQUES PAR TECHNIQUE

Au total, 37 techniques ont été utilisées lors des opérations recensées sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse (cf. Tableau 2), soit 57% des techniques identifiées.

Parmi ces techniques, 5 sont appliquées régulièrement et ont été recensées au moins 5 fois:

- le traitement / détournement des tributaires ;
- le contrôle mécanique des macrophytes ;
- le curage ;
- le génie végétal ;
- le reprofilage/réengraissement des berges.

Vingt quatre techniques soit, 65% des techniques utilisées n'ont été appliquées que par une ou deux opérations.

La non utilisation de certaines techniques dans le cadre des opérations de restauration menées sur les bassins Rhône-Méditerranée et Corse n'indique pas que ces techniques ne sont pas applicables sur ces bassins. Comme indiqué plus haut, la liste des opérations recensées n'est pas exhaustive et la liste des techniques employées sur les bassins ne l'est donc pas non plus.

L'ensemble des techniques identifiées dans le Chapitre III. Techniques de Restauration Écologique est applicable sur le territoire d'action de l'Agence de l'eau. D'après les documents bibliographiques récoltés, aucune restriction « géographique » n'a été mise en évidence concernant ces techniques. Les restrictions d'utilisation sont généralement dues aux caractéristiques du plan d'eau (taille, profondeur...).

N° Technique	Nom de la Technique de restauration	Nb d'Opérations
A11-T01	Soutirage hypolimnique	1
A11-T02	Traitement / Détournement des tributaires	5
A12-T02	Baisse de niveau par vidange	1
A12-T03	Contrôle manuel des macrophytes	2
A12-T04	Contrôle mécanique des macrophytes	8
A12-T05	Dragage	2
A12-T06	Élévation du niveau d'eau	1
A13-T01	Bio-manipulations / actions sur les chaînes trophiques	1
A13-T06	Destratification	1
A14-T01	Aération hypolimnique	1
A21-T01	Bioadditifs	2
A21-T02	Curage	7
A21-T04	Plantations	1
A21-T06	Pré-barrage (zone humide)	3
A21-T07	Vidange / assec	2
A22-T01	Inactivation / Précipitation du phosphore	1
A22-T03	Système « Plocher »	1
A31-T01	Contrôle des espèces végétales exotiques envahissantes	3
A32-T01	Création/restauration de frayères	3
A32-T09	Piégeage (mammifères invasifs)	1
A32-T13	Réintroduction / Renforcement de populations (faune)	1
A32-T15	Vidange / assec	2
A33-T01	Création/restauration d'îlots	3
A33-T02	Création/restauration de hauts-fonds	4
A33-T03	Création/restauration de mares	3
A33-T05	Piquets de protection	3
A33-T06	Plantation/restauration de la ripisylve	2
A33-T07	Radeaux végétalisés	1
A33-T08	Redynamisation des "roselières"	3
A33-T09	Réglementation	1
A33-T10	Renaturation des cours d'eau tributaires du plan d'eau	1
A41-T03	Fascines, palissades à claire-voie	1

N° Technique	Nom de la Technique de restauration	Nb d'Opérations
A41-T04	Gabions	1
A41-T05	Génie végétal	16
A41-T06	Pieux jointifs	1
A41-T07	Réintroduction d'un marnage	2
A41-T08	Reprofilage/Réengraissement des berges	8

Tableau 2 : Liste des techniques utilisées sur les bassins RM&C

1.3 OPÉRATIONS PAR TYPE DE PLAN D'EAU

Compte tenu du nombre d'opérations recueillies et de la méthodologie de recueil de ces données, il semble difficile d'établir des statistiques quant à la typologie des opérations en fonction du plan d'eau.

6 grands types de plans d'eau ont été retenus dans le cadre de cette étude :

- étang naturel ;
- étang artificiel ;
- gravière ;
- lac ;
- mare ;
- retenue.

Sur les bassins Rhône-Méditerranée & Corse, 41 plans d'eau ont été recensés pour 100 opérations de restauration soit **en moyenne 2,4 opérations par plan d'eau**.

Aucune opération n'a été recensée sur un plan d'eau de type « étang naturel ». L'absence de ce type de milieu peut s'expliquer par la faible proportion de ce type d'étangs. En effet, la plupart des étangs sont le résultat d'aménagements anthropiques. Ils résultent principalement soit de la mise en place d'une digue sur un cours d'eau (ou de la dérivation d'une partie de l'eau du cours d'eau vers une zone creusée) tel l'étang de Corbenay, soit du curage d'une zone humide, tel la majorité des étangs dombistes.

Les mares sont, quant à elles, très peu représentées. Bien que pris en compte dans cette étude, ce type de milieu n'est généralement pas assimilé au terme « plan d'eau » contrairement aux lacs ou étangs. Nous avons donc eu très peu de retour concernant les mares.

Les autres types de plan d'eau sont assez bien représentés avec entre 14 et 30 opérations recensées (cf. Tableau 3).

Type du Plan d'eau	Nb Opérations
Étang artificiel	29
Gravière	14
Lac	30
Mare	5
Retenue	22

Tableau 3 : Répartition des opérations en fonction du type de plan d'eau

1.3.1 Opérations sur les étangs artificiels

Les 29 opérations de restauration sur les étang artificiels ont été réalisées sur 15 plans d'eau. Il y a donc eu en moyenne **près de 2 opérations par plan d'eau**.

Au total, 9 altérations sont visées par ces opérations, dont 6 à titre principal et 3 supplémentaires à titre secondaire (cf. Annexe 5, Tableau 4 & Tableau 5).

Ces opérations tendent à lutter principalement contre la **prolifération des macrophytes** (28%) et le **comblement** de l'étang (24%) et ce respectivement grâce aux techniques A12-T04, contrôle mécanique des macrophytes, et A21-T02, curage.

Les déséquilibres du compartiment faunistique et la dégradation du littoral sont ensuite visés, chacun par 17% des opérations à titre principal (techniques de diversification des habitats) et secondairement par 24 et 28% des opérations.

Les autres opérations ciblent principalement les végétaux invasifs et l'érosion (A41-T05, génie végétal).

1.3.2 Opérations sur les gravières

14 opérations ont été recensées sur 7 gravières, soit une moyenne de **2 opérations par plan d'eau**.

Au total, 11 altérations sont visées par ces opérations, dont 8 à titre principal et 3 supplémentaires à titre secondaire (cf. Annexe 5, Tableau 6 & Tableau 7).

Ces opérations tendent à lutter principalement contre la **prolifération des macrophytes** (21%) et la **dégradation de l'écosystème littoral** (36%) (techniques de diversification des habitats).

Les déséquilibres du compartiment faunistique sont ensuite visés par 7% des opérations à titre principal et secondairement par 21% des opérations.

Les autres opérations ciblent principalement ou secondairement le phytoplancton (14%), l'anoxie de la masse d'eau (14%), le comblement de la gravière (14%), l'érosion (14%), la flore invasive (7%), les pollutions toxiques (7%) et la turbidité liée à des micro-organismes (7%).

1.3.3 Opérations sur les lacs

Les opérations de restauration réalisées sur 8 lacs ont été recensées. Au total, 30 opérations ont été identifiées soit une moyenne de **3,75 opérations par lac**.

Ces opérations visent très majoritairement à **restaurer l'écosystème littoral** (63% à titre principal et 17% à titre secondaire) (cf. Annexe 5, Tableau 8 & Tableau 9). Pour cela, les principales techniques utilisées sont le reprofilage/réengraissement des berges (A41-T08), la diversification des habitats (A33-T01, A33-T03, A33-T06, A32-T01...), la protection de la zone littorale (A33-T05, A41-T03, A41-T06...) et la modification du niveau d'eau (A12-T06, A41-T07).

6 autres altérations sont visées à titre principal et 3 supplémentaires à titre secondaire. L'augmentation des nutriments dans la masse d'eau est visée principalement par 13% des techniques et secondairement par 10%.

Les déséquilibres du compartiment faunistique et l'anoxie de la masse d'eau sont ensuite visés, chacun par 7% des opérations à titre principal et secondairement par, respectivement,

13 et 10% des opérations.

1.3.4 Opérations sur les mares

3 mares ont été identifiées dans le cadre de ce projet pour un total de 5 opérations.

L'**accélération du comblement** est visée par l'ensemble des opérations recensées sur ce type de milieu (cf. Annexe 5, Tableau 10 & Tableau 11). Les techniques utilisées sont diverses : génie végétal ou contrôle des macrophytes pour limiter les apports, curage.

Deux autres altérations sont visées par les 5 opérations recensées sur des mares : les déséquilibre du compartiment faunistique (diminution/disparition des amphibiens reproducteurs) et l'érosion.

1.3.5 Opérations sur les retenues

22 opérations de restauration ont été recensées sur 8 retenues, soit en moyenne **2,75 opérations par retenue**.

La moitié des opérations de restauration recensées sur les retenues vise à limiter l'**érosion** (cf. Annexe 5, Tableau 12 & Tableau 13) et ce exclusivement à l'aide du génie végétal (A41-T05).

L'augmentation du phytoplancton est ciblé par près de 20% des opérations (à titre principal ou secondaire). La dégradation de l'écosystème littoral et le déséquilibre du compartiment faunistique sont ensuite visés à titre principal par 9% des techniques et secondairement par respectivement 59 et 36% des opérations.

5 autres altérations sont visées par les opérations réalisées sur les retenues (à titre principal / secondaire) :

- l'augmentation des nutriments dans la masse d'eau (5% / 5%) ;
- l'augmentation des macrophytes (0% / 14%) ;
- l'anoxie de la masse d'eau (5% / 14%) ;
- le relargage des sédiments (5% / 9%).

2 SYNTHÈSE DES SUIVIS POST-TRAVAUX

2.1 BILAN DES INCIDENCES DES ACTIONS

La plupart des techniques recensées peuvent potentiellement avoir des incidences négatives sur le plan d'eau et sur les milieux annexes (cf. fiches « Technique », rubriques Effets induits bénéfiques et néfastes, sur le plan d'eau et sur d'autres milieux). Toutefois, la plupart des opérations recensées (70%) n'ont pas permis d'identifier d'effets néfastes majeurs (cf. Fiches Opération, rubrique Éventuels effets néfastes induits).

Les incidences néfastes induites portent principalement sur :

- une dégradation de la qualité de l'eau du plan d'eau ou des milieux en aval suite à des apports de nutriments (eaux usées, dégradation de biomasse végétale) ou à la non minéralisation des sédiments présents (arrêt du cycle mise en eau / assec sur un étang dombiste) ;
- un développement, une introduction ou un transfert d'espèces indésirables (cyanobactéries, plantes ou faune invasives) lors ou suite aux opérations de restauration ;
- une atteinte à la biodiversité (dérangement / destruction de faune et/ou de flore, altération de sites de reproduction).

Par ailleurs, les incidences néfastes sont pour certaines temporaires (proliférations de cyanobactéries suite à un changement de niveau trophique du plan d'eau, elles ont aujourd'hui quasiment disparu suite à l'amélioration de la qualité de l'eau).

2.2 BILAN DES SUIVIS EFFECTUÉS SUR DES OPÉRATIONS EN RM&C

Sur les 100 opérations répertoriées, seul **1/3 a fait l'objet de suivis scientifiques**.

Ces suivis ont principalement porté sur :

- la qualité de l'eau (concentrations en oxygène, en nutriments, transparence de l'eau) (1/3) ;
- la reprise ou la recolonisation de la végétation (surface colonisée, densité, espèces végétales) (1/3) ;
- l'utilisation du milieu par la faune (poissons, amphibiens, oiseaux) (1/3).

Par ailleurs, 2 suivis ont porté sur la qualité des sédiments (taux de matières organiques, concentration en phosphore) et 2 suivis sur le développement du phytoplancton (blooms de cyanobactéries notamment).

Les opérations ayant fait l'objet de suivis sont de tout type (restauration de la qualité de l'eau, des berges, diversification des habitats...). Un grand nombre des opérations suivies sont cependant soit des opérations « lourdes » telles que l'épuration des eaux usées, le soutirage ou l'aération hypolimnique, soit des opérations visant au maintien ou à la restauration d'un usage (baignade notamment), soit des opérations s'intéressant plus particulièrement à la restauration de l'écosystème littoral ou des déséquilibres floristiques ou faunistiques.

Une partie des **opérations recensées (1/3 environ) n'ont pas été suivies**. Pour certaines (2/3), elles étaient encore trop récentes pour avoir fait l'objet de suivi permettant d'évaluer leurs effets sur le plan d'eau et les compartiments annexes. Toutefois, pour quelques unes de ces opérations, les suivis sont déjà programmés (opérations récentes menées sur le lac d'Annecy, opérations menées sur l'étang des Forges). Les opérations n'ayant donc pas du tout fait l'objet de suivi sont rares (moins de 10%).

Le reste des **opérations (1/3 environ) a simplement fait l'objet de suivis « visuels »**, sans protocole. Ces suivis portent très majoritairement sur la reprise ou la recolonisation de la

végétation suite à des opérations de diversification des milieux, de protection ou restauration de roselières.

La plupart des suivis sont effectués dans les années suivant la mise en œuvre de l'opération. Peu d'opérations anciennes, à l'exception des opérations de restauration de la qualité d'eau par collecte et épuration des eaux usées du bassin versant, sont suivies sur le long terme. Cette absence de suivi à long terme entraîne malheureusement parfois une « perte de la mémoire » des opérations. Ainsi au bout d'un certain temps, il n'y a plus trace des opérations menées sur un plan d'eau et ce, même si le temps de réponse du plan d'eau est important.

2.3 PRÉCONISATIONS DE SUIVI

Les suivis effectués les premières années qui suivent la réalisation d'une opération de restauration sont importants pour comprendre la dynamique du plan d'eau. Il est donc nécessaire qu'ils soient réguliers et assez poussés. Ils peuvent ensuite être « allégés/simplifiés » les années suivantes. Il reste cependant particulièrement intéressant d'effectuer des suivis approfondis à intervalle de temps réguliers (tous les 5 ans à 10 ans). Les suivis doivent s'intéresser non seulement au plan d'eau mais aussi aux milieux annexes sur lesquels les opérations de restauration pourraient avoir un impact. Les fonctions ou compartiments identifiés, lors de l'étude préalable, comme potentiellement touchés par l'opération doivent tous être suivis.

2.3.1 Techniques mises en œuvre pour améliorer la qualité de l'eau (nutriments, polluants)

Les principaux suivis pouvant être mis en œuvre pour s'assurer de l'efficacité des opérations de restauration menées sont des suivis des concentrations des nutriments/polluants dans la masse d'eau. Ces suivis doivent être réalisés aux différentes périodes de stratification des plans d'eau et ce pendant plusieurs années.

Il peut par ailleurs être intéressant de suivre les concentrations de ces éléments au niveau des ouvrages collecteurs (pré-barrage, collecteurs d'eaux usées, exutoires des eaux soutirées...) afin d'évaluer les quantités de nutriments/polluants exportées ou non introduites dans le plan d'eau.

En outre, ces mêmes types de suivis réalisés sur les milieux récepteurs des eaux détournées ou soutirées permettent de s'assurer du traitement effectif de la pollution et non d'un simple déplacement géographique de celle-ci.

2.3.2 Techniques de lutte contre la prolifération du phytoplancton

Le suivi de la fréquence de blooms algaux, ainsi que de l'évolution de la teneur en chlorophylle a à l'aide de sonde ou encore de la transparence de l'eau permet d'évaluer l'impact des opérations mises en œuvre sur le phytoplancton.

Un suivi des caractéristiques du peuplement algal peut aussi être réalisé notamment pour s'assurer de la diminution des cyanobactéries et déterminer les éventuelles variations de la composition des blooms.

En cas de prolifération localisée, une cartographie des zones touchées peut aussi être réalisée.

2.3.3 Techniques de réoxygénation du plan d'eau

Pour suivre l'efficacité des techniques mises en œuvre et recalibrer, si besoin, les dispositifs, des suivis du taux d'oxygène dissous doivent être effectués à différentes profondeurs. Ils se réalisent à l'aide de sonde à oxygène.

Des témoins indirects tels que l'observation des poissons (arrêt de la mortalité estivale, diversité, abondance...) peuvent aussi permettre de conforter l'efficacité des dispositifs.

2.3.4 Techniques mises en œuvre pour lutter contre l'accélération du comblement

Afin de s'assurer de l'efficacité de ces techniques des suivis concernant principalement la hauteur d'envasement et la vitesse de sédimentation peuvent être mis en œuvre par l'installation de témoins (par exemple, tubes enfoncés dans le sédiment et dont la cote est connue).

Ces témoins doivent être installés à différents endroits du plan d'eau afin de pouvoir mettre en évidence des différences de sédimentation en fonction des zones.

2.3.5 Techniques de lutte contre l'augmentation de la biomasse macrophytique ou contre les espèces végétales invasives.

Pour suivre l'efficacité de ce type de lutte plusieurs niveaux de suivis peuvent être réalisés :

- la cartographie du plan d'eau permet d'estimer la régression des superficies/linéaires envahis et de vérifier l'absence de nouveaux secteurs colonisés ;
- le suivi de la vigueur des plantes (nombre d'inflorescences, vitesse de repousse) et du nombre de plantules/pieds permettent de s'assurer de l'épuisement des plantes ;
- l'inventaire des espèces végétales présentes permet d'identifier une diversification des peuplements.

Ces suivis peuvent être effectués grâce à la mise en place de transects, ou de quadrats sur les secteurs colonisés permettant de distinguer une évolution des différents paramètres. Ces suivis doivent être effectués annuellement afin de moduler, le cas échéant, les opérations de lutte en terme de pression et de localisation.

2.3.6 Techniques mises en œuvre pour lutter contre la prolifération des espèces de faune invasive.

Les suivis à effectuer pour s'assurer de l'efficacité des opérations sont :

- le recensement des zones colonisées ;
- l'évolution du nombre et de la catégorie des individus (adultes, juvéniles) permettant d'évaluer l'état de santé des populations.

Ces suivis consistent globalement à un recensement des individus observés, capturés ou détruits durant les opérations de régulation ainsi qu'à une surveillance régulière des zones non

envahies permettant de déceler rapidement toute nouvelle colonisation.

Le récapitulatif du nombre d'animaux doit être effectué annuellement afin de moduler, le cas échéant, la pression et/ou la localisation des opérations de lutte.

2.3.7 Techniques de diversification des habitats

Ces techniques sont principalement employées afin d'accroître la biodiversité du milieu en termes de flore et de faune. Les suivis d'évaluation doivent donc permettre de s'assurer de l'utilisation des milieux créés. Ils consistent principalement en des inventaires pour observer l'évolution de la diversité spécifique des milieux ainsi que la présence d'espèces remarquables. Les premiers suivis à effectuer concerne principalement la flore.

Les nouveaux milieux doivent être fonctionnels et des suivis de la reproduction (nombre d'œufs, survies des jeunes...) sont aussi importants à mettre en œuvre.

2.3.8 Techniques de renforcement des populations

L'efficience de ces techniques est évaluée par la bonne intégration des individus dans le milieu et la capacité des populations à se maintenir d'elles-mêmes.

Les suivis vont donc principalement porter sur la reproduction (comportements reproducteurs, œufs, jeunes, taux de recrutement) et la survie et le comportement des individus.

Différents outils peuvent permettre de réaliser ces suivis : le radiotracking, les techniques de capture/marquage/recapture, des inventaires.

2.3.9 Techniques de lutte contre l'érosion

Génériquement, les suivis de ces techniques concernent l'identification de nouvelles zones d'érosion ou de zones de reprise d'érosion. Il est important de pouvoir évaluer la vitesse d'érosion en plaçant, par exemple, des piquets témoins permettant d'identifier la distance d'érosion selon un pas de temps régulier.

Concernant les techniques de génie végétale, le suivi de la reprise de la végétation permet de s'assurer de la pérennité des ouvrages réalisés.

Par ailleurs, des suivis de la hauteur de sédiments peuvent être mis en œuvre en arrière des ouvrages brisant la houle et le batillage. Ils permettront de s'assurer d'une reprise de la sédimentation.

2.3.10 Techniques mises en œuvre pour lutter contre l'augmentation de la turbidité

La mesure régulière de la transparence de l'eau (au niveau de la zone de plus grande profondeur du plan d'eau) à l'aide d'un disque de Secchi constitue une manière relativement simple et peu coûteuse d'évaluer l'efficacité de ce type de techniques.

D'autres suivis de la transparence peuvent aussi être réalisés à l'aide de sondes :

- sondes de turbidité permettant de calculer le taux de MES en cas de turbidité liée à des particules organo-minérales ;
- sondes permettant d'évaluer les taux en chlorophylle a ou l'abondance de

cyanobactéries en cas de turbidité liée à des micro-organismes.
Les suivis doivent être réalisés régulièrement notamment aux périodes théoriques des pics de turbidité.

3 RETOURS D'EXPÉRIENCE : SYNTHÈSE

Outre le recensement des techniques de restauration, cette étude visait aussi à dégager leur applicabilité sur les bassins Rhône Méditerranée et Corse pour la satisfaction des objectifs de bon état ou potentiel écologique fixés par la DCE.

Les opérations recensées sur les bassins RM&C ont permis de recueillir des informations sur une grande partie des techniques identifiées (57%). Ce qui, toutefois, ne représente « que » 37 techniques. Par ailleurs, 1/3 des opérations menées n'ont fait l'objet d'aucun suivi (dont 20% parce que trop récentes) et nous ne disposons donc pas d'information sur les effets des techniques mises en œuvre. En outre, parmi les techniques utilisées, 65% n'ont été appliquées que une ou deux fois en RM&C.

Les conclusions que l'on pourra tirer quant à l'applicabilité de l'ensemble des techniques identifiées dans le cadre de cette étude, resteront donc partielles : les paragraphes ci-dessous dressent ainsi l'état des conclusions.

3.1 EUTROPHISATION

3.1.1 Augmentation des concentrations en nutriments dans la masse d'eau

La technique de collecte et de traitement des eaux usées a montré d'excellents résultats sur l'ensemble des opérations. Les temps de réponse des plans d'eau sont cependant assez longs mais s'expliquent par le taux d'altération au début des opérations et par la dynamique des plans d'eau concernés : temps de séjour de plusieurs années. La restauration de la qualité de l'eau (concentration en nutriments) n'est encore souvent pas terminée bien que le début des opérations de restauration puisse dater de plusieurs décennies.

Les pré-barrages – zones humides présentent aussi globalement de bons résultats (lutte contre les nutriments et les polluants).

3.1.2 Développement de macrophytes

Parmi les techniques de contrôle du développement des macrophytes, certaines telles le contrôle mécanique des macrophytes montrent des résultats pouvant être bons. Toutefois la majorité des opérations présentait des résultats mauvais à mitigés. Ce sont généralement des techniques qui nécessitent d'être renouvelées régulièrement.

3.1.3 Développement des microphytes

Le système Plocher mis en œuvre au lac des Sapins (Cublize, 69) n'a permis aucune amélioration de la qualité de l'eau du plan d'eau, les cyanobactéries et les blooms algaux n'ont pas été diminués.

3.1.4 Anoxie de la masse d'eau

L'anoxie des plans d'eau semble pouvoir être limitée par la destratification, l'opération menée sur la base de loisirs de la Riaille ayant donnée de bons résultats. L'opération d'aération hypolimnique menée sur Nantua n'a pas donné de bons résultats (durée de mise en œuvre trop courte ?).

3.2 DYSFONCTIONNEMENTS DU COMPARTIMENT SÉDIMENT

3.2.1 Accélération du comblement

Le curage est la technique la plus utilisée pour lutter contre cette altération. Elle montre de bons résultats et les gestionnaires de plan d'eau l'ayant mise en œuvre sont satisfaits même s'ils en pointent le coût important. Le dragage tout comme le curage montrent de bons résultats sous réserve que les apports de sédiments soient limités. Les opérations mettant en œuvre les bioadditifs n'ont pas permis de statuer sur leur efficacité qui semble, toutefois, assez faible.

3.2.2 Relargage de composés nutritifs vers la masse d'eau

La seule opération visant à réduire le relargage des nutriments par les sédiments est l'opération d'inactivation des sédiments par chaulage au lac de St Martial (07). La réduction des effets de l'eutrophisation a été effective pendant 2-3 ans.

3.3 DÉSÉQUILIBRES DE LA BIODIVERSITÉ

3.3.1 Déséquilibre du compartiment floristique

Le contrôle des espèces végétales invasives présente une efficacité mitigée à bonne, que la lutte soit manuelle, mécanique ou par variation des niveaux d'eau. Ce qui ressort des différentes opérations réalisées est la nécessité d'intervenir régulièrement sur plusieurs années pour avoir une bonne efficacité.

3.3.2 Déséquilibre du compartiment faunistique

Concernant les renforcements de faune indigène, la restauration ou la mise en place de

frayères artificielles est globalement efficace. Les frayères sont bien utilisées (pontes). Cette technique ne règle cependant pas les autres problèmes limitant le développement des poissons (fréquentation des frayères, problèmes de pollutions...). La réintroduction de Cistude menée sur le lac du Bourget a été particulièrement efficace puisque la population s'est bien implantée (survie, sédentarisation et reproduction des individus).

Peu d'opérations de **lutte contre des espèces de faune exotique** ont été recensées. Une opération de piégeage sur l'étang de Grand Marais montre l'efficacité de cette méthode sur le Ragondin. Les opérations de vidange réalisées ont permis la capture des espèces invasives présentes sur les plans d'eau. Toutefois, l'opération menée sur l'étang de Bellefontaine a très fortement impacté la biodiversité du plan d'eau pour un nombre faible d'écrevisses invasives capturées.

3.3.3 Dégradation de l'écosystème littoral

Les techniques de restauration du littoral par diversification des habitats ou protection / restauration des roselières présentent toutes de bons à très bons résultats. La reprise de la végétation est généralement bonne. Ces techniques augmentent l'attractivité de la zone littorale et le développement d'une faune diversifiée.

Il en est de même pour le reprofilage des berges qui permet généralement le développement d'une flore diversifiée servant parfois de frayère.

3.4 ÉROSION

Concernant l'érosion, les effets des techniques de génie végétale sont très variables. Certaines opérations n'ont pas permis d'enrayer l'érosion (plusieurs opérations menées sur le lac de Monteynard). La végétalisation des berges de Serre-Ponçon a, quant à elle, été efficace à l'échelle annuelle mais l'opération nécessitait d'être répétée chaque année.

Le reprofilage des berges a stoppé l'érosion sur le lac Nord des Ilettes et a permis le développement de laïches, joncs et massettes.

4 LES FICHES "OPÉRATIONS" – FO

100 fiches "Opération" ont été créées. Ces fiches sont constituées de 2 parties :

- l'en-tête de page reprend : le nom de l'Opération, le numéro de l'altération principalement visée et celui de la technique mise en œuvre, respectivement Ayx et Tz ainsi que le numéro, Opt, de l'opération au sein de la technique (cf. Illustration 11) ;
- la première page concerne le plan d'eau et est commune à toutes les opérations portant sur le même plan d'eau ; elle présente les caractéristiques administratives, hydromorphologiques du plan d'eau et de son bassin versant ainsi que sa localisation, ses usages et l'historique des altérations le touchant ou l'ayant touché (cf. Illustration 11) ;
- la seconde et la dernière page traitent de la technique mise en œuvre dans le cadre de cette opération ; contexte, modalités de mise en œuvre, altération(s) visée(s), partenaires impliqués (financeurs, maître d'ouvrage et d'œuvre), effets à court et long terme, effets induits, avis du maître d'ouvrage/gestionnaire, coût. (cf. Illustration 12 et Illustration 13)

Titre de l'Opération		Numéro de l'Opération	
Restauration et création de roselières sur le lac nord des Hettes		A33 T02 Op03	
<p><i>Masse d'eau</i> : Non renseignée</p> <p><i>Législation</i> : Aucune législation/réglementation spécifique n'a été</p>		<p><i>Propriétaire(s)</i> : Commune de Sallanches</p> <p><i>Gestionnaire(s)</i> : Commune de Sallanches SM3A</p>	
<p>Renseignements administratifs concernant le plan d'eau</p>		<p>Localisation du plan d'eau</p>  <p>Carte de localisation du plan d'eau</p>	
<p>Caractéristiques hydromorphologiques</p> <p>Superficie : 10 ha Volume : 0,015 hm³ Type : Gravière</p> <p>Profondeur moyenne : 1,5 m Profondeur maximale : 2 m Temps de séjour :</p> <p>Alimentation : Nappe d'accompagnement de l'Arve</p> <p>Exutoire : Arve et nappe d'accompagnement de l'Arve</p>		<p>Caractéristiques hydromorphologiques du plan d'eau</p>	
<p>Usages du plan d'eau</p> <p>La principale vocation du lac (à haute valeur écologique de ce type) est la voile, la pêche, la promenade, l'ébénisterie. La vocation : la protection de la nature.</p>		<p>Liste des communes riveraines du plan d'eau</p> <p>Commune(s) : Sallanches (74)</p>	
<p>Historique des altérations ayant touché le plan d'eau</p> <p>Le lac nord des Hettes est une ancienne gravière présentant quelques berges en pente forte ou érodées. Jusqu'à la fin des années 1990, le site a rapidement été reconquis par la végétation. Des milieux à forte valeur écologique sont développés ainsi que des espèces invasives. Les usages de loisirs (pêche, planche à voile, promenade...) ont pris progressivement leur essor. Depuis 2004, les pressions sur le site et les milieux naturels sont devenues importantes.</p>		<p>Informations complémentaires sur le plan d'eau</p> <p>Bassin versant du plan d'eau</p> <p>Superficie : km²</p> <p>Occupation du sol : </p> <p>Le bassin versant du plan d'eau est principalement constitué de milieux forestiers et de prairies extensives.</p> <p>HER 1 du plan d'eau</p> <p>HER 2 du plan d'eau</p> <p>Données sur le bassin versant du plan d'eau</p>	

Illustration 11 : Fiche "Opération", page 1

Restauration et création de roselières sur le lac nord des Ilettes

A33 T02 Op03

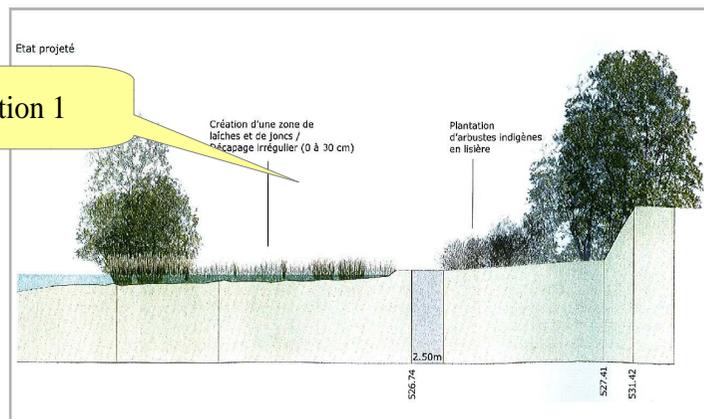
Altération(s)

Dégradation de l'écosystème littoral

Altération principalement visée

Altération(s) secondairement visée(s)

Illustration 1



Etat projeté après décapage et repiquage de joncs et laïches

Mise en œuvre

Cette opération a été menée selon les principes généraux de la technique A33-T02. La première partie a consisté à revitaliser la roselière située au nord du lac en excavant une partie de la surface atterrie. La zone de 67m*25m a été décapée de manière irrégulière sur 30 à 40 cm de profondeur. Les déblais, de même que les rhizomes de roseaux, ont été réutilisés pour créer 3 nouvelles roselières le long de la berge. Le niveau d'eau ont aussi été légèrement déca (0,50 m) afin de permettre le développement de joncs.

Description des modalités de mise en œuvre

A chaque décapage, les touffes de joncs existantes ont été mises en dépôt puis réinstallées après le décapage pour permettre une recolonisation plus rapide. Les décapages ont été réalisés en période hivernale (basses eaux). Les zones présentant de faible portance, des engins avec chenilles marais ont été utilisés.

Contexte

Suite à l'abandon du site dans les années 1990, le lac nord des Ilettes s'est progressivement revégétalisé. En 2005-2006, suite au développement des activités de loisirs et aux pressions exercées sur le site, le SM3A et la commune de Sallanches ont initié un projet d'aménagement et de valorisation. Celui-ci devait révéler au mieux le potentiel du site pour des vocations différentes et parfois contradictoires : activités de loisirs, insertions dans le territoire, intégration paysagère et protection de la nature. Dans le cadre de ce projet, en janvier 2006, la roselière située en rive nord du lac a été revitalisée et des nouvelles zones de fragmites ou de laïches et joncs ont été créées en rives est et ouest.

Contexte de l'opération

Coûts

Revitalisation de la roselière nord -> terrassement irrégulier (+/- 30 cm) de la surface (chargement sur véhicule, transport et déblais) soit 16'000€ HT pour 1'600 m².
Création de 3 roselières -> préparation des zones de repiquages (5€/m² HT) et repiquage du matériel issu de la roselière nord (10€/m² HT) soit 9'000€ pour les 600m².
Création de 2 zones de joncs et laïches -> terrassement irrégulier (+/- 30 cm) de la surface : 10€/m³ HT soit 2'700€ HT pour la rive ouest et 1'300€ HT pour la rive ouest

Coût de l'opération

Maitre(s) d'œuvre :

Viridis Environnement SARL



Maître(s) d'œuvre

Illustration 12 : Fiche "Opération", page 2

Restauration et création de roselières sur le lac nord des Hettes

A33
T02
Op03

E F F E T S	<p><u>A court terme</u> Zone de roselière de départ très parsemée.</p>	Effets observés à court terme	<p><u>A long terme</u> Développement progressif du linéaire de roselière le long des berges participant à la diversification des rives du lac. La roselière initialement éparse présente actuellement un témoignage d'une évolution autonome des zones ensemencées avec développement de la massette.</p>	Effets observés à long terme	
	<p><u>Éventuels effets induits</u> Augmentation apparente du nombre d'espèces de poisson (+ rapport à la situation initiale (chevaine quasi exclusivement pêchées, carpe...)) par quelques années.</p>				Éventuels effets induits positifs et négatifs

Avis du gestionnaire et des usagers
Le SM3A est très satisfait : les travaux sont assez simples à réaliser pour un fort intérêt écologique.

Avis des gestionnaires sur l'opération

Note attribuée par le gestionnaire



Illustration 3

Lac Nord des Hettes

Maître(s) d'ouvrage :
SM3A
74800 - St Pierre-sur-Foyen
04 50 25 60 14
sm3a@riviere-arve.org

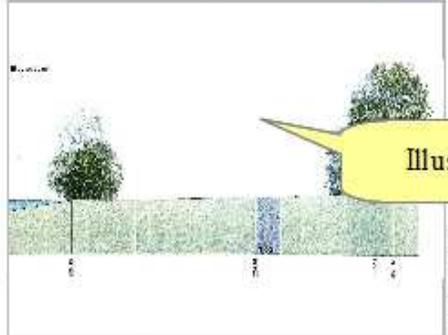


Maître(s) d'ouvrage

Financier(s) :
Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée et Corse
Conseil Général de la Haute-Savoie
Conseil Régional de Rhône Alpes

Financier(s)

ARVE



Etat avant travaux

Illustration 2

Illustration 13 : Fiche "Opération", page 3

En conclusion

Les plans d'eau des bassins Rhône-Méditerranée et Corse ont été l'objet de nombreuses opérations de restauration.

Cette étude a montré que plusieurs opérations mettant en œuvre des techniques de restauration différentes sont généralement réalisées conjointement afin d'accélérer les processus de restauration.

Les effets des opérations menées sont généralement suivis (visuellement au minimum). Ils sont variables en fonction des techniques et des opérations. Certaines opérations ont eu de très bons résultats d'autres n'ont pas eu d'impact sur l'altération voire ont eu des impacts négatifs sur le milieu.

*RECUEIL DES OPÉRATIONS EN RM&C
PAR ALTÉRATION ET PAR TECHNIQUE*

Cf. Document « Recueil de fiches »

GLOSSAIRE

(Définitions en partie tirées des ouvrages : *Limnologie appliquée au traitement des lacs et des plans d'eau : les études des Agences de l'Eau* n°62 ; *Aide à la décision pour le traitement des plans d'eau* n°83)

Algues : végétaux chlorophylliens généralement aquatiques ne possédant pas de tissus différenciés et par conséquent pas de racines ni de tiges ni de feuilles. Imperceptibles à l'œil nu à l'état unicellulaire, d'où leur nom de microphytes, elles sont visibles une fois groupées en colonies ou associées en filaments ; certaines fixées, d'autres flottant librement dans l'eau.

Allélopathie : ensemble de plusieurs interactions biochimiques directes ou indirectes, positives ou négatives, d'une plante sur une autre (micro-organismes inclus) au moyen de métabolites secondaires.

Anoxie : terme désignant l'absence d'oxygène dans une ou plusieurs couches d'eau.

Anthropique : propre à l'homme ou qui résulte de son action.

Bassin versant (d'un plan d'eau) : aire géographique d'alimentation du plan d'eau. Hors géologie particulière, les limites du bassin versant sont définies topographiquement par la ligne de crête qui le sépare du bassin versant voisin. Dans certaines configurations de géologie, le bassin versant hydrologique peut différer du bassin topographique. Il est donc important de préciser s'il s'agit du bassin versant topographique (« potentiel ») ou géologique (« réel »).

Bloom (algal) : croissance du phytoplancton à caractère "explosif" et monospécifique, entraînant une brusque diminution de la transparence de l'eau.

Charge externe : quantité totale d'un élément, d'une substance, d'un matériau..., déchargée dans un plan d'eau en provenance de son bassin versant et de l'atmosphère ; généralement calculée sur une base annuelle et rapportée à l'unité de surface du plan d'eau.

Charge interne : quantité totale d'un élément, d'une substance, d'un matériau...déchargée dans un plan d'eau en provenance des sédiments et des macrophytes ; généralement calculée sur une base annuelle et rapportée à l'unité de surface du plan d'eau.

Characées : algues vertes benthiques munies de structure qui, ressemblant à des tiges, des feuilles et des racines, leurs donnent l'aspect de plantes supérieures ; reconnaissables à leur toucher rugueux et cassant dû à un dépôt de carbonate de calcium, elles peuvent former des prairies profondément submergées et fixées. Inféodées aux eaux calcaires transparentes, leur prolifération crée rarement des nuisances ; au contraire elles stabilisent les sédiments, constituent un bon habitat pour les poissons et empêchent la prolifération d'autres plantes nuisibles.

Chlorophylle : pigment vert présent dans les végétaux, y compris les algues, qui permet la photosynthèse.

Cyanobactéries (aussi appelées algues bleues ou Cyanophycées) : organismes possédant certaines caractéristiques les rapprochant des bactéries, mais qui pratiquent la photosynthèse comme les algues grâce à la chlorophylle. Leur couleur est variable en fonction de pigments complémentaires (brun, rouge, bleu). Certaines espèces sont capables de fixer l'azote atmosphérique.

Écotone : zone de transition entre deux écosystèmes.

Épilimnion : couche d'eau plus chaude (ou plus froide) qui s'installe à la surface d'un plan d'eau au cours de la stratification estivale (ou hivernale si existante) ; le gradient de température est généralement faible, quoique variable. L'épilimnion est limité en profondeur par le métalimnion.

État trophique : degré d'eutrophisation d'un plan d'eau, entre oligotrophie et eutrophie ; il peut être caractérisé par la concentration en phosphore, en chlorophylle, par la transparence, par la biomasse de macrophytes, ou par la concentration en oxygène des eaux du fond.

Euphotique (zone) : qualifie la portion de masse d'eau où les conditions d'éclairement permettent l'activité photosynthétique. Dans un plan d'eau, cette portion de masse d'eau est représentée par la couche d'eau s'étendant de la surface jusqu'à la profondeur où ne pénètre plus que 1% de la lumière incidente et où la vie végétale n'est plus possible.

Eutrophe : qualifie un milieu riche en substances nutritives, dont le phosphore, et où, de fait, s'observent une prolifération des algues et des végétaux et une faible transparence,...

Eutrophisation : à l'origine, désigne l'évolution naturelle (d'un plan d'eau) de l'état oligotrophe vers l'état eutrophe au travers des divers paramètres qui caractérisent un état trophique et en relation avec le lent comblement de la cuvette lacustre. Par extension, désigne cette évolution accélérée par l'Homme : Il s'agit alors de l'eutrophisation artificielle ou anthropique.

Filamenteuses (algues) : se dit d'espèces d'algues dont les cellules sont attachées les unes aux autres pour former des filaments simples, ramifiés ou réticulés. Les algues filamenteuses démarrent en général leur croissance sur les bords ou sur les fonds des plans d'eau transparents et la terminent en surface pour produire des amas verdâtres plus ou moins compacts.

Hypolimnion : masse d'eau froide présente au fond d'un plan d'eau pendant la stratification estivale (ou, dans les plans d'eau dimictiques, à stratification hivernale, cette même masse d'eau, à température voisine de 4°C, plus "chaude" que les eaux de surface) . Elle s'étend du métalimnion jusqu'au fond.

Macrophytes : végétaux de grande taille visibles à l'œil nu, ils peuvent être enracinés et/ou flottants. S'agissant d'une définition strictement Ils comprennent des végétaux supérieurs qui ont des fleurs et produisent des graines mais aussi des mousses et fougères. Les Characées et les algues filamenteuses en font également partie.

Métalimnion : dans un plan d'eau thermiquement stratifié, couche d'eau située entre l'épilimnion et l'hypolimnion, caractérisée par un fort gradient de température (la thermocline), de densité et de viscosité. Sa forte résistance au mélange fait qu'il isole l'hypolimnion des perturbations venant des couches supérieures.

Mésotrophe : qualifie une eau moyennement riche en phosphore, développant une activité photosynthétique moyenne et dotée d'une transparence moyenne.

Oligotrophe : qualifie une eau pauvre en phosphore, développant une faible activité photosynthétique et généralement dotée d'une transparence élevée.

Photosynthèse : chez les végétaux et certaines bactéries, processus utilisant l'énergie lumineuse pour transformer le gaz carbonique et l'eau en sucres (élaboration de matière organique à partir de minéraux).

Phytophage : qui se nourrit de matière végétale.

Piscivore : qui se nourrit de poissons.

Plancton (phytoplancton / zooplancton) : ensemble des organismes flottant au gré des courants et autres déplacements de la masse d'eau, bien que doués d'une mobilité propre (nage du zooplancton, tropismes divers) mais réduite. On distingue le phytoplancton (végétal) et le zooplancton (animal).

Planctonophage (phytoplanctonophage / zooplanctonophage) : qui se nourrit de plancton.

Production primaire : quantité de matériel végétal produit pendant un laps de temps donné, exprimable (entre autres) en g(sucres)/m²/j.

Résilient (écosystème -) : la résilience est la capacité d'un écosystème, d'un habitat, d'une population ou d'une espèce à retrouver un fonctionnement et un développement normal après avoir subi une perturbation importante.

Résistant (écosystème -) : la résistance est la capacité d'un écosystème, d'un habitat, d'une population ou d'une espèce à rester à son état original lors d'une perturbation.

Saut thermique (couche du -) : voir thermocline.

Stratification thermique : dans un plan d'eau suffisamment profond pour qu'elle puisse se développer à la place d'un simple gradient thermique, succession de différentes couches d'eau, entre la surface et le fond, présentant des températures distinctes. Souvent associée à une stratification chimique en lien avec l'isolement (le non-mélange) de ces différentes couches du fait de la différence de densité des eaux en fonction de leur température.

Substance allélopathique : voir *Allélopathie*.

Temps de séjour (plan d'eau) : laps de temps moyen qui s'écoule entre le moment où un volume élémentaire d'eau pénètre dans le plan d'eau et le moment où il le quitte. Se conçoit comme le laps de temps nécessaire pour remplacer toute l'eau d'un plan d'eau par un volume égal d'eau "nouvelle". Se calcule comme le laps de temps nécessaire pour remplir tout le plan d'eau, en fonction des débits entrants.

Thermocline : gradient thermique vertical, fortement prononcé (variations de température jusqu'à plusieurs degrés en quelques mètres de profondeur).

LISTE DES SIGLES

Sigle	Signification
AAPPMA	Association Agréée pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique
AELB	Agence de l'Eau Loire Bretagne
AEMC	Association des Étangs et Moulin de Crosagny
AVENIR	Agence pour la Valorisation des Espaces Naturels Isérois Remarquables
CAB	Communauté de l'Agglomération Belfortaine
CABCS	Communauté d'Agglomération Beaune, Côte et Sud
CALB	Communauté d'Agglomération du Lac du Bourget
CCLA	Communauté de Communes du Lac d'Aiguebelette
CEN PACA	Conservatoire d'Espaces Naturels de la région Provence Alpes Côte d'Azur
CG	Conseil Général
CIPEL	Commission Internationale pour la Protection des Eaux du Léman
CISALB	Comité Intersyndical pour l'Assainissement du Lac du Bourget
CNR	Compagnie Nationale du Rhône
CPNS	Conservatoire du Patrimoine Naturel de Savoie
EID	Entente Interdépartementale de Démoustication
FDAAPPMA	Fédération Départementale des Associations Agréées pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique
ONF	Office National des Forêts
SIADI	Syndicat Intercommunal d'Assainissement du Drac Inférieur
SIALLP	Syndicat Intercommunal d'Assainissement des Lacs de Laffrey et Petichet
SIAVC	Syndicat Intercommunal d'Assainissement du Val Coisin
SIFOR	Syndicat Intercommunal du Foron du Chablais Genevois
SIGEA	Syndicat Intercommunal de Gestion des Étangs de l'Albanais
SILA	Syndicat Mixte du Lac d'Annecy
SM3A	Syndicat Mixte d'Aménagement de l'Arve et de ses Abords
SMADESEP	Syndicat Mixte d'Aménagement et de Développement de Serre-Ponçon
SMALS	Syndicat Mixte pour l'Aménagement du Lac des Sapins
SMVV	Syndicat Mixte de la Vallée de la Veyre
STE	Sciences et Techniques de l'Environnement

BIBLIOGRAPHIE

La liste des documents utilisées pour l'élaboration des deux documents (rapport et recueil de fiches) est annexée à la fin du recueil de fiches.

- ANNEXES -

ANNEXE 1 DÉMARCHE GÉNÉRALE ET ACQUISITION DES DONNÉES

1 PHASE 1 : TECHNIQUES DE RESTAURATION

1.1 PORTÉE DE LA RECHERCHE

La recherche des techniques de restauration de plans d'eau a concerné :

- l'ensemble des techniques ayant été employées ou simplement testées (test en milieu naturel) quel que soit le compartiment concerné du plan d'eau ou du bassin versant ;
- toutes problématiques observées sur le plan d'eau et relative à des dysfonctionnements écologiques de la masse d'eau ou de la zone littorale ;
- tout type de plans d'eau sans limite de taille et de morphologie ;
- une aire géographique étendue (Europe, Amérique du Nord).

Les contacts ont été effectués dans un premier temps au niveau national, puis à des niveaux inférieurs sur recommandation des instances nationales.

Cette recherche a été menée selon deux axes :

- bases de données ministérielles et principales bibliothèques scientifiques ;
- professionnels des techniques de restauration.

1.2 MÉTHODOLOGIE

Un courrier explicitant le projet (en français et/ou anglais) a été envoyé au ministère de l'environnement et aux structures spécialisées (ex. Agences de l'Eau en France) des pays concernés (cf. Erreur : source de la référence non trouvée et Erreur : source de la référence non trouvée). Notre demande portait sur les références d'opérations menées, les coordonnées des structures et sites internet référents ainsi que les principales bibliothèques scientifiques, les sociétés spécialisées dans le traitement des plans d'eau et une liste des techniques de restauration existantes à leur connaissance.

Suite au retour des différentes instances, des fiches "Technique" (FT) ont été créées.

*1.3 TABLEAU RÉCAPITULATIF DES CONTACTS AU NIVEAU
INTERNATIONAL*

Pays	Organisme	Service	Courriel	1 ^{er} contact	Réponse
Allemagne	Ministère fédéral de l'Environnement, Conservation de la Nature et la Sécurité nucléaire	Bureau des relations publiques	service@bmu.bund.de	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
		Département Gestion de l'eau, gestion des déchets, conservation sols	kontaktformular@bmu.de	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
			poststelle@lubw.bwl.de	19/01/12	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
Australie	Ministère du Développement Durable, de l'Environnement, des Eaux, de la Population et des Collectivités		scew.secretariat@environment.gov.au	29/12/11	<input type="checkbox"/> Aucune réponse <input checked="" type="checkbox"/> Renvoi vers : <i>waterinformation@environment.gov.au</i> <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
			waterinformation@environment.gov.au	18/01/12	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
Autriche	Ministère fédéral de l'Agriculture, des Forêts, de l'Environnement et de l'Eau		service@lebensministerium.at	28/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
		Agence fédérale pour la gestion de l'eau	office.igf@baw.at	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :

Pays	Organisme	Service	Courriel	1 ^{er} contact	Réponse
Belgique	Secrétariat d'État à l'Environnement, à l'Énergie et à la Mobilité		info@wathelet.fed.be	28/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
	Direction Générale opérationnelle de l'Agriculture, des Ressources Naturelles et de l'Environnement	Département de l'Environnement et de l'Eau	dgarne@spw.wallonie.be	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
			francois.paulus@spw.wallonie.be	20/01/12	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
	Ministère flamand de l'Environnement, de la Nature et de la Culture.		kabinet.smet@vlaanderen.be	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :

Pays	Organisme	Service	Courriel	1 ^{er} contact	Réponse	
Canada	Environnement Canada	Bureau national	enviroinfo@ec.gc.ca	28/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :	
		Bureau Atlantique	15th.reception@ec.gc.ca	28/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :	
		Bureau Québec	enviroinfo@ec.gc.ca	28/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :	
		Centre des visiteurs du parc de la Gatineau		info@ncc-ccn.ca	17/01/12	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
		Parc national du Canada de la Mauricie		albert.vandijk@pc.gc.ca	17/01/12	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
				restauration.restoration@p.c.gc.ca	17/01/12	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
				ehiggs@uvic.ca	17/01/12	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
		DESSAU (professionnels)		info@dessau.com	26/01/12	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
		Ville de la Tuque (traitement plan d'eau communal aux ultrasons)		infoservice@ville.latuque.qc.ca	27/01/12	<input type="checkbox"/> Aucune réponse <input checked="" type="checkbox"/> Renvoi vers : Louis Loiselle, ingénieur en charge du projet <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
				lloiselle@ville.latuque.qc.ca	27/01/12	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :

Pays	Organisme	Service	Courriel	1 ^{er} contact	Réponse
Espagne	Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et l'Environnement	Bureau de l'Information et du Citoyen - Service d'information sur l'environnement	informacionmma@mma.es	28/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
Finlande	Ministère de l'Environnement	Département de l'Environnement Naturel	saara.back@ymparisto.fi	28/12/11	<input type="checkbox"/> Aucune réponse <input checked="" type="checkbox"/> Renvoi vers : Ms Auri Sarvilinna <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens : leur site Internet
			auri.sarvilinna@ymparisto.fi	18/01/12	<input type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input checked="" type="checkbox"/> Envoi de documents/liens : 2 documents sur la restauration des lacs
Grèce	Ministère de l'Environnement, énergie et changement climatique	Secrétariat spécial pour l'eau	Formulaire	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
Italie	Ministère du milieu et de la Protection du Territoire et de la Mer	Direction générale de l'Environnement, du Territoire et de l'Eau	gigliani.francesco@minambiente.it	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
			sollazzo.caterina@minambiente.it	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
			polsoni.armenia@minambiente.it	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
			appa@provincia.tn.it	19/01/12	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :

Pays	Organisme	Service	Courriel	1 ^{er} contact	Réponse
Norvège	Ministère de l'Environnement	Département de Gestion de la Nature	postmottak@md.dep.no	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/lien :
		Unité Communication	mdinfo@md.dep.no	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/lien :
Pologne	Ministère de l'Environnement		info@mos.gov.pl	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/lien :
		Département de la Conservation de la Nature	departament.ochrony.przyrody@mos.gov.pl	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/lien :
		Département de l'Infrastructure et Environnement – Programme opérationnel	departament.programu.operacyjnego.infrastruktura.i.srodowisko@mos.gov.pl	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/lien :
Portugal	Ministre de l'Agriculture, de la Mer, de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire		geral@min-agricultura.pt	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/lien :
		Environnement et Aménagement	igaot@igaot.pt	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/lien :
Royaume Uni	Département de l'Environnement, de l'Alimentation et des Affaires Rurales		defra.helpline@defra.gsi.gov.uk	29/12/11	<input type="checkbox"/> Aucune réponse <input checked="" type="checkbox"/> Renvoi vers : <i>enquiries@environment-agency.gov.uk ; enquiries.hq@britishwaterways.co.uk</i> <input type="checkbox"/> Envoi de documents/lien :
	<i>Agence de l'environnement</i>		enquiries@environment-agency.gov.uk	20/01/12	<input type="checkbox"/> Aucune réponse <input checked="" type="checkbox"/> Renvoi vers : <i>enquiries@naturalengland.org.uk</i> <input checked="" type="checkbox"/> Envoi de documents/lien : <i>document concernant la création et gestion de plan d'eau de type "réservoirs d'eau"</i>

Pays	Organisme	Service	Courriel	1 ^{er} contact	Réponse
Royaume Uni	British waterways		enquiries.hq@britishwaterways.co.uk	20/01/12	<input type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input checked="" type="checkbox"/> Envoi de documents/liens : <i>document concernant la restauration du canal de Montgomery</i>
	Natural England		enquiries@naturalengland.org.uk	23/01/12	<input type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input checked="" type="checkbox"/> Envoi de documents/liens : <i>Bilan du Lake Restauration Programme (pas de technique)</i>
	Environnement Ecosse		Formulaire	29/12/11	<input type="checkbox"/> Aucune réponse <input checked="" type="checkbox"/> Renvoi vers : <i>SEPA</i> <input checked="" type="checkbox"/> Envoi de documents/liens : <i>liens concernant la restauration des cours d'eau</i>
	Ministère de l'Environnement de la République d'Irlande		minister@environ.ie	29/12/11	<input type="checkbox"/> Aucune réponse <input checked="" type="checkbox"/> Renvoi vers : <i>Dr. Martin O'Grady</i> <input checked="" type="checkbox"/> Envoi de documents/liens : <i>recueil technique de restauration sur les cours d'eau</i>
	<i>Inland Fisheries Ireland</i>	<i>Dr. Martin O'Grady</i>	info@fisheriesireland.ie	23/01/12	<input type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input checked="" type="checkbox"/> Envoi de documents/liens : <i>proposé achat d'un livre sur la restauration des cours d'eau à salmonidés</i>
	Gouvernement gallois	Département Eau	water@wales.gsi.gov.uk	29/12/11	<input type="checkbox"/> Aucune réponse <input checked="" type="checkbox"/> Renvoi vers : <i>Agence de l'Environnement</i> <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
Suède	Ministère de l'Environnement		Formulaire	29/12/11	<input type="checkbox"/> Aucune réponse <input checked="" type="checkbox"/> Renvoi vers : <i>The Swedish Agency for Marine and Water Management</i> <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
	<i>The Swedish Agency for Marine and Water Management</i>		havochvatten@havochvatten.se	18/01/12	<input type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input checked="" type="checkbox"/> Envoi de documents/liens : <i>recueil sur la restauration des cours d'eau (en suédois)</i>

Pays	Organisme	Service	Courriel	1 ^{er} contact	Réponse
Suisse	Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication		info@gs-uvek.admin.ch	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
	Office fédéral de l'environnement		info@uvek.admin.ch	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
			info@bafu.admin.ch	18/01/12	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
		Service Eau	wasser@bafu.admin.ch	18/01/12	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
		Commission Internationale pour la Protection des Eaux du Léman		cipel@cipel.org	19/01/12
Rép. Tchèque	Ministère de l'Environnement	Département Protection de l'eau	hana.randova@mzp.cz	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
USA	Agence de la Protection de l'Environnement	Région 3 (DC, DE, MD, PA, VA)	r3public@epa.gov	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
		Région 8 (CO, MT, ND, SD, UT, WY)	r8eisc@epa.gov	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
		Région 9 (AZ, CA, HI, NV)	r9.info@epa.gov	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Renvoi vers : <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :

1.4 TABLEAU RÉCAPITULATIF DES CONTACTS AU NIVEAU FRANÇAIS

Organisme	Courriel	1 ^{er} Contact	Réponse
Agence de l'eau Loire Bretagne	olivier.coulon@eau-loire-bretagne.fr	29/12/11	<input type="checkbox"/> Aucune réponse <input checked="" type="checkbox"/> Envoi de documents/lien : <i>envoi de plusieurs documents concernant notamment le système PLOCHER</i>
Agence de l'eau Seine Normandie	martinet.fabrice@aesn.fr	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Envoi de documents/lien :
Agence de l'eau Adour Garonne	jean-pierre.rebillard@eau-adour-garonne.fr	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Envoi de documents/lien :
Agence de l'eau Artois Picardie	c.lesniak@eau-artois-picardie.fr	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Envoi de documents/lien :
Agence de l'eau Rhin Meuse	guillaume.demortier@eau-rhin-meuse.fr	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Envoi de documents/lien :
Agence de l'eau Rhône Méditerranée et Corse	Stephane.STROFFEK@eurmc.fr	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Envoi de documents/lien :
IRSTEA	alain.dutartre@bordeaux.cemagref.fr	19/01/12	<input type="checkbox"/> Aucune réponse <input checked="" type="checkbox"/> Envoi de documents/lien : <i>Envoi de documents et relecture des fiches "Technique" concernant les macrophytes</i>
	vincent.bertrin@bordeaux.cemagref.fr	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Envoi de documents/lien :
	carole.heyd@cemagref.fr	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Envoi de documents/lien :
	cedric.lanoiselee@cemagref.fr	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Envoi de documents/lien :
	cedric.provost@cemagref.fr	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Envoi de documents/lien :
	christine.argillier@cemagref.fr	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Envoi de documents/lien :
	pierre-alain.danis@cemagref.fr	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Envoi de documents/lien :
	samuel.alleaume@cemagref.fr	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Envoi de documents/lien :

Organisme	Courriel	1 ^{er} Contact	Réponse
DREAL Rhône-Alpes	ghislaine.beaujeu@developpement-durable.gouv.fr	29/12/11	<input type="checkbox"/> Aucune réponse <input checked="" type="checkbox"/> Envoi de documents/liens : informations sur le système PLOCHER
Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie	laurence.perianin@developpement-durable.gouv.fr	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
	Vassilis.Spyratos@developpement-durable.gouv.fr	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
	Johann.Moy@developpement-durable.gouv.fr	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :

Organisme	Courriel	1 ^{er} Contact	Réponse
ONEMA Divers services départementaux	anne-laure.borderelle@onema.fr	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
	Frederic.villette@onema.fr	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
	Gael.olivier@onema.fr	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
	Jean-claude.raymond@onema.fr	29/12/11	<input type="checkbox"/> Aucune réponse <input checked="" type="checkbox"/> Envoi de documents/liens : <i>envoi d'une liste d'opérations mettant en avant plusieurs techniques</i>
	jean-michel.foissy@onema.fr	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
	julien.bouchard@onema.fr	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
	Laurence.blanc@onema.fr	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
	samuel.dembski@onema.fr	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
	Sylvain.richard@onema.fr	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
	william.sremski@onema.fr	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
	yorick.reyjol@onema.fr	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
	jean-marc.baudoin@onema.fr	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :

Organisme	Courriel	1 ^{er} Contact	Réponse
ONEMA Divers services départementaux	josee.peress@onema.fr	29/12/11	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
	marc.collas@onema.fr	15/02/12	<input type="checkbox"/> Aucune réponse <input checked="" type="checkbox"/> Envoi de documents/liens : <i>envoi de plusieurs documents sur la lutte contre les écrevisses invasives</i>
	nicolas.roset@onema.fr	09/02/12	<input type="checkbox"/> Aucune réponse <input checked="" type="checkbox"/> Envoi de documents/liens : <i>envoi d'une liste de références bibliographiques</i>
Pôle-relais « Mares, Zones humides intérieures et Vallées alluviales »	fthinzilal@parcs-naturels-regionaux.fr	16/01/12	<input type="checkbox"/> Aucune réponse <input checked="" type="checkbox"/> Envoi de documents/liens : <i>envoi de documents concernant la restauration de zones humides</i>
Conservatoire du littoral et des rivages lacustres	F.DEVIDAL@conservatoire-du-littoral.fr	16/01/12	<input type="checkbox"/> Aucune réponse <input checked="" type="checkbox"/> Envoi de documents/liens : <i>envoi de document sur la gestion d'un étang appartenant au conservatoire</i>
CISALB	renaud.jalinoux@cisalb.fr	19/01/12	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
	sebastien.cachera@cisalb.fr	20/01/12	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :
SILA	sila@sil.fr	19/01/12	<input type="checkbox"/> Aucune réponse <input checked="" type="checkbox"/> Envoi de documents/liens : <i>transmission de documents</i>
Aqua Techniques	aquatech@noos.fr	26/01/12	<input type="checkbox"/> Aucune réponse <input checked="" type="checkbox"/> Envoi de documents/liens : <i>Contact téléphonique, plusieurs informations fournies notamment sur les systèmes de destratification et d'oxygénation</i>
EDF	sebastien.menu@edf.fr	17/01/12	<input type="checkbox"/> Aucune réponse <input checked="" type="checkbox"/> Envoi de documents/liens : <i>transmission de documents</i>
Eider			<input type="checkbox"/> Aucune réponse <input checked="" type="checkbox"/> Envoi de documents/liens : <i>transmission de documents</i>
BIOTEC	biotec@biotec.fr biotec@biotec.ch	26/01/12	<input checked="" type="checkbox"/> Aucune réponse <input type="checkbox"/> Envoi de documents/liens :

Organisme	Courriel	1 ^{er} Contact	Réponse
TASO	info@taso.fr	06/02/12	<input type="checkbox"/> Aucune réponse <input checked="" type="checkbox"/> Envoi de documents/liens : <i>Contact téléphonique, plusieurs informations fournies notamment sur la lutte contre les cyanobactéries via les ultrasons</i>
Fédération Nationale pour la Pêche en France	j.guillouet@federationpeche.fr	08/02/12	<input type="checkbox"/> Aucune réponse <input checked="" type="checkbox"/> Envoi de documents/liens : <i>envoi de plusieurs documents sur des opérations de restauration menées par des FDAAPPMA</i>
SYMBO	lcases@symbo.fr	09/02/12	<input type="checkbox"/> Aucune réponse <input checked="" type="checkbox"/> Envoi de documents/liens : <i>envoi de plusieurs documents sur la lutte contre le ragondin et les tortues de Floride</i>
ONCFS	jean-charles.gaudin@oncfs.gouv.fr	10/02/12	<input type="checkbox"/> Aucune réponse <input checked="" type="checkbox"/> Envoi de documents/liens : <i>envoi de 2 articles sur l'impact du ragondin et la conservation des roselières</i>
SERPE			<input type="checkbox"/> Aucune réponse <input checked="" type="checkbox"/> Envoi de documents/liens : <i>transmission de documents concernant le génie végétal</i>

2 PHASE 2 : OPÉRATIONS DE RESTAURATION

2.1 PORTÉE DE LA RECHERCHE

La recherche des opérations de restauration menées sur les bassins RM&C a utilisé les mêmes critères que celle des techniques de restauration menée en phase 1, à savoir :

- tous types de plans d'eau, sans limite de taille et de morphologie ;
- tous dysfonctionnements écologiques de la masse d'eau ;
- opérations mises en œuvre de manière pérenne ou simplement à titre expérimental, quel que soit le compartiment concerné.

Elle a été menée selon quatre axes :

- la base de données de l'Agence de l'Eau RM&C concernant l'ensemble des opérations de tout type ayant été subventionnées par l'Agence ;
- la base de données issues de l'étude inter-agences n°83 ;
- les institutions pouvant être impliquées / avoir connaissance d'opérations de restauration de plan d'eau au niveau départemental ;
- les professionnels et référents scientifiques dans le domaine.

2.2 MÉTHODOLOGIE

Un courrier explicitant le projet et les attentes de la mission a été envoyé à chaque organisme recensé selon les axes précités. Ce courrier était accompagné d'une lettre de mission de l'Agence de l'Eau RM&C ainsi que de deux formulaires à remplir et renvoyer.

A ces documents, étaient jointes :

- une fiche "Opération" type et deux exemples de fiches pré-remplies ;
- une liste des différentes altérations et techniques recensées en phase 1 ;
- pour les organismes situés dans les départements non inclus en totalité dans le bassin Rhône-Méditerranée, une liste des arrondissements et cantons inclus.

Suite au retour des formulaires remplis et des documents nécessaires, une ou plusieurs fiches "Opération" (FO) ont été créées pour chaque plan d'eau. Ces fiches ont ensuite été envoyées à l'organisme référent afin d'être validées et éventuellement complétées/modifiées.

2.3 ORGANISMES CONTACTÉS

Au total, environ 200 organismes ont été contacté dans le cadre de cette étude.

2.3.1 Organismes ayant participé à l'élaboration de fiches "Opération"

AAPPMA Annecy Lac Pêche
AAPPMA la Gaule Montilienne
Agence pour la Valorisation des Espaces Naturels Isérois Remarquables
Association Arborescence
Comité Intersyndical pour l'Assainissement du Lac du Bourget
Commission Internationale pour la Protection des Eaux du Léman
Communauté d'Agglomération Beaune, Côte et Sud
Communauté de Communes du Lac d'Aiguebelette
Communauté de Communes du Pays d'Amplepuis Thizy
Commune de Belfort / Communauté de l'Agglomération Belfortaine
Commune de Corbenay
Commune de Dijon
Commune de Mieussy
Commune d'Oraison
Conseil Général de Savoie
Conservatoire d'Espaces Naturels de la région Provence Alpes Côte d'Azur – Pôle Var
Conservatoire du Patrimoine Naturel de Savoie
FDAPPMA 66
Fondation Pierre Vérots
SIVOM du lac de Monteynard-Avignonet
Syndicat Intercommunal d'Assainissement du Val Coisin
Syndicat Intercommunal de Gestion des étangs de l'Albanais
Syndicat Intercommunal du Foron du Chablais Genevois
Syndicat Intercommunal pour l'Assainissement des Lacs de Laffrey et Petichet
Syndicat Mixte d'Aménagement et de Développement de Serre-Ponçon
Syndicat Mixte d'Aménagement de l'Arve et de ses Abords
Syndicat Mixte du Lac d'Annecy

2.3.2 Organismes contactés n'ayant pas mené d'opérations de restauration de plans d'eau sur son territoire

ASA du canal de Gap
CEN Corse
CEN PACA, pôle Alpes du Sud
CEN PACA, pôle Alpes-Maritimes
CEN PACA, pôle Crau
CEN PACA, pôle Marseille
CEN PACA, pôle Vaucluse
Communauté d'Agglomération Grenoble-Alpes Métropole
Communauté de Communes de la moyenne Durance
Communauté de Communes de la Saône Jolie
Communauté de Communes des quatre rivières
Communauté de Communes des Vallons du Lyonnais
Communauté de Communes du canton de Montbenoit

Communauté de Communes du Lac de Nantua
Communauté de Communes Faucigny Glières
Communauté de Communes Frasne-Drugeon
Communauté de Communes Pays de Cruseilles
Communauté de Communes Pays de l'Hermitage
Communauté de Communes Rhône Valloire
Commune d'Aime
Commune de Charvieu-Chavagneux
Commune de Châteauneuf-du-Rhône
Commune de Chavanne
Commune de la Rivière Drugeon
Commune de la Tour
Commune de la Tour de Salvagny
Commune de Les Voivres
Commune de Meyzieu
Commune de Pagny
Commune de Saint André les Alpes
Commune de Saint Quentin Fallavier
Conseil Général de Haute Saône
Conseil Général de Haute-Savoie
Conseil Général de l'Ain
Conseil Général de l'Aveyron
Conseil Général de la Drôme
Conseil Général des Alpes-de-Haute-Provence
Conseil Général des Alpes-Maritimes
Conseil Général des Vosges
Conseil Général du Gard
Conseil Général du Jura
Conseil Général du Rhône
Conservatoire des espaces naturels de Champagne-Ardenne - Antenne Haute-Marne
Conservatoire des sites lorrains
Conservatoire régional des espaces naturels de Franche-Comté
Conservatoire Rhône-Alpes des espaces naturels – Pôle Ardèche
Conservatoire Rhône-Alpes des espaces naturels – Pôle Rhône
Conservatoires d'espaces naturels de Midi-Pyrénées
DDT Ardèche
DDT de Côte d'Or
DDT de Haute Saône
DDT de Haute-Marne
DDT de Loire
DDT de Saône et Loire
DDT de Savoie
DDT des Alpes-de-Haute-Provence
DDT Drôme
DDT du Doubs
DDT du Jura
DDT du Vaucluse

DDTM des Alpes Maritimes

DDTM du Var

FDAPPMA 01

FDAPPMA 21

FDAPPMA 38

FDAPPMA 39

FDAPPMA 42

FDAPPMA 48

Fédération Départementale des Chasseurs du Jura

IRSTEA

Jura Nature Environnement

SIVU Aménagement du bassin de Barberolle

SYMASOL

Syndicat des Rivières des Territoires de Chalaronne

Syndicat mixte basse vallée de l'Aude

Syndicat Mixte pour la Protection et la Gestion de la Camargue Gardoise

2.3.3 Organismes contactés n'ayant pas souhaité participer à l'étude

AAPPMA Divonne

AAPPMA La Grande Combe

ASTERS

BRL

CAPI

Communauté de Communes du canton d'Aime

Communauté de Communes du canton de Pont-de-Veyle

Commune d'Embrun

Commune de Bourg-en-Bresse

Commune de Challes-les-Eaux

Commune de Condrieu

Commune de Fessy

Commune de Flassans sur Issole

Commune de Genas

Commune de Lescheraines

Commune de Menthonnex-en-Bornes

Commune de Morillon

Commune de Saint Martial

Commune de Saint Pierre d'Allevard

Commune de Vions

Commune d'Apt et communauté de communes du Pays d'Apt

Compagnie Nationale du Rhône

Conseil Général de Corse du Sud

Conseil Général de Côte d'Or

Conseil Général de Haute Cor

Conseil général de Haute-Marne

Conseil Général de l'Ardèche

Conseil Général de l'Ariège
Conseil Général de l'Aude
Conseil Général de l'Hérault
Conseil Général de l'Isère
Conseil Général de la Loire
Conseil Général de Lozère
Conseil Général de Vaucluse
Conseil Général de Saône et Loire
Conseil Général des Bouches-du-Rhône
Conseil Général des Hautes-Alpes
Conseil Général des Pyrénées-Orientales
Conseil Général du Doubs
Conseil Général du Territoire de Belfort
Conseil Général du Var
Conservatoire d'espaces naturels de Bourgogne
Conservatoire d'espaces naturels de l'Ariège
Conservatoire d'espaces naturels de Languedoc-Roussillon
Conservatoire des espaces naturels de Champagne-Ardenne
Conservatoire des sites lorrains
Conservatoire Rhône-Alpes des espaces naturels – Pôle Ain
Conservatoire Rhône-Alpes des espaces naturels – Pôle Loire
Conservatoires d'espaces naturels de Midi-Pyrénées
DDT de Haute-Savoie
DDT de l'Ariège
DDT de l'Aveyron
DDT de l'Isère
DDT de l'Ain
DDT de Lozère
DDT des Hautes-Alpes
DDT des Vosges
DDT du Rhône
DDT du Territoire de Belfort
DDTM Corse du Sud
DDTM de l'Aude
DDTM de l'Hérault
DDTM des Bouches-du-Rhône
DDTM des Pyrénées-Orientales
DDTM du Gard
DDTM Haute Corse
Egis Eau / Direction régionale France Sud
FDAPPMA 04
FDAPPMA 05
FDAPPMA 06
FDAPPMA 07
FDAPPMA 09
FDAPPMA 11
FDAPPMA 12

FDAPPMA 13

FDAPPMA 20

FDAPPMA 25

FDAPPMA 26

FDAPPMA 30

FDAPPMA 34

FDAPPMA 52

FDAPPMA 69

FDAPPMA 70

FDAPPMA 71

FDAPPMA 73

FDAPPMA 74

FDAPPMA 83

FDAPPMA 84

FDAPPMA 88

FDAPPMA 90

FDC 38

G.I.P. Réhabilitation de l'Etang de Berre

Lo Parvi

Office de l'Environnement de la Corse

Office d'Équipement Hydraulique de Corse (OEHC)

SEGAPAL

Société du Canal de Provence

Société du Lac de Paladru

SOGREAH

Syndicat d'Aménagement du bassin versant de la Vallière

Syndicat Intercommunal du Bolmon et du Jaï

Syndicat Intercommunal d'aménagement du canal de Jonage

Syndicat Mixte d'Aménagement de la Vallée de la Durance

Syndicat Mixte d'Étude et d'Aménagement du Bassin de l'Ouche et de ses affluents

Syndicat Mixte de la Moyenne Vallée de l'Ognon

ANNEXE 2 LA BASE DE DONNÉES

1 ORGANISATION DE LA BASE DE DONNÉES

A l'ouverture de la base, un formulaire d'accueil s'affiche. Ce formulaire est divisé selon 4 items (cf. Illustration 14) :

- bibliographie ;
- altérations ;
- techniques ;
- opérations.

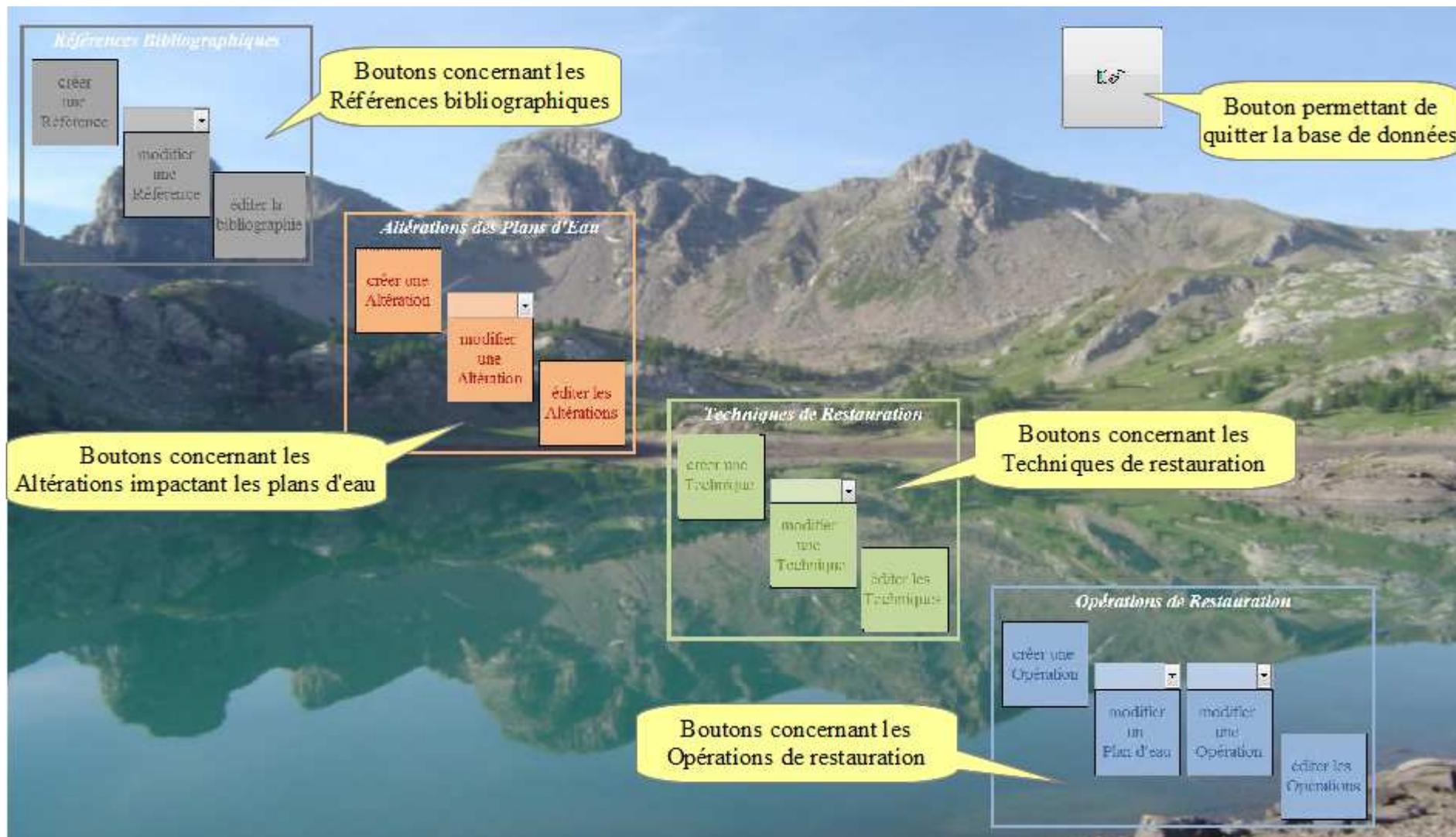


Illustration 14 : Formulaire d'accueil de la base de données

Chaque item est organisé de la manière suivante (cf. Illustration 15) :

- un bouton permettant de créer un nouvel enregistrement (concernant l'item Opération, le bouton de création ouvre un nouveau formulaire permettant de choisir la création d'une opération sur un plan d'eau existant ou la création d'une opération sur un nouveau plan d'eau) ;
- un bouton permettant de modifier un enregistrement avec au-dessus du bouton une liste déroulante permettant de choisir l'enregistrement à modifier (concernant l'item Opération, 2 boutons sont disponibles, permettant de modifier, pour le premier, un plan d'eau, pour le second, une opération) ;
- un bouton permettant d'ouvrir un formulaire d'édition des fiches (ou ouverture directe d'un état à imprimer pour la bibliographie).

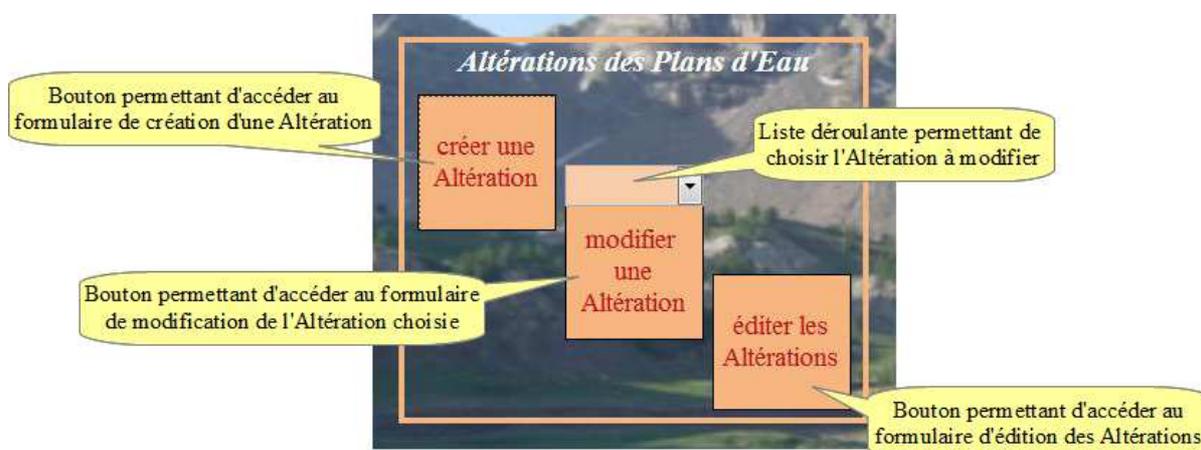


Illustration 15 : Les différents boutons d'un item

Les différents formulaires d'édition comprennent plusieurs boutons ouvrant différents états imprimables (cf. Illustration 16).

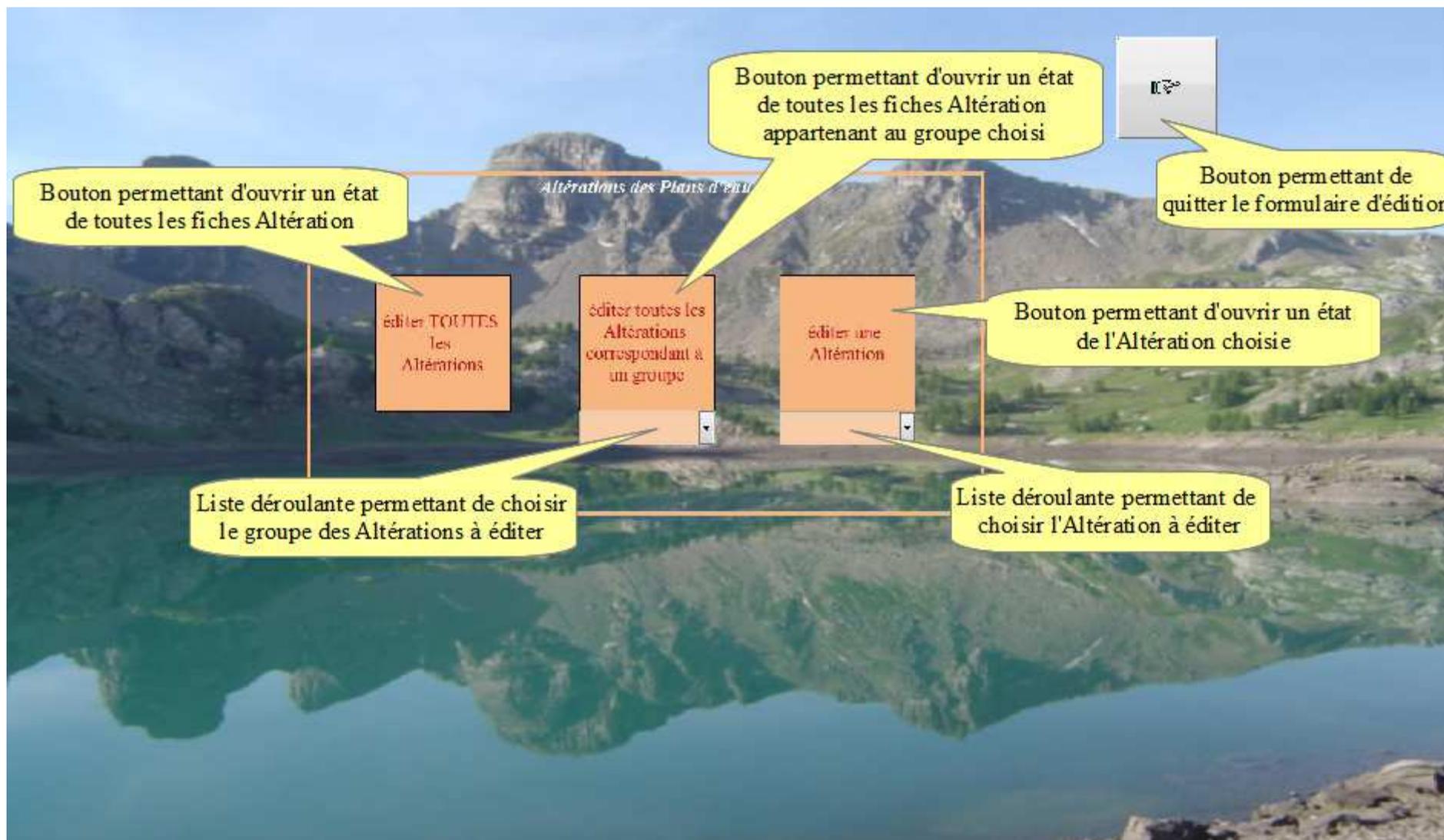


Illustration 16 : Formulaire d'édition des fiches "Altération"

Pour les fiches "Altération", trois états peuvent être ouverts :

- un état regroupant l'ensemble des fiches "Altération" ;
- un état regroupant l'ensemble des fiches "Altération" d'un groupe d'altérations choisi ;
- un état d'une fiche "Altération" choisie.

Pour les fiches "Technique", trois états peuvent aussi être ouverts :

- un état regroupant l'ensemble des fiches "Technique" ;
- un état regroupant l'ensemble des techniques permettant de lutter spécifiquement contre une altération choisie ;
- un état d'une fiche "Technique" choisie.

Pour les fiches "Opération", cinq états peuvent être ouverts :

- un état regroupant l'ensemble des fiches "Opération" ;
- un état regroupant l'ensemble des opérations correspondant à une altération choisie ;
- un état regroupant l'ensemble des opérations correspondant à une technique de restauration choisie ;
- un état regroupant l'ensemble des opérations menées sur un plan d'eau choisi ;
- un état d'une fiche "Opération" choisie.

2 MODE RENSEIGNEMENT DE LA BASE

La version « originale » de la base peut être amendée de deux manières :

- soit par la création de nouveaux enregistrements (référence bibliographique, altérations, techniques de restauration ou opérations) ;
- soit par la modification d'un enregistrement existant.

Ces apports sont effectués à l'aide de formulaires : création et modification. Ces deux formulaires sont sensiblement identiques.

Le formulaire de création permet la création de nouveaux enregistrements. Le formulaire de modification quant à lui ne permet pas la création d'un nouvel enregistrement mais simplement la modification ou la suppression d'un enregistrement existant.

Les formulaires de création/modification présentent respectivement 3 et 4 boutons (cf. Illustration 17) en haut à droite du formulaire :

- un bouton de sauvegarde de l'enregistrement en cours ;
- un bouton permettant d'annuler les modifications faites depuis la dernière sauvegarde sur l'enregistrement en cours ;
- un bouton de suppression de l'enregistrement en cours (uniquement pour le formulaire de modification) ;
- un bouton permettant de quitter le formulaire.

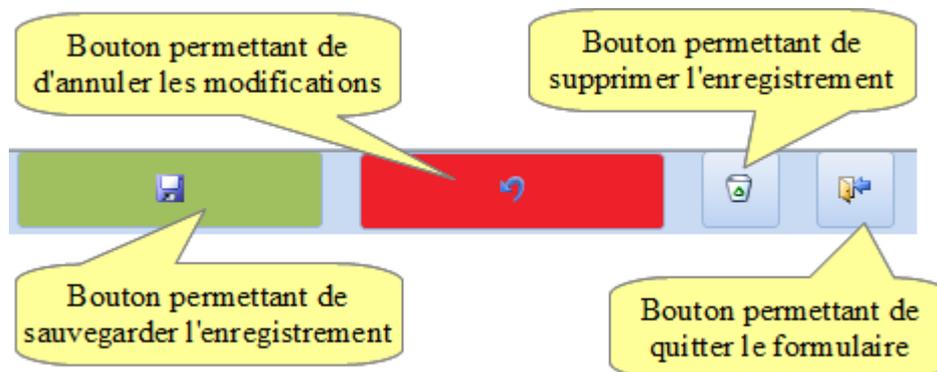


Illustration 17 : Boutons de commande communs à tous les formulaires de création et de modification

Lors de l'ouverture d'un formulaire (création ou modification), certaines cases sont grisées et d'autres sont figurées en « 3D enfoncé ».

Les cases grisées ne sont pas modifiables et se remplissent automatiquement lors du remplissage d'autres cases.

Les cases en « 3D enfoncé » se remplissent généralement de trois manières :

- soit à l'aide d'une liste déroulante ;
- soit directement en tapant le texte souhaité dans la case ;
- soit en important une illustration (pièce jointe).

Les listes déroulantes sont de deux types. Elles permettent soit de choisir une valeur parmi une liste, soit de choisir plusieurs valeurs (cases à cocher). Elles peuvent soit être limitées à la liste soit être modifiables (ex. la liste concernant les organismes en lien avec les plans d'eau et/ou les opérations), l'icône  est alors visible en transparence au-dessus ou en-dessous de la liste déroulante. Un clic sur cette icône permet d'appeler un formulaire permettant d'enrichir la liste déroulante.

La gestion des pièces jointes se fait en double cliquant sur la case correspondant à une illustration, ou en cliquant sur l'icône  apparaissant en transparence lors d'un simple clic.

3 MODE CONSULTATION DE LA BASE

Une version « grand public » de la base de données pourra aussi être créée suite à ce recueil. Elle n'autorisera pas les modifications. Les boutons permettant d'accéder aux formulaires de création ou de modification devront être désactivés.

Seule, la consultation des altérations, techniques, opérations et de la bibliographie pourra être effectuée via les formulaires d'édition.

ANNEXE 3 TECHNIQUES RECENSÉES MAIS N'AYANT PAS FAIT L'OBJET D'UNE FICHE "TECHNIQUE"

Parmi les techniques recensées, certaines présentaient trop peu d'informations pour faire l'objet d'une fiche. Ces techniques sont présentées dans les paragraphes ci-dessous.

Techniques de lutte contre l'augmentation des concentrations en composés nutritifs de la masse d'eau (A11) :

- **Lentilles d'eau** : afin de lutter contre l'augmentation des nutriments dans la masse d'eau, des lentilles d'eau sont introduites dans le plan d'eau (enceinte fermée), en se multipliant, elles prélèvent une partie des nutriments présents dans la masse d'eau. Elles sont ensuite extraites du plan d'eau ([114]).

Techniques de lutte contre l'augmentation de la biomasse phytoplanctonique / macrophytique (A13 / A12) :

- **Biomanipulation / introduction de pathogènes** : cette technique consiste à introduire dans le plan d'eau des agents pathogènes (champignons, virus, bactéries) afin de contrôler voire d'éliminer la prolifération des algues / macrophytes. La mise en œuvre de cette technique nécessite une étude préalable et un suivi rigoureux. C'est une méthode encore à l'état de test et n'ayant pas abouti à des applications « grandeur nature » ([019]).

Techniques de lutte contre le relargage de composés nutritifs vers la masse d'eau (A22) :

- **Inversion des sédiments** : cette technique consiste à pomper les sédiments anciens pauvres en nutriments pour les placer au dessus de la couche superficielle riche en nutriments (cf. Illustration 18) ([116]).
- **Mixage des sédiments** : cette technique consiste à mélanger la couche superficielle des sédiments (riche en nutriment) avec la couche pauvre en nutriments située en dessous. Le mélange s'effectue à l'aide d'une « brosse » type « rouleau de lavage pour voiture » et peut se faire en conditions aérobies ou anaérobies en fonction du plan d'eau ([011]).

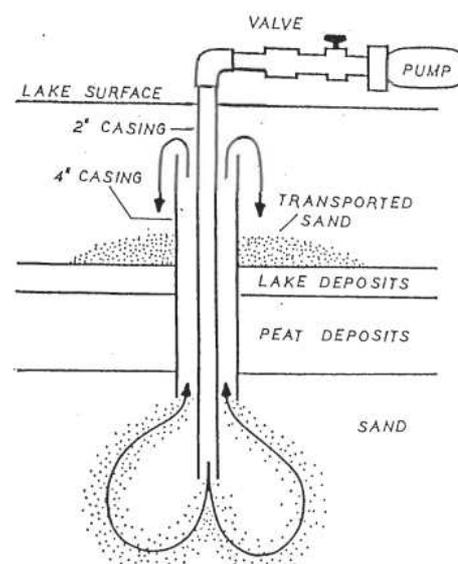


Illustration 18 : Procédé d'inversion des sédiments ([116])

Techniques de lutte contre la dégradation de l'écosystème littoral (A33) :

- **Mouillages écologiques** : utilisation de méthode de mouillages permettant de préserver les herbiers aquatiques ([115]).

Techniques de lutte contre la turbidité lié à des micro-organismes (A52):

- **Filtration** : l'eau est pompée, filtrée puis restituée au plan d'eau. Cette technique, à appliquer sur le plan d'eau lors des blooms algaux, permet de diminuer la biomasse phytoplanctonique et donc d'augmenter la transparence de l'eau ([019]).

ANNEXE 4 OPÉRATIONS RECENSÉES MAIS N'AYANT PAS FAIT L'OBJET D'UNE FICHE "OPÉRATION"

Opérations en cours de réalisation ou non encore réalisée :

- *Plan d'eau de Ronzey*, géré par la Communauté de Commune des Vallons Lyonnais(69) : travaux de requalification écologique/curage programmés pour 2013 ;
- *Gravière de Pagney*, géré par la commune (39) : déboisement des roselières.

Opérations présentant trop peu d'informations :

- *Étang Taillefer du Bois Français*, géré par la Communauté d'Agglomération Grenoble-Alpes Métropole (38) : pose de 3 aérateurs SUNGO à hélices ;
- *Étang de Chaux les Ports*, géré par la Communauté de Communes de la Saône Jolie (70) : curage de l'étang ;
- *Lac de la Thuile*, géré par le Conservatoire du Patrimoine Naturel de Savoie (CPNS) (73) : travaux de restauration des roselières (faucardage, décapage...) ;
- *Étang de Mouille Marin*, géré par la Commune de Menthonnex en Bornes (74) : travaux de restauration de l'étang ;
- *Plan d'eau d'Aime*, géré par la Communauté de Communes du Canton d'Aime (73) : destratification du plan d'eau et biomanipulation (modification des communautés végétales) ;
- *Étang Bleu*, géré par la Compagnie Nationale du Rhône (73) : faucardage annuel de la végétation aquatique ;
- *Plan d'eau de Challes les Eaux*, géré par la commune (73) : baisse du niveau par vidange ;
- *Base de loisirs de Condrieu*, gérée par la commune (69) : traitement par bioadditifs ;
- *Lac « Oui »*, géré par la commune de Fessy (74) : réhabilitation écologique du lac ;
- *Plan d'eau de Mathan*, géré par la commune de Genas (69) : traitement par bioadditifs ;
- *Étang de la Rivière Drugeon*, géré par la commune (25) : réhabilitation de l'étang ;
- *Lac de la Tour de Salvagny*, géré par la commune (69) : traitement par bioadditifs ;
- *Plan d'eau de Lescheraines*, géré par la commune (73) : élévation du niveau d'eau pour lutter contre les macrophytes ;
- *Le Grand Large*, géré par le Syndicat Intercommunal d'Aménagement du Canal de Jonage (69) : réengraissement des berges ;
- *Lac Bleu*, géré par la commune de Morillon (74) : inactivation du phosphore dans les sédiments ;

- *Lac de Nantua*, géré par le SIVOM de Nantua, le SIVU Lange Oignin, la Communauté de Commune du Lac de Nantua (01) : traitement et détournement des tributaires, renaturation des berges du Merlioz, aménagement de frayères à Brochet ;
- *Lac du Flumet*, géré par la commune de Saint Pierre d'Allevard (38) : mise en place d'inhibiteurs physiques de croissance des macrophytes ;
- *Plan d'eau du Revestidou*, géré par la Compagnie Nationale du Rhône (84) : inactivation du phosphore dans les sédiments ;
- *Plan d'eau de Bouvent*, géré par la commune de Bourg-en-Bresse (01) : apport d'un amendement calcique, limitation des pollutions extérieures et abaissement hivernal du niveau du plan d'eau ;
- *Étang Turllet* (01) : destratification par aérateur mécanique.

ANNEXE 5 STATISTIQUES DES OPÉRATIONS RÉALISÉES EN FONCTION DE L'ALTÉRATION VISÉE ET DU TYPE DE PLAN D'EAU

1 OPÉRATIONS SUR ÉTANGS ARTIFICIELS

Altération principalement visée	Nb Opérations
Augmentation de la biomasse macrophytique	8 (28%)
Accélération du comblement du plan d'eau	7 (24%)
Déséquilibre du compartiment floristique	2 (7%)
Déséquilibre du compartiment faunistique	5 (17%)
Dégradation de l'écosystème littoral	5 (17%)
Érosion	2 (7%)

Tableau 4 : Nombre d'opérations réalisées en fonction de l'altération principalement visée

Altération secondairement visée	Nb Opérations
<i>Aucune altération secondairement visée</i>	10 (34%)
Augmentation de la biomasse macrophytique	3 (10%)
Augmentation de la biomasse phytoplanctonique	2 (7%)
Anoxie de la masse d'eau	2 (7%)
Accélération du comblement du plan d'eau	2 (7%)
Relargage de composés nutritifs vers la masse d'eau	1 (3%)
Déséquilibre du compartiment faunistique	7 (24%)
Dégradation de l'écosystème littoral	8 (28%)
Érosion	1 (3%)

Tableau 5 : Nombre d'opérations réalisées en fonction de l'altération secondairement visée

2 OPÉRATIONS SUR GRAVIÈRES

Altération principalement visée	Nb Opérations
Augmentation de la biomasse macrophytique	3 (21%)
Augmentation de la biomasse phytoplanctonique	1 (7%)
Accélération du comblement du plan d'eau	1 (7%)
Déséquilibre du compartiment floristique	1 (7%)
Déséquilibre du compartiment faunistique	1 (7%)
Dégradation de l'écosystème littoral	5 (36%)
Érosion	1 (7%)
Pollutions toxiques	1 (7%)

Tableau 6 : Nombre d'opérations réalisées en fonction de l'altération principalement visée

Altération secondairement visée	Nb Opérations
<i>Aucune altération secondairement visée</i>	4 (29%)
Augmentation de la biomasse phytoplanctonique	1 (7%)
Anoxie de la masse d'eau	2 (14%)
Accélération du comblement du plan d'eau	1 (7%)
Relargage de composés nutritifs vers la masse d'eau	1 (7%)
Déséquilibre du compartiment faunistique	3 (21%)
Dégradation de l'écosystème littoral	3 (21%)
Érosion	1 (7%)
Augmentation de la turbidité liée à des micro-organismes	1 (7%)

Tableau 7 : Nombre d'opérations réalisées en fonction de l'altération secondairement visée

3 OPÉRATIONS SUR LES LACS

Altération principalement visée	Nb Opérations
Augmentation des concentrations en composés nutritifs de la masse d'eau	4 (13%)
Augmentation de la biomasse phytoplanctonique	1 (3%)
Anoxie de la masse d'eau	2 (7%)
Déséquilibre du compartiment floristique	1 (3%)
Déséquilibre du compartiment faunistique	2 (7%)
Dégradation de l'écosystème littoral	19 (63%)
Pollutions toxiques	1 (3%)

Tableau 8 : Nombre d'opérations réalisées en fonction de l'altération principalement visée

Altération secondairement visée	Nb Opérations
<i>Aucune altération secondairement visée</i>	17 (57%)
Augmentation des concentrations en composés nutritifs de la masse d'eau	3 (10%)
Augmentation de la biomasse phytoplanctonique	1 (3%)
Anoxie de la masse d'eau	3 (10%)
Accélération du comblement du plan d'eau	1 (3%)
Relargage de composés nutritifs vers la masse d'eau	1 (3%)
Déséquilibre du compartiment faunistique	4 (13%)
Dégradation de l'écosystème littoral	5 (17%)
Érosion	3 (10%)
Pollutions toxiques	1 (3%)

Tableau 9 : Nombre d'opérations réalisées en fonction de l'altération secondairement visée

4 OPÉRATIONS SUR LES MARES

Altération principalement visée	Nb Opérations
Accélération du comblement du plan d'eau	4 (80%)
Déséquilibre du compartiment faunistique	1 (20%)

Tableau 10 : Nombre d'opérations réalisées en fonction de l'altération principalement visée

Altération secondairement visée	Nb Opérations
<i>Aucune altération secondairement visée</i>	1 (20%)
Accélération du comblement du plan d'eau	1 (20%)
Déséquilibre du compartiment faunistique	3 (60%)
Érosion	2 (40%)

Tableau 11 : Nombre d'opérations réalisées en fonction de l'altération secondairement visée

5 OPÉRATIONS SUR LES RETENUES

Altération principalement visée	Nb Opérations
Augmentation des concentrations en composés nutritifs de la masse d'eau	1 (5%)
Augmentation de la biomasse phytoplanctonique	3 (14%)
Anoxie de la masse d'eau	1 (5%)
Accélération du comblement du plan d'eau	1 (5%)
Relargage de composés nutritifs vers la masse d'eau	1 (5%)
Déséquilibre du compartiment faunistique	2 (9%)
Dégradation de l'écosystème littoral	2 (9%)
Érosion	11 (50%)

Tableau 12 : Nombre d'opérations réalisées en fonction de l'altération principalement visée

Altération secondairement visée	Nb Opérations
<i>Aucune altération secondairement visée</i>	4 (18%)
Augmentation des concentrations en composés nutritifs de la masse d'eau	1 (5%)
Augmentation de la biomasse macrophytique	3 (14%)
Augmentation de la biomasse phytoplanctonique	1 (5%)
Anoxie de la masse d'eau	3 (14%)
Relargage de composés nutritifs vers la masse d'eau	2 (9%)
Déséquilibre du compartiment faunistique	8 (36%)
Dégradation de l'écosystème littoral	13 (59%)

Tableau 13 : Nombre d'opérations réalisées en fonction de l'altération secondairement visée