

DIAGNOSTIC TECHNIQUE ET SOCIOLOGIQUE DES LACS DE GÉRARDMER, LONGEMER ET RETOURNEMER ET PLAN D'ACTION



Table des matières

TABLE DES MATIÈRES	3
GLOSSAIRE DES ABRÉVIATIONS	4
REMERCIEMENTS	5
RÉSUMÉ - ABSTRACT	6
INTRODUCTION	7
I. CONTEXTE GÉNÉRAL	9
1. UNE HISTOIRE GÉOLOGIQUE PARTICULIÈRE.....	9
2. FONCTIONNEMENT D'UN BASSIN VERSANT.....	10
3. ÉVOLUTION HISTORIQUE DE LA ZONE	12
4. CADRE RÉGLEMENTAIRE	16
5. PRÉSENTATION DES ACTEURS	20
II. DIAGNOSTICS, ENJEUX & PROPOSITIONS D'ACTION	22
1. QUALITÉ DE L'EAU	23
2. QUANTITÉ D'EAU.....	44
3. ENVASEMENT & ENSABLEMENT	49
4. HERBIERS & BERGES.....	71
1. MARNAGE	107
2. PEUPEMENTS PISCICOLES & CONTINUITÉS ÉCOLOGIQUES.....	137
3. PAYSAGE & PATRIMONIALITÉ	168
4. SOCIOLOGIE & COMMUNICATION	178
III. CONCLUSION & SCÉNARIOS	192

Glossaire des Abréviations

AAPPMA : Association Agréée de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques

AERM : Agence de l'Eau Rhin-Meuse

AFB : Agence Française pour la Biodiversité

AFNOR : Agence Française de NORmalisation

APPB : Arrêtés Préfectoraux de Protection de Biotope

AREHN : Agence Régionale de l'Environnement de Haute-Normandie

BD TOPO® : Base de Données TOPOgraphiques

BRGM : Bureau de Recherches Géologiques et Minières

CENL : Conservatoire des Espaces Naturels de Lorraine

CISALB : Comité InterSyndical pour l'Assainissement du Lac du Bourget

COBAHMA : Comité du BAssin Hydrographique de la Mauldre et de ses Affluents

CSL : Conservatoire des Sites Lorrains

CSRPN : Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel

CTGREF : Centre Technique du Génie Rural des Eaux et des Forêts

DCE : Directive Cadre sur l'Eau

DDT : Direction Départementale des Territoires

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

FDPPMA : Fédération Départementale de Pêche et de Protection des Milieux Aquatiques

FNPF : Fédération Nationale de la Pêche en France

GEMAPI : Gestion des Milieux Aquatiques et Prévention des Risques

GEML : Groupe d'Etude des Mammifères de Lorraine

GMN : Gestion des Milieux Naturels

IBGN-DCE : Indice Biologique Global Normalisé adapté à la Directive Cadre sur l'Eau

IBL : Indice Biologique Lacustre

IGN : Institut Géographique National

INPN : Inventaire National du Patrimoine Naturel

IPL : Indice Phytoplanctonique Lacustre

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

LEMA : Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques

MCL : Maison de la Culture et des Loisirs

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

MES : Matières Organiques en Suspension

ONCFS : Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage

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

ONF : Office National des Forêts

PACA : Provence Alpes Côte d'Azur

PDPG : Plan Départemental de Protection du milieu aquatique et de Gestion des ressources piscicoles

PNEC : Predicted No Effect Concentration

RCS : Réseau de Contrôle et de Surveillance

RD : Route Départementale

SDAGE : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion de l'Eau

SIERM : Système d'Information sur l'Eau Rhin-Meuse

STEP : STation d'EPuration

ZNIEFF : Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique

Remerciements

Nous souhaitons remercier :

Pour nous avoir confié ce projet et pour leur soutien financier :

- L'Agence de l'Eau Rhin-Meuse

Pour nous avoir aidés et fourni des informations pendant tout le projet :

- L'Agence Française pour la Biodiversité
- L'Association Agréée de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique
- L'Office National des Forêts
- L'Office du Tourisme de Gérardmer
- La Communauté de communes des Hautes-Vosges
- La Direction Départementale des Territoires des Vosges
- La Fédération de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique 88,
- La Mairie de Gérardmer
- La Mairie de Xonrupt-Longemer
- Le Conservatoire des Espaces Naturels de Lorraine

Pour nous avoir prêté l'exposition « Retournemer, un site remarquable, une fragilité insoupçonnée » :

- L'association CINCLE

Pour nous avoir accueilli lors de nos restitutions :

- La maison de la Culture et des Loisirs de Gérardmer
- Le gîte du Herbau

Pour notre formation, le soutien logistique et l'encadrement :

- DURAND Philippe – Enseignant chercheur
- L'école AgroParisTech
- MARTIN Corine – Responsable communication
- BENINI Laurence – Assistante de direction

Mais aussi toutes les personnes qui ont pris le temps de répondre à nos questions, nous ont fourni des informations et ont contribué à notre travail.

Résumé - Abstract

Dans le cadre d'un projet pédagogique sur la ressource en eau de 5 semaines, 27 étudiants ingénieurs spécialisés en Gestion des Milieux Naturels à AgroParisTech – Centre de Nancy ont initié une concertation autour des enjeux écologiques sur les bassins versants des lacs de Gérardmer, Longemer et Retournemer. Ces lacs doivent répondre à l'objectif de bon état des masses d'eau fixé par la Directive Cadre sur l'Eau d'ici 2027. À la suite d'une synthèse bibliographique, un diagnostic écologique de ces milieux a été réalisé. Ces résultats ont permis d'établir une liste de propositions d'actions, hiérarchisées par ordre d'importance, permettant d'atteindre les objectifs fixés. Afin d'être pertinente et applicable, cette liste a été confrontée à une enquête sociologique auprès des acteurs du territoire et de ses habitants. Les axes de propositions abordés, en relation avec toutes les activités liées aux lacs, sont les suivants : la gestion de la quantité d'eau et de sa qualité, la restauration des berges et de leur végétation, une gestion piscicole plus durable et une renaturation des cours d'eau.

As part of an educational project on water of 5 weeks, 27 students in management of natural environments at the engineering school AgroParisTech initiated a consultation around the ecological stakes of the Lakes of Longemer, Gérardmer and Retournemer. These lakes need to meet the goal of good condition of the masses of water set by the European Directive on water by 2027. As a result of a bibliographical synthesis, technical diagnosis of these environments were made. These results have led to a list of proposals for action, prioritized in order of importance, to achieve the objectives set. In order to be relevant and applicable, this list was faced with a sociological survey of the actors of the territory and its inhabitants. The axes of proposals addressed, in relation to all activities related to the Lakes, are the following: water quality and quantity management, banks'vegetation restoration, fish populations management and renaturation of watercourses.

Introduction

0.1

Nous sommes 27 élèves ingénieurs d'AgroParisTech centre de Nancy spécialisés dans la Gestion des Milieux Naturels. Dans le cadre du module intitulé Bassin Versant et Ressources en Eau encadré par Philippe DURAND, nous avons travaillé pendant 5 semaines sur les lacs communaux de Gérardmer et Longemer et le lac privé de Retournemer et leurs bassins versants respectifs (Figure 1). Notre terrain d'étude est situé dans une vallée glaciaire de l'Est du département des Vosges (88) sous-divisée entre la vallée de la Vologne qui comprend les lacs de Longemer et de Retournemer et la vallée de la Jamagne, cours d'eau issu du lac de Gérardmer et se jetant dans la Vologne. Ces bassins versants se trouvent en plein cœur du massif des Vosges et du Parc Naturel Régional des Ballons des Vosges à une altitude comprise entre 650 et 1300 m.

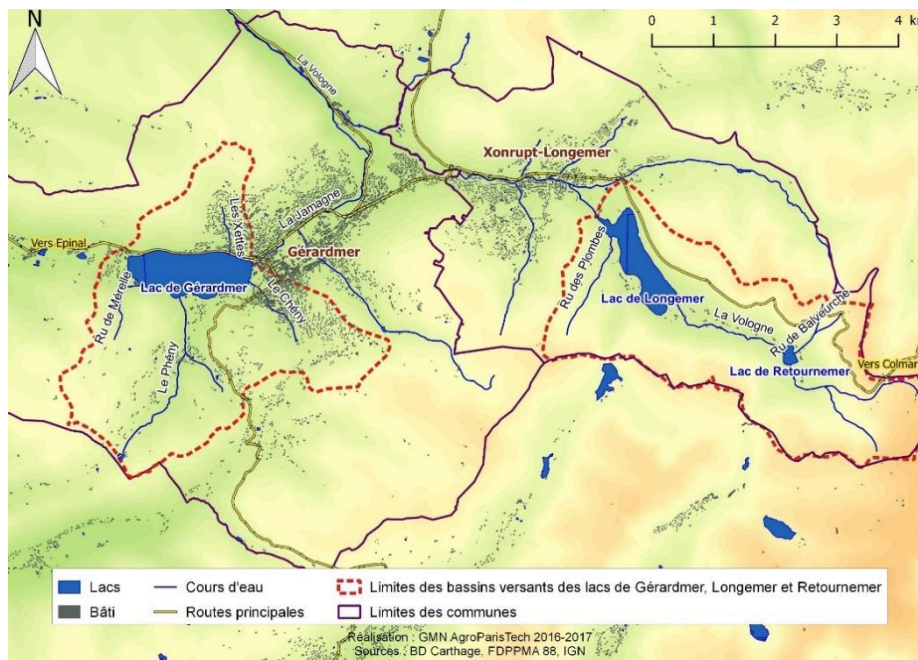


FIGURE 1 : CARTE DES BASSINS VERSANTS ET DES LACS DE GÉRARDMER, LONGEMER ET RETOURNEMER

Fort d'un patrimoine naturel remarquable et d'une importante attractivité touristique, ce territoire est dynamique et en plein développement. L'urbanisation est croissante et les activités économiques sont réparties entre tourisme et industrie.

Cependant, les lacs sont fragiles et de trop nombreuses pressions anthropiques peuvent être la source d'un déséquilibre et d'une perte de résilience de la masse d'eau. Cela entraverait les services rendus par ces écosystèmes et donc les activités qui en dépendent. Un développement durable conciliant pression anthropique et bon fonctionnement écologique est indispensable.

Cette étude s'inscrit dans ce contexte et a pour but d'apporter les premiers éléments d'un futur plan d'action ainsi que d'initier le dialogue entre les nombreux acteurs locaux. Il s'agissait donc d'effectuer un diagnostic technique et sociologique des lacs et de leurs bassins versants. Pour cela, nous nous sommes appuyés sur la bibliographie existante et sur une trentaine d'entretiens avec des acteurs/habitants de la zone. Ceci a permis de mettre en évidence les points positifs mais également les fragilités du secteur. La phase de diagnostic nous a conduits à envisager des propositions d'actions en vue de favoriser le bon état écologique des lacs, préconisé par la

Directive Cadre sur l'Eau (DCE). La partie sociologie a permis d'estimer si ces actions seraient accueillies de manière favorable par la population et dans le cas contraire, de les adapter. Mais outre la préconisation de la DCE, le bon état écologique est aussi un moyen de restaurer le bon fonctionnement des lacs et donc leur résilience¹.

Voici les enjeux que nous avons relevés et qui vous seront présentés dans ce rapport :

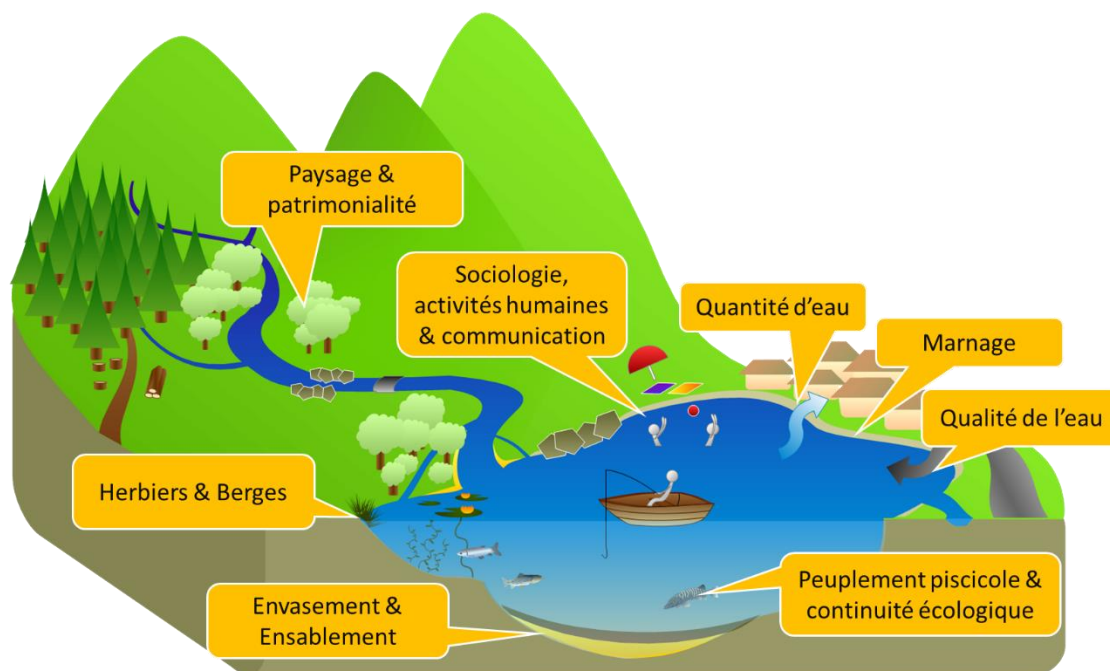


FIGURE 2 : ENJEUX ET THÉMATIQUES CIBLÉS PAR LE DIAGNOSTIC

Ce projet s'est concrétisé par deux restitutions : une restitution technique s'est tenue le Jeudi 26 Janvier 2017 devant les porteurs du projet et une publique a eu lieu le Mercredi 1^{er} Février 2017 à la Maison de la Culture de Gérardmer.

Ce rapport abordera, tout d'abord, le contexte de l'étude puis, les résultats de nos diagnostics techniques et sociologiques par thématique accompagnés de propositions d'actions adaptées. Nous présenterons ensuite deux scénarios, le premier présentant le cas où rien n'est fait sur la zone pour atteindre le bon état, appelé scénario « zéro », et le second présentant le scénario idéal dans lequel toutes ces actions seraient mises en place.

¹ La résilience est la faculté des lacs à revenir à leur état initial, donc à leur bon état écologique, après une perturbation.

I. Contexte général

1. Une histoire géologique particulière

Cette histoire commence avec la formation du massif vosgien. Une première étape a eu lieu il y a 360 millions d'années lors de la collision de trois anciens continents, donnant naissance à une chaîne de montagnes immense au cœur de laquelle un magma se forme et se refroidit formant le granite des Vosges. S'ensuit une longue période de dépôts de sédiments et d'érosion successifs. Puis, une deuxième grande étape a lieu lors de la formation des Alpes, qui soulève le massif des Vosges et met au jour le socle de granite actuel. La vallée des trois lacs a ensuite été façonnée par un glacier comme l'atteste son profil en U. Ce glacier s'est très lentement écoulé, partant de Retournemer, son cirque glaciaire, en direction de Gérardmer. L'écoulement du glacier a engendré une très forte érosion. Les roches plus tendres ont été plus érodées que les roches dures ce qui a créé un surcreusement dans les zones de transition. Les roches dures ont alors formé un verrou rocheux et la cuvette formée en amont s'est remplie d'eau, formant le lac de Retournemer.

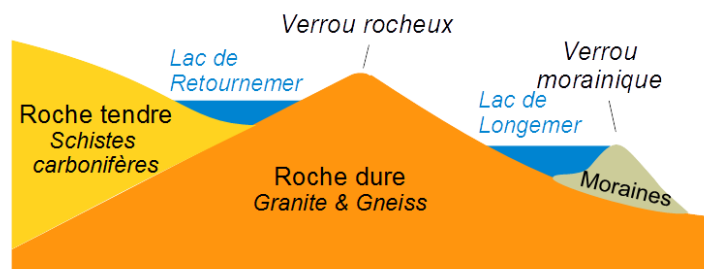
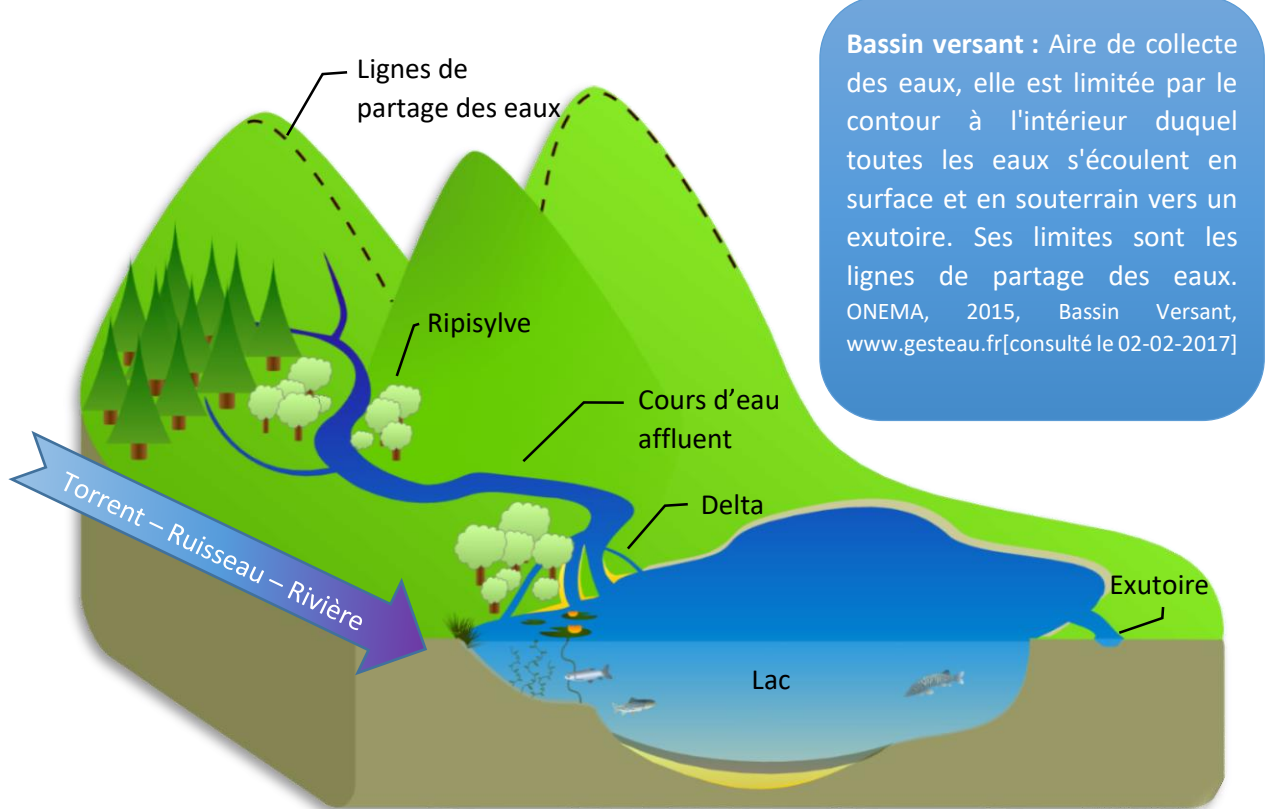


FIGURE 3 : VERROU ROCHEUX ET VERROU MORAINIQUE

Cette érosion a également entraîné une quantité importante de matériaux. Des moraines, en s'accumulant en certains points, ont formé des verrous dits morainiques en amont desquels se sont formés les lacs de Longemer et Gérardmer (Figure 3).

2. Fonctionnement d'un bassin versant

Notre étude s'est portée sur cette vallée glaciaire et plus particulièrement sur les bassins versants des lacs de Gérardmer, Longemer et Retournemer. Afin d'établir un diagnostic, il nous a fallu savoir quelles étaient les composantes principales d'un bassin versant et quel était leur fonctionnement naturel (Figure 4).



Bassin versant : Aire de collecte des eaux, elle est limitée par le contour à l'intérieur duquel toutes les eaux s'écoulent en surface et en souterrain vers un exutoire. Ses limites sont les lignes de partage des eaux. ONEMA, 2015, Bassin Versant, www.gesteau.fr [consulté le 02-02-2017]

FIGURE 4 : COMPOSANTES D'UN BASSIN VERSANT

Chaque goutte d'eau qui tombe dans le bassin versant d'un lac se retrouve, au terme de sa course, dans ce lac. Une partie de ces gouttes, dont le parcours ne sera pas décrit ici, rejoint les eaux souterraines, est évaporée ou évapotranspirée, tandis que d'autres, comme nous allons le voir, se rassemblent en cours d'eau.

a. Les cours d'eau

Cours d'eau : Constitue un cours d'eau un écoulement d'eaux courantes dans un lit naturel à l'origine, alimenté par une source et présentant un débit suffisant la majeure partie de l'année. L'écoulement peut ne pas être permanent compte tenu des conditions hydrologiques et géologiques locales.

Article L215-7-1, Code de l'environnement [consulté le 02-02-2017]

Les cours d'eau possèdent deux caractéristiques naturelles principales :

- Leur énergie, qui dépend de l'hydrologie et de la pente. La géologie et la forme de la vallée peuvent également en être déterminantes.

- Les caractéristiques de leurs lits majeur (présence / absence, forme, fonctionnement ...) et mineur (style fluvial, diversité morphologique, substrat ...)

À mesure qu'il coule vers l'aval et que la pente s'adoucit, le cours d'eau étroit, rectiligne et très érosif au régime d'abord torrentiel, s'élargit et peut se séparer en plusieurs chenaux. Son courant ralentissant, il érode moins le substrat. Arrivée en plaine, la rivière présente un cours d'eau unique sinueux où les sédiments vont se déposer. À son embouchure la rivière se divise en plusieurs bras formant un delta. Le courant ralentit encore ce qui permet aux derniers sédiments de se déposer avant que l'eau ne se jette dans le lac.

Ainsi, la force érosive du cours d'eau évolue. L'équilibre dynamique entre l'érosion et le dépôt de sédiments est appelé "balance de Lane" (Figure 5) et est régi par la règle suivante :

- Si le débit solide augmente et que le débit liquide diminue, le cours d'eau dépose.
 - A l'inverse, si le débit solide diminue et le débit liquide augmente, le cours d'eau érode.
- Cette dynamique est un élément important du bon fonctionnement d'un cours d'eau. En cas de dysfonctionnements, causés notamment par les rectifications de cours d'eau ou par des aménagements transversaux (routes ...), les dépôts ne se font plus aux bons endroits et peuvent entraîner un ensablement du lac en aval.

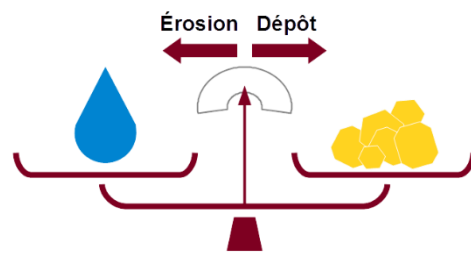


FIGURE 5 : BALANCE DE LANE

b. Les zones humides & les berges

La continuité entre les berges et l'eau a un rôle très important. La végétation des berges du cours d'eau, appelée ripisylve et comprenant des feuillus, ainsi que les plantes aquatiques, filtrent l'eau et offrent des habitats et des sites de reproduction pour toutes sortes d'espèces animales. La continuité des milieux aquatiques est donc nécessaire de l'amont à l'aval mais aussi entre les berges et le cours d'eau.

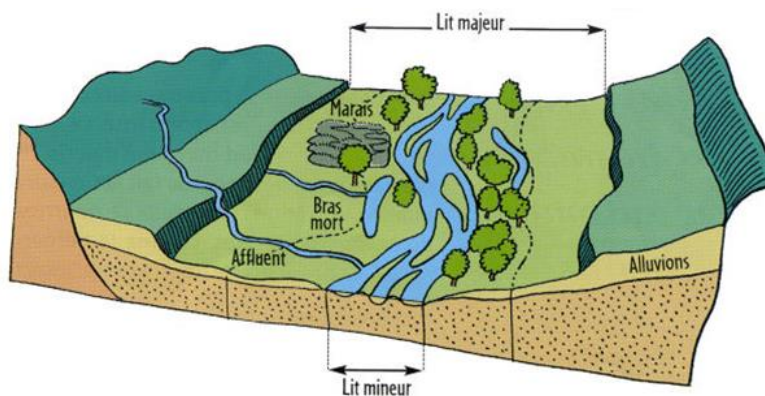


FIGURE 6 : LITS ET ANNEXES DES COURS D'EAU
SOURCE : WWW.ICEM-FREINET.NET

Autour du lit principal (lit mineur) du cours d'eau, on peut également rencontrer des milieux humides annexes occasionnellement inondés, telles que des bras morts. Ces espaces constituent le lit majeur du cours d'eau et présentent un rôle tampon important dans la régulation des inondations (Figure 6).

c. Les lacs

Une stratification particulière

Un lac est une masse d'eau qui présente une stratification thermique due à la différence de densité de l'eau. Celle-ci entraîne la formation de trois couches d'eau qui se différencient par leur

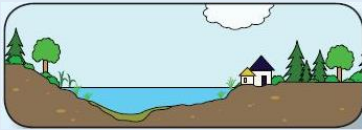
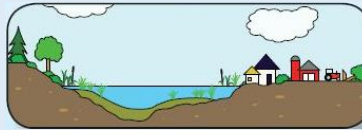
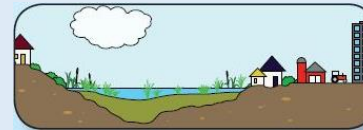
température, leur luminosité et leurs concentrations en dioxygène et nutriments. Les lacs de Gérardmer, Longemer et Retournermer sont dits dimictiques, car les couches d'eau sont brassées deux fois par an, au printemps et à l'automne. Ces brassages sont permis entre autre par le vent et par des cellules de convection liées au refroidissement de l'eau en surface qui, plus dense, plonge alors au fond du lac.

Des variations du niveau d'eau

Les eaux d'un lac sont naturellement hautes en hiver et au printemps et basses en été. Cette fluctuation de la hauteur du niveau de l'eau dans un lac s'appelle le marnage. Il est indispensable à la reproduction de certaines espèces de poissons et de plantes.

Enrichissement des lacs et risque d'eutrophisation

Le niveau trophique d'un lac est relatif à sa teneur en nutriments. Trois niveaux sont possibles :

Lac oligotrophe	Lac mésotrophe	Lac eutrophe
Fonctionnement « normal » du lac	Enrichissement en nutriments	Enrichissement fort en nutriments
Productivité biologique faible → Peu d'algues	Productivité biologique moyenne	Productivité biologique élevée → Prolifération d'algues → Perte de diversité en espèces → Gaz toxiques et dépôts de matière organique
		

L'eutrophisation d'un lac débute par des apports en nutriments (azote, phosphore,...), souvent d'origine anthropique. Ils favorisent le développement d'une végétation particulière et notamment d'algues qui induisent à leur tour un développement de bactéries. Une trop importante population de ces dernières appauvrit le lac en dioxygène. Cela a pour conséquence de freiner la décomposition de la matière organique qui se concentre au fond du lac. Cette accumulation peut être la cause de la formation de gaz toxiques au fond du lac.

3. Évolution historique de la zone

La ville de Gérardmer fut fondée vers 1056. En l'espace d'un demi-millénaire, la population de Gérardmer a été multipliée par plus de cinquante, ce qui en faisait la troisième ville la plus peuplée des Vosges lors du recensement de 2013. De son côté, la ville de Xonrupt-Longemer a été créée au début du XX^{ème} siècle. Deux secteurs sont moteurs sur ce territoire : L'industrie, principalement textile, qui fait de Gérardmer la première ville textile de France pour le linge de maison et le tourisme qui se développe. L'eau, ressource indispensable à toutes ces activités, subit une forte pression, en particulier lors des pics de fréquentation.

Il y a aujourd'hui environ 9 000 habitants à Gérardmer et 1 500 à Xonrupt-Longemer. La population est stable depuis les années 1980. On remarque pourtant que l'urbanisation ne cesse d'augmenter (Figure 7), les zones urbaines des deux villes sont même amenées à fusionner. Ce

phénomène est lié à une forte augmentation des résidences secondaires due au développement du tourisme.

Evolution de l'urbanisation sur Gérardmer et Xonrupt-Longemer

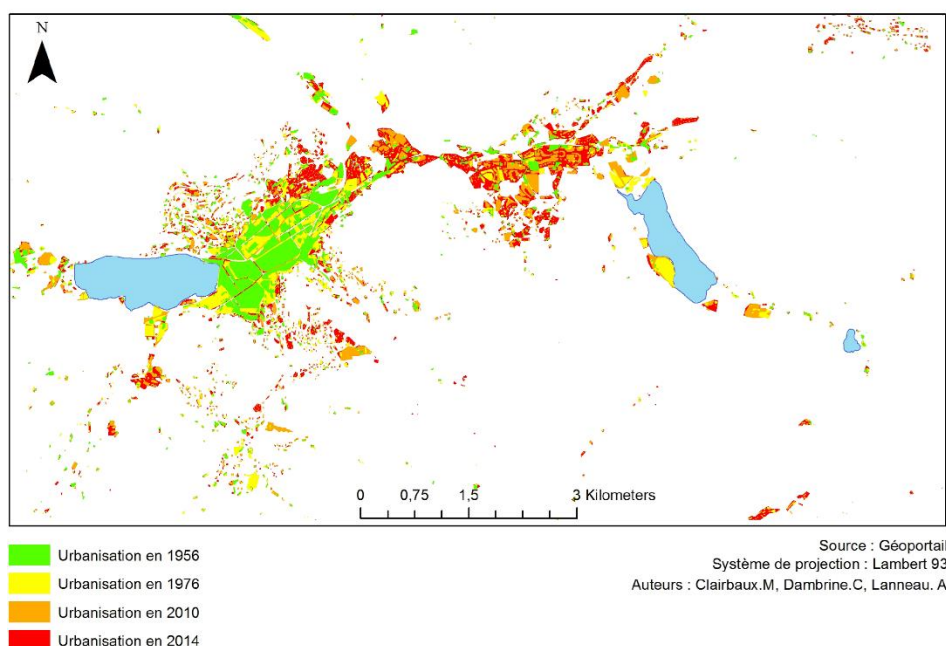


FIGURE 7 : CARTE DE L'ÉVOLUTION DE L'URBANISATION DES COMMUNES DE GÉRARDMER ET DE XONRUPT-LONGEMER ENTRE 1956 ET 2014

En effet, Gérardmer et Xonrupt-Longemer ont bâti leur économie sur le développement de ce secteur. C'est d'ailleurs à Gérardmer qu'est né le premier Office de Tourisme, alors appelé Comité des promenades, en 1875. Dès le début du XIXe siècle, des aménagements des voies de communication facilitent l'arrivée des touristes qui commencent à construire de grandes villas autour du lac. L'hôtellerie fera ses débuts dans les années 1860 et on verra apparaître en 1893 sur le lac de Gérardmer le premier ponton destiné à la location de barques. Avec le tourisme, la population de ces villes est aujourd'hui multipliée par deux en été et par trois en hiver. En été, les lacs de Gérardmer et Longemer sont très fréquentés, surtout le premier. De nombreuses activités sont proposées autour et dans les lacs et nous avons essayé d'en élaborer une cartographie la plus exhaustive possible.

Activités autour du lac de Gérardmer

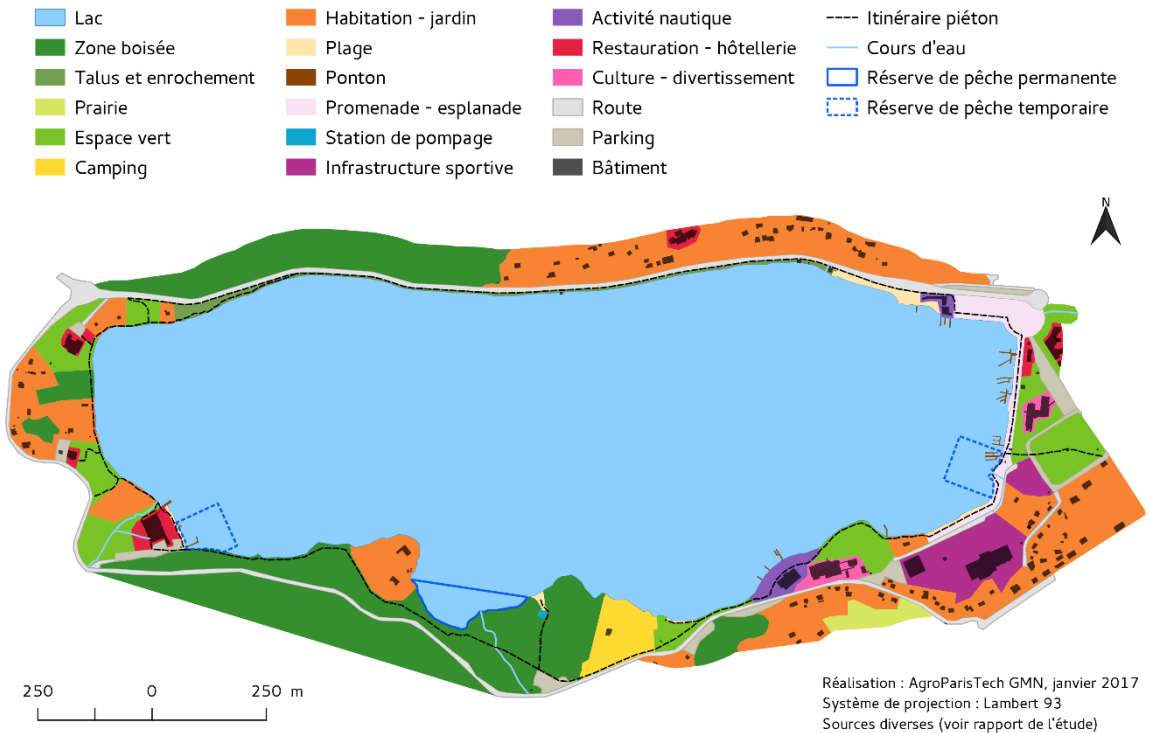


FIGURE 8 : CARTE DES ACTIVITÉS AUTOUR DU LAC DE GÉRARDMER

Activités sur le lac de Gérardmer

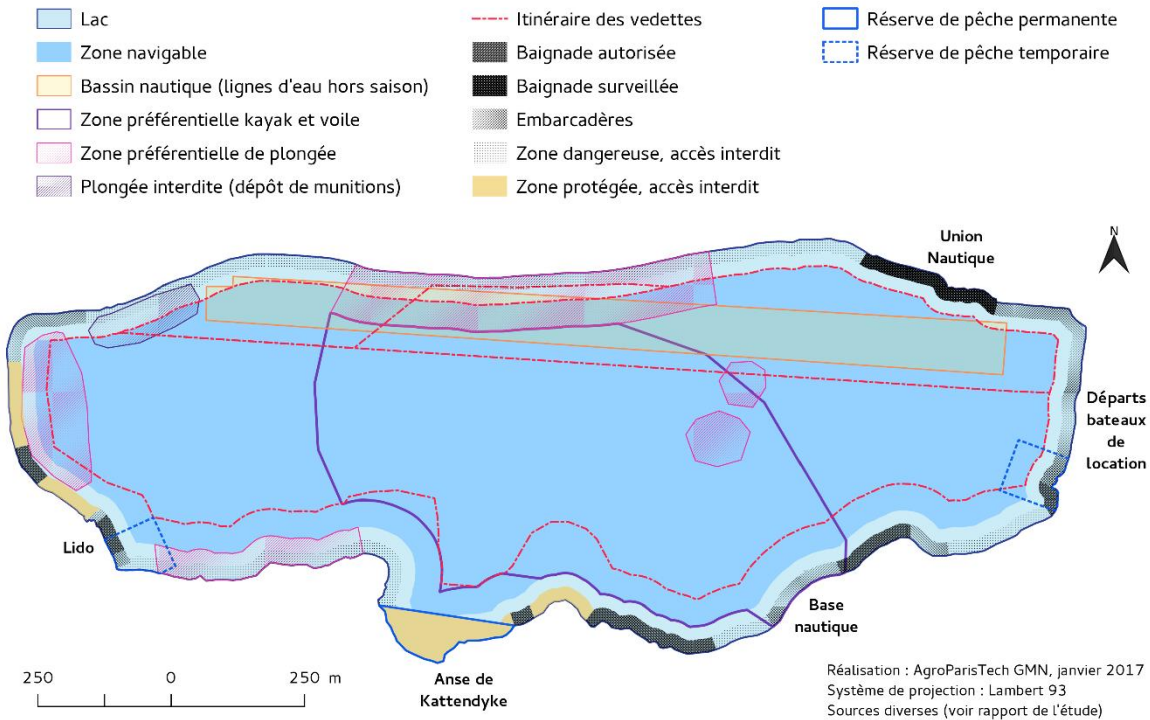


FIGURE 9 : CARTE DES ACTIVITÉS SUR LE LAC DE GÉRARDMER

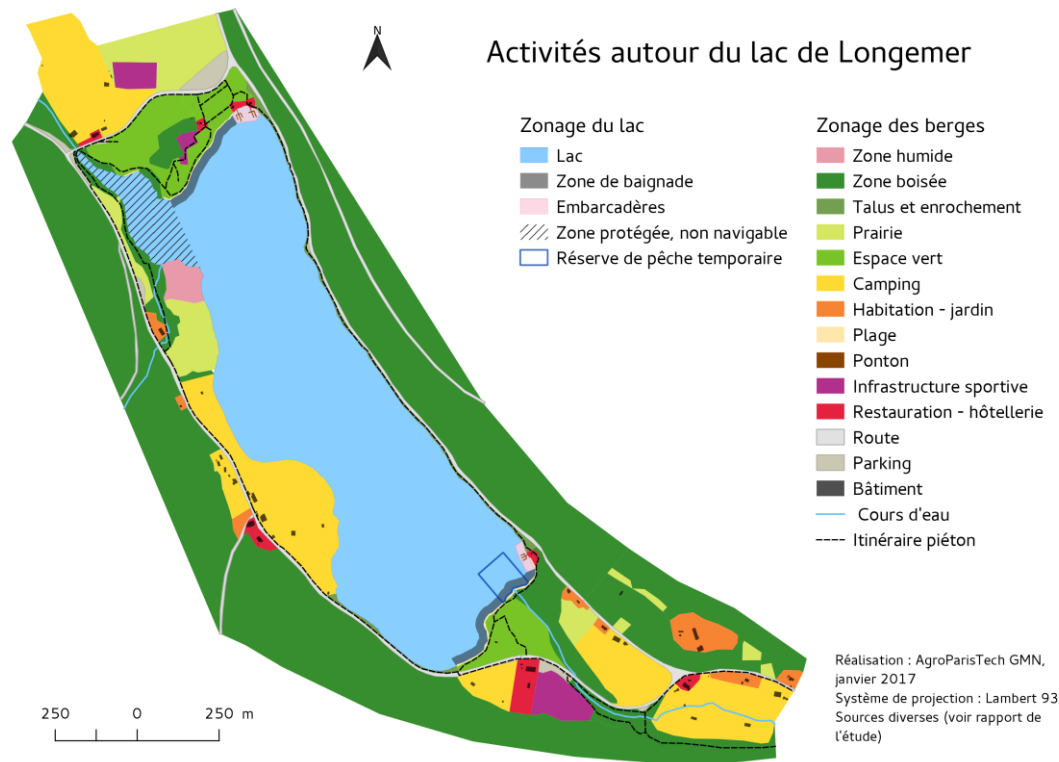


FIGURE 10 : CARTE DES ACTIVITÉS AUTOUR DU LAC DE LONGEMER

Pour réaliser ces cartes des activités autour des lacs de Gérardmer et de Longemer, nous avons utilisé en fond de carte les orthophotographies de 2014 de l'IGN et, comme nous allons le voir, de nombreuses sources d'informations pour les activités. Nous avons tracé le contour des lacs sur les photographies aériennes, en considérant le niveau maximal des lacs. Le zonage des terres a été réalisé à partir des éléments visibles sur les orthophotographies, du cadastre et des commerces recensés par Google. Nous avons complété ces informations par un repérage sur le terrain. La couche vectorielle des bâtiments est celle de la BD TOPO®. La zone navigable du lac de Gérardmer et les réserves de pêche des deux lacs ont été délimitées selon les arrêtés municipaux et préfectoraux. Les limites des zones de baignade, zones dangereuses et zones protégées sur les berges du lac de Gérardmer proviennent d'une carte de la municipalité. Les bouées qui délimitent la zone protégée de l'anse de Kattendyke et le bassin nautique de Gérardmer étaient, quant à elles, visibles sur les photographies aériennes. Enfin, certaines données sont issues des entretiens que nous avons menés, notamment les zones de navigation et de plongée préférentielles et les trajets des vedettes.

Au cours des entretiens et des restitutions, nous avons cependant constaté que les périmètres réglementaires sont peu respectés. Ainsi, l'anse de Kattendyke est dite très fréquentée par les touristes qui s'y baignent, piétinent les berges et font des feux de camp. De même, les touristes qui louent des bateaux enfreindraient fréquemment la limite de 50 m du bord du lac et s'échouent régulièrement au nord de Ramberchamp. Il semblerait que les vedettes ne respectent pas non plus toujours ces limites réglementaires. Enfin, à Longemer, les embarcations vont parfois au-delà de la ligne de bouées mise en place par le CENL dans le delta des Plombes.

Les impacts possibles de ces désordres mais aussi des activités humaines dans leur globalité seront à nouveau abordés au sein des différentes thématiques et de leur diagnostic. Si vous souhaitez de

plus amples informations sur les activités humaines de ce territoire et sur leur évolution, veuillez-vous référer aux fiches (Annexes 0.1 à 0.4).

4. Cadre réglementaire

a. Les lois sur l'eau & DCE

En 1964, une loi sur l'eau crée les Agences de l'Eau afin d'organiser la gestion décentralisée de l'eau. En 1992, une nouvelle loi sur l'eau lui succède et met en place des documents de planification, les Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SDAGE). Ils donnent les grandes orientations pour la protection et l'amélioration de l'état des masses d'eau et des milieux aquatiques à l'échelle d'un grand bassin hydrographique. Ils peuvent être déclinés localement sous forme de SAGE afin de répondre aux enjeux spécifiques. À une échelle plus locale encore, il est possible de mettre en place des contrats de milieu (bassin versant, rivière, baie...).

En 2000, l'Europe a établi un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau, c'est la Directive Cadre sur l'Eau (DCE). Elle fixe des objectifs de bon état chimique et écologique des masses d'eau (Figure 11) sur toute l'Union Européenne pour 2027 et est transcrite en droit français par la loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) de 2006 (Figure 12).

- Le bon état chimique des masses d'eau est lié à des normes de qualités environnementales sur 41 substances : métaux, pesticides, hydrocarbures
- Le bon état écologique concerne l'hydro-morphologie des masses d'eau, certains polluants, l'état physico-chimique ainsi que la continuité sédimentaire et écologique mais aussi l'état biologique qui prend en compte les poissons, les invertébrés, les diatomées et les macrophytes.

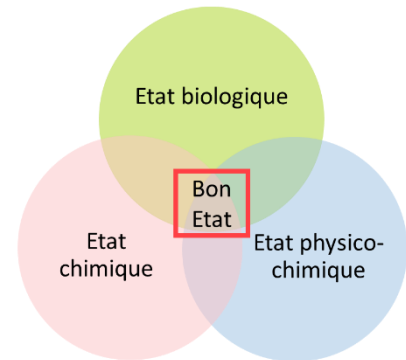


FIGURE 11 : LE BON ÉTAT DES MASSES D'EAU SELON LA DCE

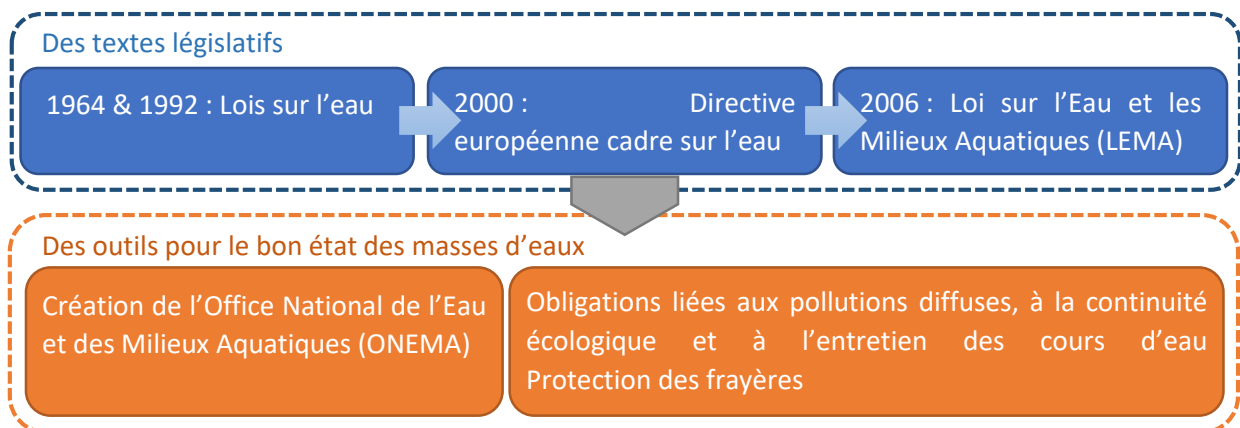


FIGURE 12 : TEXTES LÉGISLATIFS ET OUTILS POUR L'ATTEINTE DU BON ÉTAT

Suite à plusieurs évaluations dont une datant de 2010, le lac de Gérardmer a été classé en état médiocre, Longemer en état moyen et Retournermer en bon état (Figure 13).

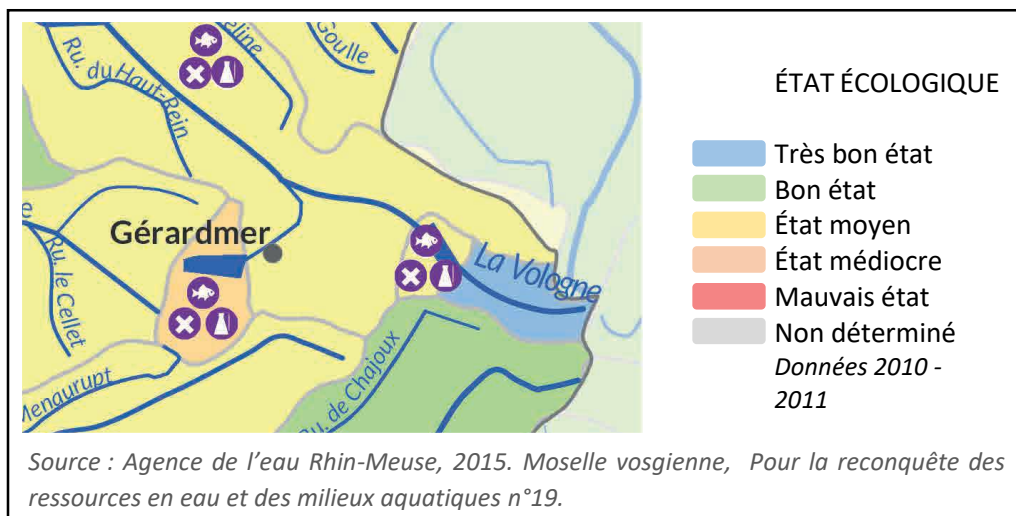


FIGURE 13 : ÉTAT ÉCOLOGIQUE DES LACS DE GÉRARDMER, LONGEMER ET RETOURNEMER

Le Code de l'environnement légifère également sur les droits et obligations liés à la propriété privée. En effet, les cours d'eau peuvent être « domaniaux » ou « non-domaniaux ». Lorsqu'ils sont domaniaux, ils sont navigables et flottables et c'est alors l'État qui doit les entretenir. Leur gestion peut toutefois être concédée à la région ou au département. Les cours d'eau non-domaniaux ne sont pas navigables ni flottables. Ceux-ci sont entretenus par des propriétaires privés qui détiennent la moitié du lit, ainsi que les alluvions, les relais, les atterrissements, les îles et le droit de pêche. Il arrive que le propriétaire soit la commune, comme dans le cas des lacs de Gérardmer et de Longemer, ils peuvent alors autoriser certaines formes de navigation.

b. Les périmètres de captage

Afin de protéger les captages d'eau potable, trois périmètres de protection sont généralement mis en place autour de ces points de prélèvement:

- Périmètre de protection immédiate : toutes activités, installations et dépôts y sont interdits en dehors de ceux autorisés dans l'acte déclaratif d'utilité publique.
- Périmètre de protection rapprochée : les activités, installations et dépôts susceptibles d'entraîner une pollution de nature à rendre l'eau impropre à la consommation humaine sont interdits.
- Périmètre de protection éloignée : les activités, installations et dépôts y sont réglementés. Ce périmètre n'existe pas toujours.

c. La réglementation de la navigation

La navigation est réglementée sur les lacs de Gérardmer et Longemer. Sur le lac de Longemer, les moteurs thermiques sont interdits, en revanche les embarcations non motorisées ou à moteur électrique sont autorisées sauf en zone de restriction. En ce qui concerne Gérardmer, certains bateaux à moteur thermique, dont le parcours est fixé, sont autorisés et des zones sont interdites à la navigation. Les cartes présentées au paragraphe précédent (I.3. Évolution historique de la zone) font état de cette réglementation.

d. La réglementation de la pêche

Les trois lacs sont classés en première catégorie piscicole, c'est à dire que ce sont les populations de salmonidés (truites) qui dominent. La pêche sur le lac de Retournemer est réservée à des particuliers. L'Association Agréée de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique (AAPPMA) détient les droits de pêche sur les lacs de Gérardmer et Longemer, leurs affluents, la Jamagne et des tronçons de la Vologne. Elle vend les permis de pêche.

Le guide de pêche de l'AAPPMA communique un certain nombre de règles relatives à la pêche sur les lacs de Gérardmer et Longemer. Sont autorisées une ligne tenue à la main en ruisseaux et en rivières, et trois lignes sous la surveillance du pêcheur dans les lacs. La pêche à la traîne est autorisée à condition que l'embarcation ne soit pas propulsée par un moteur thermique et munie d'un maximum de trois lignes de traîne, montées sur cannes, équipées chacune de deux hameçons au maximum et ceci, quel que soit le nombre de pêcheurs à bord.

Les tailles limites de capture des poissons sont fixées dans les lacs à 60 cm pour le Brochet et 30 cm pour la Truite. En rivière, la taille limite de capture de la Truite diminue jusqu'à 20 cm. Le nombre maximum de salmonidés prélevés par jour et par pêcheur est fixé à 6. La pêche ne peut s'exercer plus d'une demi-heure avant le lever du soleil, ni plus d'une demi-heure après son coucher.

Il existe également des réserves de pêche sur les lacs.

e. Les lois de décentralisation & GEMAPI

Les lois de décentralisation de 2014 - 2015 transmettent la gestion des milieux aquatiques et la prévention des risques (GEMAPI) aux intercommunalités d'ici à 2018. Cette gestion inclue notamment l'aménagement des bassins versants, l'entretien et l'aménagement des cours d'eau, canaux, lacs et plans d'eau, la défense contre les inondations et la protection et restauration des zones humides.

f. Les espaces protégés

Les bassins versants étudiés s'inscrivent dans le périmètre du Parc Naturel Régional des Ballons des Vosges donc dans un projet de territoire encadré par la charte du Parc. Mais au sein de ces bassins versants, des zones de biodiversité remarquable ou aux paysages exceptionnels font l'objet de périmètres de protection ou d'un statut particulier (Figure 14). On distingue ainsi :

Arrêtés Préfectoraux de Protection Biotope (APPB) & réserves naturelles

Ils réglementent les usages et les pratiques dans des zones afin de préserver des habitats et/ou des espèces de flore ou de faune protégés. Leur contour et la réglementation sont définis par arrêté préfectoral.

Sites NATURA 2000

Ils sont issus de l'application des Directives européennes Habitats Faune Flore et Oiseaux. Ces sites délimitent des secteurs accueillant des espèces et des habitats d'intérêt communautaire. Certains aménagements donnent lieu à une évaluation d'incidence Natura 2000. C'est le cas des projets soumis à un dossier loi sur l'eau ou à étude d'impact.

ZNIEFF - zones naturelles d'intérêt écologique faunistique et floristique de types 1 et 2

Ce sont des espaces riches ou originaux en biodiversité qui concentrent des espèces protégées ou menacées. Elles sont désignées après des inventaires et indiquent à l'aménageur un patrimoine

naturel dont il doit tenir compte. Les ZNIEFF de type 1 sont généralement de plus petite taille et plus sensibles que celles de type 2.

Sites du Conservatoire d'Espaces Naturels (CEN)

Ces sites sont gérés ou en maîtrise foncière par le CEN, ils font donc l'objet d'une gestion visant la conservation d'espèces ou de milieux naturels d'intérêt particulier.

Sites classés & sites inscrits

« Les sites classés sont des lieux dont le caractère exceptionnel justifie une protection de niveau national. L'inscription est une reconnaissance de la qualité d'un site justifiant une surveillance de son évolution, sous forme d'une consultation de l'architecte des Bâtiments de France sur les travaux qui y sont entrepris.»² Ainsi le lac de Longemer et sa vallée ont été classés en 2002. Les lacs de Gérardmer et de Retournemer et leurs environs sont des sites inscrits.

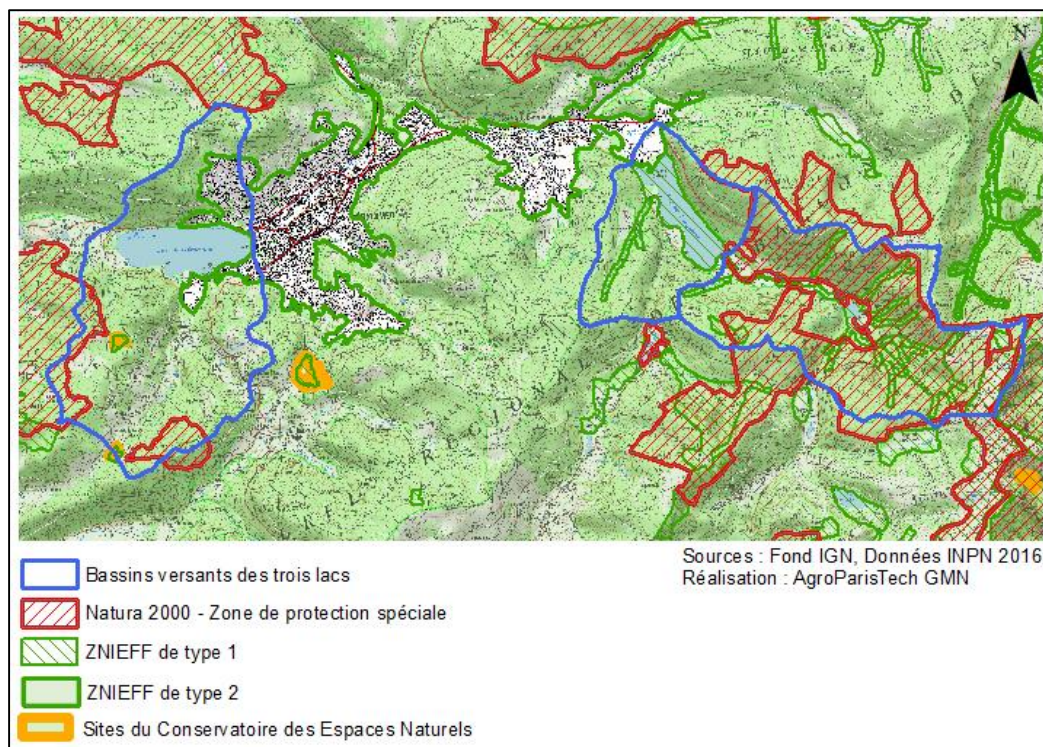


FIGURE 14 : ESPACES PROTÉGÉS ET REMARQUABLES DE LA ZONE D'ÉTUDE

² www.developpement-durable.gouv.fr/-Sites-classes-et-inscrits-.html

5. Présentation des acteurs

Afin de répondre aux obligations légales, de contrôler et de mettre en application les politiques publiques, divers acteurs du territoire sont impliqués sur la thématique de l'eau. Une partie de ces acteurs a été représentée ci-dessous (Figure 15) en lien avec les problématiques de l'étude.

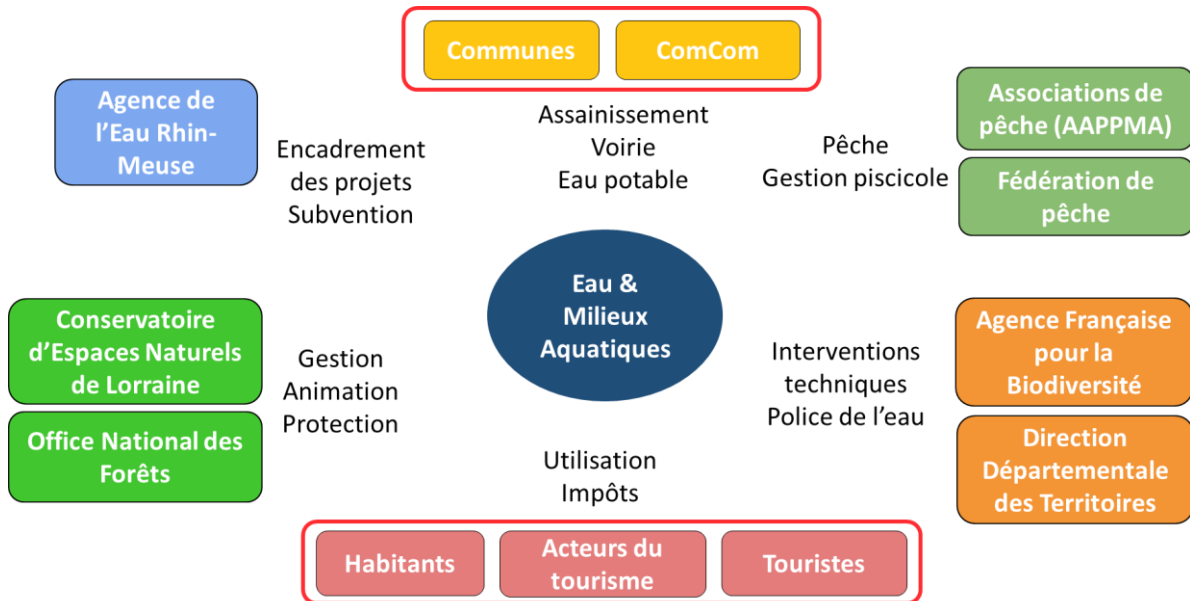


FIGURE 15 : SCHÉMAS DES ACTEURS DU TERRITOIRE LIÉS À L'EAU, AUX MILIEUX AQUATIQUES ET À LEUR GESTION

L'Agence de l'Eau Rhin Meuse (AERM)

Établissement public du Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer, elle contribue à la réduction des pollutions de l'eau et à la protection des ressources en eau et milieux aquatiques du bassin Rhin-Meuse. L'AERM participe à la mise en œuvre des politiques nationales sur l'eau dérivant des objectifs de l'Union Européenne. Parmi les modes d'action de l'AERM, on trouve la construction et le développement d'outils de planification, la production et l'exploitation de données sur l'eau pour la connaissance, la gestion et l'évaluation, ainsi que des soutiens financiers.

L'Office Nationale de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA), nouvellement Agence Française pour la Biodiversité (AFB)

Il accompagne la mise en place des politiques publiques et répond aux enjeux environnementaux émergents, en lien étroit avec les agences et offices de l'eau et les services de l'État. L'ONEMA a intégré au 1^{er} janvier 2017 l'AFB. Leurs actions se regroupent en cinq grandes thématiques : la qualité de l'eau, la gestion équilibrée de la ressource en eau, la morphologie des cours d'eau, la biodiversité aquatique et les services d'eau et d'assainissement.

L'Office Nationale des Forêts (ONF)

Établissement public qui assure notamment la gestion durable des forêts publiques, la mobilisation du bois pour la filière ou encore mène des actions en faveur de la biodiversité des forêts. L'ONF a signé une convention de collaboration avec l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse en 2016 pour s'assurer que les forêts jouent convenablement leur rôle dans la préservation et la restauration des milieux aquatiques.

La Direction Départementale des Territoires (DDT)

Service déconcentré de l'État sous la direction des préfets de département, elle veille à l'équilibre des territoires, urbains et ruraux, par la mise en œuvre des politiques publiques d'aménagement et de développement durable des territoires, provenant du Ministère du Développement durable.

Le Conservatoire d'Espaces Naturels de Lorraine (CENL) anciennement Conservatoire des Sites Lorrains

Il s'agit d'une association de protection du patrimoine naturel lorrain reconnue d'utilité publique. Il a plusieurs grands axes d'intervention dont la connaissance de la nature en Lorraine, la protection des espaces naturels et des espèces, la gestion des sites protégés en Lorraine et la valorisation des espaces naturels lorrains.

La Fédération de pêche des Vosges (FDPPMA 88)

Association départementale agréée au titre de la loi de la protection de la nature du 10 juillet 1976, elle assure des missions de protection du patrimoine piscicole, de gestion des milieux aquatiques et de promotion du loisir pêche. En partenariat avec les Agences de l'eau, le Conseil Général des Vosges et les collectivités locales, elle s'investit comme conseiller technique et maître d'œuvre dans la restauration et l'entretien des milieux aquatiques et des zones humides.

L'Association Agréée de Pêche et de Protection du Milieu Aquatique (AAPPMA)

Il s'agit d'une association de loi 1901, soutenue et conseillée par la FDPPMA 88 pour leur gestion piscicole et halieutique. Elle détient et gère les droits de pêche, participe à la protection des milieux aquatiques, du patrimoine piscicole, lutte contre le braconnage, la pollution et la destruction des zones essentielles à la vie des poissons. Elle a aussi en charge l'éducation et la sensibilisation du public aux milieux aquatiques.

Les communes de Gérardmer et de Xonrupt-Longemer

Les communes, en tant que potentiels porteurs de projets et gestionnaires des espaces communaux peuvent s'impliquer de manière plus ou moins importante dans la gestion de l'eau de leur territoire et dans l'atteinte du bon état écologique des masses d'eau. La communauté de communes des Hautes Vosges qui regroupe les anciennes communautés de communes de Gérardmer Monts & Vallées, de la Haute Moselotte et de la Terre de Granite aura également son rôle à jouer notamment dans le cadre de la compétence GEMAPI (Gestion des Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations).

Les usagers du territoire, par leurs activités, leur consommation de l'eau et leurs pratiques ont également un rôle important à jouer dans la gestion et la préservation de l'eau et des milieux aquatiques.



II. Diagnostics, enjeux & propositions d'action

Pour chaque thématique, nous avons établi un diagnostic écologique et sociologique puis proposé les actions qui nous ont semblées pertinentes afin de résoudre les problèmes soulevés par le diagnostic. À la fin de chaque thématique, celle-ci est résumée par un paragraphe et éventuellement un schéma de synthèse suivis de la bibliographie relative à la partie.



QUALITÉ DE L'EAU

II.1



1. Qualité de l'eau

1.1. Diagnostic technique et sociologique	23
1.1.1. État biologique global	23
1.1.2. État chimique	26
1.1.3. Synthèse causes conséquences	30
1.1.4. Conclusion du diagnostic	31
1.2. Propositions d'actions.....	32
1.2.1. Suivre la qualité chimique des masses d'eau dans le temps.....	32
Déroulement d'une campagne d'analyse.....	32
Suivi et traçabilité.....	33
1.2.2. Suivre la qualité biologique des masses d'eau dans le temps	33
Indice Biologique Lacustre.....	33
1.2.3. Réduire les impacts du salage des routes	34
1.2.4. Gestion des eaux de ruissellement	35
Noues et fossés :.....	38
Tranchées drainantes	39
Filtres plantés de roseaux.....	40
Résumé.....	41
Bibliographie	42

1.1. Diagnostic technique et sociologique

1.1.1. État biologique global

En 2014, l'Indice Biologique Lacustre (IBL) a été mesuré sur les trois lacs (Tableau 1) durant l'étude du bureau Chrono environnement. Basé sur l'examen des populations de mollusques, c'est un indice qui vise à définir d'une manière simple l'état biologique global d'un lac. Il renseigne à la fois sur le potentiel biogène des lacs, en relation avec la minéralisation des eaux mais aussi sur la capacité du lac à transférer la matière organique (autochtone et/ou allochtone) (Figure 16).



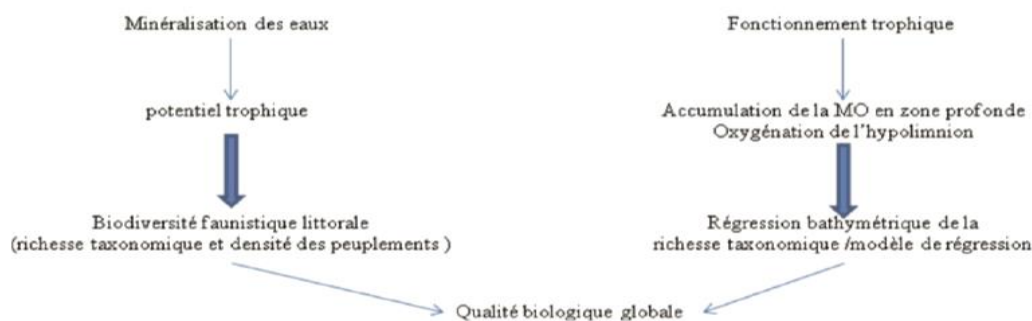


FIGURE 16 : PRINCIPE D'INTERPRÉTATION DE L'INDICE BIOLOGIQUE LACUSTRE (MILLET & AL., 2015)

TABLEAU 1 : INDICE BIOLOGIQUE LACUSTRE (IBL) ET CAPACITÉ BIOGÉNIQUE DES LACS DE GÉRARDMER, LONGEMER ET RETOURNEMER (MILLET & AL. 2015)

Lac	Gérardmer	Longemer	Retournemer
IBL	12.1	13.7	10.7
Capacité biogénique	moyenne	moyenne	médiocre

Concernant le potentiel trophique, les lacs de Gérardmer et Longemer ont une forte production d'organismes consommateurs en zone littorale, il y a donc une biodiversité faunistique élevée au niveau du littoral ce qui correspond à un bon potentiel trophique des lacs. Cela signifie que naturellement, les lacs de Gérardmer et Longemer ont une assez bonne minéralisation. En revanche le lac de Retournemer a un potentiel trophique plus faible donc une moins bonne minéralisation. Au niveau de l'efficacité trophique, les 3 Lacs sont dysfonctionnels. En effet, les taxons les plus sensibles aux perturbations sont absents de la zone littorale ce qui montre que les lacs sont perturbés.

Ainsi, la qualité biogénique, correspondant à la qualité biologique globale décrite par l'IBL (Figure 16), est moyenne pour les lacs de Gérardmer et Longemer et médiocre pour le lac de Retournemer (Tableau 1). Ces lacs qui devraient naturellement bien minéraliser leurs eaux ne le font pas et cela se voit notamment par l'absence de taxons sensibles aux perturbations et aux pollutions. Pour le lac de Retournemer celui-ci ne fonctionne pas bien naturellement, toute perturbation lui est donc néfaste.

En plus de l'IBL, l'Indice Phytoplanctonique Lacustre (IPL) a été mesuré par des réseaux de contrôle et de surveillance mis en place après l'arrêté de 2010 (Tableau 2). L'IPL est basé sur l'étude du compartiment phytoplanctonique.

TABLEAU 2 : INDICE PHYTOPLANCTONIQUE LACUSTRE (IPL) (CAMPAGNE DE MESURE RÉSEAU DE CONTRÔLE DE SURVEILLANCE 2010)

Lac	Gérardmer	Longemer
IPL	médiocre	moyen

L'indice phytoplanctonique indique un excédent de production biologique à Gérardmer et une situation plutôt moyenne à Longemer. L'eutrophisation d'un plan d'eau peut être naturelle et/ou anthropique. Si elle est engendrée par les activités anthropiques, elle apparaît beaucoup plus rapidement et est causée par des apports soutenus et élevés en matière organique et en nutriments dans le bassin versant du lac (Réseau de surveillance volontaire des lacs – Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques, Québec).

Ces deux indicateurs (IBL et IPL) nous renseignent sur la difficulté des lacs à minéraliser la matière organique et sur leur état écologique général qui est moyen voire médiocre. Nous pouvons compléter ce diagnostic avec les profils bathymétriques de la concentration en oxygène des lacs (Figure 17).

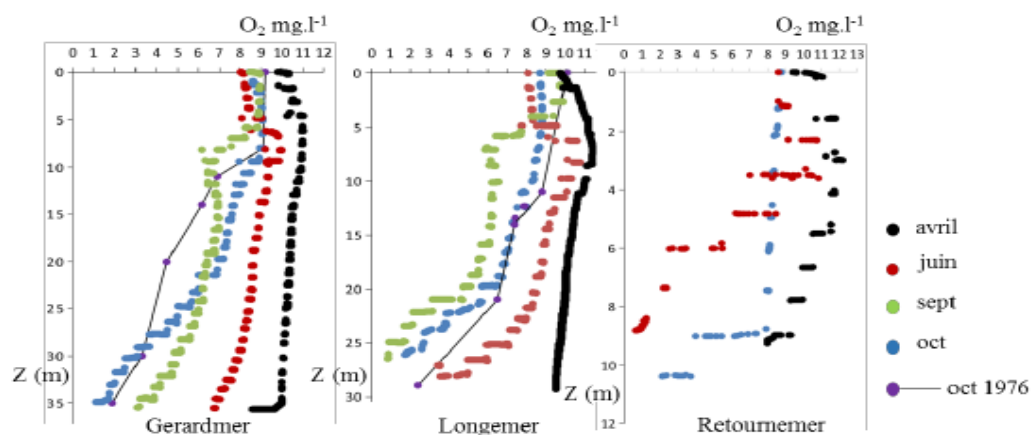


FIGURE 17 : PROFILS BATHYMÉTRIQUES DE LA CONCENTRATION EN OXYGÈNE DISSOUS DANS LES LACS DE GÉRARDMER, LONGEMER ET RETOURNERMER (MILLET ET AL. 2015)

Normalement les strates d'un lac se mélangent au printemps et en automne lors du changement de température, ce qui permet de répartir l'oxygène sur toute la profondeur du lac. Nous pouvons noter que dès le mois de septembre, le Lac de Longemer présente une « dead zone » (zone profonde sans oxygène). Le cas du lac de Retournermer est encore plus prononcé, en effet au mois de juin, il est possible d'observer une absence d'O₂ dans les couches profondes. Pour le lac de Gérardmer, le phénomène est moins prononcé. Les lacs de Longemer et Retournermer présentent donc de sévères hypoxies.

Les zones hypoxiques peuvent potentiellement réduire la densité et la diversité de plusieurs espèces d'invertébrés benthiques, et ce, particulièrement lorsqu'elles demeurent présentes pendant plusieurs mois. Au niveau des communautés de poissons, les zones hypoxiques pourraient réduire, entre autres, les sources de nourriture (invertébrés benthiques) et concentrer possiblement les différentes espèces dans un espace restreint (Langevin 2014). Les activités anthropiques dans les bassins versants pourraient augmenter les apports en matière organique et la concentration en nutriments, ce qui aurait comme conséquence d'augmenter la productivité de ces lacs (Langevin 2014). Ces apports en matière organique entraînent également le développement anormal de certaines espèces des herbiers enracinés flottants (Myriophylle).



1.1.2. État chimique

Une synthèse bibliographique de la qualité de l'eau de 2004 à 2015 a été faite (Tableau 1) pour les trois lacs Vosgiens. Voici le code couleur utilisé :

TABLEAU 3 : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE DE L'ÉTAT ÉCOLOGIQUE ET CHIMIQUE DES LACS DE GÉRARDMER, LONGEMER ET RETOURNEMER

Lac	Gérardmer	Longemer	Retournemer
IBL (Millet et al. 2015)	12.1	13.7	10.7
IPL (RCS* 2010)	70.67	56.33	ND
État chimique (2011-2013 SDAGE 2015) (SIERM)	Mauvais (présence de Mercure)	Bon	ND
Zinc dissous (µg/L) (Millet et al. 2015)	3.8 (juin) ; 31 (avril)	7.5 (juin) ; 16.6 (avril)	9.4 (juin) ; 46.9 (avril)
Chlorures (mg/L) (Millet et al. 2015) (échantillon de juin 2014)	19 à 21	18 à 21.5	> 30
Sodium (mg/L) (Millet et al. 2015) (échantillon de juin 2014)	12 à 14	10.4 à 11	> 15
Manganèse (Mn) (Millet et al. 2015)	3 fois > PNEC**	3 fois > PNEC**	Bon
Cuivre (Millet et al. 2015)	Mauvais en avril	Bon	Mauvais en avril
Phosphore total Maximal (mg P/L) (Leglize 2004)	0.026	0.013	0.018
Phosphore total sédiments (mg P/g) (Leglize 2004)	1.89	1.48	2.55
Azote minéral (mg N/L) (Leglize 2004)	0.476	0.59	0.616

Bon
 Moyen
 Médiocre
 Mauvais

*RCS : Réseau de contrôle et de surveillance (mis en place dans les Vosges en 2010)
 **PNEC : Predicted No Effect Concentration, valeur définissant le seuil utilisé en évaluation des risques environnementaux des substances chimiques

Du point de vue de la DCE (Directive Cadre sur l'Eau) le lac de Gérardmer a un état chimique global mauvais. Cela est dû à la **présence de mercure** (paramètre déclassant). Il est probable que le

mercure provienne des munitions immergées pendant la seconde guerre mondiale. En effet, il y a des risques de fuites de plomb, mercure, nitrate (propulsif) ou de phosphore. La qualité chimique du lac de Longemer est qualifiée de bonne.

Les trois lacs subissent une **pollution au zinc** régulière. Les concentrations sont élevées en avril (période de pluies et fonte des neiges) et baissent en juin. Ces pics de concentration en zinc sont probablement dus aux eaux de ruissellement qui lessivent les hydrocarbures des routes et des parkings autour des lacs. **Les ions chlorure et sodium** proviennent principalement des fondants routiers qui permettent une meilleure circulation l'hiver (salage des routes) et se retrouvent en grande quantité dans les lacs (Figure 17).

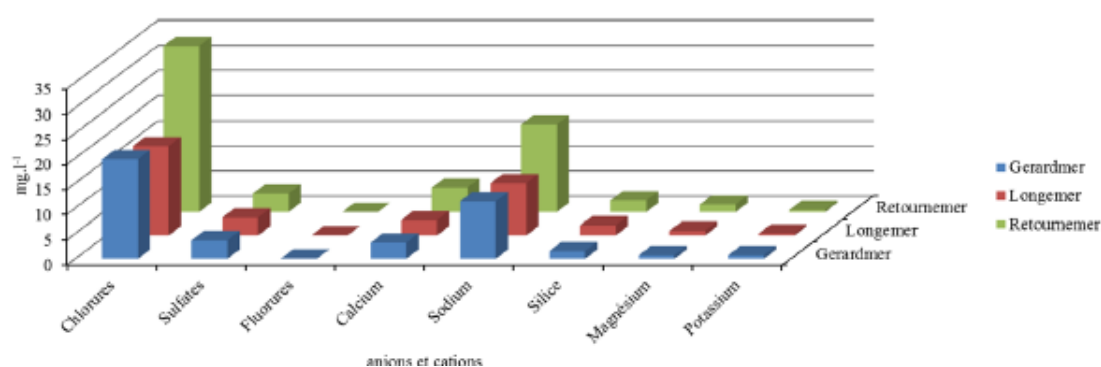


FIGURE 18 : CONCENTRATIONS DES DIFFÉRENTS IONS DISSOUS DANS LES LACS DE GÉRARDMER, LONGEMER ET RETOURNEMER (MILLET ET AL. 2015)

En effet, les communes de Gérardmer et Xonrupt-Longemer, de par leur localisation dans le massif montagneux des Vosges, sont soumises à des hivers rigoureux. Afin d'assurer la sécurité des usagers sur les routes, les communes et le département procèdent chaque hiver au déneigement des axes de circulation grâce à des fondants routiers.

La problématique du salage des routes est d'autant plus préoccupante ici du fait de la topographie. En effet, les routes sont pour la plupart situées sur les versants des lacs, ce qui facilite l'écoulement du sel et des fondants routiers directement dans ces masses d'eau. Comme décrit la Figure 17 ci-dessus, les lacs de Gérardmer, Longemer et Retournemer ont tous trois des teneurs très élevées en chlorures et en sodium.

Plusieurs études ont été menées sur les impacts des produits de déneigement sur l'environnement, et notamment sur les masses d'eau (Duriez 2011, Coulon et al. 2012). Ci-après sont résumés les impacts observés par le Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA) (Duriez 2011) :

“Impacts sur les lacs :

- Augmentation de la teneur en ions chlorure.
- Stratification : l'eau chargée en sel s'accumule dans le fond du lac et empêche le mélange saisonnier de l'eau. On a une diminution de l'oxygénation des nutriments et de la température dans l'eau de fond, et une désorganisation générale de l'écosystème du lac.
- Augmentation du pH.
- Libération des métaux lourds présents dans les sédiments et augmentation de leur biodisponibilité.



- Modification de l'abondance relative des diverses espèces de micro-algues et de macro-invertébrés.

Impacts sur les rivières et ruisseaux :

- Augmentation de la teneur en ions chlorure.
- Modification de la composition des communautés de macro-invertébrés benthiques.
- Diminution de la densité des algues et de la population fongique, augmentation de la densité des bactéries.
- Modification du nombre et de la biomasse de la plupart des invertébrés examinés.” (Duriez 2011)

Nous avons donc prêté une attention particulière au salage des routes opéré par les communes autour des lacs de Gérardmer et Longemer. Il s'avère que la commune de Xonrupt-Longemer a déjà entrepris des actions pour limiter les coûts liés au salage ainsi que ses impacts sur l'environnement : un mélange de sable et de sel est utilisé, les quantités épandues ont été réduites et la rive gauche du lac de Longemer n'est pas salée, seulement déneigée, sans que cela pose problème aux usagers de cette route. En revanche, les routes menant à La Bresse se doivent d'être salées car elles sont très empruntées par les touristes.

Autour du lac de Gérardmer, les routes sont entretenues par le département. Ce dernier a également optimisé l'épandage de sel en sensibilisant ses agents aux problématiques afin d'éviter le surdosage, et les camions disposent de systèmes précis au gramme pour épandre le sel (Vosges.fr) : « Il y a 20 ans, on mettait 40 g/m² de sel, aujourd'hui, on est entre 15 à 20 g/m² » (Boulay 2013).

Les concentrations en chlorure et en sodium restent donc préoccupantes, mais des efforts ont été faits et il reste maintenant à assurer un suivi de ces éléments chimiques afin de garantir l'efficacité des mesures entreprises.

La concentration de certains éléments métalliques, cuivre (Cu), zinc (Zn) et manganèse (Mn) est susceptible d'être limitant pour les organismes aquatiques. Les concentrations dépassent parfois

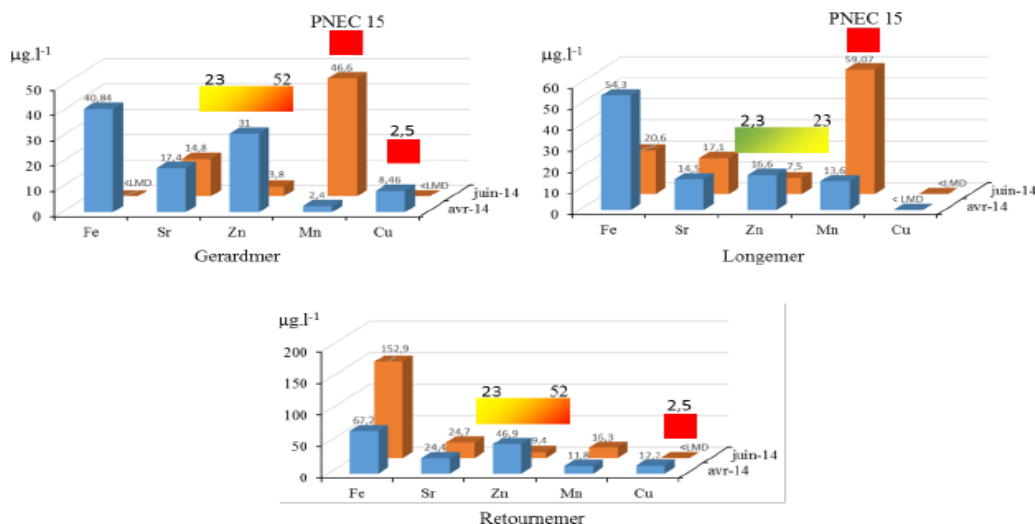


FIGURE 19: CONCENTRATIONS EN ÉLÉMENTS TRACES MÉTALLIQUES QUANTIFIÉS DANS LES LACS DE GÉRARDMER, LONGEMER ET RETOURNEMER (MILLET ET AL. 2015)

les propositions de PNEC (Predicted No Effect Concentration : plus forte concentration sans effets sur l'organisme) pour le manganèse. Le lac de Gérardmer est celui qui est potentiellement le plus impacté par les **éléments traces métalliques** (Figure 19).

Il semblerait que le cuivre et le manganèse viennent probablement de la composition chimique des granites (Millet et al. 2015). Cependant cette piste reste à approfondir.

En revenant sur le tableau de synthèse (Tableau 3, p. 26), on observe une pollution organique au phosphore dans les lacs en particulier celui de Retournemer. Les lacs de Retournemer et de Gérardmer présentent une concentration anormalement élevée de phosphore dans les sédiments mais pas dans l'eau. C'est généralement le phosphore qui est le nutriment limitant dans les écosystèmes aquatiques d'eau douce, ce qui signifie que la productivité phytoplanctonique est contrôlée en grande partie par cet élément (Langevin 2014). Un accroissement de la concentration de phosphore est accompagné par une augmentation de la biomasse végétale et de la turbidité de l'eau, laquelle peut réduire la transparence, ainsi que d'autres changements biologiques souvent indésirables tels que des changements dans les espèces présentes (MacMeekin 2009). Le phosphore présent dans les eaux peut avoir différentes origines (Tableau 4) :

TABLEAU 4 : PRINCIPALES ORIGINES DU PHOSPHORE PRÉSENT DANS LES EAUX (DE NARDI 2009)

Activités	Phosphore d'origine ponctuelle	Phosphore d'origine diffuse
Domestiques	-Tout à l'égout -Rejets de STEP	-Assainissement individuel -Ruissellement urbain
Agricoles	-Fuites liées aux stockages (fumier, lisier) -Rejets des activités de transformation	-Ruissellement sur les bâtiments, cours de ferme -Contribution des terres agricoles
Industrielles	-Eau usées	-Ruissellement sur les infrastructures
Zone « naturelle »		-Bruit de fond lié à l'altération et à l'érosion

Le phénomène observé dans ces lacs peut être le résultat d'anciennes pollutions aux phosphates provenant d'un mauvais assainissement et de rejets d'eaux usées industrielles. En effet la mise en place de la station d'épuration intercommunale de Gérardmer et Longemer en 1996 a considérablement réduit la pollution des lacs. La station d'épuration traite le phosphore et les nitrates conformément à la législation. Cependant il n'est pas à exclure qu'une pollution minime et diffuse intervienne encore.

Le lac de Retournemer est un petit lac drainant un grand bassin versant ce qui le rend vulnérable à tout apport allochtone. Par ailleurs la pollution au phosphore met très longtemps à se résorber. Il est impossible de voir des améliorations instantanées. En effet, le recyclage interne de phosphore peut perdurer plusieurs années après une réduction des apports externes de phosphore. La remobilisation de phosphore entraîne, en moyenne, un délai de 10 à 15 ans dans la réponse à la réduction de sa charge externe en phosphore (MacMeekin 2009).

Enfin la décomposition de la matière organique par la communauté microbienne vivant dans les sédiments constitue un mécanisme clé de relargage du phosphore. Elle peut générer un haut taux de minéralisation et de libération de phosphore, dépendant de la disponibilité d'éléments oxydants comme l'oxygène ou les nitrates (MacMeekin 2009). Il est donc probable que le lac de Retournemer passe par une phase de relargage du phosphore dans l'eau avant de retrouver un état sain.



1.1.3. Synthèse causes conséquences

Les différentes pollutions relevées ainsi que leurs causes et leurs conséquences sont schématisées ci-dessous :

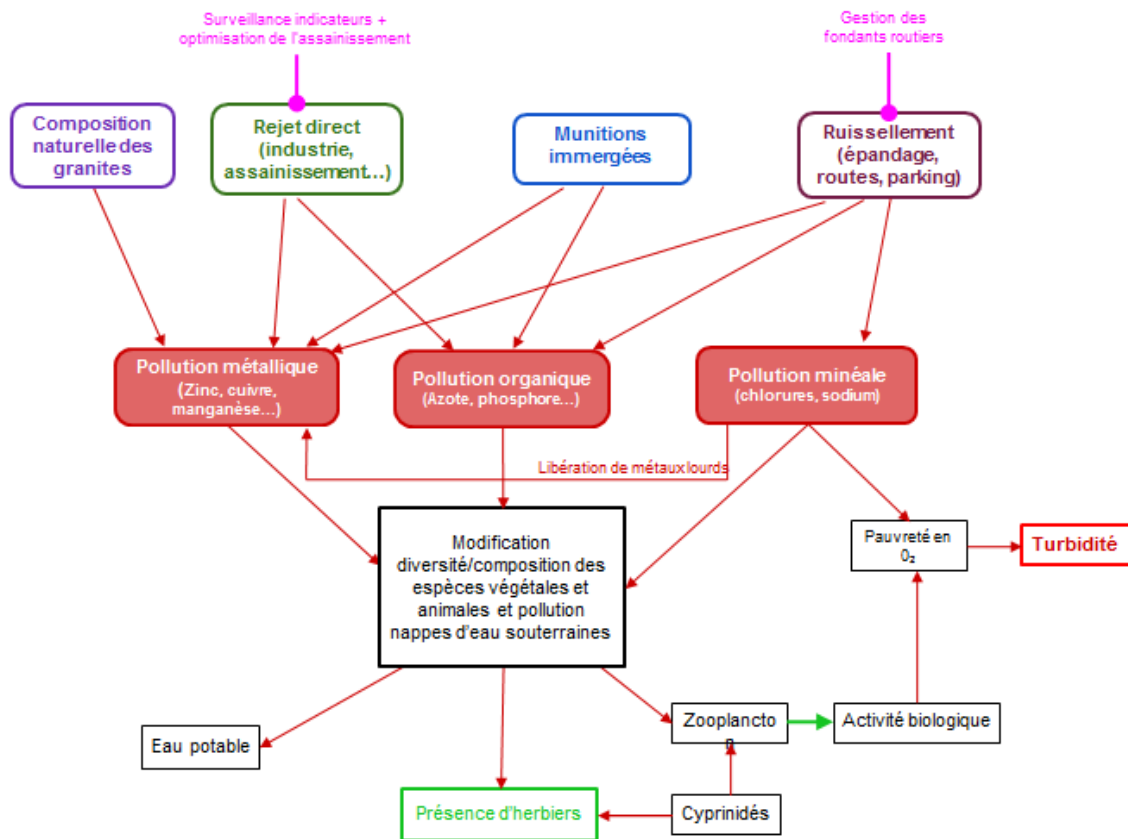


FIGURE 20 : DIAGRAMME SIMPLIFIÉ DES CAUSES ET CONSÉQUENCES DES DIFFÉRENTES POLLUTIONS DES LACS (GMN 2017)

Ce diagramme (Figure 20) permet de se rendre compte que tout est interconnecté. Il est possible d'agir sur différents leviers qui pourront résoudre certains problèmes. Il est cependant très dur de quantifier les liens entre chaque objet (cases) et de savoir quel levier a le plus d'impact sur les lacs. Ainsi les différentes pollutions des lacs agissent sur la diversité et sur la composition des espèces végétales et animales qui elles-mêmes agissent sur les herbiers, le zooplancton, la turbidité, l'activité biologique... Par ailleurs ces pollutions peuvent aussi entraver le bon apport en eau de qualité pour la consommation des habitants en polluant directement la source ou bien les nappes d'eau souterraines.

Une première cause qu'il est important de soulever et de traiter est la pollution par rejet direct.

Le second point qu'il est important de considérer est les eaux de ruissellements dues aux surfaces imperméabilisées. Les communes de Gérardmer et Xonrupt-Longemer ont été reconstruites après-guerre, et ont donc subi une forte urbanisation. Or les surfaces imperméabilisées sont les collecteurs de beaucoup de substances, ce qui contribue à la pollution diffuse et continue du milieu. Cela concerne bien entendu les hydrocarbures, les fondants routiers en hiver mais également toutes les surfaces des habitations, et notamment les toitures. D'après la synthèse bibliographique réalisée dans la thèse de M.-C. Gromaire (Gromaire 1998), les toits peuvent être sources ou puits de pollution, en fonction des matériaux utilisés pour leur construction (zinc, cuivre, tuiles, ciment fibreux, bitume, PVC, etc.). Deux effets contradictoires ont été mis en

évidences : l'adsorption des composés sur les toits (dans l'argile des tuiles ou dans les feuilles goudronnées) et la dissolution d'éléments par ruissellement de l'eau de pluie sur les surfaces métalliques. La plupart des études montre globalement une forte augmentation des concentrations en ions métalliques (zinc, cuivre et plomb) par rapport aux eaux de pluie.

Le total de surfaces imperméables autour du lac de Gérardmer représente environ 13 % de son bassin versant. C'est donc une grande partie de ce territoire qui est aménagé et imperméable. Une partie des eaux de ruissellement sont récoltées et sont directement traitées par la station d'épuration (réseau d'assainissement unitaire), les autres s'écoulent directement dans les lacs.

1.1.4. Conclusion du diagnostic

La majorité des utilisateurs des lacs considère que les masses d'eau sont de bonne qualité. En effet, la mise en place du réseau d'assainissement collectif dans les années 1980 a permis de réduire considérablement les rejets dans les lacs. Cependant, même si les lacs peuvent paraître de bonne qualité « en surface » (réponse d'un enquêté à la question « Comment voyez-vous le lac ? »), ils ne sont pas en bon état écologique et/ou chimique et ne répondent pas aux objectifs de la DCE.



1.2. Propositions d'actions

1.2.1. Suivre la qualité chimique des masses d'eau dans le temps

cf. Fiche action 1.1 « Suivre la qualité chimique des masses d'eau dans le temps »

La qualité chimique du lac de Gérardmer était mauvaise en 2013 d'après les critères de la DCE. D'autre part, la qualité de l'eau des cours d'eau des bassins versants des lacs de Gérardmer, Longemer et Retourner ne fait pas l'objet de suivis précis et réguliers. C'est pourquoi, il serait préférable de mettre en place un suivi dans le temps de la qualité des cours d'eau et des lacs des trois bassins versants.

Pour ce faire, il faut tout d'abord déterminer et localiser les stations de prélèvements qui constitueront le réseau de surveillance de l'état chimique des masses d'eau. Nous conseillons une station par lac ainsi qu'une station pour chaque cours d'eau connecté au lac, à l'aval ou à l'amont. Le nombre d'analyses effectuées par année doit permettre de couvrir au maximum les différentes saisons, ainsi que les périodes potentielles de crues et d'étiage. En s'inspirant des résultats d'analyses physico-chimiques du Comité du Bassin Hydrographique de la Mauldre et de ses Affluents (CO.BA.H.M.A. 2010), nous proposons 7 campagnes de mesures par an, réparties sur les mois de mars, mai, juin, juillet, août, septembre et octobre.

Pour les cours d'eau, les mesures et prélèvements se font dans la veine principale d'écoulement, à 30 cm de la surface ou à mi-hauteur. Dans le cas des lacs, les mesures et prélèvements sont réalisés le long d'un profil vertical au niveau du point de plus grande profondeur. Dans le cas de lacs de plus de 20 m de profondeur, les prélèvements doivent être effectués tous les mètres jusqu'à 20 m puis tous les 5 m jusqu'à 2 m au-dessus du fond.

DÉROULEMENT D'UNE CAMPAGNE D'ANALYSE

La préparation d'une campagne d'échantillonnage passe tout d'abord par la préparation du matériel de mesure et de prélèvement. Les opérateurs responsables des prélèvements sont donc directement en lien avec le laboratoire en charge des analyses, qui doit fournir le matériel et les consignes nécessaires aux prélèvements, mais aussi à leur stockage et leur conservation lors de leur acheminement jusqu'au laboratoire. D'autre part, les opérateurs en charge des prélèvements doivent organiser leur campagne afin de regrouper au maximum tous les prélèvements dans le temps. Enfin, il est important qu'ils se renseignent sur la localisation et l'accessibilité des stations concernées par la campagne d'échantillonnage.

Une fois arrivés sur une station, il faut d'abord mesurer directement une série de paramètres physico-chimiques *in situ* : température de l'eau, concentration en O₂ dissous, taux de saturation en O₂ dissous, conductivité à 25°C, pH, cote à l'échelle. Pour les lacs, une mesure des matières organiques dissoutes fluorescentes ainsi qu'une mesure de la profondeur doivent également être réalisées. L'utilisation d'une sonde multi-paramètre permet d'acquérir ces différentes informations sans trop perturber le milieu. Pour les cours d'eau, il est possible d'ajouter la mesure du débit à la liste précédente.

La réalisation des prélèvements d'échantillons d'eau doit suivre un protocole précis afin de limiter les contaminations. Les consignes à respecter doivent être fournies par le laboratoire en charge des analyses des échantillons, mais nous pouvons mentionner ici les principaux critères. Il faut privilégier les prélèvements directs, c'est-à-dire qui ne nécessitent pas l'utilisation d'un récipient intermédiaire. Dans le cas des cours d'eau, les prélèvements peuvent donc se faire à pied directement au milieu du cours d'eau, ou à l'aide d'une canne d'échantillonnage ou encore à bord

d'une embarcation. De plus, les récipients destinés à recevoir les échantillons doivent au préalable être rincés avec l'eau du milieu prélevé. L'eau de rinçage doit ensuite être rejetée en dehors de la zone d'échantillonnage (en aval du prélèvement dans le cas d'un cours d'eau, dans une zone assez éloignée pour le cas des lacs).

Les échantillons ainsi prélevés doivent ensuite être stockés sous certaines conditions précisées par le laboratoire d'analyses (en général entre 2 et 8°C), avant d'y être transportés.

SUIVI ET TRAÇABILITÉ

Tout au long de la campagne d'échantillonnage, il est primordial de permettre un suivi des échantillons et des caractéristiques de chaque station. Pour cela, les flacons de prélèvement doivent être annotés de la station correspondante, ainsi que de la date et de l'heure de prélèvement. Pour chaque point d'échantillonnage, la prise des coordonnées GPS est indispensable. De plus, une fiche de terrain permet de noter toutes les remarques et observations pouvant être utiles (par exemple, décalage du point de prélèvement par rapport aux points théoriquement prévus).

1.2.2. Suivre la qualité biologique des masses d'eau dans le temps

cf. Fiche action 1.2 « Suivre la qualité biologique des masses d'eau dans le temps »

L'eau des lacs de Gérardmer, Longemer et Retournermer a une qualité moyenne voire médiocre. De plus, la qualité biologique des cours d'eau des bassins versants n'est pas assez connue et surveillée. C'est pourquoi, il nous paraît nécessaire de mettre en place un suivi de la qualité biologique de l'eau des lacs ainsi que des différents cours d'eau des bassins versants.

Pour évaluer la qualité biologique de l'eau, les principaux indices reposent sur l'étude de la présence et la composition des populations de macroinvertébrés. Nous avons retenu deux indices à évaluer sur les masses d'eau des bassins versants : l'IBL (Indice Biologique Lacustre) pour les lacs, et l'IBGN-DCE (Indice Biologique Global Normalisé, adapté à la Directive Cadre sur l'Eau) pour les cours d'eau.

INDICE BIOLOGIQUE LACUSTRE

Élaboré par Verneaux et al. (2004), cet indice prend la forme d'une note sur 20. Il repose sur la comparaison des peuplements de macroinvertébrés dans la zone littorale et dans la zone profonde. La combinaison des deux indices correspondant permet d'obtenir l'IBL, qui reflète la capacité biogène du lac.

Le calcul des indices permettant l'obtention de l'IBL nécessite deux séries de prélèvements dans les sédiments meubles du lac : une en zone littorale (Z_l = profondeur de 2m) et une autre en zone profonde (Z_p = profondeur égale aux $\frac{2}{3}$ de la profondeur maximale du lac). Pour chacune des isobathes concernées (zone littorale et zone profonde), le nombre de prélèvements à effectuer est proportionnel à la longueur de l'isobathe, et dans tous les cas il faut au moins 4 prélèvements

- | | |
|--|--|
| - v_l : littoral taxonomic richness = number of taxa collected at Z_l (2 m). | - k : corrective coefficient of the taxonomic loss from Z_l to Z_p $k = (0.033 v_l) + 1$ |
| - d_l : littoral density = number of individuals / m ² at Z_l . | - q_l : littoral fauna quality index - see Table 2 |
| - v_p : deep taxonomic richness = number of taxa collected at Z_p (0.66 Z_{max}). | - D_f : taxonomic deficit index = $\sqrt{\frac{k \cdot v_l}{v_l}} \cdot q_l$ |
| - B_l : littoral biotic index = $(\sqrt{v_l}) (\log_e d_l)$ | - LBI : Lake Biotic Index = $2.5 \sqrt{(B_l \cdot D_f)}$ with $0 \leq \text{LBI} \leq 20$ |

FIGURE 21 : INDICES INTERMÉDIAIRES ET CALCUL DE L'INDICE BIOLOGIQUE LACUSTRE (VERNEAUX ET AL. 2004)



par profondeur. Après tamisage et rinçage, les macroinvertébrés sont déterminés (jusqu'au genre) sous loupe binoculaire. La diversité, la composition et l'abondance (pour la zone littorale) des populations de macroinvertébrés permet ensuite de calculer les deux indices intermédiaires puis l'IBL comme suit :

Indice Biologique Global Normalisé conforme à la DCE (source : La qualité des eaux de surface en PACA) :

L'IBGN-DCE dérive de l'IBGN, qui a longtemps été utilisé pour évaluer la qualité de l'eau. En effet, c'est un indice qui peut être déterminé facilement pour les cours d'eau accessibles à pied, de par l'abondance, la relative facilité de collecte et de détermination des macroinvertébrés. L'IBGN permet de rendre compte de la qualité de l'eau à la fois à travers sa qualité physico-chimique et les caractéristiques morphologiques et hydrauliques du cours d'eau. L'IBGN se présente sous la forme d'une note sur 20, avec 5 classes de qualité différentes.

Les macroinvertébrés sont échantillonnés via 8 prélèvements pour une station, répartis sur des habitats différents (correspondant à un couple substrat-vitesse) et échantillonnés dans un ordre précis, selon la capacité biogène du substrat. L'identification des macroinvertébrés se fait d'après une liste de 152 taxons, dont 38, définis comme indicateurs, permettent de déterminer 9 groupes faunistiques indicateurs. La détermination du groupe faunistique de l'échantillon, croisée avec la classe de diversité des taxons observée permet de déterminer l'IBGN d'après la formule (IRSTEA 2010) :

IBGN = N° du groupe faunistique indicateur + (N° de classe de variété - 1), avec IBGN ≤ 20

L'IBGN n'étant pas tout à fait adapté aux objectifs de la DCE, il a été modifié afin d'y remédier. Le nouveau protocole implique notamment la réalisation de 12 prélèvements au lieu de 8, l'ordre de prélèvement des différents habitats est également modifié et la détermination des macroinvertébrés est plus poussée (Qualité des eaux de surface de PACA). Cette nouvelle méthode a été normalisée en 2009 (IRSTEA 2010).

NB : la détermination de l'IBGN est traduite par la norme Afnor NF T90 – 350 (GAY et al. 2000). Celle de l'IBGN compatible avec la DCE est traduite par la norme AFNOR XP T 90-333 pour la phase de terrain (2009) et la norme XP T 90-388 pour la phase de laboratoire (2010) (IRSTEA 2010).

1.2.3. Réduire les impacts du salage des routes

Compte tenu de la prise de conscience des acteurs concernant les impacts négatifs du sel et des fondants routiers sur les lacs et les cours d'eau, ainsi que des actions instaurées dans ce cadre, conseiller une nouvelle réduction de la quantité épandue mènerait à une mise en danger des usagers de la route. Aussi, deux solutions sont possibles : traiter différemment ces routes ou gérer au mieux les eaux de ruissèlement afin d'éviter que ces eaux saumâtres arrivent directement dans le lac.

Il faudrait mettre en place des caniveaux longeant les routes soumises au salage, afin de récolter les eaux de ruissèlement et de pouvoir les traiter avant de les rejeter dans les cours d'eau ou les lacs. Il est conseillé d'effectuer ces rejets à un débit contrôlé, dans l'idéal à un débit équivalent à celui de la masse d'eau dans laquelle les rejets sont réalisés, dans des masses d'eau à fort taux de renouvellement ou forte capacité de dilution, pendant les hautes eaux et hors de la période de reproduction des poissons (Sétra 2011).

De plus, comme c'est le cas pour la commune de Xonrupt-Longemer, mélanger du sable aux sels de déneigement permet de réduire les coûts et de diminuer l'impact négatif sur l'environnement (Coulon et al. 2012).

Des suivis du taux de sel présent dans les lacs, et éventuellement dans les cours d'eau, peuvent également être mis en place afin de s'assurer de l'efficacité des mesures entreprises pour réduire la quantité de sel dans les milieux. Il est recommandé de ne pas dépasser un taux maximal de sel de 10 mg/L (Coulon et al. 2012).

Un exemple de remise en état d'une tourbière lacustre suite à une accumulation trop importante de sel est le lac Luitel, dans le massif de Belledonne en Isère. Des collecteurs d'eaux de ruissellement ont été mis en place afin d'éviter l'écoulement direct dans la tourbière et un ruisseau a retrouvé son lit d'origine. En revanche, cette mesure a dû être subventionnée en raison de son coût élevé : 1,7 millions d'euros (Drac Romanche 2014).

1.2.4. Gestion des eaux de ruissellement

Nous avons vu précédemment combien il était important d'intégrer la gestion des eaux de pluie dans tous les projets d'aménagement. Pour cela des techniques alternatives existent et permettent de ne pas surcharger le réseau d'assainissement et ont aussi pour objectif la réduction des volumes s'écoulant vers l'aval (par infiltration). Les propositions d'actions suivantes ont pour but de limiter la pollution dans le lac. L'intérêt à long terme est de recréer des surfaces perméables (toitures, espaces verts...) et de prendre en compte dans les futurs projets de construction la gestion des eaux pluviales. Pour cela il sera peut-être bon de mettre en place une aide financière afin d'aider et de pousser les futurs maîtres d'ouvrage ou entrepreneurs à utiliser les techniques alternatives pour la gestion des eaux pluviales. Par ailleurs plusieurs moyens d'application peuvent être utilisés comme le document d'urbanisme (carte de zonage d'assainissement pluvial qui délimite les zones où l'imperméabilisation est limitée et/ou des mesures de stockage sont nécessaires) ou bien la délivrance du permis de construire.

L'étude des profils altimétriques et des zones imperméables ont permis de dégager les zones prioritaires d'action suivantes :

- Le coteau des Xettes à Gérardmer
- La D417 au niveau du lac de Gérardmer et du lac de Longemer
- La D67 au niveau du lac de Longemer
- La D69 rive droite du lac de Gérardmer





FIGURE 22 : CARTE DES ZONES PRIORITAIRES D'ACTION SUR LES EAUX DE RUISSELLEMENT À GÉRARDMER

Pour ce qui est de la D417 à Gérardmer, il est difficile de mettre en place quelque chose entre la route et le lac car celle-ci est très proche des bords du lac. Il est donc important d'infiltrer en amont pour réduire le ruissellement sur la route. Par ailleurs la route est en pente de l'Ouest vers l'Est (au niveau du lac) le ruissellement a tendance à aller vers l'exutoire du lac. Cet endroit sera stratégique pour aussi capter les eaux de ruissellements venant du coteau des Xettes.

À ce niveau la D417 se partage en deux et nous avons observé des bandes enherbées entre les deux sens de circulation. Nous pouvons aussi remarquer sur la vue aérienne ci-dessus (Figure 23) une zone piétonne qui pourrait être aménagée de façon à retenir, filtrer et infiltrer l'eau.



FIGURE 23 : ZOOM VUE AÉRIENNE DE L'EXUTOIRE DU LAC DE GÉRARDMER

Au niveau de Ramberchamp il serait possible de profiter du stade (Figure 24) pour mettre en place des noues ou un bassin de rétention et de filtration d'eau qui pourra rester une zone de jeux par temps sec. Cela permettrait de capter les écoulements venant de la D486 avant qu'ils n'atteignent le Phény.

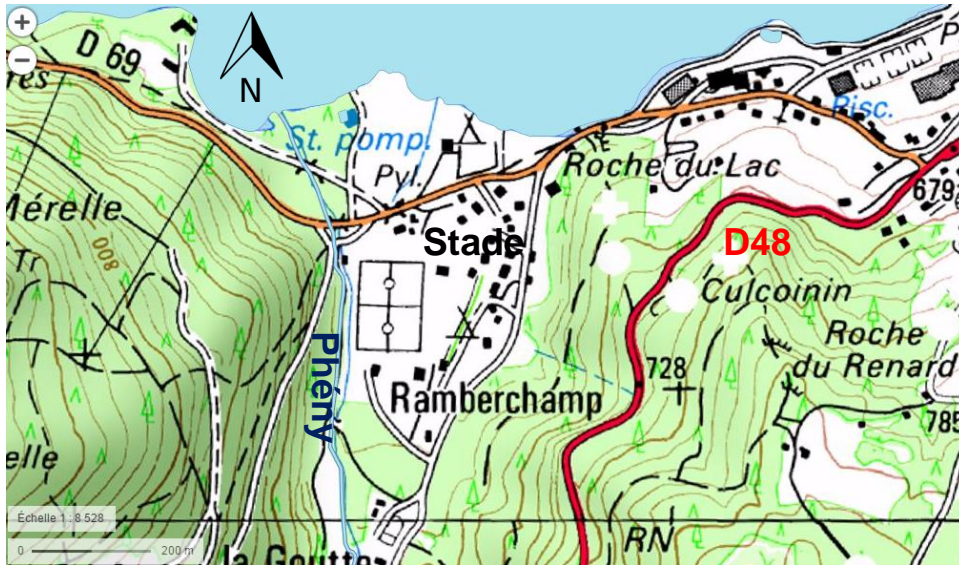


FIGURE 24 : ZONE DE RAMBERCHAMP

Au niveau de Longemer, des aménagements de fossés ou noues pourraient être faits entre D417 et D67 (Figure 25). Encore une fois la départementale 67 étant proche du lac, il semble difficile



FIGURE 25 : CARTE ZONES PRIORITAIRES D'ACTION POUR LES EAUX DE RUISSELLEMENTS À XONRUPT-LONGEMER

d'aménager entre le lac et la route. Mais une étude plus poussée pourra être entreprise.



Plusieurs techniques alternatives existent, les suivantes sont détaillées dans les fiches d'action 1.4 et 1.5 :

- Noues et fossés et tranchées drainantes
- Filtres plantés de roseaux

Ces techniques impliquent la circulation de l'eau dans des espaces végétalisés ce qui permet une capture des polluants. Aussi, une mesure minimale serait de permettre la végétalisation des fossés en bord de route afin que cette végétation puisse, même de manière limitée, épurer les eaux de ruissellement.

NOUES ET FOSSÉS :

Les noues sont des fossés larges et peu profonds. Le principe de fonctionnement est simple, les eaux de pluie vont directement ou par ruissellement ou par acheminement (conduite) dans le fossé ou la noue. L'eau est stockée et recueillie à l'air libre et l'évacuation se fait par infiltration dans le sol.

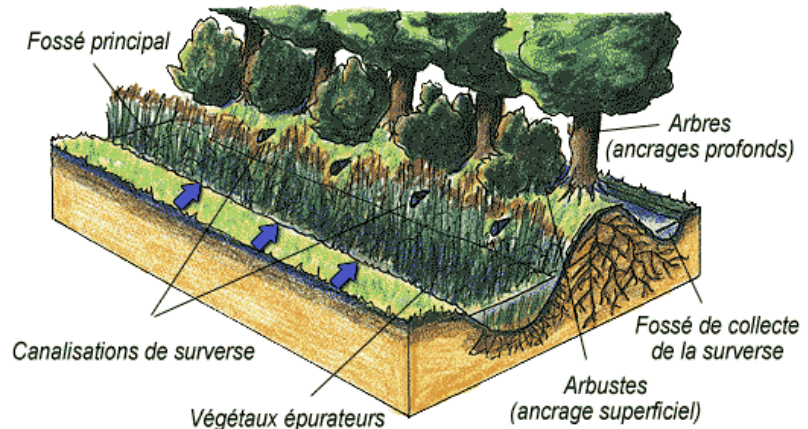


FIGURE 26 : STRUCTURE D'UNE NOUE (AREHN - INONDATIONS ET COULÉES DE BOUE EN HAUTE-NORMANDIE)

Les noues et les fossés peuvent être mis le long des voies de circulation ou bien dans une parcelle le long d'une limite de propriété. Le dimensionnement nécessite la **réalisation d'une étude spécifique permettant d'évaluer la perméabilité du sol** et ensuite d'en déduire le volume utile de rétention.



FIGURE 27 : NOUES COMPOSÉES D'ESSENCES LOCALES (© LERAQUET.FR)

TABLEAU 5 : BILAN DES AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE LA MISE EN PLACE DE NOUES

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Bon comportement épuratoire • Bonne intégration dans le site • Solution peu coûteuse (gain financier à l'aval car diminution des réseaux à l'aval) • Alimentation de la nappe phréatique 	<ul style="list-style-type: none"> • Risque de pollution accidentelle de la nappe si celle-ci est trop proche du fond de l'ouvrage • Colmatage possible des ouvrages • Entretien et nettoyage régulier spécifique indispensable

TRANCHÉES DRAINANTES

Le principe des tranchées drainantes est similaire à celui des noues. Ce sont des espaces linéaires et superficiels remplis de matériaux granulaires permettant un stockage des eaux. Elles peuvent être installées à de multiples endroits (parking, le long d'un bâtiment, le long des voies de circulation). Le revêtement de surface est composé de gazon, galets ou dalles. Une sous-couche de sable intervient ensuite. Plus en profondeur se trouve une succession de couches de graves (porosité > 30%) et matériaux alvéolaires (porosité > 90%). Pour une meilleure filtration la mise en place d'un géotextile pour éviter l'introduction de fines peut être disposée. Différents types de tranchées drainantes sont représentés ci-contre (Figure 28 et Figure 29).

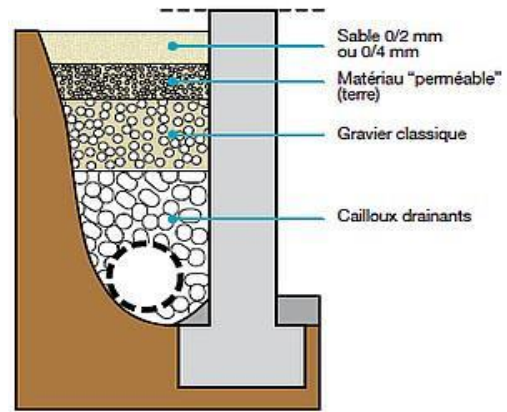


FIGURE 28 : TRANCHÉE DRAINANTE (© CEMEXGRANULATS.FR)

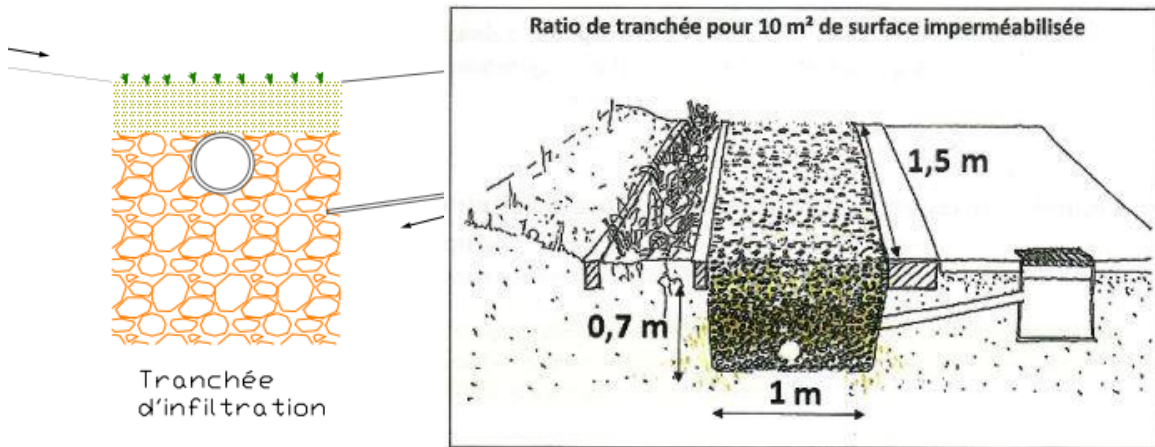


FIGURE 29 : TRANCHÉE DRAINANTE (© FORUMCONSTRUIRE.COM)

TABLEAU 6 : BILAN DES AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES TRANCHÉES DRAINANTES

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Faible emprise au sol • Conception simple • Bonne intégration dans le site • Pas d'exutoire à prévoir • Contribue à l'alimentation de la nappe • Pas de contrainte topographique majeure 	<ul style="list-style-type: none"> • Phénomène de colmatage possible • Risque de pollution accidentelle de la nappe si celle-ci est trop proche du fond de l'ouvrage • Capacité de stockage limité • Faisabilité tributaire de la nature du sol

Pour les noues et les tranchées drainantes il est donc important de surveiller la profondeur de la nappe pour éviter les pollutions accidentelles.



FILTRES PLANTÉS DE ROSEAUX

Les filtres plantés de roseaux assurent un traitement qualitatif plus poussé des eaux pluviales. La plantation de roseaux effectuée sur des graviers est utilisée en prétraitement pour dépolluer les eaux de pluies qui ont ruisselé sur les surfaces. En effet, le système racinaire des roseaux associé au substrat (sable gravier) forme un milieu propice au développement de micro-organismes qui permettent la dégradation des polluants.

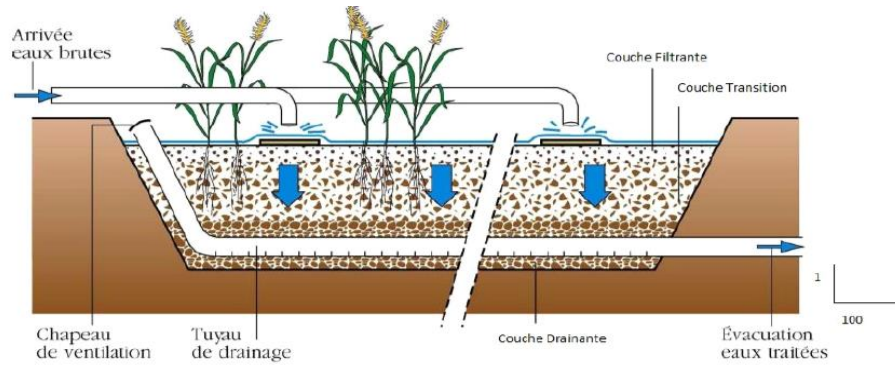


Figure 1 : Coupe transversale schématique d'un filtre à écoulement vertical¹

FIGURE 30 : FILTRE PLANTÉ DE ROSEAUX (RÉALISÉ PAR L'AGENCE DE L'EAU RHÔNE MÉDITERRANÉE ET MODIFIÉ)



FIGURE 31 : FILTRE PLANTÉ DE ROSEAUX À NEYDENS TRAITEMENT DES EAUX PLUVIALES (SINT.FR)

Un ouvrage de décantation pour la filtration des grosses particules est nécessaire en amont. **Des études sur la composition des eaux de ruissellement et une étude poussée sur l'emplacement d'un tel aménagement sont à prévoir avant toute décision et afin d'effectuer un dimensionnement optimal.**

Voici les résultats des tests effectués sur le filtre de Neydens (en Haute-Savoie) :

TABLEAU 7 : RÉSULTAT TEST FILTRE NEYDENS (SOURCE NOVATECH'2007)

Polluants	Rendement	Effets des roseaux
MES	95 %	Pas de colmatage
DCO	69 %	Oxygénation du massif filtrant par les rhizomes
Zinc	78 %	Formes solubles éliminées par précipitation : meilleur gradient redox à l'interface racines/sédiments
Plomb	81 %	
Cadmium	25 %	
Hydrocarbures	82 %	Développement de microorganismes qui dégradent les hydrocarbures

Enfin voici certains avantages et inconvénients que nous pouvons relever :

TABLEAU 8 : BILAN DES AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DE FILTRES DE ROSEAUX

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Efficace pour le traitement de pollutions diverses • Filtration naturelle • Réduction du débit de pointe • Bonne intégration paysagère • Pas de colmatage • Éviter les inondations (rôle de rétention) 	<ul style="list-style-type: none"> • Entretien régulier • Espace nécessaire

Résumé

Les trois lacs ont un problème de pollution aux éléments traces métalliques, ils ont des concentrations élevées de manganèse et/ou de cuivre. Les concentrations en azote sont qualifiées de moyennes. Les concentrations en chlorure et sodium sont très élevées. Enfin à Retournemer, et à Gérardmer dans une moindre mesure, les sédiments présentent de fortes concentrations de phosphore, élément qui est cependant peu présent dans l'eau.

Ces paramètres qui pénalisent le bon état écologique et chimique des lacs peuvent parfois être naturels mais sont aussi le résultat d'apports allochtones anciens et actuels.

Pour améliorer l'état général des lacs il est important en premier d'assurer le suivi des masses d'eau (lacs et ruisseaux) dans le temps puis d'initier des actions sur les eaux de ruissellement (surtout à Gérardmer).

- Action 1.1. Suivre la qualité chimique des masses d'eau dans le temps
- Action 1.2. Suivre la qualité biologique des masses d'eau dans le temps
- Action 1.3. Réduire les impacts du salage des routes
- Action 1.4. Techniques alternatives Assainissement pluvial : Noues et fossés et tranchées drainantes
- Action 1.5. Techniques alternatives Assainissement pluvial : Filtres plantés de roseaux

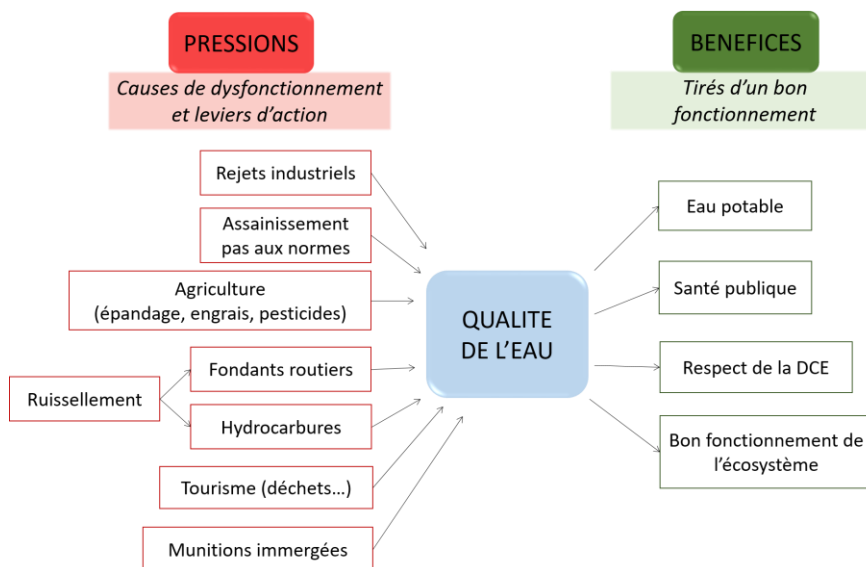


FIGURE 32 : SCHÉMAS DE SYNTHÈSE DE LA THÉMATIQUE QUALITÉ DE L'EAU



Bibliographie

Agence de l'eau Loire-Bretagne. 2006. Le prélèvement d'échantillons en rivière - Techniques d'échantillonnage en vue d'analyses physico-chimiques. Disponible à l'adresse :

http://www.eau-loire-bretagne.fr/espace_documentaire/documents_en_ligne/guides_milieux_aquatiques/Guide_prelevement.pdf

AQUAREF. 2015. Opérations d'échantillonnage d'eau en cours d'eau dans le cadre des programmes de surveillance DCE - Recommandations techniques.

http://www.aquaref.fr/system/files/Guide_Echantillonnage_ESO_vf_2015_4.pdf

AQUAREF. 2015. Opérations d'échantillonnage d'eau en plan d'eau dans le cadre des programmes de surveillance DCE - Recommandations techniques.

http://www.aquaref.fr/system/files/Guide_Echantillonnage_PE_vf_2015_1.pdf

Drac Romanche, 2014. Le Luitel pollué par le sel. Drac-Romanche.com [en ligne]. 31 janvier 2014. [Consulté le 18 janvier 2017]. Disponible à l'adresse : <http://www.drac-romanche.com/article/le-luitel-pollue-par-le-sel>

Conseil Départemental des Vosges, Hiver : le dispositif du département opérationnel. Vosges.fr [en ligne] [Consulté le 20 janvier 2017]. Disponible à l'adresse :

<http://www.vosges.fr/D%C3%A9tail-dune-actualit%C3%A9/IdActualite/375.htm?Titre=Neige:-le-d%C3%A9partement-en-ordre-de-marche>

BOULAY, Brigitte, 2013. Neige et vergals : département ok ! Actu88.fr [en ligne]. 21 novembre 2013. [Consulté le 20 janvier 2017]. Disponible à l'adresse : <http://www.actu88.fr/neige-et-verglas-departement-ok/>

CO.BA.H.M.A. Présentation des résultats des mesures physico-chimiques et des pêches électriques réalisées sur le bassin versant de la Mauldre en 2001. Disponible à l'adresse :

http://www.gesteau.fr/sites/default/files/doc_SAGE03010-1150278894.pdf

COMMUNAUTÉ DE L'AGGLOMÉRATION DU GRAND TOULOUSE. 2006. Service Assainissement - Guide de gestion des eaux de pluie et de ruissellement

COMMUNAUTÉ URBAINE DU GRAND LYON. 2008. Aménagement et eaux pluviales

COULON, Noémie, VIART, Simon, 2012. La pollution par les sels de voirie [en ligne]. Lille : Université Lille 1 Sciences et Technologies. Travail de première année de Master. [Consulté le 19 janvier 2017]. Disponible à l'adresse : http://simonviart.fr/_include/pdf/projet-pollution-sels-voirie-sviart-2012

DE NARDI, Frédéric. 2009. Excès de Phosphore et de Matière organiques naturelles dans les eaux de retenues : diagnostic et remèdes Cas du lac de Ribou à Cholet, (Maine-et-Loire, France). Université d'Angers

DURIEZ, Luc, 2011. Gestion de la route et impacts environnementaux : salage et développement durable. CEREMA.fr [en ligne]. 15 septembre 2011. [Consulté le 18 janvier 2017]. Disponible à l'adresse : http://www.nord-picardie.cerema.fr/IMG/pdf/1-Salage_et_developpement_durable_-_Luc_Duriez_cle1a71ef.pdf

GAY, C. et al. 2000. Indice Biologique Global Normalisé I.B.G.N. NF - T90 - 350. Guide technique. Agences de l'eau (2ème édition). 37 p.

GROMAIRE, Marie-Christine. 1998. La pollution des eaux pluviales urbaines en réseau d'assainissement unitaire. Caractéristiques et origines. Ecole des Ponts ParisTech

IRSTEA. 2010. L'indice biologique global normalisé (IBGN), principes et évolution dans le cadre de la directive cadre européenne sur l'eau. Sciences Eaux et Territoires, 1, 36-39.

LANGÉVIN, Mathieu. 2014. Hypoxie et incorporation des sources détritiques sédimentaires et hypolimnétiques dans les réseaux trophiques lacustres. Université du Québec

Le réseau de surveillance volontaire des lacs – Les méthodes. Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements Climatiques, Québec [consulté le 22-01-2017]. Disponible à l'adresse : <http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/rsvl/methodes.htm>

LEGLIZE L. 2005, Expérimentation sur les herbiers amphibiens des lacs vosgiens Gérardmer, Longemer et Retourner. Campagne d'acquisition de données physico-chimiques et biologiques de Mars 2004. Laboratoire Biodiversité et Fonctionnement des Ecosystèmes LBFE. Université Paul Verlaine Metz

MACMEEKIN, Kathleen. 2009. Le Bilan de Phosphore du lac Bromont : vers l'identification des activités humaines causant les blooms de cyanobactéries, mémoire présenté comme exigence partielle de la maîtrise en sciences de l'environnement. Université du Québec à Montréal

Mairie de la Mothe-Achard. Les techniques alternatives en assainissement pluvial : descriptif et exemples de réalisation. [consulté le 01-02-2017] Disponible à l'adresse : http://lamotheachard.com/wp-content/uploads/2016/01/A4_techniques_alternatives.pdf

MILLET, Valérie VERNEAUX, Simon BELLE, Alexandra LAVEAU, Damien RIUS, Aldo MARCHETTO, Andrea LAMI. 2015. Diagnostic fonctionnel des systèmes lacustre de Gérardmer, Longemer et Retourner. Une approche combinée limnologie/paléolimnologie. Chrono Environnement, CNRS, Agence de l'eau Rhin-Meuse

Prélèvement des macroinvertébrés aquatiques en rivières peu profondes - La méthode de l'Indice Biologique Global DCE compatible. La qualité des eaux de surface en PACA. [consulté le 02-02-2017]. Disponible à l'adresse : http://www.donnees.paca.developpement-durable.gouv.fr/docHTML/bilan-labo/methode_DCE.html

Sétra (Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements), 2011. L'impact des fondants routiers sur l'environnement : état des connaissances et pistes d'action. CEREMA.fr [en ligne]. Mars 2011. [Consulté le 18 janvier 2017]. Disponible à l'adresse : http://www.infra-transports-materiaux.cerema.fr/IMG/pdf/1109w_NI_EEC_94.pdf

VERNEAUX, V., VERNEAUX, J., SCHMITT, A., LOVY, C. & LAMBERT, J. C. 2004. The Lake Biotic Index (LBI): an applied method for assessing the biological quality of lakes using macrobenthos; the Lake Chalain (French Jura) as an example. *Annls Limnol. Internat. J. Limnol.*, 40, 1-9



QUANTITÉ D'EAU



2. Quantité d'eau

2.1. Diagnostic technique et sociologique	44
2.2. Propositions d'actions.....	47
Résumé	47
Bibliographie.....	48

2.1. Diagnostic technique et sociologique

Dans le cadre des entretiens sociologiques réalisés lors de notre étude, il est apparu que la gestion de l'eau par les communes était souvent évoquée. En effet, les habitants notent la diminution des précipitations pluvieuses et neigeuses au cours des dernières dizaines d'années ainsi qu'une augmentation des températures (Figure 33) et certains sont préoccupés par les prélèvements importants d'eau en été, haute saison touristique mais également saison sèche.

Le fait est que les prélèvements d'eau sur les bassins versants de Gérardmer, Longemer et Retournemer sont trop importants en comparaison aux apports par les précipitations, ce qui crée un déséquilibre. Ce dernier est visible par l'allongement de la durée d'assec du ruisseau du Phény en été. Mais les sources de pertes peuvent aussi être plus discrètes comme celles liées aux possibles fuites dans les réseaux d'eau potable des communes.

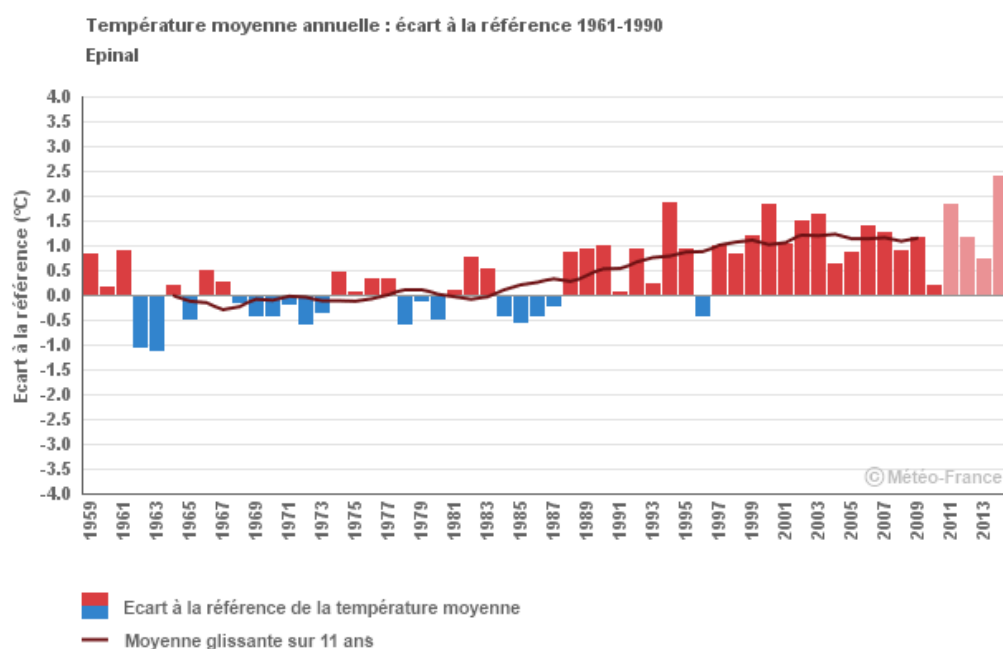


FIGURE 33 : ÉVOLUTION DE LA TEMPÉRATURE MOYENNE ANNUELLE À ÉPINAL ENTRE 1961 ET 1990, © MÉTÉO-FRANCE

Par ailleurs, les communes subissent un stress hydrique. Il faudrait réduire la consommation d'eau et ne pas prélever davantage, afin de rétablir un équilibre. La ressource en eau est à concevoir dans son ensemble, à l'échelle des bassins versants et non à celle d'une commune ou d'un ruisseau uniquement. En effet, l'eau prélevée met un certain temps avant de revenir sur son bassin versant (cycle de l'eau), ce qui implique la nécessité de limiter les pertes pour ne pas être déficitaire.

À ce sujet, nous soulevons le fait que la commune de Xonrupt-Longemer travaille depuis 2015 sur la mise en place de vannes sectorisées sur son réseau d'eau potable, afin de suivre l'évolution de la consommation d'eau par les habitations et de pouvoir l'optimiser et la réduire à l'échelle de la commune, tout en répondant au mieux aux besoins des habitants. Ceci est une bonne initiative et elle pourrait également être appliquée par les autres communes.

En outre, en raison de la forte affluence touristique dont bénéficient les communes de Gérardmer et de Xonrupt-Longemer, en particulier en saison sèche, une forte pression est exercée sur la ressource en eau (Figure 34) et il est donc nécessaire de sensibiliser les usagers. Ces derniers se distinguent en deux catégories : les habitants et les touristes. Le premier groupe est plus facile à sensibiliser aux problématiques du territoire car il y réside à l'année. En revanche, les touristes n'étant que de passage, il est plus difficile mais néanmoins très important de leur faire prendre conscience des enjeux inhérents à leur lieu de vacances. Il pourrait être envisagé de sensibiliser en premier lieu les propriétaires et gestionnaires de structures touristiques sur la possibilité d'équiper leurs bâtiments de systèmes permettant des économies d'eau, notamment en récupérant les eaux de toitures pour arroser espaces verts et jardins. Mais de la communication est nécessaire à tous les niveaux (communes, campings, bateliers,...) afin d'impliquer les touristes et de les responsabiliser vis-à-vis de leur consommation en eau.



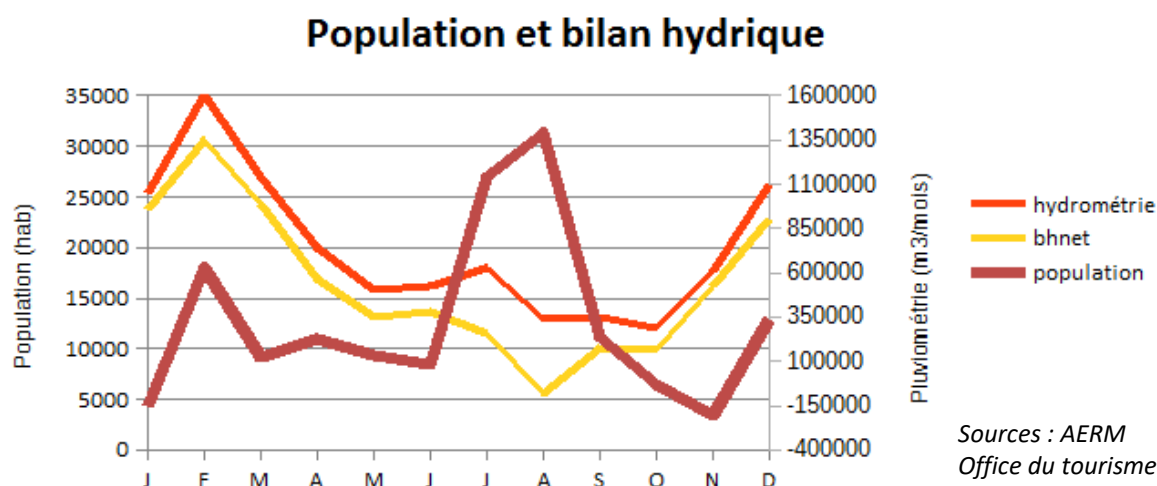


FIGURE 34 : ÉVOLUTION ANNUELLE DE LA POPULATION ET DU BILAN HYDRIQUE DE GÉRARDMER

Par ailleurs, la part de la consommation d'eau par les industries étant de l'ordre de 36 % en 2013 pour la commune de Gérardmer (Figure 35), il serait également bénéfique de sensibiliser les industriels afin qu'ils réduisent eux aussi leur consommation.

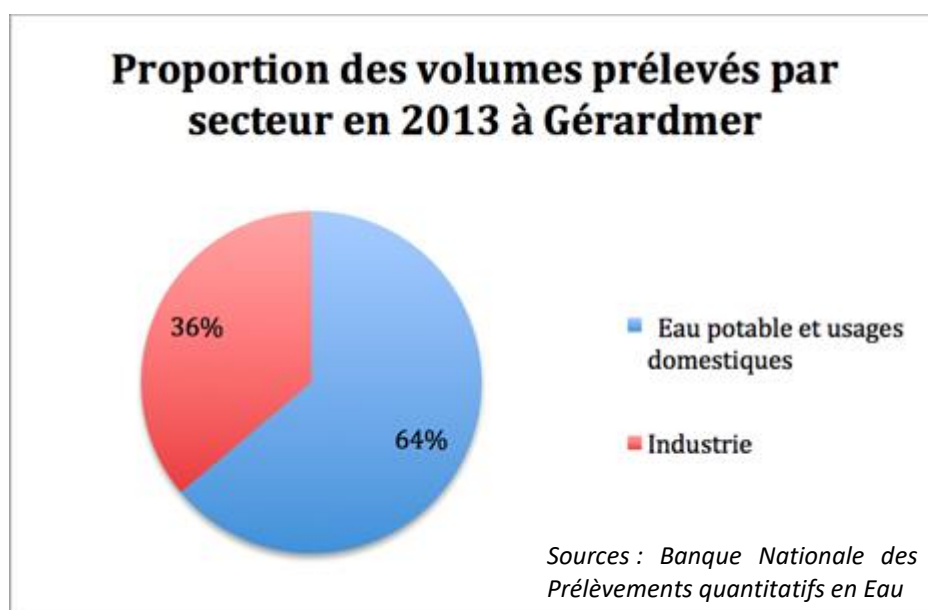


FIGURE 35 : PROPORTION DES VOLUMES D'EAU PRÉLEVÉS PAR SECTEUR EN 2013 À GÉRARDMER

Concernant le ruisseau du Phény et la nappe alluviale de la Goutte du Chat, une étude du BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) a mis en évidence que la station de pompage d'eau située à Ramberchamp n'était pas responsable de l'assec du ruisseau du Phény mais qu'elle allongeait tout de même cette période (Arnaud L., Dewandel B., 2016). Même si la nappe alluviale de la Goutte du Chat a une tendance naturelle à se remplir rapidement au gré des précipitations, nous rappelons qu'une baisse moyenne des précipitations est observée depuis quelques années et qu'il faudrait approfondir l'étude des débits prélevés par la station de pompage ainsi que les impacts possibles sur la ressource en eau de ce milieu.

2.2. Propositions d'actions

(cf. Fiche action 2.1 "Mesurer les quantités d'eau des bassins versants de Gérardmer, Longemer et Retourner")

Afin de suivre les efforts menés dans le sens de l'optimisation et de la réduction des prélèvements en eau sur les bassins versants de Gérardmer, Longemer et Retourner, des mesures de quantités d'eau régulières et continues sont à mettre en place. En effet, il manque un suivi des composantes du bilan hydrologique qui permettrait de chiffrer les apports et les pertes en eau à l'échelle des bassins versants.

Le bilan hydrologique a été défini dans la partie marnage (5.5.2. Calcul du bilan hydrologique brut) par la formule suivante : *Apports en eau = Pertes en eau*. L'objectif de ce bilan hydrologique est de favoriser la gestion de l'eau au sein des communes de Gérardmer et de Xonrupt-Longemer, en ajustant la consommation par rapport aux apports hydriques réels.

Nous avons eu accès à certaines données nous permettant de réaliser le calcul de ce bilan, néanmoins nous avons remarqué un manque de suivi temporel continu. En effet, ces données ne sont pas régulières et ne permettent donc pas d'obtenir des calculs précis sur une échelle de temps idéalement mensuelle. Afin de pallier ces mesures incomplètes, il serait judicieux d'installer des instruments assurant le suivi des composantes du bilan hydrologique.

La mesure des apports en eau pourrait se faire par l'installation de pluviomètres pour quantifier les précipitations, ainsi que d'échelles pour mesurer le niveau des lacs. Concernant les pertes en eau, la vanne du lac de Gérardmer pourrait être adaptée dans le but d'avoir des données sur le débit sortant du lac. Les lacs de Longemer et de Retourner étant dépourvus de vanne, des stations de jaugeage pourraient être mises en place à la sortie du lac. Il est à noter que la Vologne possède une station de jaugeage juste en aval du lac de Longemer mais elle n'a été en service qu'entre 1976 et 1979. Il serait intéressant de la remettre en service pour obtenir les débits sortant du lac de Longemer.

Résumé

En définitive, la gestion et le suivi des quantités d'eau des bassins versants de Gérardmer, Longemer et Retourner sont cruciaux et il faudrait les mettre en place. L'afflux touristique en été, saison sèche, ainsi que l'utilisation élevée de l'eau pour la consommation et par les industries déséquilibrent le cycle de l'eau, dans un climat de plus en plus sec. La station de pompage de Ramberchamp nécessiterait également une étude complémentaire sur la relation de cause à effet entre les prélèvements et l'allongement de la période d'assec du ruisseau du Phény. Enfin, un important effort de communication visant à sensibiliser les habitants, mais aussi les touristes, sur la problématique de la ressource en eau et comment la préserver, serait également bénéfique pour l'ensemble du territoire et amorcerait une réduction de la consommation en eau.

Action 2.1. Mesurer les quantités d'eau des bassins versants de Gérardmer, Longemer et Retourner



II.2

Bibliographie

BRGM, L. ARNAUD et B. DEWANDEL. Avril 2016. Rapport d'expertise : Avis technique relatif à l'exploitabilité de la nappe alluviale de la Goutte du Chat commune de Gérardmer (88)

ENVASEMENT & ENSABLEMENT



3. Envasement & ensablement

3.1.	<i>Introduction : pourquoi s'intéresser aux sédiments et à la matière organique ?</i>	49
3.2.	<i>État des lieux des mouvements de sédiments et de matière organique</i>	51
3.3.	<i>Causes du dysfonctionnement du cycle des sédiments</i>	54
3.3.1.	Infrastructures humaines	54
	Assainissement	54
	Seuils et barrages	55
	Drainage et concentration des écoulements	55
3.3.2.	Gestion forestière	55
3.3.3.	Enrochement des rivières	58
3.3.4.	Fonctionnement des deltas	61
	Fonctionnement naturel d'un delta et rôles écologiques	61
	Conséquence des aménagements humains sur les deltas	63
3.4.	<i>Propositions d'actions</i>	64
3.4.1.	Diminuer l'érosion des versants due à l'exploitation forestière	64
	Option 1 : Abandon de l'exploitation sur les zones difficiles	64
	Option 2 : Exploitation classique mais mieux raisonnée	65
	Option 3 : Exploitation par câble	67
	Discussion	67
3.4.2.	Restaurer la morphologie des cours d'eau	67
3.4.3.	Restaurer le fonctionnement des deltas	68
	<i>Résumé</i>	69
	<i>Bibliographie</i>	70

3.1. Introduction : pourquoi s'intéresser aux sédiments et à la matière organique ?

L'eau qui ruisselle à la surface du sol se charge au fur et à mesure de sa descente vers l'aval de différentes substances. Celles-ci peuvent être transportées sous forme dissoute (ions, molécules organiques, etc.) ou solide. Les particules en suspension sont de plusieurs types et peuvent également être distinguées selon leur taille. Nous distinguerons ici deux types de matériaux : les matières organiques en suspension (MES) et les sédiments, qui sont des particules de roches plus ou moins grossières (argiles, limons, sables, graviers, etc.).



II.3

La matière organique dans les cours d'eau nous intéresse particulièrement car les substances qui la constituent sont les nutriments que consomment par exemple le phytoplancton ou les micro-organismes des rivières et des lacs. Si l'Homme modifie les quantités de matière organique des cours d'eau, cela peut avoir un impact fort sur la vie aquatique. Les principaux exemples sont rencontrés dans les cas d'un trop fort apport en matière organique dans des masses d'eau stagnantes. Cette augmentation de quantité de nutriments favorise l'activité biologique de ces masses d'eau (prolifération du phytoplancton par exemple). Ce déséquilibre n'est pas forcément contrôlé par la chaîne alimentaire aquatique et il peut y avoir accumulation de vase en suspension (turbidité) et au fond des lacs (envasement). Ces phénomènes sont néfastes à la flore aquatique (recouvrement des feuilles et diminution de l'éclairement dans l'eau), et entraînent également une raréfaction du dioxygène dissout. Les quantités de MES et leur composition (liées à leur origine : forestière, agricole, ménagère, industrielle...) sont donc importantes à suivre et à contrôler. Ces équilibres sont d'autant plus fragiles étant donné que naturellement, les trois lacs étudiés sont stratifiés et leurs eaux se mélangent plutôt mal : l'oxygénation des horizons inférieurs des lacs se fait difficilement par brassage thermique des eaux aux changements de saisons.

Les sédiments jouent également un rôle important dans la vie des cours d'eau. De manière naturelle, il existe des zones de départ de matériaux (érosion) et des zones de dépôt de ces matériaux (sédimentation). Ces déplacements d'éléments solides contribuent notamment à dissiper l'énergie de l'eau et permettent également au cours d'eau de modifier son tracé, de créer par exemple des méandres. Une perturbation dans le fonctionnement du cours d'eau peut entraîner une perturbation de ces phénomènes et accentuer l'érosion et la sédimentation dans certaines zones (3.3.3. Enrochement des rivières). Un excès de sédiments dans les rivières (et donc dans les lacs en aval) pose différents problèmes, comme le colmatage des frayères de truites, et le comblement accéléré de certains lacs par dépôts de sédiments.

3.2. État des lieux des mouvements de sédiments et de matière organique

Les lacs sont des entités dont chacune a un fonctionnement initial stable qui leur est propre et qui concerne aussi bien leur diversité écologique que leur comportement sédimentaire.

Bien que les trois lacs présentent des profils thermiques similaires, la minéralisation des eaux des lacs de Gérardmer et de Longemer est légèrement différente de celle de Retournemer puisque ce dernier a des concentrations en calcium et en magnésium légèrement plus importantes. Ils sont néanmoins considérés tous trois comme oligotrophes, sur la base d'une concentration en phosphore semblable dans leurs eaux, et dysfonctionnels, c'est-à-dire ayant un mauvais transfert de la matière organique dans le réseau trophique (Millet et al. 2015).

La caractérisation sédimentologique des lacs concerne aussi bien la matière minérale que la matière organique, qui devient ensuite une matière organique sédimentaire. Par l'analyse des sédiments présents au fond des lacs, il est possible de déterminer avec une précision relative le fonctionnement sédimentologique de chaque lac (et de leur bassin versant). Nous avons ainsi déterminé que les lacs de Gérardmer et Longemer ont des fonctionnements globaux très similaires tandis que le lac de Retournemer a un fonctionnement qui se différencie fortement des deux autres.

En comparant et datant les sédiments présents au fond des lacs, il a été possible d'établir des modèles de sédimentation pour les lacs (Millet et al. 2015). Ainsi, si les lacs de Gérardmer et de Longemer ont un taux de sédimentation moins élevé que celui du lac de Retournemer, ils ont cependant une forte variabilité de ce taux lors du dernier siècle.

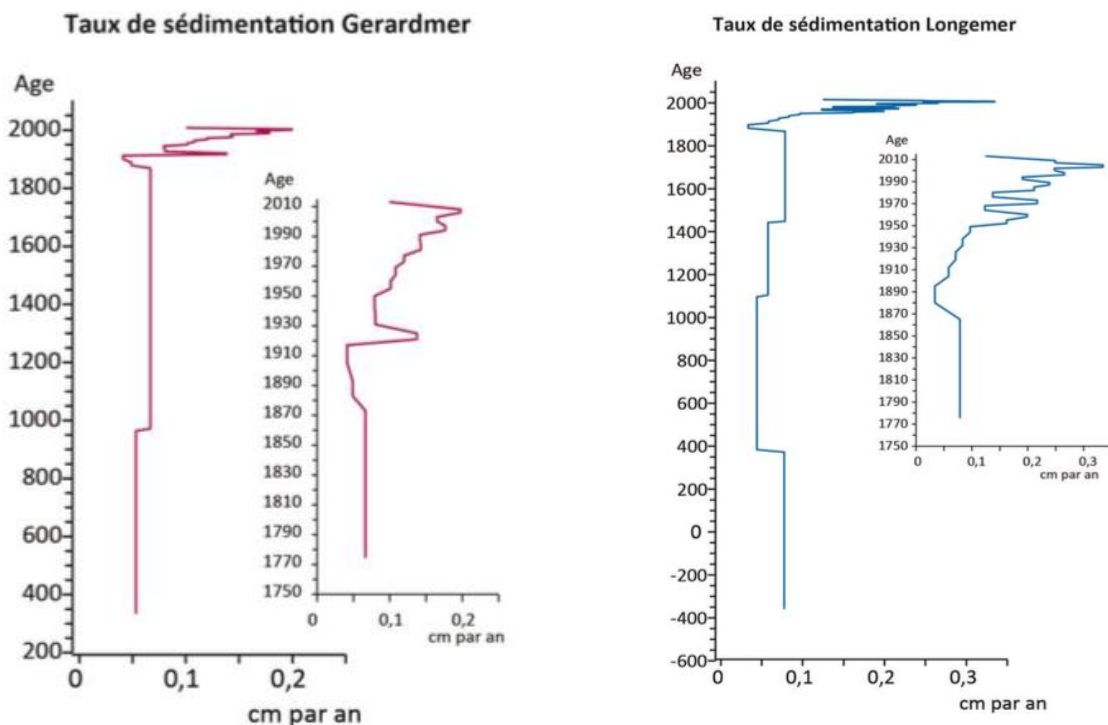


FIGURE 36 : TAUX DE SÉDIMENTATION (CM/AN), CALCULÉ POUR LES LACS DE GÉRARDMER ET LONGEMER (MILLET ET AL., 2015).

Nous voyons en effet sur la figure 36 que jusqu'en 1900, les deux lacs avaient un taux de sédimentation d'environ 0,05 à 0,08 cm/an (Millet et al. 2015) suivi d'une augmentation plus ou



II.3

moins brutale selon le lac jusqu'en l'an 2000 (0,22 cm/an pour Gérardmer et 0,33 cm/an pour Longemer) avant de connaître une diminution (en 2013, les dernières valeurs étaient de 0,10 cm/an pour Gérardmer et 0,12 cm/an pour Longemer). Le taux de sédimentation pour le lac de Retournemer n'a pas pu être estimé de manière certaine mais il a été évalué à environ 0,6 cm/an en moyenne sur les 200 dernières années et a probablement été sous-estimé. Nous observons ainsi pour Gérardmer et Longemer le passage d'un fonctionnement initial stable à un fonctionnement perturbé (sédimentation accélérée) par l'apparition de changements fonctionnels brusques à partir des années 1900. Dans le cas du lac de Retournemer, il semblerait que le fort taux de sédimentation soit naturel, cependant nous ne savons pas si son fonctionnement a été perturbé, et notamment si la sédimentation a accéléré lors du dernier siècle.

Comme évoqué précédemment, ces sédiments peuvent être de deux natures différentes : d'origine minérale ou d'origine organique. Dans le cas des sédiments d'origine minérale, leur quantité dépend beaucoup de la surface du bassin versant par rapport à la taille du lac, ainsi que de la nature de la roche du socle. Ainsi le lac de Retournemer, qui est de petite taille et possède un grand bassin versant composé de schistes facilement érodables, est sujet à de grands apports de cette nature. Les lacs de Gérardmer et de Longemer, plus grands et ayant un bassin versant composé de granites résistants à l'érosion, ne sont pas autant touchés par cette problématique. En revanche, les sédiments d'origine organique sont soit autochtone et proviennent de la production biologique primaire du lac, soit allochtone et dans ce cas proviennent du bassin versant (humus, fragments de végétaux...), ou de l'activité humaine (rejets d'eaux usées, fosses septiques, engrais).

Il est donc important de déterminer l'origine de la variation de la sédimentation, pour déterminer l'impact de l'Homme sur l'équilibre sédimentologique des lacs.

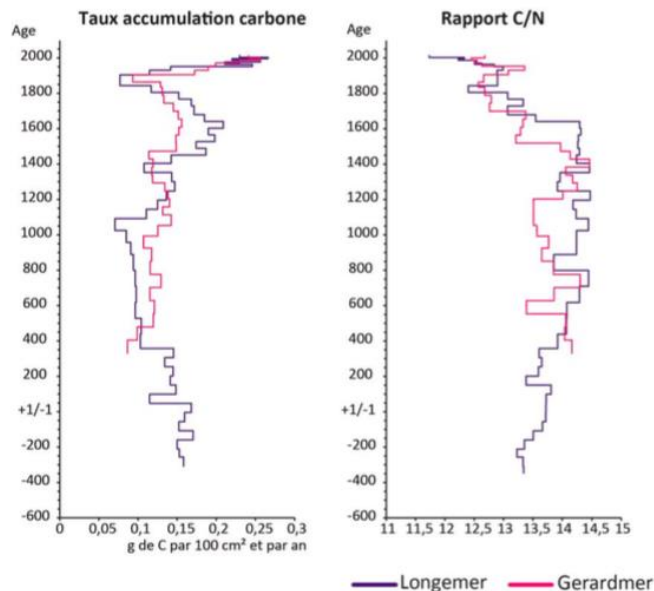


FIGURE 37 : TAUX D'ACCUMULATION EN CARBONE ORGANIQUE ET RAPPORT C/N DE LA MATIÈRE ORGANIQUE DANS LES SÉDIMENTS DU LAC DE LONGEMER ET DE GÉRARDMER (MILLET ET AL., 2015).

L'analyse des carottes de sédiments a permis de déterminer l'origine de cette variation pour les lacs de Gérardmer et de Longemer. Ainsi dans leur cas, la diminution du rapport C/N montre que l'augmentation de la matière organique au XXème siècle est liée à une production primaire des lacs, c'est à dire à une forte concentration en phytoplancton. Ce dernier n'est pas consommé par le zooplancton, du fait de la présence d'éléments traces métalliques qui inhibent le broutage du phytoplancton par le zooplancton ou d'une surpopulation de cyprinidés, qui se nourrissent du zooplancton. Cette augmentation de la concentration en phytoplancton semble être due à un apport d'azote de provenance indéterminée qui provoque une

eutrophisation récente. Cependant le rapport C/N reste suffisamment élevé pour dire que de la matière organique provient quand même majoritairement des bassins versants plus que de la production primaire des lacs.

La conséquence de cette matière organique non assimilée est une forte consommation en dioxygène. En effet, la matière organique, si elle n'est pas consommée, doit être dégradée, minéralisée, et pour cela il y a consommation de dioxygène. Ainsi une augmentation de matière à dégrader implique une augmentation de la consommation en dioxygène de l'eau. Les lacs de Gérardmer et de Longemer étant naturellement peu oxygénés, cela provoque des anoxies dans les lacs, pouvant même créer des « zones mortes » où l'anoxie est totale comme c'est le cas au fond de Longemer à la fin de l'été.

Si ce déséquilibre n'est mis en évidence que par l'intermédiaire de la science, certains de ces impacts sont visibles par les habitants sur des échelles de temps plus restreintes. Par exemple, plusieurs habitants nous ont mentionné le fait que les deltas évoluaient, notamment en progressant sur les lacs.

Cependant cette augmentation de la sédimentation a un impact, que nous avons décrit précédemment, et identifier les causes de cette variation est important pour pallier aux risques engendrés. Nous avons dégagé quatre grandes causes potentiellement responsables de l'augmentation du taux de sédimentation dans les lacs, que sont les infrastructures humaines, la gestion forestière, le dysfonctionnement des deltas ainsi que l'enrochement et la rectification du cours des rivières.



3.3. Causes du dysfonctionnement du cycle des sédiments

3.3.1. Infrastructures humaines

ASSAINISSEMENT

L'apport en matière organique dans les lacs peut provenir de l'assainissement des eaux usées. En effet, l'anthropisation d'un milieu entraîne inévitablement la production d'eaux domestiques qui doivent subir un traitement avant d'être rejetées dans le milieu naturel. Les eaux usées des bassins versants de Gérardmer, Longemer et Retournemer sont traitées de deux manières différentes : par de l'assainissement collectif et par de l'assainissement non collectif. Ces deux types de traitements ont des normes similaires concernant leurs qualités physiques et chimiques. Cependant, le premier possède un réseau de collecte des eaux usées qui sont ensuite traitées dans une station d'épuration (STEP) avant d'être rejetées dans les eaux de surfaces.

Les installations d'assainissement non collectif sont mises en place pour un nombre restreint d'habitants. Elles assurent la collecte, le transport, le traitement et l'évacuation des eaux usées domestiques. L'eau usée est tout d'abord stockée dans une fosse septique toutes eaux puis l'eau est traitée soit par le sol déjà en place si les caractéristiques de perméabilité sont satisfaisantes, soit par un dispositif de traitement spécifique. L'eau traitée est alors rejetée par infiltration dans le sol, ou directement dans le milieu hydraulique superficiel tel que les cours d'eau, après analyse et autorisation par le gestionnaire du milieu récepteur (commune, département...).

Malgré les normes de qualité des eaux de rejet, la quantité de matière organique déversée dans les eaux de surface reste importante dans le cas d'un bassin versant fortement anthropisé. L'impact du rejet après traitement des eaux usées domestiques est plus ou moins important selon l'endroit. Les bassins versants de Gérardmer et de Longemer en sont de bons exemples. En effet, la quantité de matière organique présente dans les lacs augmente avec la pression anthropique du milieu. La construction en 1996 de la station d'épuration intercommunale de Gérardmer et Longemer, qui conformément à la législation traite le phosphore et les nitrates, a permis une diminution de cet apport, notamment dans les eaux de surfaces. C'est bien visible sur la Figure 38 avec une nette diminution de la concentration en Chlorophylle A entre 1976 et aujourd'hui, ce qui traduit une baisse de l'activité phytoplanctonique.

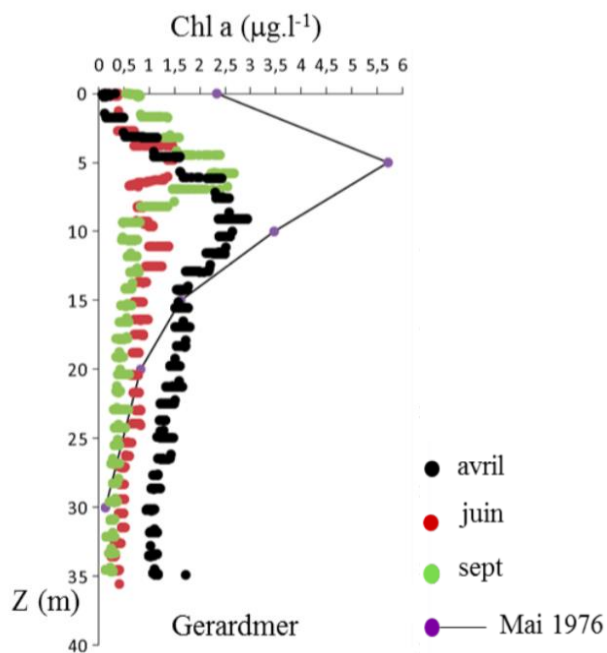


FIGURE 38 : PROFIL BATHYMÉTRIQUE DE LA CONCENTRATION EN CHLOROPHYLLE A DANS LE LAC DE GÉRARDMER (MILLET ET AL., 2015).

Dans le cas des installations d'assainissement non collectif présentes à Retournemer, il faudrait engager de nouvelles études afin de s'assurer de leur bon fonctionnement, en particulier dans le cas des résidences secondaires ou des établissements destinés à l'accueil du public. Tout d'abord, il faudrait vérifier que le dimensionnement de l'installation est bien adapté au pic de fréquentation en haute saison touristique. Il faudrait ensuite s'assurer que les dispositifs de traitement soient adaptés à un fonctionnement intermittent, certains nécessitant un apport régulier en effluent.

SEUILS ET BARRAGES

Une autre cause probable de la perturbation du transit sédimentaire est la présence de seuils et de barrages sur le cours des rivières, en amont ou en aval des lacs, ainsi qu'à l'exutoire des lacs. En effet, le principe des seuils et des barrages est de maintenir une certaine hauteur d'eau et la lame d'eau s'écoule au-delà de cette hauteur. Il y a ainsi obstruction de l'écoulement sur une certaine hauteur, et cela entraîne des impacts physiques et écologiques. Cependant, pour ne parler que des conséquences concernant les sédiments, cela implique une diminution du transit sédimentaire grossier, une sédimentation et un colmatage du fait de la diminution de la vitesse du courant. Ceci est particulièrement important lors de gros épisodes pluvieux : de forts apports en sédiments arrivent des versants mais ceux-ci, au lieu de se faire transporter par le courant, sont arrêtés par les obstacles. Il y a donc une accumulation des sédiments au pied de ces ouvrages et une modification du courant, et donc une modification de l'érosion de la rivière.

DRAINAGE ET CONCENTRATION DES ÉCOULEMENTS

Les routes, et les surfaces imperméabilisées en général ne permettent pas l'infiltration de l'eau dans le sol. Cette eau ruisselle à la surface des installations et est récupérée dans des systèmes de fossés ou de collecteurs. La goutte d'eau qui initialement était en partie retenue dans le sol voit alors son temps de transfert largement diminué, puisqu'elle quitte tout de suite sa zone d'arrivée. Pour les grandes surfaces imperméabilisées, des bassins de rétention sont aménagés afin de ralentir les départs d'eau en aval. Ce n'est pas le cas des routes, qui sont systématiquement drainées par un fossé (Figure 39). Celui-ci longe la route, souvent du côté amont (dans un versant) et des buses placées à intervalles réguliers véhiculent l'eau sous la route pour la déverser dans le fossé unique puis établissement d'un flux dans le versant qui est donc beaucoup plus important et localisé qu'il ne devrait l'être. Ceci génère une modification notable du fonctionnement hydrique du bassin versant : le débit des cours d'eau est plus important (plus forte érosion) et les temps de transfert de l'eau sont très réduits.

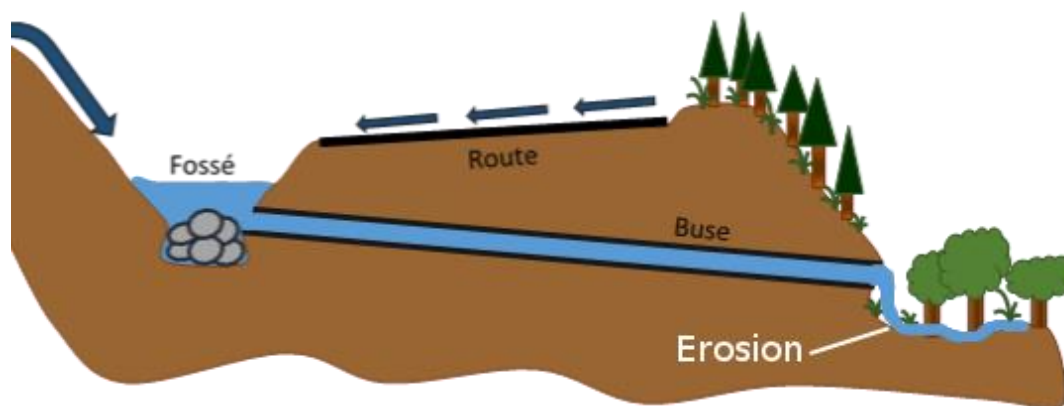


FIGURE 39 : CONCENTRATION DES ÉCOULEMENTS DANS LES BUSES (© AGROPARISTECH – GMN)

3.3.2. Gestion forestière

Notre zone d'étude est couverte à plus de 78 % de forêts. La totalité du bassin versant du lac de Longemer est inclus dans la forêt domaniale de Gérardmer. Concernant le bassin versant du lac de Gérardmer, la forêt communale de Gérardmer est également concernée, ainsi que de nombreuses petites parcelles privées. Globalement, les peuplements sont composés de Sapin pectiné (*Abies alba*) en mélange avec des Épicéas (*Picea abies*) et du Hêtre (*Fagus sylvatica*). Les forêts des bassins versants étudiés ont des rôles multiples et sont utilisées par de nombreux acteurs différents :



- Enjeux de production (Sapin des Vosges), alimentation d'une filière bois dynamique
- Enjeux paysagers : sites classés (Longemer) et sites inscrits, tourisme (été comme hiver)
- Enjeux écologiques et patrimoniaux : tourbières, habitats à protéger
- Enjeux de protection : versants pentus (érosion, chutes de blocs), ressource en eau (captages)

La présence de forêt des versants abrupts permet d'avoir un couvert végétal qui limite fortement l'érosion des sols, notamment par la présence de racines et par l'interruption des gouttes d'eau lors d'épisodes pluvieux. Ceci est d'autant plus vrai que le traitement appliqué dans ces versants est de type irrégulier, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de coupes rases des peuplements. Par ailleurs, les exploitations forestières produisent des menus bois (rémanents) que les exploitants laissent au sol, ce qui limite le départ de matière dans les eaux de ruissellement. Sans cette forêt, tous ces phénomènes seraient largement accentués et le lac de Retournemer serait bien moins grand, car l'apport de sédiment suite à l'érosion des versants y serait bien plus important !

Au niveau national, la forêt française est plutôt capitalisée, et c'est pour cela que les politiques forestières actuelles prônent une exploitation plus dynamique. Cependant, dans ces cas de versants abrupts, toute intervention en forêt est susceptible de provoquer une accélération de l'érosion et une augmentation des dépôts de sédiments et de matière organique dans les cours d'eau et les lacs situés en aval. Sur certaines parcelles (cirque de Retournemer), le substrat géologique fragile (schistes) accentue encore cette sensibilité des sols à l'érosion.

Selon les données du plan d'aménagement, l'exploitation des versants les plus abrupts a été stoppée depuis la fin des années 90. Un rapide calcul des volumes exploités depuis le dernier aménagement (1997 – 2015) permet de conclure que les versants de Retournemer sont assez peu exploités, bien qu'ils le soient plus qu'auparavant. En effet, le traitement irrégulier impliquerait au moins un voire deux passages en coupe pendant cette période de 18 ans, alors que l'on trouve dans la majorité des cas un volume exploité inférieur à 3,5 m³/ha/an (Figure 40). Pour comparaison, l'accroissement moyen d'une sapinière sur ces stations est plutôt de l'ordre de 5 à 10 m³/ha/an, d'après les guides de stations ONF.

Pour résumer, nous avons face à nous une zone forestière très sujette à l'érosion, avec des classes de fertilité permettant une production biologique importante, mais cette forêt est peu exploitée du fait des difficultés de vidange des bois. La présence de nombreux écoulements, la forte pente, les distances de débardage, les enjeux aval font que, pour chaque chantier, le gestionnaire s'interroge sur les méthodes à employer, mais également les démarches administratives à réaliser. Certaines parcelles ne sont pas exploitées faute de solution adéquate et pérenne. Il devient urgent de les exploiter car certains arbres ont déjà largement dépassé le diamètre d'exploitabilité, et les enjeux de sécurité imposent d'avoir peu d'arbres sénescents dans cette zone. Une approche à l'échelle du massif est indispensable, afin de traiter une majorité de problème en une seule fois, ce qui pourrait d'ailleurs permettre la demande de subventions particulières.

Nous nous focaliserons sur le cirque de Retournemer, et plus particulièrement sur les parcelles traversées par le ruisseau du Balveurche et ses affluents, car c'est ici que nous avons prospecté. D'un point de vue piscicole, l'enjeu est faible car il existe des obstacles infranchissables par les truites sur tous les affluents (sauf la Vologne entre le lac et la cascade Charlemagne). L'érosion et la sédimentation des matériaux et de la matière organique dans le lac semble donc être la préoccupation majeure dans ce bassin versant.

Faute de temps, nous n'avons pas pu diagnostiquer l'ensemble de la zone, mais les conclusions tirées ici peuvent être adaptées à d'autres versants.

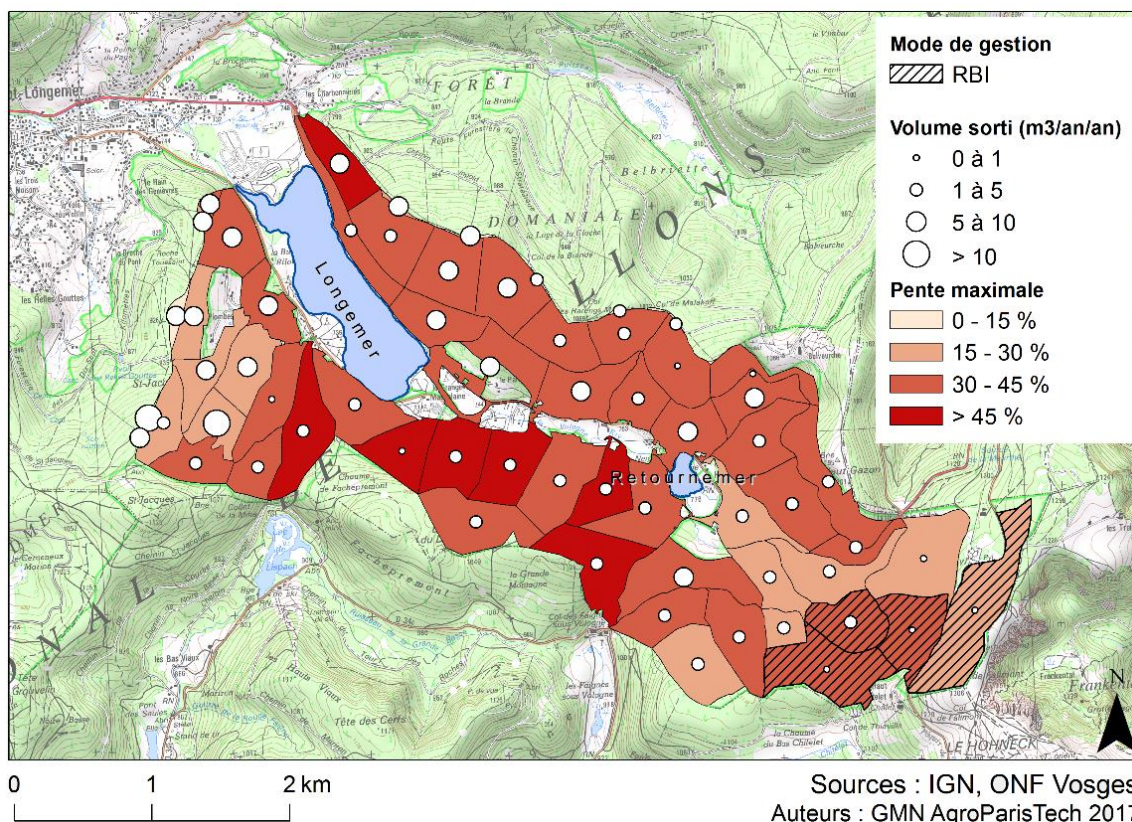


FIGURE 40 : CARTE DES PENTES MAXIMALES PAR PARCELLES ET VOLUME EXPLOITÉ PAR HECTARE ET PAR AN, SUR LE BASSIN VERSANT DES LACS DE LONGEMER ET RETOURNEMER. LES ZONES HACHURÉES NE SONT PAS EXPLOITÉES (RBI = RÉSERVE BIOLOGIQUE INTÉGRALE). LES PENTES ONT ÉTÉ CALCULÉES À PARTIR D'UN MODÈLE NUMÉRIQUE DE TERRAIN (BD ALTI IGN À 25 M). LES VOLUMES SORTIS ANNUELS ONT ÉTÉ OBTENUS PAR LA MOYENNE DES VOLUMES SORTIS ENTRE 1997 ET 2015.

Diagnostic des « points problématiques » à l'échelle du massif forestier

Afin de mieux connaître les zones les plus problématiques pour la gestion de l'érosion dans le massif forestier, un inventaire des « points problématiques » pourrait être réalisé. Celui-ci correspondrait à l'inventaire des intersections entre écoulements et pistes ou routes forestières, afin de diagnostiquer les situations et en déduire si une modification du franchissement est nécessaire, ceci afin de réduire les risques érosifs sur le point considéré. Nous proposons un protocole (Annexe 3.1) qui peut permettre entre autres d'évaluer la continuité écologique au niveau du franchissement, ainsi que d'y décrire la gestion des écoulements. Nous ne pouvons que recommander le nouveau guide technique des travaux routiers forestiers édité par l'ONF en 2016 (version montagne) qui décrit très bien les types d'ouvrages problématiques et qui donne beaucoup d'exemples de projets réels qui ont été réalisés pour améliorer la gestion des écoulements en zone de montagne.

Un autre protocole pourrait être mis en place à une échelle plus vaste, qui pourrait permettre de bien caractériser tous les franchissements d'un point de vue de la continuité sédimentaire mais également écologique (ce qui n'est pas le cas du protocole proposé précédemment). Le protocole



ICE créé par l'Agence Française pour la Biodiversité (ex-ONEMA) permet de réaliser cet inventaire de manière standardisée. Ce travail à l'échelle d'une agence par exemple pourrait entrer dans le cadre d'un projet plus global de prise en compte des enjeux liés à l'eau et aux milieux aquatiques dans la gestion forestière. Des partenariats pourront alors être engagés notamment entre l'Office National des Forêts et l'Agence de l'Eau.

3.3.3. Enrochement des rivières

Pour répondre à différents besoins de l'Homme et notamment pour bien contrôler le cours d'eau, certaines rivières ont été réaménagées, surtout à la fin du XX^{ème} siècle, mais il arrive également que certains aménagements soient beaucoup plus anciens (comme pour le ruisseau des Plombes). Ces aménagements se traduisent souvent par une rectification de la rivière qui rend l'écoulement beaucoup plus linéaire, et parfois aussi par un enrochement des berges.

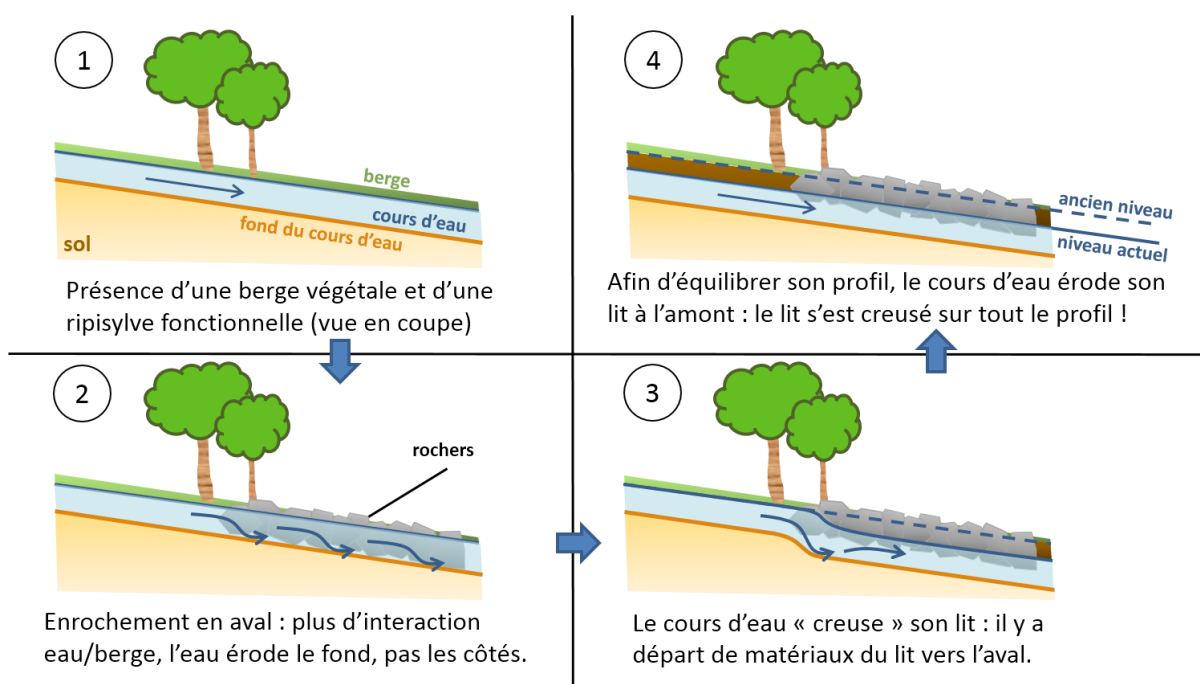


FIGURE 41 : COUPE SCHÉMATIQUE D'UNE RIVIÈRE EXPLIQUANT LE PHÉNOMÈNE DE SURCREUSEMENT DES RIVIÈRES ENROCHÉES (© AGROPARISTECH – GMN)

Ces modifications entraînent des effets néfastes sur le fonctionnement de la rivière tels que :

- l'accélération de l'écoulement,
- la réduction de la communication avec la ripisylve, notamment lorsqu'il y a un enrochement,
- l'accélération du transport sédimentaire,
- une érosion plus intense des berges et du lit, un enfoncement de la rivière et donc une baisse du niveau de la nappe d'accompagnement.

Ces dysfonctionnements impactent directement l'augmentation d'apports de sédiments et de matière organique dans le lac. En effet, une rivière rectifiée et sans méandres s'écoule plus rapidement, ayant ainsi une érosion plus intense, un plus grand transport en charge sédimentaire, une absence de zones de dépôt des sédiments et moins d'échanges avec la ripisylve, augmentant ainsi les apports de sédiments dans le lac. De plus, lorsqu'une rivière est enrochée, elle ne peut

plus éroder ses berges et a donc tendance à creuser son propre lit, abaissant ainsi son niveau et celui de la nappe alluviale qui l'accompagne (Figure 41). De plus, le manque de connexions et d'échanges entre la rivière et la ripisylve réduit la phytoépuration de l'eau et notamment l'assimilation des nutriments par les racines, augmentant ainsi l'apport de matière organique et de divers éléments chimique dans le lac.

Quatre cas concrets ont été étudiés sur notre zone d'étude :

- Le Phény en amont du delta de Ramberchamp du lac de Gérardmer.
- La Vologne en amont de Retournermer,
- La Vologne en amont de Longemer,
- Le ruisseau des Plombes en amont de Longemer

Le Phény en amont de Ramberchamp est à la fois rectifié linéairement et enroché (Figure 42).

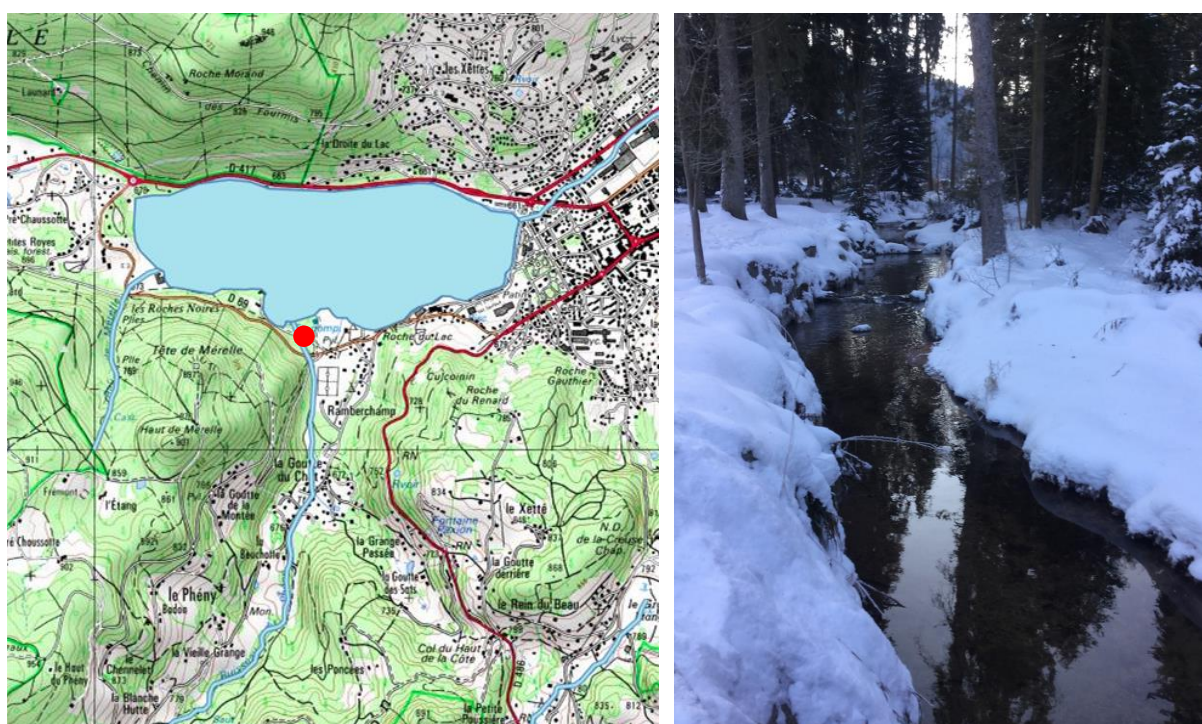


FIGURE 42 : PHOTOGRAPHIE ET LOCALISATION DU PHÉNY EN AMONT DU DELTA DE RAMBERCHAMP. LA RIVIÈRE EST LINÉAIRE ET ENROCHÉE, L'ÉCOULEMENT EST DONC PLUS RAPIDE QU'EN PRÉSENCE DE MÉANDRE ET DES RACINES DE LA RIPISYLVE. ON NOTE L'ABSENCE DE CONTINUITÉ ENTRE LA TERRE DES BERGES ET LA RIVIÈRE. ON NOTE ÉGALEMENT L'ABSENCE DE RIPISYLVE DONC UNE FAIBLE EFFICIENCE DE LA PHYTOÉPURATION. DE PLUS ON OBSERVE BIEN LE CREUSEMENT DE LA RIVIÈRE DANS SON PROPRE LIT.

La Vologne en amont de Longemer est rectifiée linéairement mais ne semble pas être enrochée (Figure 43).



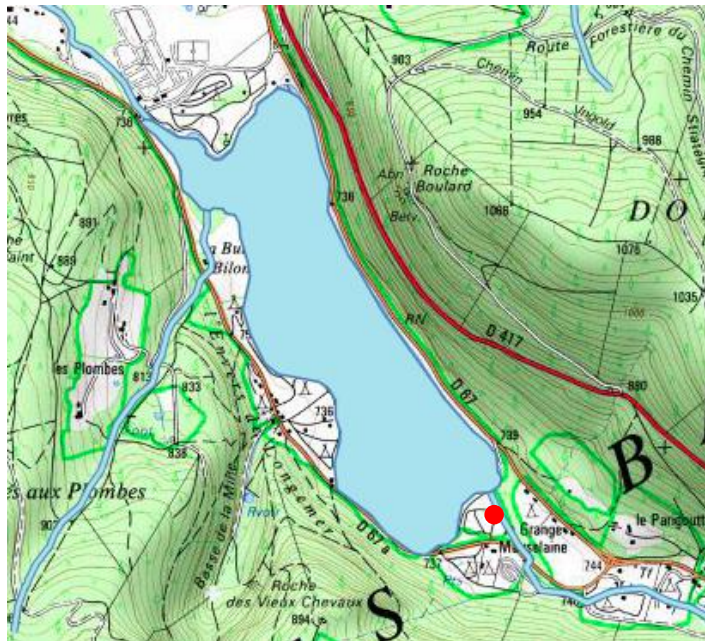


FIGURE 43 : LOCALISATION ET PHOTOGRAPHIE DE LA VOLOGNE EN AMONT DE LONGEMER. LA RIVIÈRE EST RECTIFIÉE LINÉAIREMENT, MAIS NON ENROCHÉE. ON NOTE UNE RIPISYLVE PEU PRÉSENTE EN RIVE GAUCHE. LE TRACÉ LINÉAIRE DE LA RIVIÈRE AUGMENTE LA VITESSE DE L'ÉCOULEMENT AYANT POUR CONSÉQUENCES UN TRANSPORT SÉDIMENTAIRE ET UNE ÉROSION PLUS INTENSE ET RENDANT LES CONTACTS AVEC LA RIPISYLVE PLUS COMPLICQUÉS.

Le ruisseau des Plombes en amont de Longemer est un ruisseau perché qui a été détourné par l'Homme (son écoulement se fait en longeant les courbes de niveau). Malgré cela il est en bon état avec des méandres, des berges douces, une ripisylve très présente et une vraie continuité entre la rivière et la terre (Figure 44).

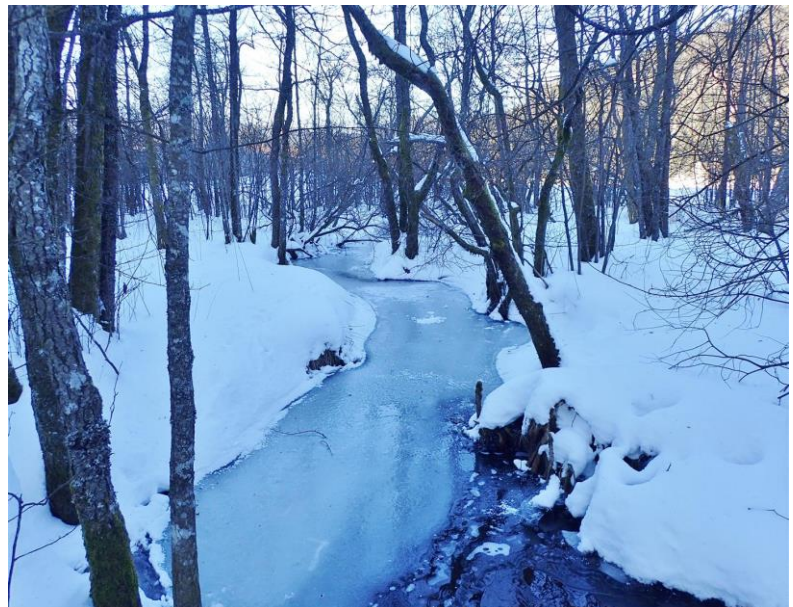


FIGURE 44 : LOCALISATION ET PHOTOGRAPHIE DU RUISSEAU DES PLOMBES EN AMONT DE LONGEMER. LA RIVIÈRE PRÉSENTE DES MÉANDRES NATURELS ET PAS D'ENROCHEMENT. ON NOTE LA CONTINUITÉ ENTRE LA TERRE ET LA RIVIÈRE DUE À DES BERGES EN PENTE DOUCE ET À UNE RIPISYLVE PRÉSENTE. LA MORPHOLOGIE EST ICI IDÉALE POUR LIMITER L'APPORT EN MATIÈRE ORGANIQUE (PAR PHYTOÉPURATION DE L'EAU PAR LA RIPISYLVE) ET EN SÉDIMENTS (PAR UNE VITESSE D'ÉCOULEMENT LENTE ET PRÉSENCE DE MÉANDRES AVEC ZONES DE DÉPÔTS).

La Vologne en amont de Retournemer est elle aussi en bon état. Elle présente des méandres et une belle ripisylve avec une vraie continuité entre terre et eau. Ce profil permet une bonne épuration de l'eau ainsi qu'un dépôt des sédiments (Figure 45).



FIGURE 45 : LOCALISATION ET PHOTOGRAPHIE DE LA VOLOGNE EN AMONT DE RETOURNEMER. LA RIVIÈRE EST EN BON ÉTAT, AVEC DES MÉANDRES, UNE RIPISYLVE ET UNE VRAIE CONTINUITÉ ENTRE L'EAU ET LA TERRE. UNE TELLE MORPHOLOGIE PERMET DE LIMITER L'APPORT SÉDIMENTAIRE ET DE MATIÈRE ORGANIQUE DANS LE LAC.

3.3.4. Fonctionnement des deltas

FONCTIONNEMENT NATUREL D'UN DELTA ET RÔLES ÉCOLOGIQUES

Lorsqu'un cours d'eau se jette dans un lac, et si la topographie du bassin versant le permet (zone de pente plus douce où l'eau ralentit), celui-ci se divise en plusieurs bras et forme un « chevelu hydrographique » : c'est le delta du cours d'eau. Cette zone est d'une importance cruciale d'un point de vue hydrologique. Il s'agit d'une zone calme où le cours d'eau dépose ses sédiments, ce qui en diminue l'apport dans le lac. Il en est de même avec la matière organique, qui est également fixée par la végétation des berges, composée de feuillus adaptés aux milieux humides (aulnes, saules, ...). Cette phytoépuration est renforcée par l'écoulement lent de l'eau. Lors de crues, cette zone deltaïque peut être inondée et joue ainsi un rôle de tampon : les quantités d'eau qui s'écoulent à l'aval sont plus faibles, et l'effet de la crue est moins fort. C'est également lors de ces crues que le cours d'eau peut changer le tracé de son lit. Ce changement fait partie de la vie du cours d'eau et participe à son bon fonctionnement (Figure 46).

Ce n'est que très récemment que ces rôles du fonctionnement naturel des deltas ont été connus et reconnus. Pendant le siècle dernier, la tendance était plutôt à la rectification de ces zones, et à la concentration des cours d'eau dans un seul lit, immuable. Ceci a différents avantages, notamment la gestion de la propriété foncière (un cours d'eau qui change de lit modifie les limites de parcelles), ou la gestion très ponctuelle des crues. Mais ces avantages sont aujourd'hui largement rattrapés par la gestion durable des crues et des sédiments : plus l'eau descend vite



II.3

vers l'aval, plus les crues à l'aval sont violentes et plus l'énergie des cours d'eau est élevée, ce qui entraîne une érosion plus forte.

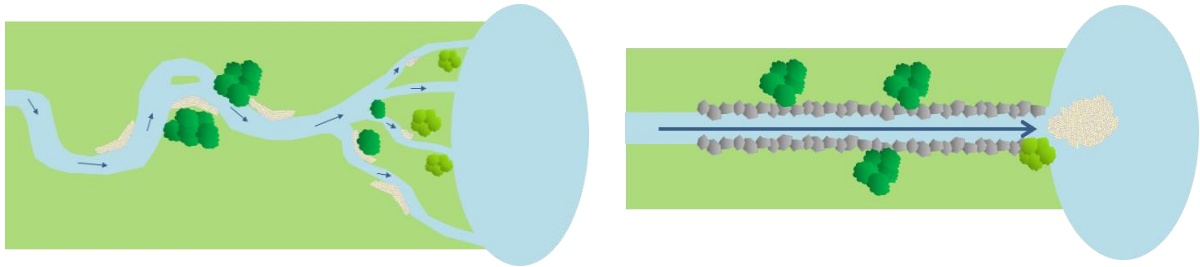


FIGURE 46 : A GAUCHE, SCHÉMATISATION D'UN DELTA FONCTIONNEL : PRÉSENCE DE MÉANDRES, DE PLUSIEURS BRAS DANS UNE PLAINE INONDABLE. IL Y A PRÉSENCE D'UNE RIPISYLVE, DE DÉPÔTS SÉDIMENTAIRES ET L'ÉCOULEMENT EST LENT. A DROITE, SCHÉMATISATION D'UN DELTA NON FONCTIONNEL : LE RUISSEAU EST RECTIFIÉ, L'ÉCOULEMENT EST PLUS RAPIDE ET LA PLAINE EST DIFFICILEMENT INONDABLE. LES SÉDIMENTS NE SE DÉPOSENT PAS DANS LE COURS D'EAU MAIS SONT TRANSPORTÉS JUSQU'AU LAC.

En conclusion, on peut dire que toute mesure qui diminue le temps de transfert de l'eau (canalisation, rectification, enrochement ou bétonnage des berges, etc.) accentue les phénomènes de crue et d'érosion. Ces aménagements sont donc contraires à une gestion intégrée des milieux aquatiques et des risques d'inondation. Il devient nécessaire de modifier ces aménagements afin que les milieux aquatiques se rapprochent de leur fonctionnement naturel.

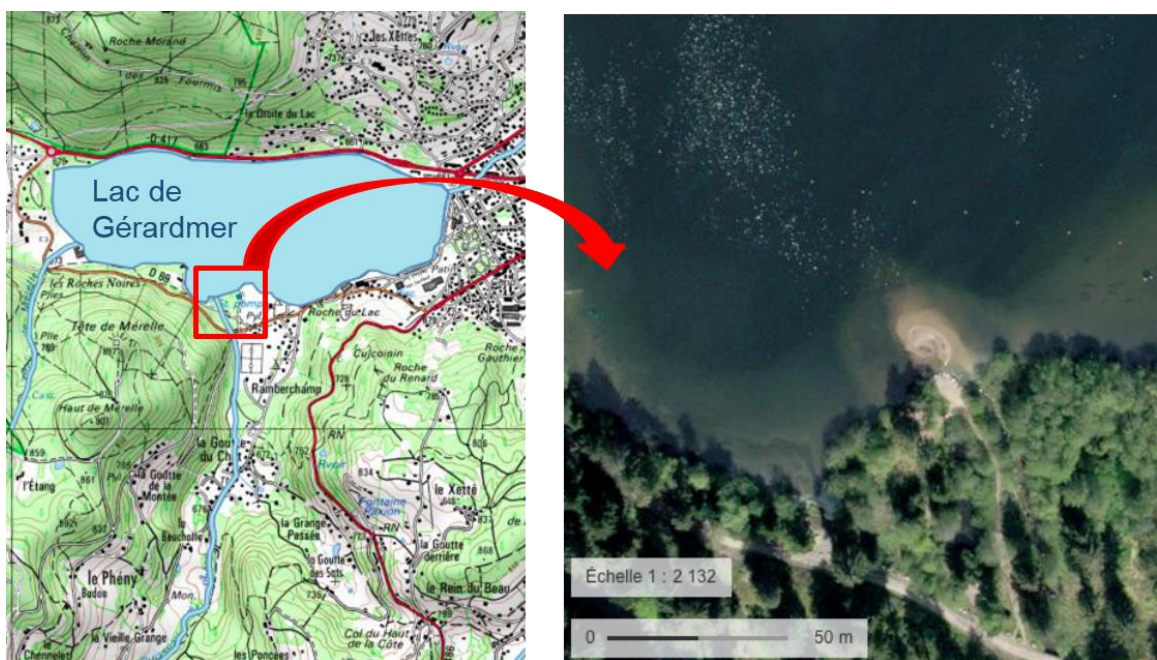


FIGURE 47 : SITUATION ET VUE AÉRIENNE (2014) DU DELTA DE RAMBERCHAMP, CONSTITUÉ PAR LE RUISSEAU DU PHÉNY SE JETANT DANS LE LAC DE GÉRARDMER. UN CÔNE DE DÉJECTION DES SÉDIMENTS EST CLAIREMENT VISIBLE DANS L'EAU DU LAC, QUI TÉMOIGNE D'UN FONCTIONNEMENT ALTÉRÉ DU DELTA : AU LIEU DE SE DÉPOSER DANS DES BRAS PEU PENTUS ET CALMES, LES SÉDIMENTS ET LA MATIÈRE ORGANIQUE SONT TRANSPORTÉS PAR L'EAU JUSQU'AU LAC.

CONSÉQUENCE DES AMÉNAGEMENTS HUMAINS SUR LES DELTAS

Comme en témoignent la figure 48 et la figure 47, le delta de la Vologne à Longemer et celui du Phény à Gérardmer (delta de Ramberchamp) ont été modifiés et ne fonctionnent plus naturellement. À Ramberchamp, il existe encore des résidus de bras morts qu'il suffirait de reconnecter au ruisseau principal. A Longemer cependant, la Vologne a été canalisée, il faut donc recréer ces multiples bras et les méandres pour ralentir l'écoulement de l'eau et restaurer les fonctionnalités du delta.



FIGURE 48 : COMPARAISON DU DELTA DE LA VOLOGNE SUR LE LAC DE LONGEMER ENTRE LA CARTE DE L'ÉTAT-MAJOR (1820 - 1870) ET AUJOURD'HUI (IGN 1/25 000). AU XIXÈME SIÈCLE, DE MULTIPLES BRAS SONT PRÉSENTS ET FORMENT UN CHEVELU HYDROGRAPHIQUE : C'EST UN DELTA FONCTIONNEL. DEPUIS PEU, IL N'Y A QU'UN SEUL BRAS RECTILIGNE ET L'ÉVOLUTION DE SON LIT N'EST PLUS POSSIBLE.

Certains deltas continuent cependant à fonctionner de manière correcte. Malgré le détournement du ruisseau des Plombes (probablement il y a plus de 200 ans), celui-ci a reformé un delta fonctionnel avec un chevelu hydrographique (Figure 49). L'ensemble paraît plutôt bien fonctionner. C'est également le cas du delta de la Vologne à Retournermer, où le ruisseau sillonne une ripisylve assez bien développée (malgré quelques enrésinements ponctuels et en bord de cours d'eau)



FIGURE 49 : LE DELTA DES PLOMBES EST UN DELTA FONCTIONNEL. IL SEMBLE QUE CE DELTA N'EST PAS À SON EMPLACEMENT NATUREL, CAR LE RUISSEAU DES PLOMBES A ÉTÉ DÉTOURNÉ, MAIS LE RUISSEAU A REPRIS SES DROITS ET A RECRÉÉ UN CHEVELU HYDROGRAPHIQUE.



3.4. Propositions d'actions

3.4.1. Diminuer l'érosion des versants due à l'exploitation forestière

Trois solutions sont possibles pour ces parcelles : (i) abandonner l'exploitation, (ii) essayer d'exploiter de manière classique en prenant mieux en compte l'érosion des sols et enfin (iii) trouver un nouveau mode d'exploitation qui limiterait l'érosion. Dans la suite, nous détaillerons ces trois options, qui sont finalement de simples propositions d'actions et qui restent bien entendu largement discutables.

OPTION 1 : ABANDON DE L'EXPLOITATION SUR LES ZONES DIFFICILES.

La première solution consiste à ne plus exploiter les versants concernés par un risque d'érosion élevé. Le principal objectif de cette mesure est d'arrêter toute circulation d'engins lourds sur les pistes forestières : pas de franchissements de cours d'eau, pas de traîne de grume, pas de treillage des arbres dans les parcelles, etc. L'érosion due à l'exploitation devient donc nulle. Cependant, une forêt non gérée présente des arbres vieillissants et parfois sénescents ou morts, ce qui implique certaines interventions pour éviter tout risque pour le public et les infrastructures en contrebas. Par ailleurs, les pistes existantes doivent subir quelques travaux afin de ne pas devenir des chemins préférentiels d'écoulement pour les eaux lors des crues. Enfin, cesser l'exploitation irait à l'encontre de la politique nationale et des lois grenelles qui encouragent une exploitation plus importante des ressources sylvicoles.

Soigner les franchissements de cours d'eau. Lorsqu'une piste (ou une route) forestière traverse un écoulement (qu'il soit busé ou non), la piste doit couper l'écoulement perpendiculairement à celui-ci et le profil de la piste doit suivre celui du talweg. En cas de crue, l'eau sort de son lit naturel et emprunte la piste (Figure 50), ce qui peut l'endommager et l'éroder. Au contraire, sur la figure 51, l'eau peut monter, mais elle continue de couler dans le talweg d'origine.

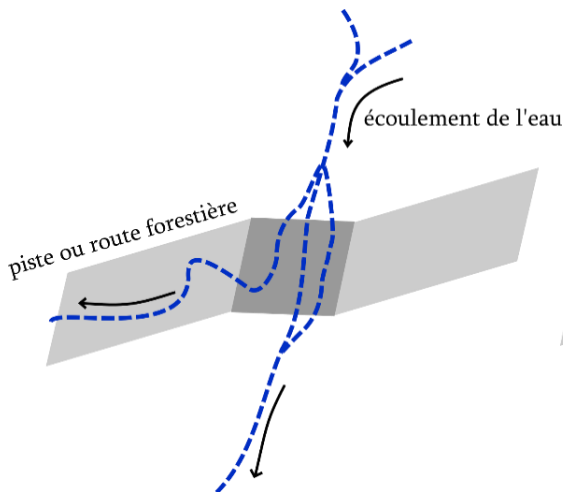


FIGURE 50 : EN CAS DE CRUE, UNE PARTIE DU FLUX D'EAU EMPRUNTE LA PISTE ET ENTRAÎNE LES MATÉRIAUX DE CELLE-CI EN AVAL. (© AGROPARISTECH – GMN)

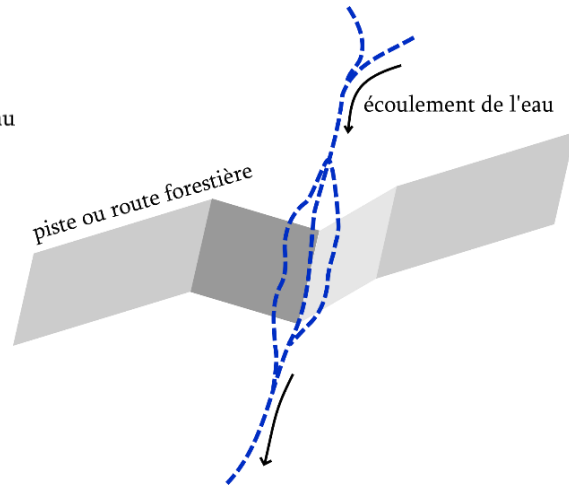


FIGURE 51 : EN CAS DE CRUE, LE FLUX D'EAU SUIV LE TALWEG NATUREL, CAR LA PISTE A LE MÊME PROFIL QUE LUI. L'ÉROSION DE LA PISTE EST DONC BEAUCOUP MOINS FORTE. (© AGROPARISTECH – GMN)

Gérer l'eau qui s'écoule sur les pistes. Inmanquablement, une certaine quantité d'eau va ruisseler sur les pistes. Il faut alors équiper celles-ci de coupe-eau aussi appelés revers d'eau. Ces systèmes sont en bois ou en métal et permettent de collecter l'eau au milieu de la piste et de l'emmener dans le versant. Des revers d'eau réguliers sont nécessaires afin que l'eau de

ruissellement ne prenne pas trop de vitesse et qu'elle n'érode pas la piste (Figure 52). Une autre solution est de créer des micro-reliefs (comme des dos-d'âne) qui imposent à l'eau de s'écouler sur le côté et non plus dans la piste.

OPTION 2 : EXPLOITATION CLASSIQUE MAIS MIEUX RAISONNÉE

La figure 53 montre que même dans les parcelles les plus pentues (jusqu'à 60 % de pente), la desserte est bien présente. Les pistes ont été créées en majorité entre les années 1975 et 1998. Aujourd'hui, elles se sont revégétalisées et les talus sont stabilisés. Il serait envisageable de continuer à les utiliser, mais de façon plus efficace et en limitant l'érosion. Cette solution permettrait de diminuer l'impact de l'exploitation sur l'érosion (à part le treuillage qui demeure...), tout en sortant un peu plus de volume qu'auparavant. Cette solution paraît viable

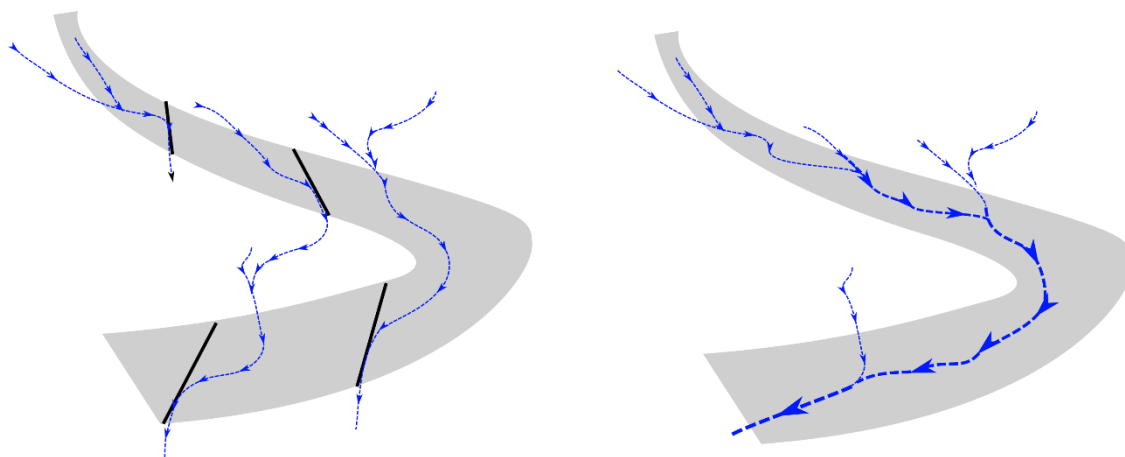


FIGURE 52 : À GAUCHE, LES REVERS D'EAU GUIDENT LES ÉCOULEMENTS DANS LE MILIEU. À DROITE, L'EAU EMPRUNTE LA PISTE ET PREND DE LA VITESSE AU FUR ET À MESURE DE SA DESCENTE. LORS D'ÉPISODES ORAGEUX, LA PISTE SE DÉTÉRIORE ET LES APPORTS EN MATÉRIAUX EN AVAL PEUVENT ÊTRE CONSÉQUENTS.
(© AGROPARISTECH – GMN)

économiquement puisque la production de bois permet de compenser les surcoûts liés à une attention particulière pour l'érosion (réfection des pistes, etc.).

Soigner les franchissements et la gestion de l'eau sur les pistes. Il s'agit des mêmes actions que celles proposées pour l'option 1. Par contre, il faudra également bien s'assurer que les engins traversent les écoulements lorsqu'ils sont à sec, et qu'ils prennent les précautions nécessaires lorsque ce n'est pas le cas : franchissement temporaire (tuyaux PEHD par exemple) ou installation d'un radier empierré, afin de faire passer les engins quelle que soit la saison.



Diminuer la distance de traîne de grumes. Pour l'instant, l'accès des engins à la RD 417 est interdit ainsi que le chargement des grumes sur celle-ci, pour des raisons de sécurité. Les arbres sont donc débardés jusqu'en bas du versant sur une distance allant jusqu'à 1,7 kilomètres de long, engendrant une utilisation accrue des pistes, un surcoût de débardage ainsi que des griffes d'érosion dans les talus des pistes (dans les virages notamment). Une solution serait de construire

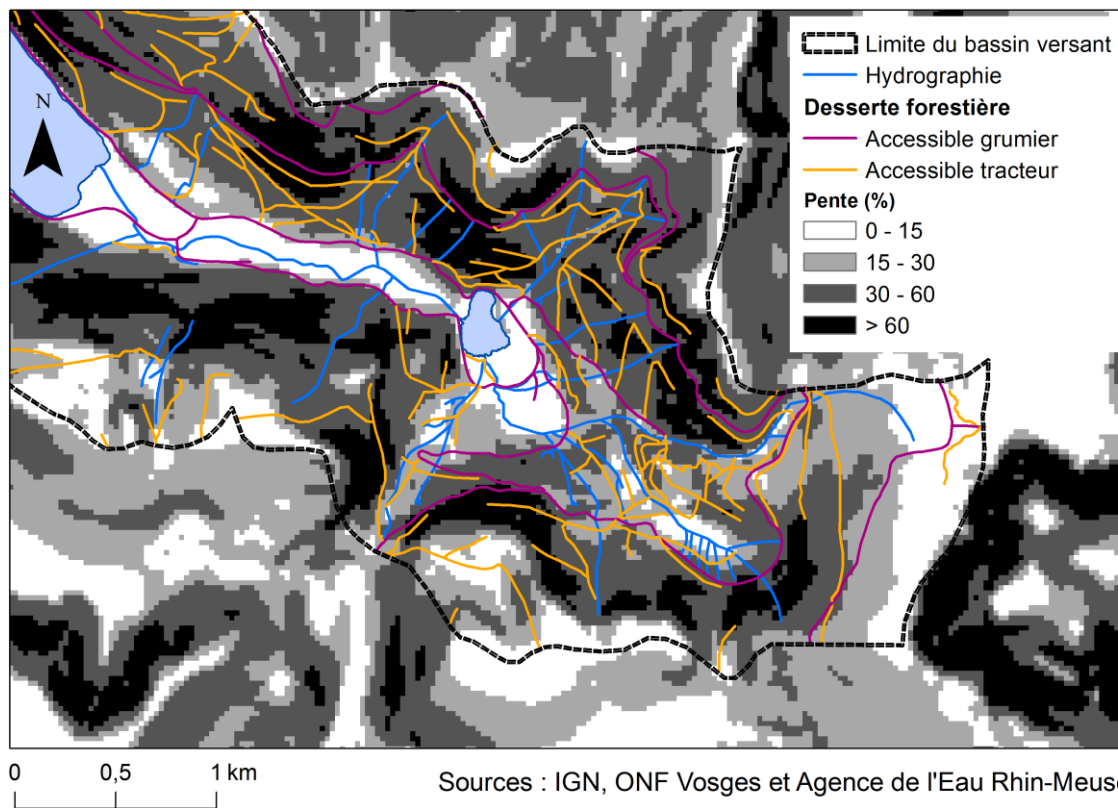


FIGURE 53 : CARTE DE LA DESSERTE FORESTIÈRE ET DU RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE DU CIRQUE DE RETOURNERMER (DONNÉES ONF). LE FOND DE CARTE MONTRE LES PENTES CALCULÉES À PARTIR DU MODÈLE NUMÉRIQUE DE TERRAIN DE L'IGN (BD ALTI 25 M).

une place de dépôt dans le haut du versant ainsi qu'un accès empruntable par les camions depuis la route départementale. Le chargement ne se ferait donc pas sur la route départementale, et le trajet pour débarder un arbre pourrait être divisé par 2. Nous avons conscience que les lieux potentiels pour installer une telle place de dépôt sont plutôt rares compte tenu de la topographie.

Optimiser l'utilisation des pistes. Lors du passage des engins, les pistes sont déstabilisées et la végétation est perturbée. Il suffit de quelques années pour que les herbacées recolonisent la piste et la protègent de l'effet des écoulements d'eau. Il serait envisageable de regrouper au maximum les exploitations dans les parcelles afin de circuler le moins régulièrement possible sur les pistes avec des engins imposants. La remise en état des pistes après exploitation devra être également soignée.

Remettre en état les pistes après exploitation. Les pistes sont souvent malmenées par le passage des engins. Il est important et nécessaire de remettre en état la desserte juste après la fin de l'exploitation, afin de préserver les pistes d'une érosion accrue.

OPTION 3 : EXPLOITATION PAR CÂBLE

L'exploitation par câble paraît très alléchante au premier abord car en plus d'avoir un effet quasi-nul sur l'érosion, elle permet de mobiliser d'importants volume de bois. Le premier gros inconvénient est le coût. Il faudrait réaliser une véritable étude de faisabilité économique pour apprécier si le débardage par câble est avantageux ou non. En sachant que si le câble travaille avec le camion en amont, il faudra également construire une petite route et une place de dépôt dans la pente. La solution la plus satisfaisante serait d'utiliser un câble qui travaille avec le camion en aval des parcelles, mais ce type d'exploitation est dangereux, étant donné la présence de boules de granite dans la pente. Un dernier inconvénient est la capacité du câble à transporter de gros arbres : dans la zone, il n'est pas rare de voir un sapin de plus de 10 m³, ce qui obligerait le bûcheron à billonner sur place avant le débardage (un câble peut déplacer des arbres de 5 à 6 m³ au maximum).

DISCUSSION

Finalement, quelle que soit l'option retenue, les aménagements de franchissements de cours d'eau ou de gestion des écoulements sur les pistes semblent être un passage obligatoire. Par ailleurs, que l'exploitation soit terrestre ou par câble, la réflexion pour installer une ou plusieurs places de dépôts sur le massif à des endroits stratégiques paraît importante. Un exemple d'emplacement a été donné, mais il faudrait vérifier sur le terrain la faisabilité de l'opération.

Par ailleurs ces démarches devraient être entreprises à l'échelle du massif entier et non plus à l'échelle de la parcelle. Cela permettrait une vraie réflexion globale, et les dossiers administratifs seraient réalisés une seule fois (déclaration loi sur l'eau, demandes à la Direction Départementale des Territoires pour connecter le réseau forestier au réseau routier, dossiers de demande pour les sites inscrits, etc.). Le projet pourrait éventuellement être pris comme exemple dans la région pour montrer que l'exploitation forestière est bien compatible avec d'autres usages de la forêt, ainsi qu'avec des contraintes topographiques et climatiques difficiles.

Nous sommes conscients que le rajeunissement des peuplements et le traitement sylvicole irrégulier mais dynamique ne peuvent être menés à bien sans une régénération naturelle convenable. Or, à l'heure actuelle, la gestion cynégétique ne permet absolument pas l'obtention de semis viables de Sapin pectiné (essence objectif) en nombre suffisant. La seule essence qui se régénère bien est le Hêtre, qui n'est pas d'un intérêt sylvicole majeur sur ces stations. Toutes ces propositions sont donc à discuter en fonction de l'évolution des populations d'ongulés sauvages. Les engrillagements sont possibles, à condition de traiter les éclaircies par petits parquets, mais cela est délicat au niveau paysager. La plus durable des solutions est de négocier des plans de chasse en adéquations avec les objectifs du sylviculteur.

3.4.2. Restaurer la morphologie des cours d'eau

La Vologne en amont de Retourner et le ruisseau des Plombes sont en bon état morphologique apparent. Il faut les préserver de nouveaux aménagements et rester vigilant à l'évolution du ruisseau des Plombes dont le cours est artificiel.

Les travaux à réaliser sont surtout sur la Vologne en amont de Longemer et sur le ruisseau du Phény. Les deux doivent être reméandrés et le Phény doit être désenroché. Leurs ripisylves doivent être reconstituées le long des deux. Il est essentiel pour ces travaux de prendre également en compte la restauration des deltas. Les points de vigilance lors du dimensionnement doivent être sur la quantité d'eau pour que la truite puisse toujours remonter frayer, sur la granulométrie



II.3

des graviers ajoutés pour qu'ils soient naturellement cohérents avec la rivière et puissent être frayables par la truite.

De tels travaux nécessitent l'appui d'experts (bureau d'études par exemple), et pourront être portés par les communes concernées, la Communauté de communes, la DDT et l'AAPPMA. Un appui technique du CENL serait souhaitable pour la restauration de la ripisylve. Le suivi de l'effet des travaux pourra être réalisé par le Laboratoire Chrono-Environnement qui a déjà travaillé sur les lacs.

Pour les détails sur les travaux, se référer aux fiches actions correspondantes.

3.4.3. Restaurer le fonctionnement des deltas

Les deltas des Plombes à Longemer et de la Vologne à Retourner ont un bon fonctionnement écologique. Aucune « fiche-action » n'a été proposée pour ces deux deltas, mais il faut absolument conserver leur bon fonctionnement, et le contrôler.

Ce n'est pas le cas du delta de Ramberchamp et de celui de la Vologne à Longemer. Ces deux deltas ne sont pas fonctionnels (un seul bras de ruisseau arrive dans le lac, et de manière directe, sans méandres). Nous proposons de restaurer ces deltas, conjointement avec la restauration des ruisseaux correspondants (reméandrage de la Vologne et désenrochement du Phény). L'objectif principal de ces mesures est de diviser le débit dans plusieurs bras, de ralentir l'écoulement afin de retrouver les atouts d'un delta. Les terrains proches du delta seront potentiellement inondables, en fonction des travaux réalisés. Ce caractère inondable est cependant nécessaire à la diminution de l'onde de crue lors des forts épisodes pluvieux, ainsi que pour le dépôt de sédiments. Ces mesures ne sont pas prioritaires mais pourraient faire l'objet de projets à venir.

Résumé

Bien que les bassins versants étudiés soient sensibles à l'érosion, les lacs reçoivent trop de matière (organique ou minérale) par rapport à leur fonctionnement naturel, sans doute à cause des activités humaines.

Les causes diagnostiquées de ces apports en excès sont : les infrastructures humaines (routes, etc.) qui concentrent les écoulements et augmentent l'érosion, les assainissements non-collectifs, même s'ils sont aux normes, la gestion forestière sur les versants pentus qui favorise l'érosion des sols, la rectification et l'enrochement des rivières qui accentuent l'érosion des berges et du lit et limite la phytoépuration de l'eau par la ripisylve et enfin les deltas non fonctionnels qui n'ont plus qu'un bras et plus de plaine d'inondation, ce qui contraint les matériaux à sédimenter dans le lac plutôt que sur le delta.

À la vue de ce diagnostic, nous suggérons d'identifier les points problématiques au niveau des routes et d'ajouter des buses pour limiter la concentration des écoulements. Nous préconisons de contrôler les rejets des assainissements non-collectifs, surtout pour ceux qui ne fonctionnent pas en continu pendant l'année. Pour la gestion forestière, l'idée retenue serait de conserver une exploitation classique mais plus raisonnée, avec une réflexion globale sur le massif pour identifier les points délicats. Pour les rivières, il faudrait reméandrer et désenrocher le Phény et la Vologne en amont de Longemer. Les deltas de ces deux cours d'eau (respectivement sur le lac de Gérardmer et Longemer) pourront être réhabilités afin d'initier à nouveau leur bon fonctionnement.

Action 3.1. Reméandrage et désenrochement du Phény en amont de Gérardmer.

Action 3.2. Reméandrage de la Vologne en amont de Longemer

Action 3.3. Restaurer le delta de Ramberchamp

Action 3.4. Restaurer le delta de la Vologne à Longemer

Action 3.5. Modifier les pratiques de gestion forestière

a. Option 1 : pas d'exploitation

b. Option 2 : exploitation classique

c. Option 3 : exploitation par câble

Action 3.6. Assurer une bonne qualité de l'assainissement

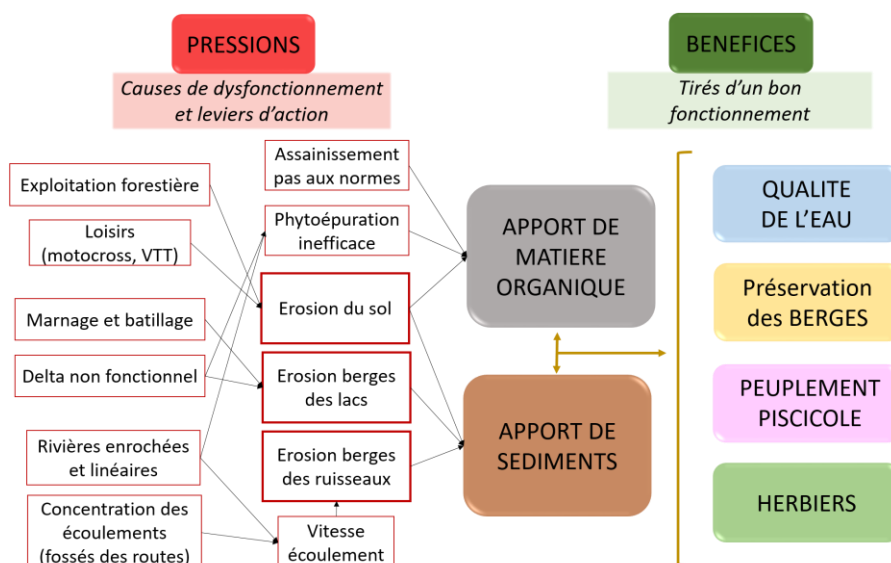


FIGURE 54: SCHÉMAS DE SYNTHÈSE DE LA THÉMATIQUE ENVASMENT & ENSABLEMENT



Bibliographie

Bansept, A. et Fiquepron J.. 2014. Protéger et valoriser l'eau forestière.

Bastien, Y.. 1998. Sylviculture des essences résineuses. Ecole Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts - centre de Nancy. 28p.

Cerdan, O., Le Bissonnais, Y., Souchère, V., King, C., Antoni, V., Surdyk, N., Dubus, I., Arrouays, D. et Desprats, J.-F.. 2006. Guide méthodologique pour un zonage départemental de l'érosion des sols - Rapport n°3 : Synthèse et recommandations générales. BRGM.

Fiquepron, J. et Charnet, F. 2013. Expertise et synthèse bibliographique - Effets des pratiques forestières sur la qualité des eaux. Programme Life SEMEAU, Action 2.2.

Lejal, C.. 2009. La prise en compte du réseau hydrographique dans la desserte forestière en forêt de Retournemer. Rapport de stage BTS-GF.

Ministère de la Conservation Service de la forêt du Maine Division de la gestion et de la politique forestières. 2012. Pratiques exemplaires de gestion pour la foresterie : Protection de la qualité des eaux dans le Maine.

Schwitter, R. et Bucher, H.. Octobre 2009. La forêt protège-t-elle contre les crues ou les arbres causent-ils eux-mêmes des inondations?. La Forêt, 62, 21-25.

Millet, L. & al., Avril 2015. Diagnostic fonctionnel des systèmes lacustre de Gérardmer, Longemer et Retournemer. Une approche combinée limnologie/paléolimnologie. Chrono Environnement, CNRS, Agence de l'eau Rhin-Meuse

Lambert, J., & al. , Guide d'information à destination des usagers de l'assainissement non collectif, septembre 2012. Ministère de l'Environnement, du Développement durable et de l'Énergie.

Leglize, L. Mai 2005, Expérimentation sur les herbiers amphibies des lacs vosgiens Gérardmer, Longemer et Retournemer. Campagne d'acquisition de données physico-chimiques et biologiques de Mars 2004. Laboratoire Biodiversité et Fonctionnement des Ecosystèmes LBF. Université Paul Verlaine Metz

Degoutte, G. 2006. Diagnostic, aménagement et gestion des rivières : Hydraulique et morphologie fluviale appliquées. Lavoisier.

Arnaud, L. et Dewandel, B. 2016. Avis Technique relatif à l'exploitabilité de la nappe alluviale de la Goutte du Chat, commune de Gérardmer (88). BRGM.

Malartre, F. 2013. Cours de Sédimentologie. Ecole nationale supérieur de géologie de Nancy.

HERBIERS & BERGES

II.4



4. Herbiers & berges

4.1.	<i>Diagnostic écologique</i>	72
4.1.1.	Les herbiers.....	72
4.1.2.	Évolution des herbiers sur les trois lacs depuis la seconde Guerre Mondiale	78
4.1.3.	Causes de régression et menaces actuelles	83
4.2.	<i>Propositions d'actions</i>	88
4.2.1.	Restauration des herbiers de l'Anse de Kattendycke (Gérardmer)	88
4.2.2.	Restauration des berges et des prairies humides du delta de Ramberchamp (Gérardmer).....	91
4.2.3.	Renaturation des berges du lac de Gérardmer	97
4.2.4.	Protection des herbiers amphibies du lac de Longemer.....	99
4.2.5.	Estimation financière	100
	<i>Résumé</i>	101
	<i>Bibliographie</i>	103



4.1. Diagnostic écologique

4.1.1. Les herbiers

DÉFINITION GÉNÉRALE D'UN HERBIER D'EAU DOUCE

Un herbier est une association de plantes aquatiques. Il existe des herbiers marins (herbiers à Posidonies par exemple) et des herbiers dulcicoles (d'eau douce). Ces derniers sont constitués de grands végétaux (macrophytes aquatiques) ainsi que d'algues filamenteuses. Les macrophytes peuvent être séparés en hydrophytes (plantes complètement aquatiques), amphiphytes (végétaux amphibies) et héliophytes (plantes de berges)ⁱ. Les hydrophytes se subdivisent en trois catégories : les pleustophytes (plantes flottantes non enracinées), les hydrophytes submergés (à feuilles aquatiques) et les hydrophytes flottants (à feuilles à la surface de l'eau)ⁱⁱ (Figure 55).

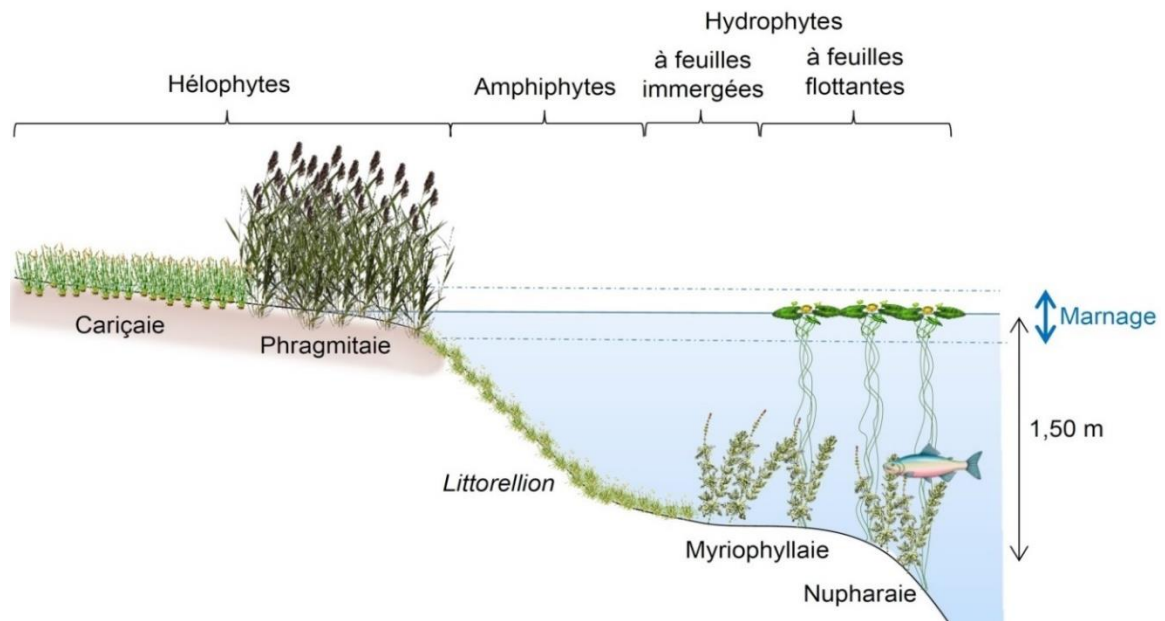


FIGURE 55 : ASSOCIATIONS DE MACROPHYTES EN FONCTION DE LA DISTANCE À LA BERGE (© AGROPARISTECH-GMN)

Nous considérerons par la suite deux types d'herbiers, qui répondent différemment aux contraintes du milieu : les herbiers amphibies (au fond de l'eau, Figure 56) et les herbiers enracinés flottants (à feuilles à la surface).



FIGURE 56 : HERBIER AMPHIBIE À MYRIOPHYLLUM ALTERNIFLORUM ET LITTORELLA UNIFLORA (© J.-C. RAGUÉ, 2016, GÉRARDMER)

LES HERBIERS DES TROIS LACS : HABITATS

Sur le lac de Longemer, le plan de gestion du delta des Plombes fait un état des lieux des herbiersⁱⁱⁱ. Il mentionne la présence des habitats lacustres suivants (

Tableau 9) :

TABLEAU 9 : HABITATS DIRECTEMENT LIÉS AU LAC PRÉSENTS SUR LE SITE DU DELTA DES PLOMBES
(* CODE COULEUR DE L'ÉTAT ÉCOLOGIQUE : ROUGE - MAUVAIS, ORANGE - MOYEN, VERT - BON)

	Habitat (code Corine)	Nom phytosociologique	Description	Menaces	État*	Valeur patrimo
Habitats lacustres	Lac sans herbiers (22.14)	Eaux dystrophes	Fonds de profondeur supérieure à 2,5 m, insuffisamment éclairés	Turbidité, colmatage, pollution	Orange	Faible
	Herbiers amphibies euro-sibériens (22.3113)	<i>Littorellion uniflorae</i>	Fonds peu profonds (<2,5 m) : <i>Isoetes lacustris</i> , <i>I. echinospora</i>	Abrouissement par l'Amour blanc, pollution, colmatage, piétinement	Rouge	Forte
	Herbiers aquatiques à Nénuphar nain (2.4311)	<i>Nymphaeion albae</i>	Sur litière mal décomposée : <i>Nuphar pumila</i>	Nautisme (faucardage) et baignade	Rouge	Forte
	Herbiers à Myriophylle et Renoncule (2.432)	<i>Ranunculion aquatilis</i>	Enracinés jusqu'à 3 m de profondeur (fonds sablo-graveleux) : <i>Myriophyllum alterniflorum</i>		Rouge	Forte
Ceintures lacustres	Cariçaies hautes de ceinture lacustre (53.214)	<i>Magnocaricion elatae</i>	Ceinture d'hélophytes à grands <i>Carex</i> (<i>C. rostrata</i>)		Vert	Moy.
	Phragmitaies ripicoles (53.112)	<i>Phragmition communis</i>	Berges inondées	Erosion des berges, colonisation ligneuse, nautisme et baignade	Rouge	Moy.
	Phalaridaies ripicoles (53.16)	<i>Phalaridion arundinaceae</i>	Berges inondées		Rouge	Faible
Bas-marais	Tremblants à Ményanthe et Comaret (54.59)	<i>Caricion lasiocarpae</i>	Ceintures végétales flottantes	Nautisme et baignade, artificialisation des berges	Orange	Forte
	Pelouses à Laïche filiforme (54.512)	<i>Caricion lasiocarpae</i>	Terrains inondables proches des berges		Orange	Moy.
	Cariçaies basses inondées à Laïche noire (54.422)	<i>Caricion fuscae</i>	Bas-marais subatlantiques		Orange	Moy.

Cette liste se complète par différents types de forêts marécageuses (Figure 57) et par des prairies humides.

Sur les autres lacs, les habitats sont à peu près similaires. Le lac de Retourner possède une tourbière en formation de fort intérêt écologique.





FIGURE 57 : AULNAIE RIPICOLE AU NIVEAU DU DELTA DES PLOMBES (© J.-C. RAGUÉ, 2009, LONGEMER)

ESPÈCES D'INTÉRÊT PRÉSENTES SUR LES TROIS LACS

Les lacs de Gérardmer et de Longemer ont fait l'objet de suivis botaniques depuis le XIX^{ème} siècle^{iv}. Le

Tableau 10 présente un certain nombre d'espèces patrimoniales inventoriées sur les communes de Gérardmer et Xonrupt-Longemer (liste non exhaustive).

TABLEAU 10 : ESPÈCES ACTUELLES OU ANCIENNEMENT PRÉSENTES SUR LES TROIS LACS (* : NON REVU)

Espèce	Protection	Habitat	Source	Date
<i>Calla palustris</i> (Figure 58)	nationale	Magnocariçaies	CENL ^v	2013
<i>Isoetes echinospora</i>	nationale	<i>Littorellion</i>		
<i>Isoetes lacustris</i>	nationale	<i>Littorellion</i>		
<i>Nuphar pumila</i> (Figure 58)	régionale	Herbiers enracinés flottants		
<i>Ulmus glabra</i> (rare)	/	Ripisylves		
<i>Callitriche hamulata</i>	/	Herbiers d'eaux douces à saumâtres		
<i>Utricularia intermedia</i> (Retournemer)	/	Herbiers dulcicoles		2016
<i>Calla palustris</i>	nationale	Magnocariçaies	INPN ^{vi}	2011
<i>Carex limosa</i>	nationale	Tremblants tourbeux		1954
<i>Drosera intermedia</i> *	nationale	Parvocariçaies		1980
<i>Drosera longifolia</i> *	nationale	Parvocariçaies		1954
<i>Drosera rotundifolia</i> *	nationale	Tourbières		2011
<i>Eriophorum gracile</i> * (Retournemer)	nationale	Tremblants tourbeux		1954
<i>Littorella uniflora</i>	nationale	<i>Littorellion</i>		1980
<i>Myriophyllum alterniflorum</i>	régionale	Herbiers enracinés flottants		1980
<i>Nuphar pumila</i>	nationale	Herbiers enracinés flottants		1980

<i>Potamogeton polygonifolius</i>	régionale	Herbiers enracinés flottants		1954
<i>Salvinia natans</i> * (introduction)	nationale	Communautés de pleustophytes		2005
<i>Scheuchzeria palustris</i> * (Retournemer)	nationale	Parvocariçaies		2002
<i>Subularia aquatica</i>	régionale	Tonsures annuelles hydrophiles		1980
<i>Utricularia minor</i> *	régionale	Herbiers dulcicoles		1954
<i>Utricularia ochroleuca</i>	nationale	Herbiers dulcicoles		1954
<i>Callitriche hamulata</i>	/	Herbiers d'eaux douces à saumâtres	Herbier de l'Université de Strasbourg ^{vii}	1911
<i>Nuphar × spenneriana</i> *	/	Herbiers enracinés flottants		1853
<i>Sparganium angustifolium</i> *	régionale	<i>Littorellion</i>		1904
<i>Subularia aquatica</i> * (Figure 58)	régionale	Tonsures annuelles hydrophiles		1911
<i>Utricularia intermedia</i>	/	Herbiers dulcicoles		1860

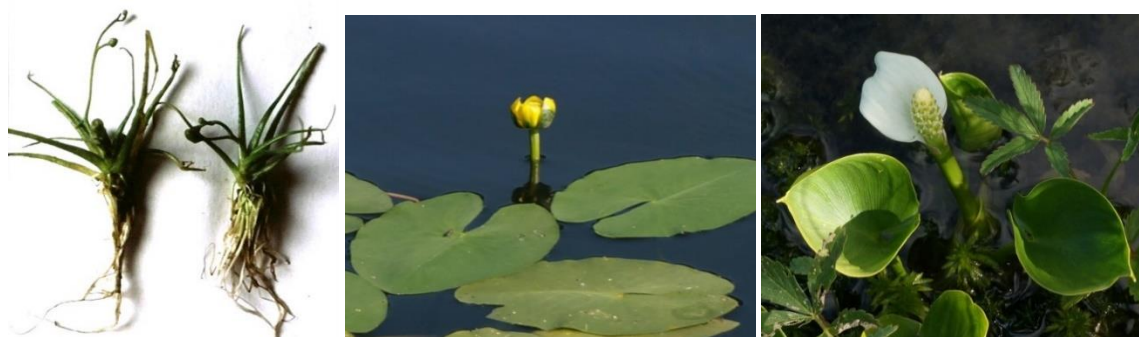


FIGURE 58 (© J.-C. RAGUÉ) : *SUBULARIA AQUATICA* (1990, LONGEMER) - *NUPHAR PUMILA* (2015) – *CALLA PALUSTRIS* (2013)

Les Isoètes (*Isoetes* spp.) sont les macrophytes avec le plus grand intérêt patrimonial sur les trois lacs. Leur cycle de développement particulier est présenté en Annexe 4.1. *I. echinospora* ne se trouve pour le Nord-Est de la France que sur le lac de Longemer (Figure 59). Cette population, réapparue en 2012, comptait environ 200 individus en 2015 mais l'abrutissement par l'Amour blanc (*Ctenopharyngodon idella*) que nous supposons pourrait l'avoir presque anéanti : il ne restait plus que trois plants fin juin 2015, protégés expérimentalement par du grillage^{viii}. En 2016, environ 400 plants ont été retrouvés sur le lac (Figure 60). Dans le même article, la situation d'*I. Lacustris* est présentée comme beaucoup moins préoccupante, avec plusieurs hectares sur le lac de Gérardmer et une dizaine de mètres carrés sur Longemer.



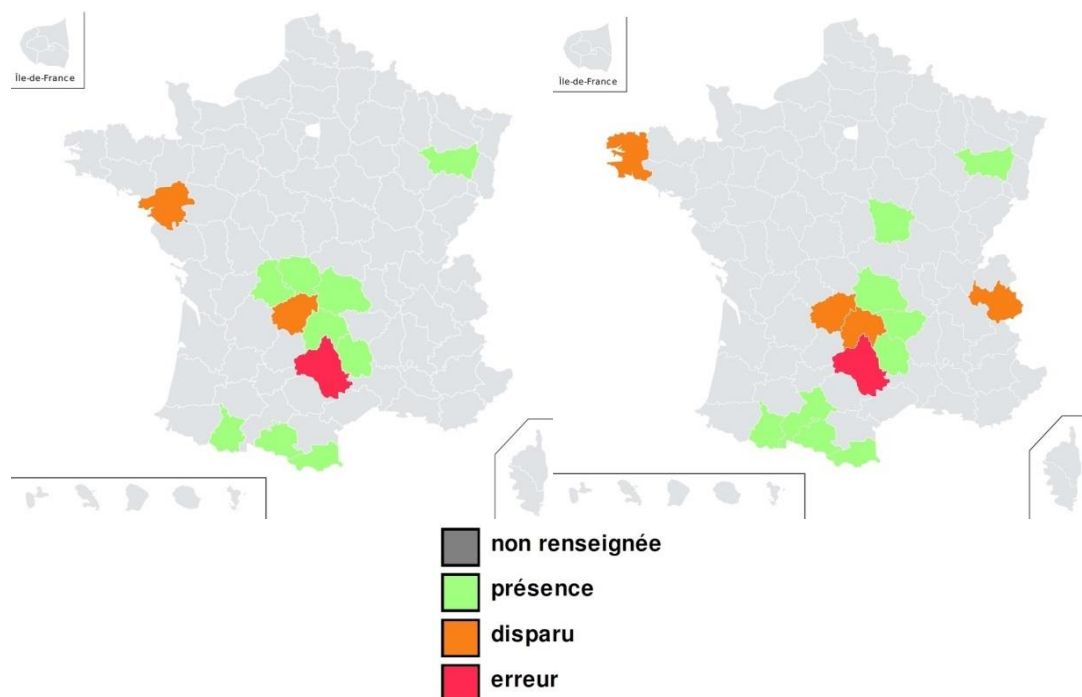


FIGURE 59 : RÉPARTITION DES DEUX ESPÈCES D'ISOÈTES EN FRANCE (© TELA-BOTANICA) :
I. ECHINOSPORA À GAUCHE – *I. LACUSTRIS* À DROITE

Relevé 24/09/2016 Longemer - 1 m ²	Strate	Phytosociologie stigmatiste 2016			Recouvrement (%)	Densité 2016 sur quadrat
		Alliance & Association	Abondance-dominance (cote)	Sociabilité (cote)		
<i>Isoetes echinospora</i> (Jeunes sporophytes immatures)	Amphiphytes	<i>Littorellion uniflorae</i> Koch 1926	4	3	30%	130 sporophytes/m ²
<i>Myriophyllum alterniflorum</i> (stérile)	Hydrophytes flottants	<i>Isoetum echinosporae</i>	4	2	40%	Effectifs 2016 sur 93 m ²
<i>Ranunculus aquatilis</i> (stérile)		<i>myriophylletosum alterniflori</i>	1	1	5%	env. 400 sporophytes visibles

FIGURE 60 : ÉTAT DES HERBIERS AMPHIBIES SUR LONGEMER EN 2016 (© CENL ET J.-C. RAGUÉ)

ÉCOLOGIE DES HERBIERS

Les herbiers amphibies (*Littorellion*) poussent dans des eaux oligotrophes, avec un faible taux de phosphore, d'azote et de CO₂, mais avec des sédiments riches en nutriments. Deux causes principales peuvent expliquer la disparition des Isoètes^{ix} :

- l'acidification des eaux par augmentation du taux de CO₂ provoque une nitrification favorable à d'autres espèces, compétitrices ;
- l'enrichissement en phosphates des sédiments stimule le développement de macrophytes enracinés (*Myriophylle*...). Si cet enrichissement s'étend à la masse d'eau, nous observons un développement de macrophytes non enracinés (pleustophytes), ainsi qu'une prolifération de plancton et d'algues benthiques.

Au niveau des espèces patrimoniales des herbiers amphibies^x, *Littorella uniflora* est l'espèce à plus large amplitude et la plus tolérante au stress. Elle dépend cependant du marnage pour se reproduire de manière sexuée, et ne peut ainsi plus se reproduire que végétativement sur Gérardmer. C'est aussi le cas de *Subularia aquatica*, sans doute disparue du fait du marnage limité, nécessaire à sa floraison car il permet de libérer des zones exondées. *Isoetes lacustris* est une des espèces qui pénètre le plus profondément dans l'eau. Elle évite les zones de dépôts de sédiments qui recouvrent ses feuilles^{xi}. Toutes ces plantes sont peu adaptées à une colonisation de milieux perturbés^{xii}, leurs feuilles sont fragiles et sensibles au piétinement.

Les herbiers enracinés flottants supportent beaucoup mieux l'envasement et l'eutrophisation^{xiii}. La plupart des espèces les composant peuvent se développer sur des substrats organiques épais et leur grande taille leur permet de ne pas être recouverts par les sédiments. Ils sont cependant très sensibles au fauchage, le passage de bateaux abîmant les feuilles flottantes, qui sont nécessaires au bon développement des individus.

RÔLES DES HERBIERS

La végétation aquatique joue de nombreux rôles dans l'écosystème aquatique^{xiv} (Figure 61) :

- rôles physico-chimiques : la libération de dioxygène et l'absorption de CO_2 par photosynthèse permet à la faune de survivre et catalyse la minéralisation de la matière organique dans les sédiments^{xv} (le transport de dioxygène vers les racines évite une anaérobiose racinaire), ce qui permet de garder le lac dans un état oligotrophe. Les plantes aquatiques ont de plus un très fort rôle d'épuration de l'eau, d'autant plus que les Isoètes et Littorelles assimilent le carbone des sédiments par leurs racines^{xvi} ;
- rôles biologiques : les plantes sont à la base de la chaîne alimentaire. Les herbiers sont source de nombreux habitats pour la faune (frayères, caches...) ;
- rôles mécaniques : les herbiers entravent l'écoulement, ce qui contribue à la diminution de la vitesse de l'eau, et donc de l'érosion ; ils fixent le substrat (fond et berges) et facilitent la sédimentation ;
- rôle thermique : les feuilles flottantes des hydrophytes font barrière aux rayons solaires en été, ce qui évite un échauffement trop fort de l'eau en surface.

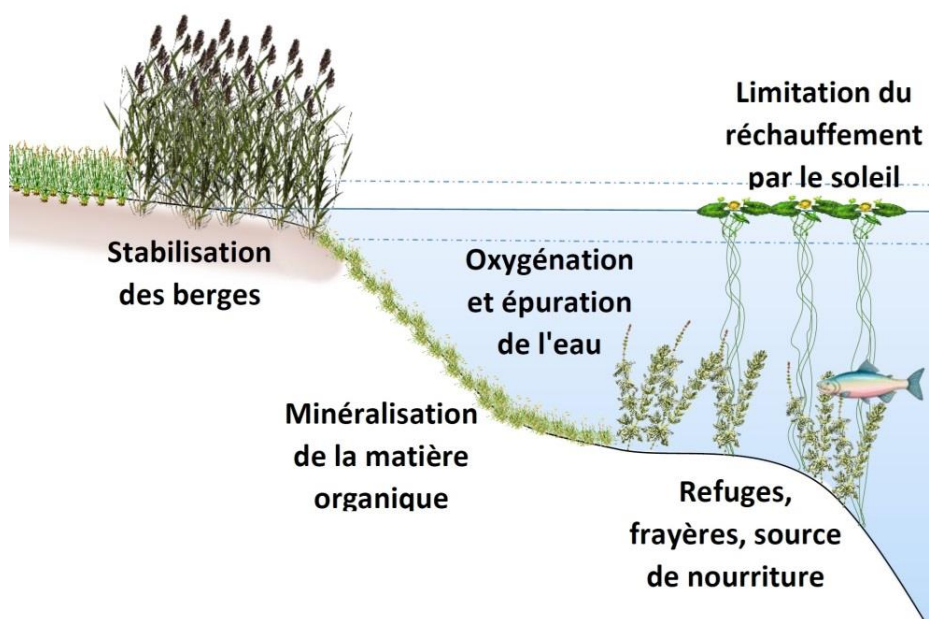


FIGURE 61 : RÔLES DES HERBIERS LACUSTRES (© AGROPARISTECH-GMN)



S'ajoute à tous ces éléments un rôle de bioindication : la bonne santé des herbiers indique une bonne qualité de l'eau et de l'hydrosystème en général.

Les herbiers, du fait de leur position à l'interface terre/eau, abritent aussi un grand nombre d'espèces animales patrimoniales^{xvii}. Les zones humides associées sont par exemple l'habitat du Cuivré de la bistorte (*Lycaena helle*), qui occupe les communautés de Renouée bistorte et de Renoncules à feuilles d'Aconit. L'Écrevisse à pieds blanc (*Austropotamobius pallipes*) a été éradiquée par la peste de l'écrevisse dans les années 1970. Seule l'Écrevisse à pattes rouges (*Astacus astacus* ; Figure 62) est encore observée. Les herbiers peuvent aussi abriter les Tritons alpestre (*Ichthyosaura alpestris*) et palmé (*Lissotriton helveticus*).



FIGURE 62 : ECREVISSE À PATTES ROUGES
(© J.-C. RAGUÉ)

4.1.2. Évolution des herbiers sur les trois lacs depuis la seconde Guerre Mondiale ETAT DE RÉFÉRENCE AVANT LA SECONDE GUERRE MONDIALE

Si le lac a été modifié par la présence humaine dès 1702, les berges n'ont été artificialisées qu'au cours du développement socio-économique de Gérardmer d'après-guerre (1939-45)^{xviii}. Nous considérons donc le début du XX^{ème} siècle comme état de référence, puisque le lac était alors peu altéré par les aménagements anthropiques, même si le laboratoire de Chrono-Environnement^{xix} met en évidence des impacts anthropiques plus précoces.

Les données du début du XX^{ème} siècle sont incomplètes et qualitatives, mais elles permettent toutefois de dégager un portrait du lac d'avant-guerre. Il s'agit de :

- photographies des rives du lacs, disponibles dès les années 1900 ;
- prélèvements floristiques dès le XVIII^{ème} siècle ;
- cartes bathymétriques (dès 1929) ;
- photographies aériennes, disponibles à partir de 1930.



FIGURE 63 : CARTE POSTALE ANCIENNE DES
RIVES DU LAC DE GÉRARDMER
(WWW.DELCAMPE.NET)

Sur les trois lacs, les photographies suggèrent que toutes les zones peu profondes et les berges étaient recouvertes de végétation aquatique (Figure 63).

Sur Gérardmer, les anciennes cartes postales montrent un littoral intégralement occupé par les héliophytes et hydrophytes de la Croix Meyon à l'exutoire du lac (la Jamagne), avec une grande zone humide au niveau du delta de Ramberchamp, souvent qualifié de "poumon du lac". Les prélèvements du début du XX^{ème} siècle suffisent à montrer une diversité spécifique importante témoignant d'un bon fonctionnement de la ceinture végétale lacustre.

Émile Mer décrit en 1908 les eaux limpides du lac de Longemer, ne contenant que quelques traces de matière organique ou minérales en dissolution^{xx}. Les plantes vertes recouvraient le fond du lac à des profondeurs inférieures à cinq mètres. La vase épaisse observée au-delà de cette profondeur est composée principalement de carapaces de Diatomées, suggérant un lac oligotrophe avec une présence importante de phytoplancton.

Des communautés du *Littorelletea* ont été inventoriées dans les trois lacs dans les premières publications sur la flore du massif Vosgien et de ses environs^{xxi}. Les *Isoetes* sont notées en 1852 à Gérardmer et dès 1767 à Retournemer^{xxii}. Ces espèces représentent les témoins du fonctionnement « originel » de ces lacs^{xxiii}.

EVOLUTION HISTORIQUE DES HERBIERS

Les états des lieux réalisés dans les années 1970 témoignent d'une forte dégradation des herbiers. L'étude menée par le CTGREF en 1977 révèle une pauvreté floristique plus accentuée sur Longemer que sur Gérardmer : il ne restait aucune ceinture végétale. La bordure orientale proche de l'émissaire et la beine de l'extrémité méridionale rassemblaient quelques touffes de *Menyanthes trifoliata*, *Myriophyllum alterniflorum*, *Ranunculus aquatilis*, *Littorella lacustris*^{xxiv}, ainsi que *Calla palustris* (introduit) et *Nuphar pumila*.

L'Amour blanc est introduit à Longemer à plusieurs reprises à partir de 1976. La même année, le Grèbe castagneux (*Tachybaptus ruficollis*), oiseau nicheur des herbiers, disparaît de ce même lac : l'avifaune témoin de la qualité des zones humides est impactée, avec par exemple la disparition du Tarier des prés (*Saxicola rubetra*) sur les trois lacs. Nous constatons également une régression des urodèles (Tritons alpestre et palmé – *Ichtyosaura alpestris* et *Lissotriton helveticus*). Seul le crapaud commun (*Bufo*) et la grenouilles rousse (*Rana temporaria*) se maintiennent, essentiellement à Retournemer.

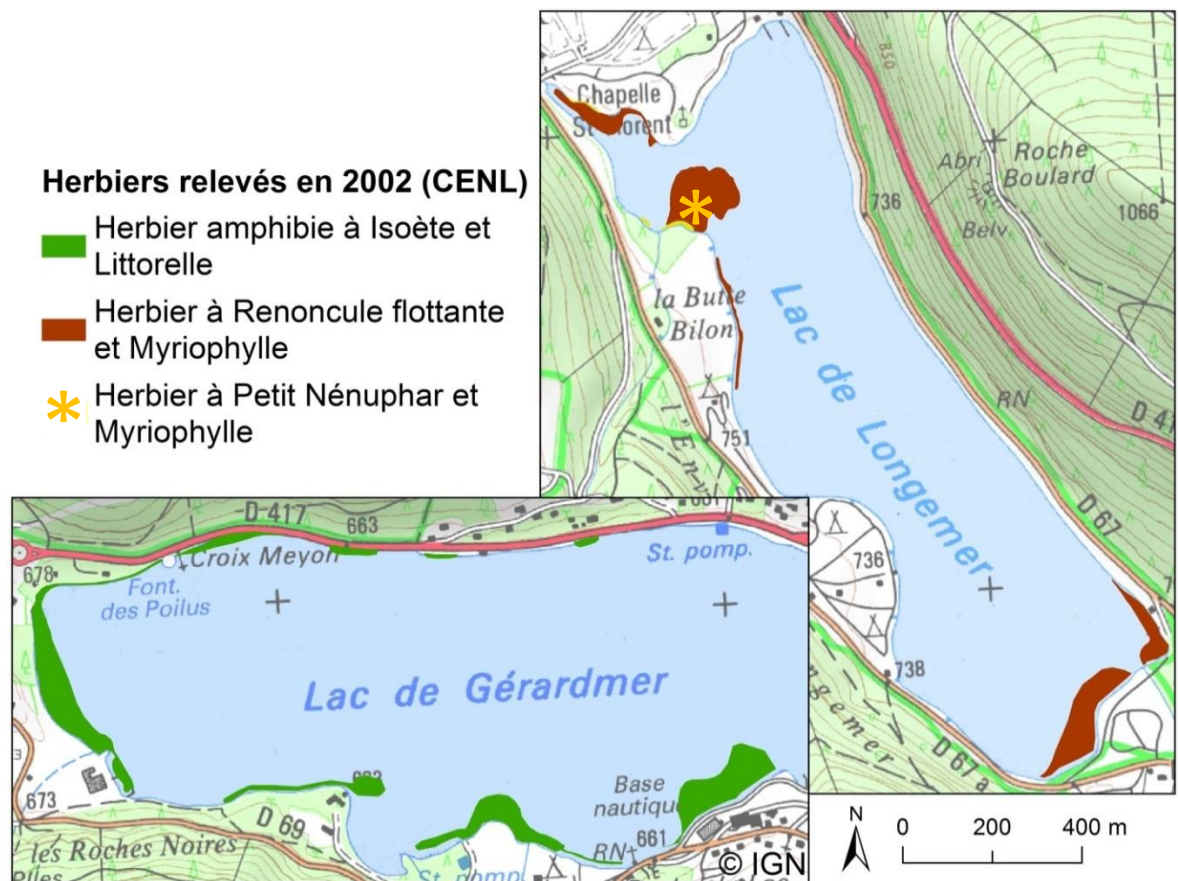
Sur tous les lacs, la régression des espèces originelles est affirmée en 1979^{xxv}. Parallèlement, la qualité de l'eau s'est dégradée, avec des concentrations en composés azotés et phosphorés "en tout état de cause excessive" pour tous les lacs. Le lac de Gérardmer est classé "en eutrophisation"^{xxvi}. Le déficit en oxygène est quantifié : il s'aggrave de 30% entre 1930 et 1975. Ces résultats sont à mettre en relation avec l'utilisation des lessives phosphatées et l'accroissement de la pression anthropique.

À Gérardmer, la ceinture végétale se réduit à une étroite bande de *Littorella lacustris*. Seuls les abords du camping de Ramberchamp hébergent des plantes lacustres. *Nuphar pumila* a disparu du lac en 2014.

A Longemer le suivi scientifique de l'état de conservation des espèces du *Littorelletea* lancé par le Conservatoire des Sites Lorrains (CSL) en 1994 démontre une dégradation dramatique de ces herbiers : diminution du recouvrement des Isoètes et disparition de *Subularia aquatica*.

La situation des herbiers en 2002 est présentée sur la Figure 64.



FIGURE 64 : SITUATION DES HERBIERS EN 2002^{xxvii}

(CERTAINES ZONES NON PROSPECTÉES ÉTAIENT SUSCEPTIBLES D'ABRITER DES HERBIERS NON RÉFÉRENCÉS SUR CETTE FIGURE)

En 2003, le CSL, en collaboration avec le Professeur Serge Muller de l'Université de Metz, met en place un suivi biométrique des deux espèces bioindicatrices *Isoetes lacustris* et *Littorella uniflora* sur les lacs de Gérardmer, Longemer et Retournemer. Entre 2005 et 2009, quelques plants d'*Isoetes lacustris* sont réapparus spontanément sur les hauts fonds de Longemer à hauteur de la butte Bilon^{xxviii}. Les Petits Nénuphars (*Nuphar pumila*), qui ne formaient que quelques feuilles émergées en 2005, ont pu se développer considérablement grâce à la ligne d'eau mise en place par le CSL^{xxix}.

Dans la partie occidentale du lac de Gérardmer il apparaît que les herbiers amphibies se régénèrent bien. Des zones pionnières du fond du lac ont été densément colonisées par de nouveaux plants d'Isoètes et des stolons de Littorelle^{xxx}. Cependant, le colmatage par les boues empêche toute recolonisation par les herbiers amphibies dans la partie orientale du lac, où des herbiers d'*Isoetes lacustris* peuplaient les fonds jusqu'à trois mètres de profondeur dans les années 1970^{xxxi}.

Les expérimentations effectuées sur Retournemer n'ont pas donné suite, le colmatage par les sédiments y étant trop important. Seuls les plants de Littorelle semblent préservés du colmatage grâce au courant, à la forte pente et à la nature graveleuse du substrat du ruisseau de Balveurche, leur permettant de se propager par stolons^{xxxii}. Cette population n'a pas été revue depuis 2010, probablement du fait de l'abrutissement^{xxxiii} supposé par l'Amour blanc.

ETAT ACTUEL

Sur le lac de Longemer (Figure 65), les herbiers relictuels à *Isoetes echinospora* ont été observés depuis 2012 au niveau du delta des Plombes (site de la butte Bilon), après une longue éclipse. Quelques mètres carrés d'*I. lacustris* sont aussi présents. Au Sud du delta, l'enjeu est majeur avec 300 plants observés, constituant de loin le site dans l'état de conservation le plus favorable pour l'espèce. En 2016, une des trois sous-stations relevées en 2015 avait disparu, ainsi que la quasi-totalité des plants matures (abroustis)^{xxxiv}. Les plants risquent de ne pas avoir le temps de devenir mature avant d'être abroustis, ce qui empêche la reproduction de l'espèce, qui ne survit principalement que par les banques de spores stockées dans la vase. Cette espèce est donc très menacée dans toute la région Grand Est, avec pour seule station le lac de Longemer. Elle a en effet disparu des lacs de Blanchemer et Sewen, ainsi que de l'étang de la Demoiselle.

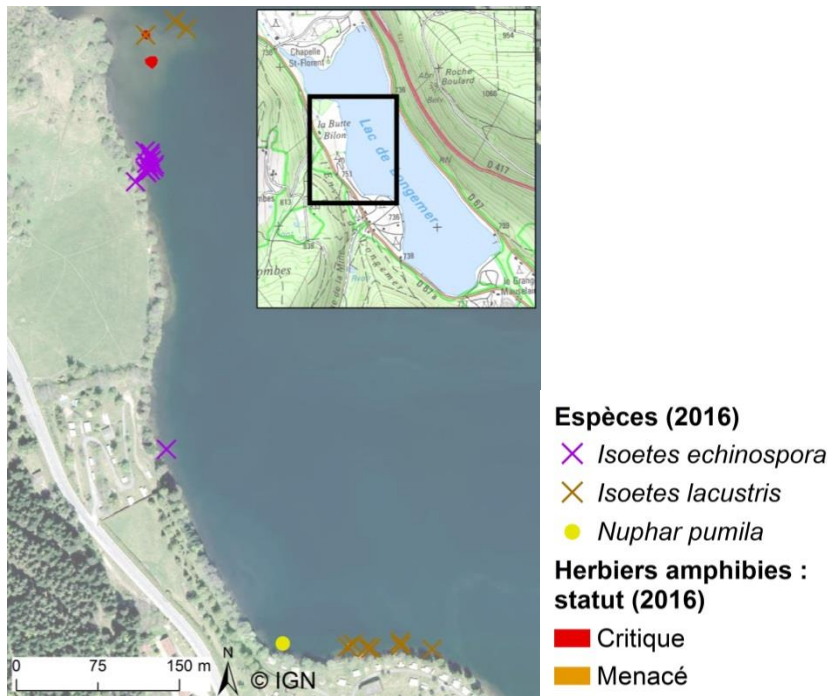


FIGURE 65 : CARTOGRAPHIE DES HERBIERS AMPHIBIENS SUR LE LAC DE LONGEMER (© CENL ET J.-C. RAGUÉ, 2016)

L'état de conservation est meilleur pour *Isoetes lacustris* et *Littorella uniflora* sur Gérardmer, où les herbiers recouvrent deux ou trois hectares sur la côte Sud-Ouest (Figure 66). *I. lacustris* montre une forte dynamique de recolonisation des hauts fonds perturbés par les activités humaines. Elle n'est pas considérée comme menacée dans les Vosges^{xxxv}. *I. echinospora* est toutefois absente.

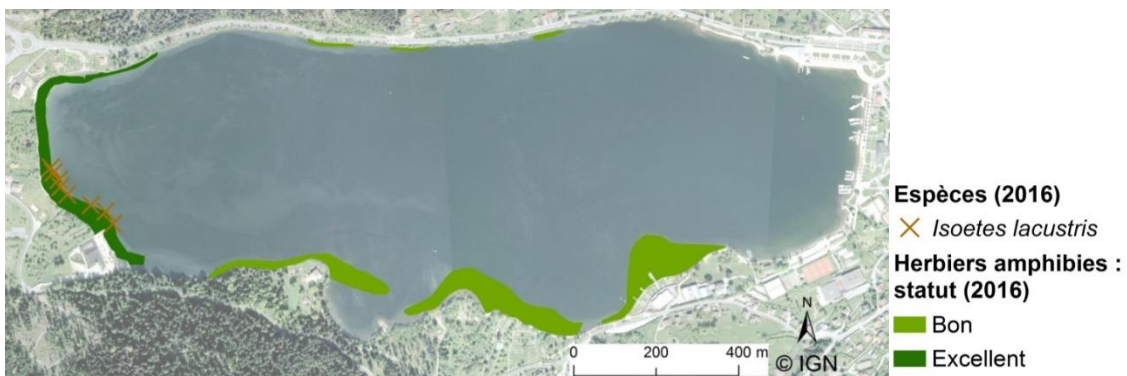


FIGURE 66 : CARTOGRAPHIE DES ZONES À HERBIERS AMPHIBIENS SUR LE LAC DE GÉRARDMER (© CENL ET J.-C. RAGUÉ, 2016)



II.4

Subularia aquatica n'a plus été revue depuis 1982, les lacs de Longemer et Gérardmer constituaient ses deux dernières stations vosgiennes. La détérioration de ces communautés d'espèces "clés de voûte" est indicatrice d'une perte globale de la qualité écologique et fonctionnelle des milieux aquatiques pour les trois lacs.

Les herbiers enracinés flottants se portent bien à Longemer et surtout à Retournemer (augmentation des effectifs de *Nuphar pumila* et *Myriophyllum alterniflorum*). Sur le lac de Retournemer *Isoetes lacustris* a cependant disparu à cause de la mauvaise qualité de l'eau.

4.1.3. Causes de régression et menaces actuelles

QUALITÉ DE L'EAU

Les déversements d'hydrocarbures et les fondants routiers sont considérés comme la principale menace pour les herbiers subsistant sur la rive Nord du lac de Gérardmer, du fait de la proximité immédiate avec la route D417 qui surplombe le rivage^{xxxvi}.

Ces pollutions impactent aussi les autres lacs, surtout Retournermer, où les fosses septiques des quelques bâtiments présents dans le bassin versant (deux hôtels, un restaurant, une colonie de vacances) se déversent. Les effluents, mal traités, sont très riches en phosphore, ce qui pose un gros problème de qualité chimique de l'eau. Les herbiers amphibies sont les plus fortement impactés puisqu'ils ont entièrement disparu. Les herbiers enracinés flottants se développent beaucoup mieux, notamment la Myriophylle, dont le fort développement témoigne d'un déséquilibre du lac (eutrophisation).

Le même problème de pollution au phosphore est mis en évidence sur les deux autres lacs, mais dans une moindre mesure : les bassins versants sont moins disproportionnés par rapport au volume des lacs (lacs plus grands pour des bassins versants plus petits).

POISSONS ENVAHISSANTS

L'abrutissement quasi total des herbiers à Isoètes par des poissons brouteurs est une cause avérée de disparition des herbiers du *Littorellion* sur le lac de Longemer^{xxxvii}. La population d'Amour blanc (Figure 67) issue de lâchers clandestins sur le lac de Longemer^{xxxviii} est très vraisemblablement à l'origine de ces dégâts. Si l'espèce ne semble pas se reproduire sur les lacs vosgiens, les lâchers constituent toutefois une menace sérieuse pour les herbiers, qui sont isolés et en petit nombre, pouvant à terme entraîner une disparition totale.



FIGURE 67 : A GAUCHE : AMOUR BLANC (*CTENOPHARYNGODON IDELLA* ; © ENGBRETSON ÉRIC)
A DROITE : *ISOETES ECHINOSPORA* ABROUTIE (© J.-C. RAGUÉ, 2015, LONGEMER)

Les Cyprinidés fouissent dans la vase, ce qui induit une turbidité de l'eau et des dommages mécaniques directs sur les herbiers. Une surpopulation de Carpes, Tanches... est défavorable à la végétation aquatique.

ARTIFICIALISATION DES BERGES ET ÉROSION

Les berges constituent l'interface entre le milieu terrestre et le milieu aquatique, et sont donc le siège de nombreux échanges. Elles peuvent être séparées en deux parties^{xxxix} : le pied de talus (sous le niveau moyen des eaux) et le talus (au-dessus du niveau moyen des eaux).



ÉROSION DES BERGES

L'érosion des berges limite les habitats favorables à la végétation littorale. Le recul des berges est estimé à environ 10 m depuis 1950 au niveau du delta de Ramberchamp (Figure 68), d'après les photographies aériennes.



FIGURE 68 : ÉROSION DES BERGES DU LAC DE GÉRARDMER AU NIVEAU DU DELTA DE RAMBERCHAMP (© AGROPARISTECH-GMN)

Trois principales causes d'érosion ont été mises en avant^{xi} :

- le piétinement par les baigneurs ;
- le recul des ceintures végétales lié au niveau constant de l'eau du à l'absence de marnage ;
- les vagues issues du batillage et du vent. Les premières sont plus violentes et plus nombreuses que celles causées par les vents dominants^{xii} (provenant principalement du Sud-Ouest^{xliii}), et empêchent le maintien des hélophytes.

Le batillage, associé à un brassage faible des strates d'eau, provoque également un déficit alluvionnaire qui perturbe le développement des herbiers amphibies. Il est préconisé que les bateaux ne passent pas à moins de 300 m des berges afin de limiter l'érosion^{xliii}, ce qui n'est pas envisageable au regard des dimensions des lacs étudiés.

La vitesse et l'ampleur de l'érosion dépendent du substrat composant les berges (les matériaux sablo-limoneux sont plus facilement érodables que les substrats argileux)^{xliv}.

ARTIFICIALISATION DES BERGES

Les remblais effectués autour du lac de Gérardmer pour l'aménagement de structures de loisir (sentier du tour du lac, infrastructures routières, infrastructures de loisirs) créent une pente brusque non propice à l'installation de la végétation aquatique. La majeure partie des berges est enrochée (Figure 69), ce qui empêche le maintien de ceintures d'hélophytes nécessaire au bon fonctionnement des berges. Seules quelques zones (dont le delta de Ramberchamp) conservent des berges quasi-naturelles, quoique fortement érodées.



FIGURE 69 : BERGES ENROCHÉES AU NORD-EST DU LAC DE GÉRARDMER (© AGROPARISTECH-GMN)

Les berges sont plus naturelles sur le lac de Longemer, notamment au niveau du delta des Plombes, où les ripisylves couvrent une grande surface. Au niveau des deux routes, les berges sont enrochées, mais la pente est un peu moins raide qu'à Gérardmer (Figure 70).

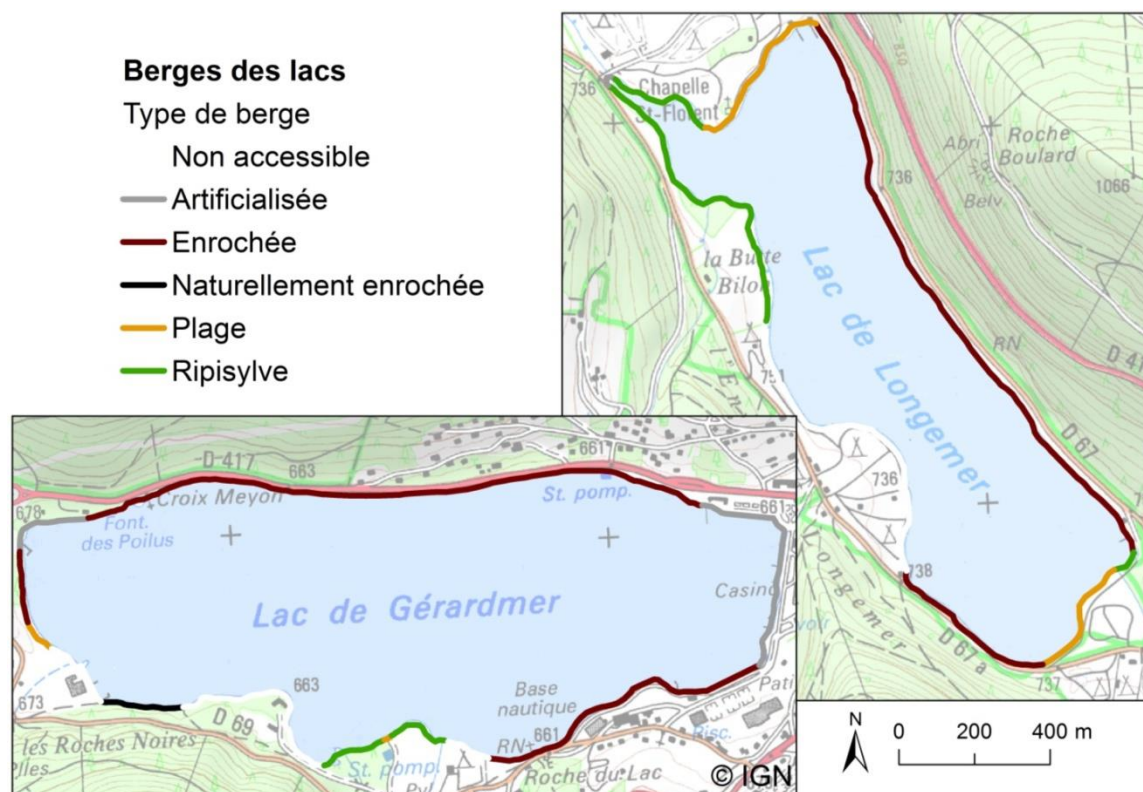


FIGURE 70 : ÉTAT DES BERGES DES LACS DE GÉRARDMER ET LONGEMER (© AGROPARISTECH-GMN)

Le lac de Retournemer est beaucoup moins artificialisé : les berges sont principalement naturelles, avec une tourbière en formation à l'amont et des éboulis naturels sur les berges au Nord.

PLANTES INVASIVES

Les plantes invasives constituent une des causes majeures de dégradation des berges. Sur les lacs, plusieurs espèces ont été relevées^{xlv} : la Renouée du Japon (*Reynoutria japonica*), la Spirée blanche (*Spiraea alba*), la Balsamine de l'Himalaya (*Balsamine glandulifera*), le Solidage du Canada (*Solidago canadensis*)... L'Elodée de Nuttall (*Elodea nuttallii*), introduite par accident en 2005, a été éradiquée.

Les berges du lac de Gérardmer sont fortement colonisées par les plantes invasives (notamment la Spirée, Figure 71), alors qu'à Longemer seules quelques stations ont été localisées. A Retournemer, la Renouée du Japon était très développée à l'époque, mais des essais expérimentaux d'éradication ont permis un contrôle des populations.





FIGURE 71 : *SPIRAEA ALBA* SUR LES BERGES DU LAC DE GÉRARDMER (© AGROPARISTECH-GMN)

La colonisation des berges du lac par ces plantes peut être réduite en limitant les transferts de terre, lors de travaux par exemple. Certaines espèces, comme la Balsamine, peuvent assez facilement être éliminées en quelques années en cassant les tiges avant fructification. D'autres, comme la Renouée du Japon, sont beaucoup plus difficiles à contrôler.

RÔLES DES HÉLOPHYTES

Les hélophytes, présentes sur les berges non artificialisées, permettent^{xlvi} (Figure 72) :

- de limiter l'érosion en stabilisant le substrat par leurs racines, et donc d'assurer la sécurité publique (protection des routes et des habitations) et de limiter la perte de terrains (importance économique pour les propriétaires riverains) ;
- une amélioration de la qualité de l'eau (épuration, filtre des ruissellements arrivant au lac) ;
- la préservation d'habitats pour la faune (importance économique de la pêche et rôle environnemental) ;
- la conservation d'un paysage d'aspect naturel.

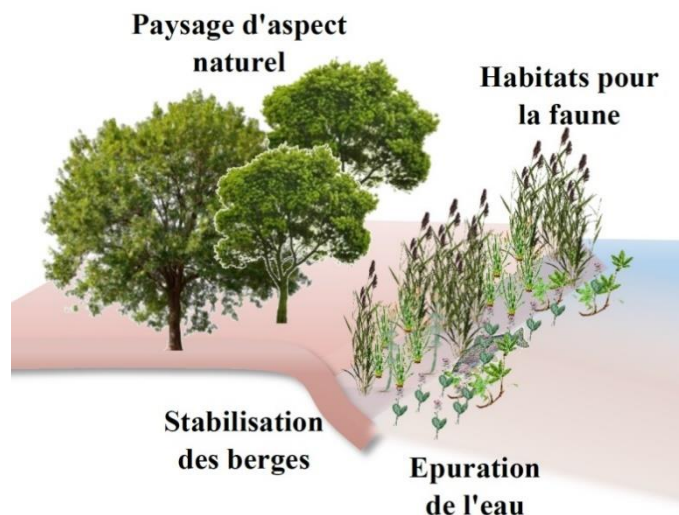


FIGURE 72 : RÔLES DE BERGES NATURELLES (© AGROPARISTECH-GMN)

FAUCHAGE PAR LES BATEAUX

Le passage des bateaux dans les zones à herbiers malgré la présence de lignes d'eau (au niveau de l'Anse de Kattendycke à Gérardmer et de l'exutoire à Longemer) arrache les feuilles flottantes. Les individus qui sont privés de ces feuilles nécessaires à la photosynthèse ont beaucoup de mal à survivre. Du fait de ces passages répétés, la floraison, qui se fait au-dessus du niveau de l'eau pour la majorité des espèces, est impossible.

ENVASEMENT ET APPORT DE MATIÈRE ORGANIQUE

Les sédiments et nutriments apportés par les cours d'eau et les matériaux provenant de l'érosion des berges envasent le lac. Les herbiers amphibies ne sont pas capables de pousser dans des substrats très organiques et l'envasement, combiné à la turbidité de l'eau, gêne la photosynthèse.

Les herbiers enracinés flottants sont beaucoup moins impactés par ces apports, ils se développent bien sur des limons organiques épais.

MARNAGE RÉGULÉ

Le marnage est l'évolution du niveau d'eau d'un lac au cours de l'année (Figure 73).



FIGURE 73 : MARNAGE ARTIFICIEL SUR LE LAC DE SAINT-CASSIEN, DANS LE VAR (UPLOAD.WIKIMEDIA.ORG)

À Gérardmer, l'amplitude annuelle du niveau d'eau ne dépasse pas une vingtaine de centimètres (5.2. Marnage actuel à Gérardmer (données 2012 - 2014)) en dehors de quelques périodes de crues, ce qui a des impacts divers^{xlvii} :

- les vagues frappent les berges toujours sur la même ligne de rive, ce qui accroît l'érosion ;
- l'espace exondé est fortement diminué, engendrant un défaut de minéralisation de la matière organique. Ceci engendre une accumulation de litière défavorable aux herbiers amphibies ;
- les vasières libérées par le marnage attire de nombreux oiseaux, notamment aux périodes de migration ;
- certaines espèces ont besoin d'une exondation pendant plusieurs semaines pour fleurir et être pollinisées (*Subularia aquatica* ou *Littorella uniflora* par exemple) ;
- les déchets flottants sont concentrés à la base des hélophytes, qui s'en retrouvent endommagés ; ils s'accumulent, altérant le fonctionnement global de l'écosystème.



4.2. Propositions d'actions

Avant tout projet de restauration, une cartographie précise de l'emplacement des herbiers amphibies devra être établie sur le lac de Gérardmer. Il est en effet impératif d'éviter toute opération lourde sur les sites à Isoètes et Littorelles, espèces protégées et sensibles aux travaux dans l'eau. Une demande de dérogation "espèces protégées" au CSRPN pour un projet de revégétalisation du lac impliquerait des démarches administratives lourdes et une probabilité élevée de rejet du dossier. Par conséquent les mesures d'évitement doivent être privilégiées. C'est aussi pour ces raisons que les travaux de restauration d'herbiers ne concerneront que les herbiers enracinés flottants et pas les herbiers amphibies, trop sensibles. Ceux-ci seront indirectement favorisés par la restauration de l'écosystème.

Pour tous les projets, un suivi post-travaux de la végétation (retour d'espèces patrimoniales, colonisation des berges et des fonds lacustres...) et de la stabilité des berges (érosion...) est nécessaire afin de valider les techniques utilisées. Un suivi de l'intérêt du public pour les zones concernées (effet des actions de sensibilisation) pourrait également être intéressant.

4.2.1. Restauration des herbiers de l'Anse de Kattendycke (Gérardmer)

L'Anse de Kattendycke (Figure 74 et Figure 75) était autrefois recouverte d'herbiers enracinés flottants, qui ont totalement disparus aujourd'hui, et d'une ceinture d'hélophytes sur les berges. Les nombreux poissons (Sandres, Brochets...) présents sur la zone bénéficieraient d'une revégétalisation (Figure 77).



FIGURE 74 : SITUATION DE L'ANSE DE KATTENDYCKE (© AGROPARISTECH-GMN)



FIGURE 75 : PANORAMIQUE DE L'ANSE DE KATTENDYCKE, VUE DEPUIS LE DELTA DE RAMBERCHAMP (© AGROPARISTECH-GMN)

1. Restauration d'herbiers enracinés flottants (2 500 m²) :

La présence historique d'une forte densité de *Nuphar pumila* (Figure 76) sur site rend légitime sa réimplantation, techniquement réalisable par transplantation de rhizomes depuis le lac de Longemer. Le succès est d'autant plus probable que l'espèce présente un fort potentiel sur des sols organiques (l'anse est une zone de sédimentation, avec une forte épaisseur de limons organiques). Le dernier plant de cette espèce protégée a disparu en 2014 au niveau du Lido^{xlviii}. L'espèce peut aussi être cultivée ex-situ, en partenariat avec le jardin botanique de Nancy ou par la FDPPMA 88. Comme elle est protégée, une dérogation devra être demandée auprès du CSRPN, avec soutien des experts naturalistes.



FIGURE 76 : NUPHAR PUMILA ET CEINTURE D'HÉLOPHYTES (© J.-C. RAGUÉ, 2015, RETOURNEMER)

Les Isoètes et Littorelles sont absents de la zone (sous réserve de confirmation par pointage GPS), ce qui permet par conséquent d'envisager un passage par l'eau pour les aménagements, sans encourir de risque de destruction. Si nécessaire, les aménagements depuis la berge impliquent une négociation avec le propriétaire.

Les herbiers enracinés flottants sont peu sensibles vis-à-vis de la composition chimique du milieu. Comme le lac de Gérardmer est actuellement considéré comme mésotrophe, l'implantation et le développement des espèces préconisées ne devraient pas poser de problèmes. Le développement de *Myriophyllum alterniflorum*, espèce mésotrophe, semble même être stimulé par l'enrichissement nutritif des lacs. En effet, on observe sa prolifération dans le lac de Retournermer, qui présente une dynamique d'eutrophisation.

D'autres hydrophytes enracinés flottants peuvent également être envisagés :

- *Nuphar lutea*, acheté en pépinière (faire attention de ne pas prendre de cultivars) ;
- *Myriophyllum alterniflorum* et *Ranunculus aquatilis*, transplantables depuis d'autres zones du lac de Gérardmer.

2. Restauration des ceintures d'hélophytes (1 000 m²) :

Plusieurs espèces, historiquement présentes sur la zone, peuvent être plantées sur les berges :

- *Carex rostrata* et *Equisetum fluviatile*, transplantées depuis le plan d'eau artificiel de Feigne sous Vologne ;
- *Phalaris arundinacea*, transplanté depuis d'autres stations de Gérardmer ; *Menyanthes trifoliata* et *Comarum palustre*, transplantés depuis Longemer ou Retournermer.



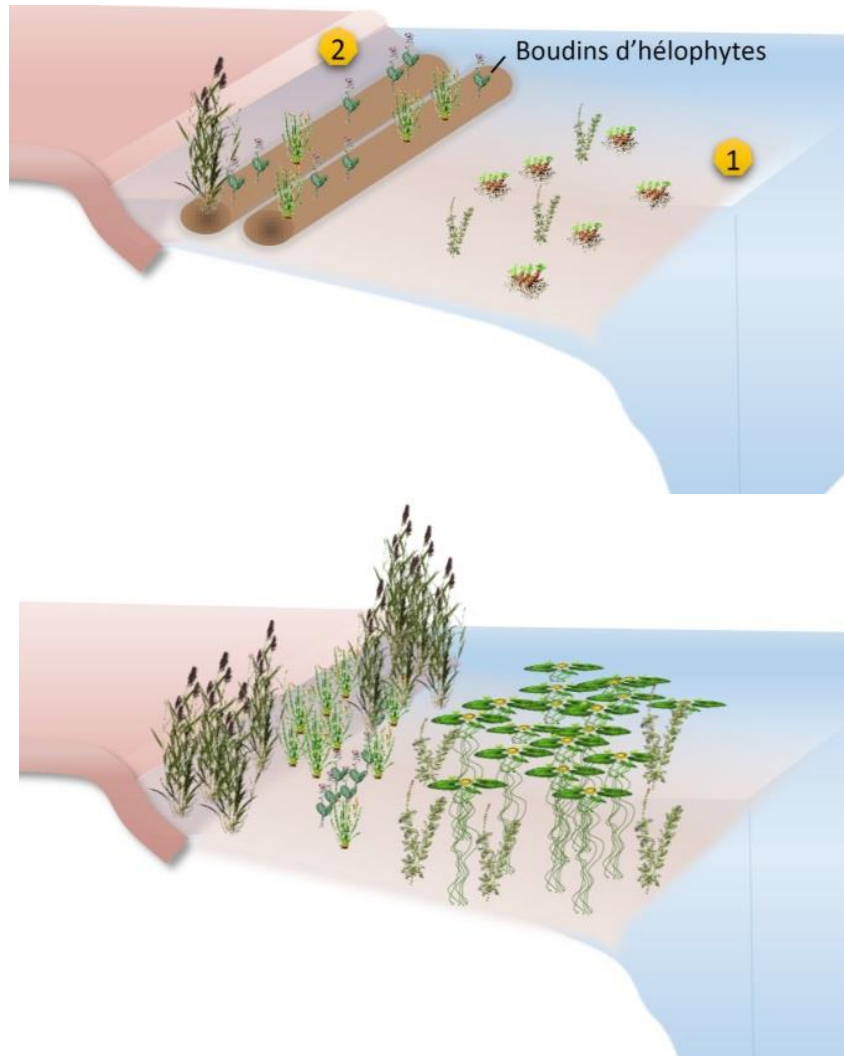


FIGURE 77 : PROJET DE RESTAURATION DES HERBIERS DE L'ANSE DE KATTENDYCKE (© AGROPARISTECH-GMN)
(EN HAUT : SITUATION ACTUELLE ; EN BAS : SITUATION PROJETÉE)

3. Protection de la restauration et sensibilisation :

Le secteur est déjà maîtrisé par l'AAPPMA. Il s'agit d'une réserve de pêche avec une ligne d'eau empêchant l'accès aux bateaux, la zone est donc protégée du faucardage. Une moraine immergée, sur la partie Ouest de l'anse, protège naturellement la zone du batillage. L'Anse de Kattendycke est peu soumise à l'érosion car elle est située dans une zone de dépôts sédimentaires. Il faudrait néanmoins actualiser le profil des berges, en concertation avec le propriétaire privé, afin de restaurer la continuité écologique entre les milieux terrestre et lacustre. Cette propriété privée serait le seul obstacle pour la partie du projet s'effectuant sur les berges.

D'un point de vue esthétique, cette zone pourrait être appréciée des locaux et touristes, et donc plus aisément protégée des activités dégradantes (faucardage). L'information du public sur le projet pourrait se faire par le biais de panneaux pédagogiques, d'articles dans les journaux locaux...

4. Suivi

Le suivi de l'installation des végétations littorale et aquatique est nécessaire afin d'ajuster les travaux futurs et d'effectuer d'éventuelles corrections au projet.

4.2.2. Restauration des berges et des prairies humides du delta de Ramberchamp (Gérardmer)

Le delta de Ramberchamp est situé juste à l'Est de l'Anse de Kattendycke (Figure 78). Son fonctionnement hydraulique a été perturbé par le remblai d'un des bras du ruisseau lors de l'aménagement des berges au niveau de l'actuel camping. Le projet de restauration des herbiers porté par la FDPPMA 88 doit prendre en compte la présence d'*Isoetes lacustris* et de *Littorella uniflora*, espèces protégées situées à proximité de la berge, au niveau de la pointe de l'AVJOR.

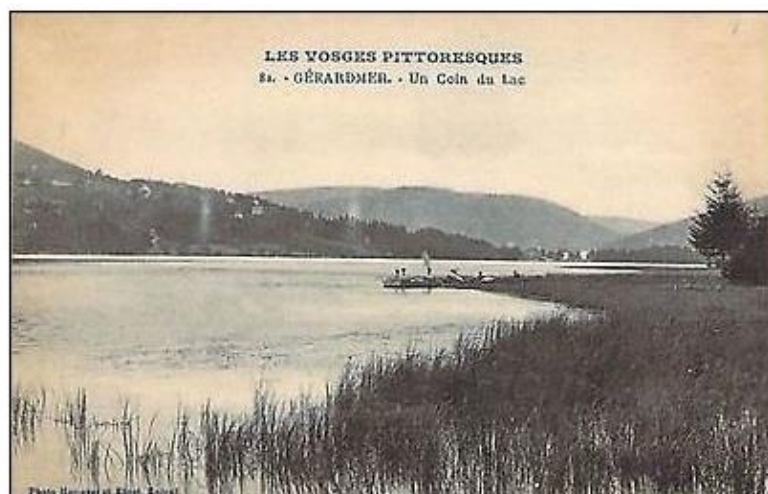


FIGURE 78 : SITUATION DU DELTA DE RAMBERCHAMP (© AGROPARISTECH-GMN)

RESTAURATION DES BERGES

Les berges du delta de Ramberchamp sont fortement soumises à l'érosion. Les vagues provoquées par le passage des bateaux à moteur, le piétinement par les baigneurs et la disparition des ceintures végétales stabilisatrices ont été mis en avant comme les principales causes de ce phénomène.

La pointe de l'AVJOR, sur le delta de Ramberchamp, une des zones les plus touchées, a reculé d'environ dix mètres depuis soixante ans. Ces berges érodées ne sont plus couvertes par des ceintures d'hélophytes, alors qu'elles étaient encore intégralement colonisées par la végétation littorale au début du XX^{ème} siècle (Figure 79). Elles n'assurent par conséquent plus la continuité écologique entre l'eau et la terre.



Cpapist

www.delcampe.net

FIGURE 79 : CARTE POSTALE ANCIENNE DU DELTA DE RAMBERCHAMP





FIGURE 80 : ARBRES DÉRACINÉS AU NIVEAU DES BERGES

La dégradation avancée des berges du delta se remarque également par le déracinement des Aulnes et des Bouleaux au niveau de la berge, ce qui accélère encore l'érosion en arrachant des pans de berge (Figure 80).

La cartographie précise de l'emplacement des herbiers amphibies devra être réalisée avant toute opération. La présence de ceux-ci à faible distance de la berge (trois à quatre mètres par endroits, Figure 81), ne permet pas d'envisager l'intervention d'engins amphibies lourds, mais plutôt des aménagements par la terre. L'impact sur la turbidité de l'eau devra être minimisé lors du retalutage afin de ne pas impacter les herbiers. Une solution technique envisageable est d'installer quelques boudins d'hélophytes superposés, au large, avant d'effectuer des travaux sur les berges, pour retenir la terre.

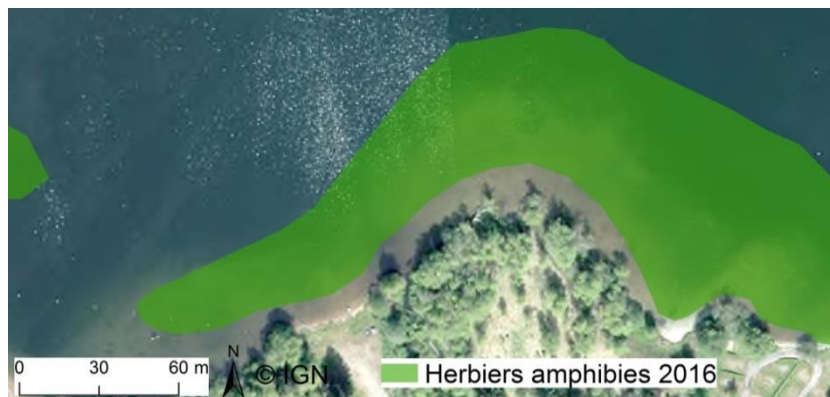


FIGURE 81 : CARTE DES ZONES À HERBIERS AMPHIBIES DU DELTA DE RAMBERCHAMP (© J.-C. RAGUÉ, 2016)

Plusieurs scénarii sont envisageables. Il est toutefois nécessaire d'obtenir l'acceptation de la DREAL dans tous les cas, car l'aménagement de cette zone touche à des zones humides et entraînerait des modifications paysagères. Il convient d'être vigilant avec les Aulnes malades (micro-organisme *Phytophthora alni*) en éliminant les sujets atteints.

Scénario 1 (le moins interventionniste ; Figure 82) : Coupe des arbres sur les berges

La coupe des arbres (Aulnes et Bouleaux) en bordure de berge semble nécessaire afin de prévenir leur chute et donc le recul accéléré des berges. Cette action serait à mener entre mi-octobre et mars afin de ne pas perturber l'avifaune pendant la période de reproduction. Il conviendrait de conserver des chablis dans l'eau (avec toutes les branches), perpendiculairement à la berge. Cela permettrait de constituer des caches pour la faune et de limiter le phénomène d'érosion en créant

une barrière naturelle pour la houle et les baigneurs (ceux-ci n'iront pas spontanément se baigner sur la zone, sans que cela leur soit interdit ; des panneaux indiquant les zones de baignade pourront être installés).

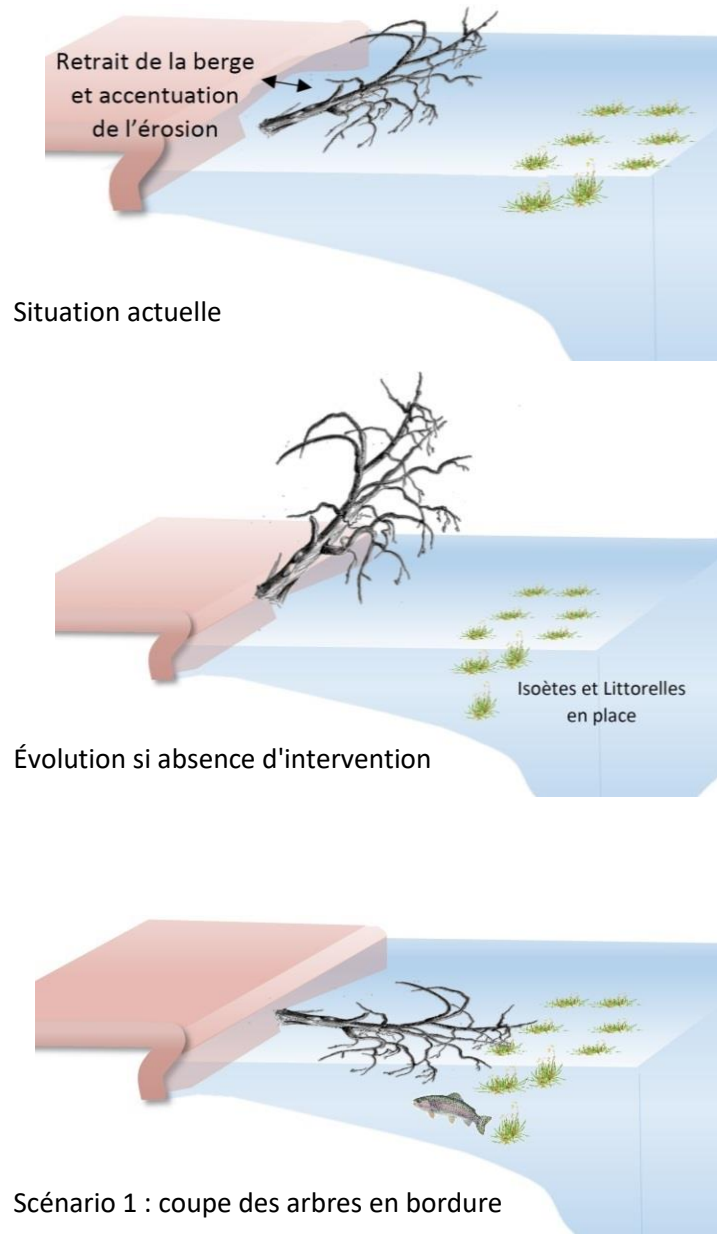


FIGURE 82 : SCÉNARIOS D'ÉVOLUTION DES BERGES (© AGROPARISTECH-GMN)

Scénario 2 : Adoucissement de la pente des berges par léger retalutage

Sans enlever un volume trop important de berges (frein majeur soulevé par la DREAL), il serait toutefois nécessaire de retaluter les berges pour rétablir une pente plus douce. Une recolonisation des berges et une restauration de la continuité écologique entre milieu aquatique et terrestre par plantation d'hélophytes n'est en effet envisageable que pour une pente inférieure à 50%^{xlix}. L'utilisation de terre issue de la berge évitera l'implantation de plantes invasives (notamment la Renouée du Japon, présente à proximité).

Scénario 3 (suite aux scénarios 1 ou 2) : Restauration d'une ceinture d'hélophytes



À titre expérimental et sur de petites portions, la restauration d'une ceinture d'hélophytes (espèces présentées Figure 83) par pose de boudins végétalisés pourrait être testée.



FIGURE 83 : QUELQUES ESPÈCES D'HÉLOPHYTES SUSCEPTIBLES D'ÊTRE IMPLANTÉES (DE GAUCHE À DROITE : *CAREX ROSTRATA*, *PHALARIS ARUNDINACEA*, *MENYANTHES TRIFOLIATA*, *COMARUM PALUSTRE*) (© Y. MARTIN)

Du fait de la texture très minérale du substrat au fond de l'eau, l'implantation d'hélophytes peut être délicate, ces dernières exigeant un substrat plutôt organique. Leur plantation au niveau de certains Saules (*Salix aurita*, présents au niveau des berges), qui retiennent de l'humus par leurs racines, peut être envisagée.

Suivi

Le suivi de la vitesse d'érosion des berges et de l'installation de la végétation et de la faune aquatique est primordial pour une bonne gestion de la zone après les travaux.

RESTAURATION D'UNE PRAIRIE HUMIDE

Le delta de Ramberchamp abrite l'une des dernières zones humides ripicole du lac en assez bon état de conservation. La forêt alluviale du delta est une forêt secondaire. Cette zone était anciennement majoritairement constituée d'une prairie humide oligotrophe, gérée par fauche. Pour aller jusqu'au bout du processus de restauration, il serait envisageable de recréer ce milieu.

Du fait du nombre important d'espèces protégées, les prairies humides oligotrophes sont un habitat de très forte valeur patrimoniale (habitat d'intérêt communautaire : code UE 6410), actuellement en régressionⁱ. Elles abritent de nombreuses espèces protégées, comme le Cuivré de la Bistorte (*Lycaena helle*, Figure 84), observé sur la pointe de l'AVJOR dans les années 1990ⁱⁱ. Ces prairies humides requièrent une gestion adaptée afin d'éviter la fermeture du milieu, ainsi qu'un maintien de l'alimentation en eauⁱⁱⁱ.



FIGURE 84 : CUIVRÉ DE LA BISTORTE (© J.-C. RAGUÉ, 2012, LONGEMER)

Les prairies humides jouent aussi des rôles aux niveaux hydrologique et économiqueⁱⁱⁱⁱ : tampon contre les inondations et soutien des étiages, épuration des eaux, importance paysagère...

La restauration des prairies de fauche historiques doit se faire en deux étapes :

1. Coupe de la forêt secondaire en exportant tous les produits de coupe et en conservant quelques arbres à titre paysager (notamment *Salix aurita*, bien adapté à ce milieu et qui stabilise les berges). Ces travaux de déboisement devront se conformer à la loi sur l'eau, afin de ne pas impacter le milieu humide.

2. Gestion concertée à long terme pour conserver un milieu ouvert :

- Entretien par des chantiers associatifs ou par l'AAPPMA ;
- Fauche par un agriculteur (avec subventions) ; les produits de fauche doivent être exportés afin d'appauvrir le milieu en substances organiques pour retourner à un état oligotrophe ;
- Pâturage par un bétail léger (en empêchant l'accès à l'eau par les animaux).

Les actions de gestion pourraient s'inspirer du plan d'action des prairies hygrophiles de delta des Plombes, site géré par le CENL (Figure 85).



FIGURE 85 : PRAIRIE HUMIDE AU NIVEAU DU DELTA DES PLOMBES (© J.-C. RAGUÉ, 2013, LONGEMER)

3. Suivi

Des relevés phytosociologiques de la végétation permettraient de suivre l'évolution de la végétation et le bon déroulement de la restauration, avec un retour attendu des espèces oligotrophes. La recolonisation par le Cuivré de la Bistorte pourrait également constituer un indicateur du rétablissement fructueux de la prairie humide oligotrophe.

SENSIBILISATION DU PUBLIC

Les actions menées sur les berges du delta requièrent des explications et une sensibilisation du public, par exemple :

- Implication des écoles dans le cadre d'un projet pédagogique sur la sensibilisation aux enjeux environnementaux : les enfants pourraient participer à la plantation des végétaux ou à la réalisation de dessins, de panneaux pédagogiques... ;
- Suivi photographique (voir filmographique) de l'évolution du projet (travaux, évolution de la végétation et de la faune) et exposition à l'office du tourisme ;



- Mise en place de panneaux pédagogiques à proximité de la zone de baignade pour expliquer la présence de chablis dans l'eau et l'intérêt de la revégétalisation des berges pour la santé du lac.

CRÉATION D'UN SENTIER PÉDAGOGIQUE

Les prairies humides sont des milieux sensibles. Du fait de la fréquentation touristique, il serait bénéfique de valoriser le projet de restauration et promouvoir leur diversité et rôles écologiques au grand public. La mise en place d'accès sur caillebotis permettant de traverser la végétation sans la piétiner, ainsi que de panneaux pédagogiques, semble pertinente (Figure 86). Ces panneaux expliqueraient le déroulement et l'intérêt du projet, le fonctionnement de la prairie, ses rôles pour le lac et la biodiversité, les espèces végétales et animales que l'on peut rencontrer...



FIGURE 86 : RESTAURATION DES PRAIRIES HUMIDES ET SENTIER PÉDAGOGIQUE – ASPECT PROJETÉ (© AGROPARISTECH-GMN)

- **Scénario 1** : le sentier pédagogique longe le camping et traverse en arc de cercle la prairie humide pour retomber sur le chemin d'accès à la berge (Figure 87, à gauche).
- **Scénario 2** : le sentier pédagogique est une impasse qui part du chemin d'accès à la berge et finit à un point de vue sur la prairie humide (Figure 87, à droite).



FIGURE 87 : LOCALISATION DU SENTIER PÉDAGOGIQUE SELON LES SCÉNARIOS 1 (À GAUCHE) ET 2 (À DROITE) (© AGROPARISTECH-GMN)

4.2.3. Renaturation des berges du lac de Gérardmer

Les berges, les ceintures d'hélophytes et les herbiers du lac en général sont dans un très mauvais état écologique. La revégétalisation permettrait de restaurer les fonctionnalités écologiques des berges (habitat pour la faune, épuration de l'eau, lutte contre l'érosion, rôle paysager...).

EXPÉRIMENTATIONS DE TECHNIQUES DE RESTAURATION À PETITE ÉCHELLE

Avant d'assurer le succès des projets de renaturation des berges et des herbiers à grande échelle, il conviendrait parallèlement de tester différentes techniques de revégétalisation et de protection des berges sur des petites surfaces. Les plantations d'herbiers enracinés flottants (*Nuphar pumila*, *N. lutea*, *Myriophyllum alterniflorum*, *Ranunculus aquatilis*...) seraient suivies par une végétalisation des berges, protégée contre les vagues. Il serait recommandé de planter dans un premier temps des hélophytes résistantes (*Phragmites australis*, dont le lacis de rhizomes est très résistant au batillage et qu'il suffit donc de protéger par un fascinage léger, *Iris pseudacorus*, *Phalaris arundinacea*...), éventuellement complétées dans un second temps par d'autres espèces plus sensibles (comme *Carex rostrata* ou d'autres hélophytes à rôle paysager). La pose de boudins végétalisés serait à tester.

Différentes techniques peuvent être testées et éventuellement combinées afin de stabiliser les berges^{liv}:

- protection contre le batillage : fascinage, tressage de saules, pieux jointifs, récifs artificiels (déplacement des roches de la berge quelques mètres au large)... ;
- stabilisation des berges : hélophytes à système racinaire solide, géotextile, boutures de saules...



Deux zones paraissent intéressantes pour les expérimentations (Figure 88) :

- la zone des pontons de l'AAPPMA (à l'Ouest) où des expérimentations de revégétalisation avec des hydrophytes et héliophytes ont été testées à petite échelle;
- le delta du ruisseau du Trexeau (à l'Est), où des roselières ont été remblayées il y a 40 ans.



FIGURE 88 : SITES POTENTIELS DE REVÉGÉTALISATION (© CENL, 2017)

L'ASTÉRIQUE INDIQUE L'EMPLACEMENT DU PROJET EXPÉRIMENTAL DE REVÉGÉTALISATION (FIGURE 89)

Ces zones ne possèdent pas d'herbiers amphibies, il n'y a pas trop de baignade (celle-ci étant officiellement qualifiée de "dangereuse") et elles possédaient à l'époque des herbiers enracinés flottants et des ceintures d'héliophytes bien développées.

Un essai de plantation d'hydrophytes, protégé par des fascines a déjà été mis en place par l'AAPPMA, avec des résultats encourageants, notamment au niveau de l'intérêt du public (Figure 89). Les actions peuvent aussi s'inspirer de travaux réalisés sur d'autres lacs (le Syndicat Mixte du Lac d'Annecy, par exemple, a mené des gros projets de restauration des roselières en testant différentes techniques de génie végétal^{lv}).



FIGURE 89 : ESSAI DE REVÉGÉTALISATION PAR L'AAPPMA (© AGROPARISTECH-GMN)

La proximité avec le centre-ville de Gérardmer, ville touristique, peut être saisie comme une opportunité pour la sensibilisation du public, avec des panneaux pédagogiques expliquant l'intérêt du projet et des végétations aquatiques.

Du fait de son caractère expérimental, le suivi de ce projet est tout particulièrement important : il conviendrait de comparer les différents itinéraires techniques en fonction des conditions stationnelles (substrat du fond de l'eau, type de berges...). Les mesures concerneraient la vitesse de recolonisation et le bon état des végétations, ainsi que la stabilisation des berges.

RENATURATION DES BERGES À PLUS GRANDE ÉCHELLE

La renaturation des berges devrait être envisagée à l'échelle de la totalité du lac. La poursuite de la végétalisation pourra ainsi être prolongée par :

- l'instauration d'une végétation lacustre pérenne et fonctionnelle :
 - extension de la ceinture d'hélophytes à toutes les zones peu profondes du lac ;
 - mise en place de fascines pour lutter contre l'érosion.
- l'effacement des traces d'artificialisation :
 - retrait des enrochements actuellement présents ;
 - génie végétal (préféré aux ouvrages minéraux).
- la subvention d'activités nautiques plus respectueuses des berges du lac :
 - subvention de vedettes plus modernes et hydrodynamiques ;
 - limitation des activités nautiques motorisées.

4.2.4. Protection des herbiers amphibies du lac de Longemer

La menace principale sur le lac de Longemer est l'abrutissement des herbiers amphibies par l'Amour blanc.

Des mesures devront donc être prises pour éviter le maintien de la population de ce poisson phytophage, introduit illégalement par certains pêcheurs. Cette espèce se trouve dans le lac de Longemer en dehors de sa niche reproductrice : la multiplication naturelle des poissons est donc improbable.

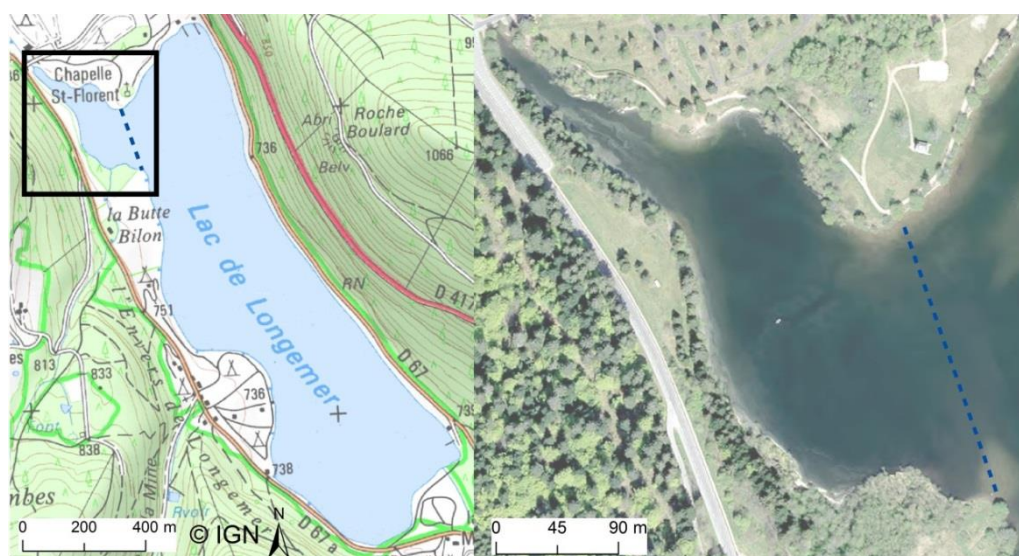


FIGURE 90 : LIGNE D'EAU SUR LE LAC DE LONGEMER (© AGROPARISTECH-GMN)



II.4

Nous recommandons par conséquent :

- le respect de la loi relative aux espèces allochtones :
 - appliquer l'interdiction stricte d'introduire des espèces allochtones (dont l'Amour blanc) ;
 - appliquer l'interdiction stricte de relâcher à l'eau toute espèce allochtone pêchée ;
 - appliquer des sanctions le cas échéant.
- la conduite d'actions de sensibilisation par diffusion de messages aux pêcheurs (e-mail à tous les adhérents, distribution d'un flyer accompagnant la carte de pêche, posters... Figure 91) ;
- la création d'une zone de quiétude :
 - retendre la ligne d'eau qui n'est actuellement pas respectée ;
 - créer une réserve de pêche dans la zone Ouest du lac de Longemer, délimitée par la ligne d'eau déjà en place (Figure 90) ;
 - suivre l'évolution des herbiers enracinés flottants.

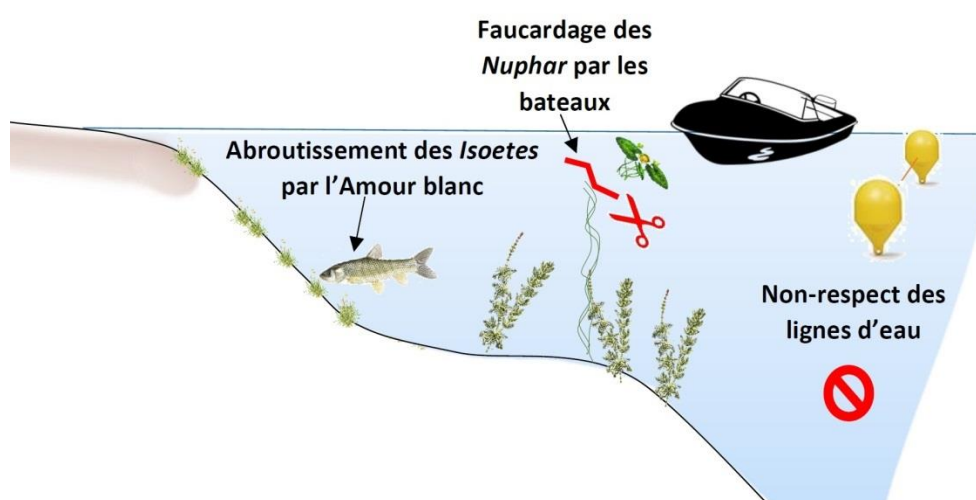


FIGURE 91 : PRESSIONS SUR LES HERBIERS DU LAC DE LONGEMER (© AGROPARISTECH-GMN)

4.2.5. Estimation financière

Le résumé des coûts des différents projets est présenté dans le Tableau 11. Le détail est en Annexe 4.2.

Désignation de l'action		VEGETAU X	TRAVAU X	MAIN D'ŒUVRE	TOTAL TTC
Anse de Kattendycke	Restauration des herbiers (0,7 ha)	9 398 €	818 €	2 768 €	13 000 €
	Restauration des berges	2 420 €	6 775 €	2 354 €	11 500 €
Delta de Ramberchamp	Restauration des prairies humides		18 750 €	2 186 €	21 000 €
	Sentier pédagogique (sur 70 m)		20 400 €	5 100 €	25 500 €
	Sentier pédagogique (sur 200 m)		51 600 €	12 900 €	64 500 €
Lac de Gérardmer	Techniques de restauration des berges et herbiers	1 769 €	8 808 €	2 684 €	13 000 €
Sensibilisation du public			6 000 €	1 500 €	7 500 €

TABLEAU 11 : ESTIMATION FINANCIÈRE DES COÛTS DES DIFFÉRENTES ACTIONS^{lvi}

Résumé

Il existe deux types d'herbiers : les herbiers enracinés flottants (par exemple constitués de Nénuphars) et les herbiers amphibies, immergés au fond de l'eau. Ils sont associés à des héliophytes (plantes de berges) et à des végétations de milieu humide (ripisylves, prairies humides...). Les herbiers des trois lacs jouent de nombreux rôles, environnementaux, socio-économiques et patrimoniaux (présence d'espèces protégées et menacées). Ils sont à l'interface entre les milieux lacustre et terrestre et accompagnent la faune et la flore des berges. Ces végétations sont très sensibles aux perturbations du milieu.

Les herbiers étaient autrefois fortement développés sur les trois lacs. Ils recouvraient toutes les berges et les fonds peu profonds. Ils sont cependant aujourd'hui menacés : le

Tableau 12 résume leur état actuel. Certaines espèces ont complètement disparu du fait des contraintes humaines, d'autres sont en très forte régression et ont du mal à subsister.

TABEAU 12 : ÉTAT ACTUEL DES HERBIERS SUR LES TROIS LACS

	Gérardmer	Longemer	Retournemer
Herbiers amphibies	Non menacés	Fortement menacés	Disparus
Herbiers enracinés flottants	Presque disparus	Menacés	En développement

Les herbiers sont, depuis l'arrivée de l'homme, soumis à diverses pressions qui les fragilisent :

- La pollution de l'eau (phosphates), est la principale cause de disparition des herbiers amphibies à Retournemer ; cet enrichissement induit cependant un développement "anormal" des herbiers enracinés flottants ;
- À Longemer, la principale menace est une carpe exotique introduite, l'Amour blanc ;
- Le mauvais état des berges (surtout à Gérardmer, mais aussi à Longemer) perturbe les herbiers. Leur érosion et artificialisation empêchent l'implantation d'héliophytes et les végétaux invasifs les concurrencent ;
- Le passage des bateaux arrache les herbiers enracinés flottants ;
- L'envasement du lac par l'apport de matériaux (par les cours d'eau ou du fait de l'érosion des berges) détruit aussi les herbiers amphibies ;
- La régulation du marnage, qui empêche l'exondation des berges, perturbe le cycle de reproduction de certaines espèces végétales, qui ont disparu ou ont des problèmes de multiplication.

Des opérations de renaturation peuvent être entreprises sur Gérardmer afin de lutter contre l'érosion des berges et restaurer les végétations littorales du lac. Du fait de la présence historique d'herbiers enracinés flottants, il serait légitime d'en réinstaller dans l'Anse de Kattendycke. Le delta de Ramberchamp, une des dernières ripisylves du lac, pourrait voir ses berges renaturées par plantation d'héliophytes. Les travaux au large sont impossibles du fait de la présence d'herbiers amphibies protégés. La forêt secondaire du delta pourrait être convertie en prairie humide (habitat patrimonial historiquement présent), avec installation d'un sentier pédagogique pour le public. Nous recommandons des opérations expérimentales de revégétalisation des berges sur



différentes petites zones autour du lac, afin de préparer une renaturation des rives à plus grande échelle.

Au niveau du lac de Longemer, deux actions seraient à envisager :

- Appliquer la loi relative aux espèces allochtones et sensibiliser les pêcheurs afin de régler le problème de l'Amour blanc.
- Créer une réserve de pêche afin de protéger les herbiers enracinés flottants au niveau de l'exutoire du lac.

Ces opérations devront être combinées à des actions de sensibilisation des habitants et des touristes (panneaux pédagogiques...), ainsi qu'à des suivis écologiques des sites (évolution de la végétation et de l'érosion des berges).

- Action 4.1. Renaturer les berges du lac de Gérardmer
- Action 4.2. Expérimenter différentes techniques de revégétalisation et de restauration des berges
- Action 4.3. Restaurer les berges du Delta de Ramberchamp - Gérardmer
- Action 4.4. Restaurer les prairies humides sur le Delta de Ramberchamp - Gérardmer
- Action 4.5. Sensibiliser le public aux travaux menés sur le Delta de Ramberchamp - Gérardmer
- Action 4.6. Mettre en place un sentier pédagogique sur le Delta de Ramberchamp - Gérardmer
- Action 4.7. Restaurer les herbiers autochtones de l'Anse de Kattendycke - Gérardmer
- Action 4.8. Limiter la destruction des herbiers du lac de Longemer par l'Amour blanc
- Action 4.9. Lutter contre les plantes invasives

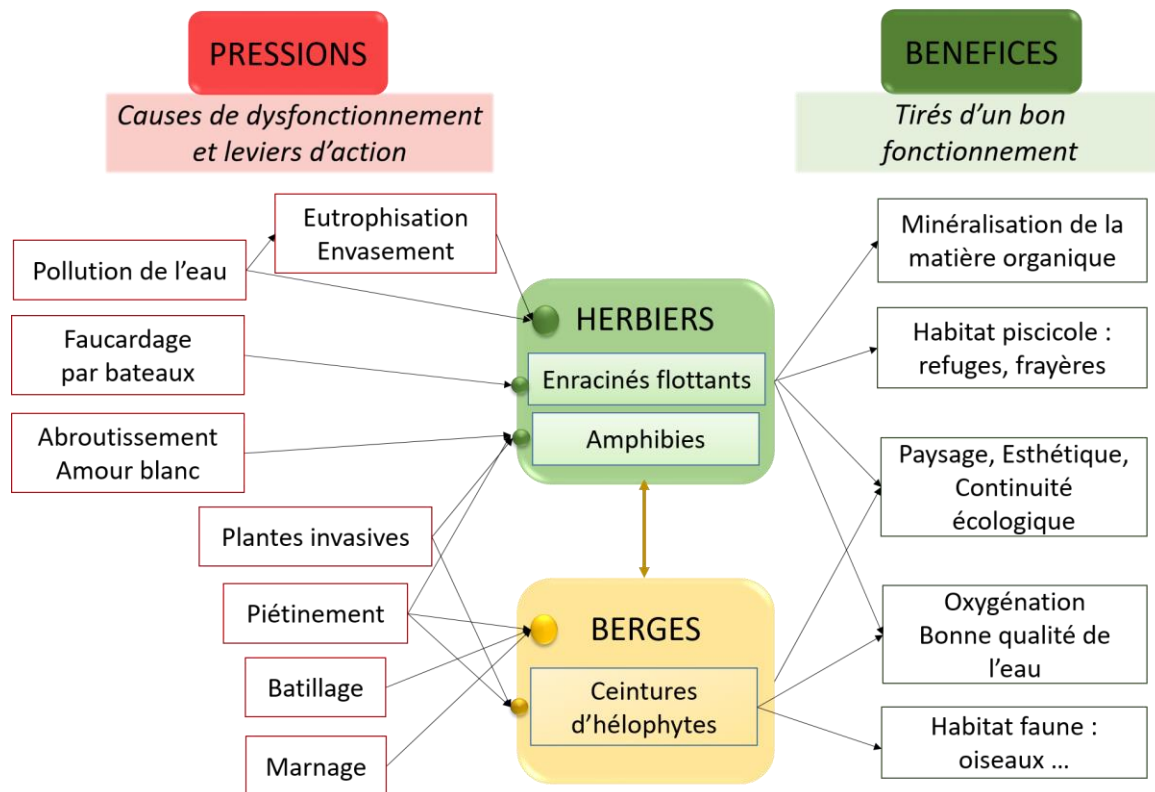


FIGURE 92 : SCHÉMAS DE SYNTHÈSE DE LA THÉMATIQUE HERBIERS & BERGES

ⁱETUDES SUR L'EAU EN FRANCE N°87. 2001. *LES MACROPHYTES AQUATIQUES BIOINDICATEURS DES SYSTÈMES LOTIQUES. INTÉRÊTS ET LIMITES DES INDICES MACROPHYTIQUES. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE DES PRINCIPALES APPROCHES EUROPÉENNES POUR LE DIAGNOSTIC BIOLOGIQUE DES COURS D'EAU.* DISPONIBLE SUR : [HTTP://WWW.KM-DEV.COM/EAUFRANCE/FRANCAIS/ETUDES/PDF/ETUDE_87.PDF](http://www.km-dev.com/EAUFRANCE/FRANCAIS/ETUDES/PDF/ETUDE_87.PDF).

ⁱⁱ Barbe J. JUIN 1984. *LES VÉGÉTAUX AQUATIQUES. DONNÉES BIOLOGIQUES ET ÉCOLOGIQUES. CLÉS DE DÉTERMINATION DES MACROPHYTES DE FRANCE.* BULLETIN FRANÇAIS DE PISCICULTURE. DISPONIBLE SUR : <http://www.kmae-journal.org/articles/kmae/pdf/1984/04/kmaeNS198401.pdf>.

ⁱⁱⁱ CENL, RAGUÉ J.-C. 2013. *SITE NATUREL PROTÉGÉ DU DELTA DU RUISSEAU SAINT-JACQUES ET HERBIERS AQUATIQUES. PLAN DE GESTION 2012–2024.*

^{iv}FLICHE P. 1879. *LES ISOETES DES VOSGES.*

^v CENL, RAGUÉ J.-C. 2013. *SITE NATUREL PROTÉGÉ DU DELTA DU RUISSEAU SAINT-JACQUES ET HERBIERS AQUATIQUES. PLAN DE GESTION 2012–2024.*

^{vi}INVENTAIRE NATIONAL DU PATRIMOINE NATUREL.

^{vii} Université de Strasbourg. Paysage et flore d'Alsace et des Vosges. Herbar de l'Université de Strasbourg. Disponible sur : [HTTP://HERBIER.UNISTRA.FR/ALSACE-FLORE-VEGETATION-ET-PAYSAGES/PAYSAGES-ET-FLORE-DALSACE-ET-DES-VOSGES](http://herbier.unistra.fr/alsace-flore-vegetation-et-paysages/paysages-et-flore-dalsace-et-des-vosges).

^{viii} MULLER S. FLORAINE. AVRIL 2016. *WILLEMETIA N°88. COMPLÉMENTS 2015 À L'ATLAS COMMUNAL DES PLANTES PROTÉGÉES DE LORRAINE.* DISPONIBLE À L'ADRESSE : [HTTP://WWW.FLORAINE.NET/FILEADMIN/FLORAINE/PUBLICATIONS/WILLEMETIA/2016/WILLEMETIA_88.PDF](http://www.floraine.net/fileadmin/floraine/publications/willemetia/2016/willemetia_88.pdf).

^{ix} ROELOFS J.G.M., SCHUURKES J.A.A.R., SMITS A.J.M. 1984. *IMPACT OF ACIDIFICATION AND EUTROPHICATION ON MACROPHYTE COMMUNITIES IN SOFT WATERS. II. EXPERIMENTAL STUDIES.* AQUATIC BOTANY, 18, 389-411.

^x RORSLETT B., BRETTUM P. 1989. *THE GENUS ISOETES IN SCANDINAVIA: AN ECOLOGICAL REVIEW AND PERSPECTIVES.* AQUATIC BOTANY, 35, 223-261.

^{xi} M. FARMER A., H.N. SPENCE D. 1986. *THE GROWTH STRATEGIES AND DISTRIBUTION OF ISOETIDS IN SCOTTISH FRESHWATER LOCHS.* AQUATIC BOTANY, 26, 247-258.

^{xii} SZMEJA J. 1994. *EFFECT OF DISTURBANCE AND INTERSPECIFIC COMPETITION IN ISOETID POPULATIONS.* AQUATIC BOTANY, 48, 225-238.

^{xiii} Ragué J.-C. Communication personnelle.

^{xiv} BARBE J. 1984. *LES VÉGÉTAUX AQUATIQUES. DONNÉES BIOLOGIQUES ET ÉCOLOGIQUES. CLÉS DE DÉTERMINATION DES MACROPHYTES DE FRANCE.* BULLETIN FRANÇAIS DE PISCICULTURE. DISPONIBLE À L'ADRESSE : [HTTP://WWW.KMAE-JOURNAL.ORG/ARTICLES/KMAE/PDF/1984/04/KMAEENS198401.PDF](http://www.kmae-journal.org/articles/kmae/pdf/1984/04/kmaeNS198401.pdf).



^{xv}HOLMER M. & AL. 1997. *SULFATE REDUCTION IN LAKE SEDIMENTS INHABITED BY THE ISOETID MACROPHYTES LITTORELLA UNIFLORA AND ISOETES LACUSTRIS*. AQUATIC BOTANY, 60, 307-324.

^{xvi} Keeley JE et al. 1994. Sediment-based carbon nutrition in tropical alpine Isoetes. *Tropical Alpine Environments*, 167–194.

Boston HL et Adams MS. 1986. The contribution of crassulacean acid metabolism to the annual productivity of two aquatic vascular plants. *Oecologia*, 68, 615–622.

^{xvii} CENL, RAGUÉ J.-C. 2013. *SITE NATUREL PROTÉGÉ DU DELTA DU RUISSEAU SAINT-JACQUES ET HERBIERS AQUATIQUES. PLAN DE GESTION 2012–2024*.

^{xviii} FDPPMA 88, BOISMARTEL M., BANSEPT A. MARS 2016. *RESTAURATION DE LA VÉGÉTATION LITTORALE DU LAC DE GÉRARDMER*.

^{xix} Millet L. et al. 2015. Diagnostic fonctionnel des systèmes lacustres de Gérardmer, Longemer et Retournermer. Une approche combinée limnologie/paléolimnologie.

^{xx}MER E. 1908. BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ BOTANIQUE DE FRANCE.

^{xxi}Fliche P. 1879. *LES ISOETES DES VOSGES*, CITÉ DANS RAGUÉ J.-C., 2002.

^{xxii}BLEICHER G.-M., 1890.

^{xxiii} CONSERVATOIRE DES ESPACES NATURELS DE LORRAINE. 2009. *EXPERTISE ÉCOLOGIQUE DE L'ÉTAT DE CONSERVATION DES LACS DE GÉRARDMER, RETOURNEMER ET LONGEMER*.

^{xxiv}CTGREF. 1977. *ETUDE DES LACS VOSGIENS DE GÉRARDMER ET DE LONGEMER*.

^{xxv}CTGREF. 1979. *ETUDE DES LACS VOSGIENS DE GÉRARDMER ET DE LONGEMER*.

^{xxvi}CTGREF. 1977. *ETUDE DES LACS VOSGIENS DE GÉRARDMER ET DE LONGEMER*.

^{xxvii} CONSERVATOIRE DES ESPACES NATURELS DE LORRAINE. 2002.

^{xxviii}RAGUÉ J.-C. 2005. *SUIVI DES LACS VOSGIENS. GÉRARDMER, LONGEMER ET RETOURNEMER*.

^{xxix}RAGUÉ J.-C. 2006. *SUIVI DES LACS VOSGIENS. GÉRARDMER, LONGEMER ET RETOURNEMER*.

^{xxx}RAGUÉ J.-C. 2004. *SUIVI DES LACS VOSGIENS. GÉRARDMER, LONGEMER ET RETOURNEMER*.

^{xxxi}RAGUÉ J.-C. COMMUNICATION PERSONNELLE.

^{xxxii}RAGUÉ J.-C. 2009. *SUIVI DES LACS VOSGIENS. GÉRARDMER, LONGEMER ET RETOURNEMER*.

^{xxxiii} RAGUÉ J.-C. COMMUNICATION PERSONNELLE.

^{xxxiv} RAGUÉ J.-C. COMMUNICATION PERSONNELLE.

^{xxxv} RAGUÉ J.-C. COMMUNICATION PERSONNELLE.

^{xxxvi}RAGUÉ J.-C. 2017. DONNÉES SIG.

^{xxxvii} RAGUÉ J.-C. 2009. *SUIVI DES LACS VOSGIENS. GÉRARDMER, LONGEMER ET RETOURNEMER.*

^{xxxviii} HINGRAY T. & AL. 2016. *SUIVI DES ISOÈTES DES LACS DE GÉRARDMER ET LONGEMER.*

^{xxxix} AquaTerra Solutions. 2008. Guide AquaTerra des solutions douces pour la protection des berges et l'aménagement des lacs et cours d'eau. Chapitre 2 : L'érosion des berges. Phénomènes, mécanisme.

^{xl} FDPPMA 88, BOISMARTEL M., BANSEPT A. MARS 2016. *RESTAURATION DE LA VÉGÉTATION LITTORALE DU LAC DE GÉRARDMER.*

^{xli} Maleval V., Destombes P.-B., Astrade L. 2016. Diagnostic et propositions d'actions relatifs à l'érosion des berges du Léman sur la commune de Thonon-les-Bains (Haute-Savoie, France). *Physio-Géo*, 10, 21-43.

^{xlii} MétéoFrance. Climatologie des Vosges. Disponible sur : http://archives-fig-st-die.cndp.fr/actes/actes_2007/meteo-france/climat_des_vosges.pdf.

^{xliii} Mercier-Blais S., Prairie Y. 2014. Projet d'évaluation de l'impact des vagues créées par les bateaux de type wakeboat sur la rive des lacs Memphrémagog et Lovering (Québec).

^{xliv} Maleval V., Destombes P.-B., Astrade L. 2016. Diagnostic et propositions d'actions relatifs à l'érosion des berges du Léman sur la commune de Thonon-les-Bains (Haute-Savoie, France). *Physio-Géo*, 10, 21-43.

^{xlv} Inventaire National du Patrimoine Naturel ; AgroParisTech-GMN.

^{xlvi} Paquette M.-H. 2010. La restauration des berges. L'utilisation d'indicateurs de performance comme outil d'aide à la décision.

^{xlvii} SÉMINAIRE EUROPÉEN LIFE, NATURE PROGRAMME. OCTOBRE 2002. *GESTION ET CONSERVATION DES CEINTURES DE VÉGÉTATION LACUSTRE.*

^{xlviii} Ragué J.-C. Communication personnelle.

^{xlix} Paquette M.-H. 2010. La restauration des berges. L'utilisation d'indicateurs de performance comme outil d'aide à la décision.

^l Life, Prairies bocagères. Catalogue des espèces et habitats des sites Natura 2000 de la région wallonne – Habitat 6410. Disponible sur : http://www.lifeprairiesbocageres.eu/fileadmin/Life/Prairies_bocageres/6410_prairies-humides-oligotrophes-a-molinie.pdf

^{li} RAGUÉ J.-C. COMMUNICATION PERSONNELLE.

^{lii} Prairie oligotrophe à Molinie. Poitou-Charentes Nature. Disponible sur : <http://www.poitou-charentes-nature.asso.fr/Prairie-oligotrophe-a-Molinie.html>

^{liii} Les zones humides du Finistère. Les prairies humides. Disponible sur : http://www.zoneshumides29.fr/telechargement/GTAGZH_Prairies_humides_032012.pdf



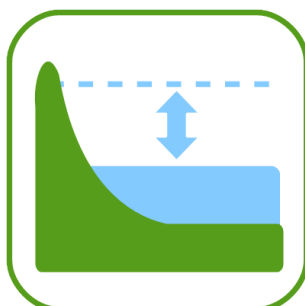
II.4

^{liv} Voies Navigables de France. Application des techniques végétales pour la protection des berges des voies navigables. Disponible sur : http://www.vnf.fr/vnf/img/cms/Tourisme_et_domainehidden/guide_veget_200902271443.pdf.

^{lv}GRAIE (Groupe de Recherche Rhône-Alpes sur les Infrastructures et l'Eau). Le tour des grands lacs alpins naturels en 80 questions. Chapitre 6 : Aménagement et zones naturelles. Disponible sur : http://www.graie.org/zabr/OuvrageLacs/Lacs%20Alpins_Chapitre6_HD.pdf.

MARNAGE

II.5



5. Marnage

5.1.	<i>Définition de marnage</i>	108
5.2.	<i>Marnage actuel à Gérardmer (données 2012 - 2014)</i>	108
5.3.	<i>Pourquoi vouloir modifier le marnage ?</i>	109
5.3.1.	Marnage et espèces végétales	109
5.3.2.	Marnage et érosion des berges	109
5.3.3.	Marnage et brassage des eaux	110
5.4.	<i>Craintes liées à la modification du marnage et résultats de l'enquête sociologique</i>	111
5.5.	<i>Construction de la courbe de marnage annuel à l'horizon 2027</i>	112
5.5.1.	Définition des niveaux d'eau optimaux à atteindre par mois	112
5.5.2.	Réévaluation des niveaux d'eau objectifs par l'intégration des contraintes de disponibilité en eau	117
5.5.3.	Prise en compte des limites	122
5.5.4.	Conclusion	128
5.6.	<i>Modalités de la mise en place du marnage et marnage définitif proposé</i>	129
5.6.1.	Scénario 1 : niveau de l'eau et marnage installé progressivement sur 10+5 ans (Ph1+Ph2)	130
5.6.2.	Scénario 2 : Évolution à durée égale de l'amplitude et du niveau moyen en eau	132
5.6.3.	Scénario 3 : Objectifs du marnage et du niveau moyen en eau désynchronisés dans le temps	133
5.6.4.	Scénario 4 : Évolution majorée du marnage et du niveau moyen en eau	134
5.6.5.	Précautions	134
	<i>Résumé</i>	135
	<i>Bibliographie</i>	136



5.1. Définition de marnage

Le marnage est l'amplitude de la variation du niveau de l'eau autour de son niveau moyen. Par exemple, si nous considérons un marnage de 40 cm, cela signifie que le niveau de l'eau peut descendre 20 cm du niveau moyen et monter 20 cm au-dessus (Figure 93).

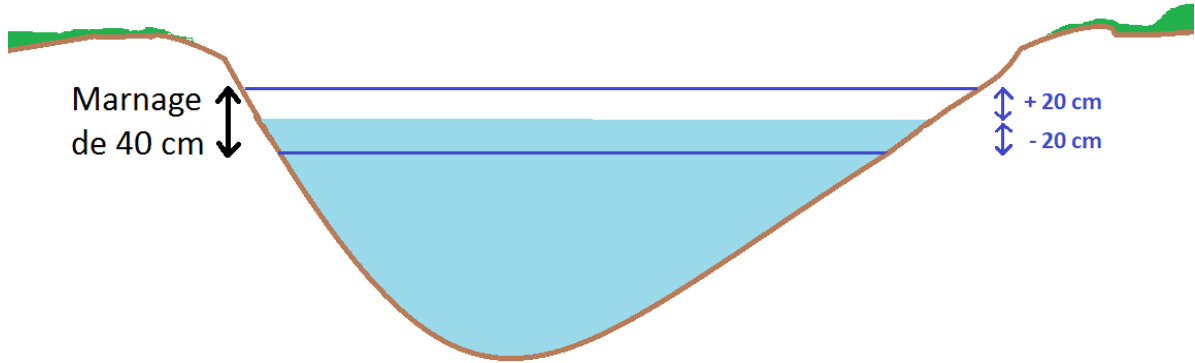


FIGURE 93 : REPRÉSENTATION D'UN MARNAGE DE 40 CM

5.2. Marnage actuel à Gérardmer (données 2012 - 2014)

Une vanne hydraulique positionnée à l'exutoire du lac de Gérardmer permet de contrôler le débit d'eau sortant du lac, et donc le niveau d'eau du lac. Il n'y a donc pas de marnage naturel, contrairement au lac de Longemer.

Étant donné que le débit d'eau sortant est contrôlé, le marnage résiduel, variable selon les années, s'explique par le fait la vanne hydraulique réagit avec un délai de réponse. (Figure 94). Sur la figure, le niveau 0 correspond au niveau moyen observé sur les trois années. En 2012, d'après les relevés effectués par la FDPPMA 88, il y a eu un marnage de 40 cm environ. En 2014, ce marnage moyen était de 20 cm.

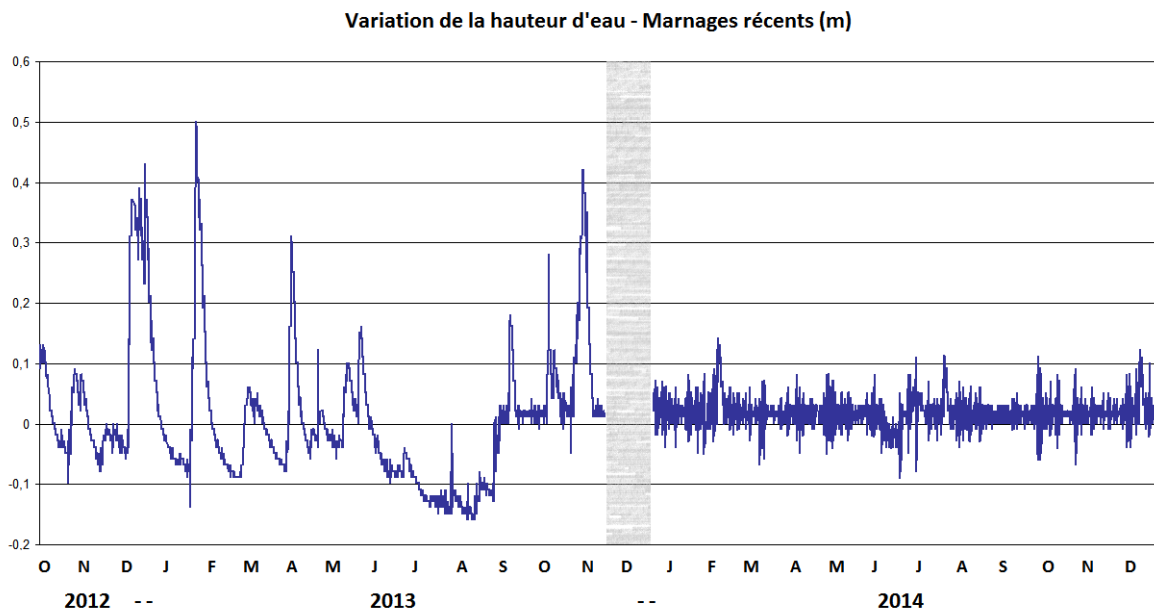


FIGURE 94 : VARIATION DU NIVEAU DE L'EAU MESURÉ SUR LE LAC DE 2012 À 2014. SOURCE : FDPPMA 88

5.3. Pourquoi vouloir modifier le marnage ?

Les recherches bibliographiques que nous avons effectuées montrent que le marnage contribue au bon fonctionnement global d'un lac de plusieurs façons. Sans contrôle humain, un marnage a lieu en fonction des pluviométries et a donc un rythme saisonnier. A Gérardmer, nous n'envisageons pas de rétablir un marnage naturel. En effet, il s'agit d'un lac très fréquenté et entouré d'une aire urbaine. Rétablir un fonctionnement naturel dans un tel contexte ne conduirait pas forcément aux résultats escomptés. En revanche, modifier le marnage pour établir un marnage contrôlé et adapté au contexte nous permettrait d'atteindre les objectifs qui vont dans le sens d'un meilleur fonctionnement global du lac et de son bassin versant.

5.3.1. Marnage et espèces végétales

L'écologie de certains herbiers est fondée sur l'alternance entre des niveaux d'eau bas et hauts. Immerger et exonder périodiquement les herbiers amphibies leur permet de fleurir, de se reproduire et de coloniser le milieu (par exemple, *Littorela uniflora* - J. KRAUSE, 2004).

Les bas niveaux d'eau favorisent la floraison et la germination car une forte énergie lumineuse est disponible. Même si certaines des plantes concernées ont la capacité de reproduction végétative qui limite leur dépendance aux cycles d'exondation, l'existence de ces cycles facilite grandement l'expansion de leur population, en particulier sur un territoire vaste (tel que les berges du Lac de Gérardmer). D'autres espèces de plantes aquatiques doivent rester immergées toute l'année pour des questions de reproduction ou de survie (par exemple, *Isoetes Lacustris* - E.MER, 1881 et *Bulletin de la Société Botanique de France*, 2, Tome 28 - Fascicule 1). Les exigences précises de ces plants en termes de niveau d'eau nécessaire sont encore méconnues. Toutefois, au vu de leurs caractéristiques écologiques, notamment leur faible profondeur maximale d'implantation, il est probable qu'un accès à davantage de lumière (une fine lame d'eau, suffisante à leur immersion) favorise le cycle de l'espèce.

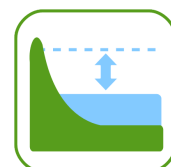
Les herbiers ont un rôle fondamental dans la qualité de l'eau et dans la stabilité des berges. Rappelons succinctement ces bénéfices, déjà développés dans la partie consacrée aux herbiers :

- phytoépuration de l'eau,
- minéralisation de la matière organique,
- oxygénation de l'eau,
- lieux de reproduction et/ou de repos pour de nombreuses espèces (amphibiens, poissons, avifaune, invertébrés...),
- stabilisation des berges et limitation de leur érosion.

Le marnage doit être suffisamment progressif pour que les herbiers puissent se développer et gagner du terrain au fur et à mesure. Cette progression est aussi utile à certains herbiers comme à certains herbiers à Littorelle, plante dont la reproduction actuelle est strictement végétative et donc fortement limitée dans l'espace. Le marnage doit être suffisamment important pour créer des zones plus ou moins exposées à la lumière et ainsi favoriser différents types d'espèces. En revanche, s'il est trop important, une sécheresse prolongée peut être nuisible aux herbiers amphibies ou strictement aquatiques.

5.3.2. Marnage et érosion des berges

Sans marnage, le battement de l'eau se concentre toujours au même endroit, ce qui conduit à la fragilisation de la berge et à son érosion. La variation du niveau de l'eau liée au marnage, si elle est assez progressive, évite une telle fragilisation des berges et limite leur érosion :



- les effets du batillage (CETMEF, 2009), des vagues dues au vent et des courants se répartissent sur plusieurs niveaux de berge
- la diminution de l'efficacité mécanique de ces ondes par limitation des effets de déstabilisation locale et générale en évitant la création de paliers de barres. Ces effets sont illustrés sur la Figure 95 ci-dessous.

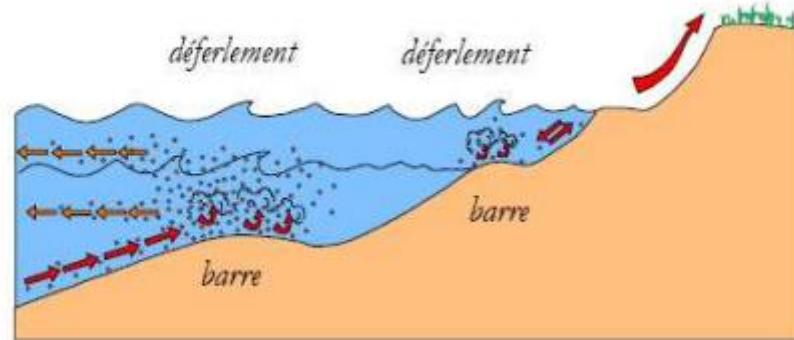


FIGURE 95 : EFFETS DU DÉFERLEMENT DES VAGUES. SOURCE : AQUATERRA

Par ailleurs, les travaux de génie végétal ont prouvé leur efficacité contre l'érosion des berges, et restent moins chers que des techniques lourdes d'intervention (CETMEF, 2009). Notons que l'érosion des berges est défavorable à l'implantation des herbiers mais que ces herbiers limitent eux-mêmes par la suite l'érosion ; d'où l'intérêt du marnage.

5.3.3. Marnage et brassage des eaux

Le brassage est une composante importante d'un lac. Il intervient dans les couches superficielles par le biais du vent et d'autres perturbations naturelles comme l'arrivée des cours d'eau, les épisodes pluvieux particuliers, mais aussi par des perturbations anthropiques, comme le passage de bateaux. Le marnage a aussi un impact sur ce brassage.

En effet, avec un niveau d'eau constant, l'oxygénation se fait toujours sur la même surface, et le brassage superficiel se fait toujours sur les mêmes profondeurs. En établissant un marnage d'amplitude plus large, les niveaux d'eaux oxygénés varient au cours de l'année. Ce changement, bien que modeste, permettrait le développement plus en profondeur de certaines espèces (GUYARD, A. 2014). Ceci irait de pair avec un recul léger des bactéries vivant en anaérobie (absence d'oxygène) dans le lac, responsables des dégradations anoxiques de la matière sédimentaire. Cette oxygénation supplémentaire augmenterait la gamme de profondeur dans lesquelles les bactéries et la microfaune, ainsi que les herbiers aquatiques, peuvent dégrader la matière organique présente en excès dans le lac de Gérardmer.

D'autre part, cette modification du niveau du lac permet l'accès à la lumière de zones autrement maintenues dans l'ombre par une trop haute colonne d'eau. Cet accès à la lumière, élément clef dans les procédés de minéralisation, pourrait étendre la zone dans laquelle se développe la faune dégradant la matière organique en excès dans ce lac. La présence d'herbiers augmentant cette micro- et macrofaune est donc à rechercher dans le cas du lac de Gérardmer. Toutefois, des mesures doivent être prises pour réduire les apports en matière organique dans le lac, sans quoi la minéralisation de matière organique consommera toujours trop d'oxygène.

Le brassage superficiel est partiellement lié, comme dit précédemment, au déversement des cours d'eau dans le lac. Outre l'effet de variation de niveau dans l'oxygénation, la baisse du niveau d'eau pourrait avoir un autre effet. Le lit des ruisseaux devant se poursuivre dans les sédiments actuellement en place, il devrait se créer un effet de ravinement dans les sédiments. Ce transport pourrait favoriser la mise en mouvement des sédiments déposés à l'embouchure des ruisseaux, voire la revitalisation de petits deltas. Une surveillance sera à effectuer sur les cours d'eau en amont, car à terme il est possible que cela conduise à une érosion de leur lit.

Un autre type de brassage existe : il s'agit du brassage saisonnier, qui s'effectue deux fois par an sur le lac de Gérardmer (il est dit "dimictique" - AERM), en hiver et en automne. Ce dernier permet l'homogénéisation des couches supérieures et inférieures, dites respectivement épilimnion et hypolimnion, en terme d'oxygénation notamment. Ce brassage, lié à la température de l'eau, ne sera pas impacté par le marnage (RESEAU LACS SENTINELLES).

5.4. Craintes liées à la modification du marnage et résultats de l'enquête sociologique

Avant de commencer l'étude pour proposer une modification du marnage, certains acteurs nous ont fait part de leurs craintes concernant un tel projet et son acceptation par les usagers du lac. Des berges émergées, avec un aspect végétalisé voire vaseux ne seront-elles pas un frein à la fréquentation du lac ? Une telle entreprise impactera-t-elle l'activité des bateliers ? N'y a-t-il pas un risque de faire disparaître les isoètes par l'instauration de périodes d'assèchement des berges ?

À l'issue de l'étude sociologique, nous avons pu constater que la modification du marnage de Gérardmer était un projet globalement bien perçu auprès des différentes catégories d'acteurs. Dans l'ensemble, les usagers du lac pensent que la modification de l'aspect des berges est une bonne initiative car cela permettra de retrouver un côté naturel aux abords du lac. Une condition est très souvent mise en avant : un tel projet est possible si l'accès à la baignade est authentiquement conservé.

Suite à nos recherches bibliographiques nous avons pu trouver que les berges ont un fort intérêt paysager car elles permettent une transition entre l'eau et la rive. Plus la transition est douce plus elle satisfait le regard et donne une sensation de proximité avec le plan d'eau (il est rendu plus accessible). Quelques éléments permettent d'adoucir cette transition, et ainsi d'augmenter la qualité paysagère des berges : hauteur des berges réduite, pente faible, degré faible d'artificialisation, diversité écologique et topographique de la berge importante sur le pourtour du lac (AQUATERRA, p17).

Nous n'avons pas pu rencontrer tous les bateliers mais ceux que nous avons interrogés sont prêts à accepter la modification du marnage à Gérardmer. Pour certains, cela devra s'accompagner d'une aide au financement de pontons mobiles. D'autres ont précisé que pour le moment les difficultés majeures étaient liées à l'augmentation du niveau de l'eau : les pontons se désolidarisent de la structure et flottent. Modifier le marnage n'amplifierait pas ce problème car la modification ne prévoit pas de niveaux d'eau supérieurs à ceux déjà existants. Les niveaux d'eau prévus au moment où les pontons sont sortis sont même inférieurs aux niveaux d'eau généralement observés à ces périodes. Avant de financer des pontons mobiles, il faudra s'assurer que cet investissement est bien nécessaire en observant l'impact de la baisse du niveau d'eau sur chacun des pontons. Il serait aussi intéressant de recueillir l'expérience du batelier de Longemer, qui travaille sur un lac avec un marnage naturel.



Concernant les isoètes, la modification du marnage devra prendre en compte leurs besoins d'immersion pour ne pas réduire leur population mais au contraire leur permettre une colonisation plus profonde. L'amélioration de la qualité de l'eau favorisera leur présence.

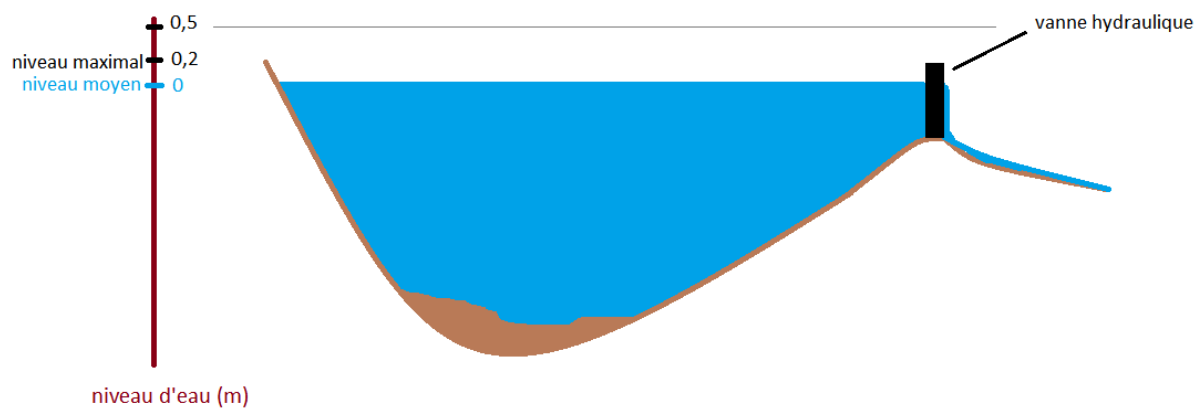
5.5. Construction de la courbe de marnage annuel à l'horizon 2027

5.5.1. Définition des niveaux d'eau optimaux à atteindre par mois

Dans un premier temps, nous allons définir les niveaux d'eau mensuels optimaux qui permettent d'atteindre nos objectifs de conciliation des différents enjeux présents sur le lac. Ces niveaux d'eau sont définis en dehors de toute contrainte, nous considérons qu'à tout moment nous disposons de la quantité d'eau nécessaire à l'atteinte de ce niveau d'eau.

BAISSE DU NIVEAU MOYEN DE L'EAU DE 30 CM

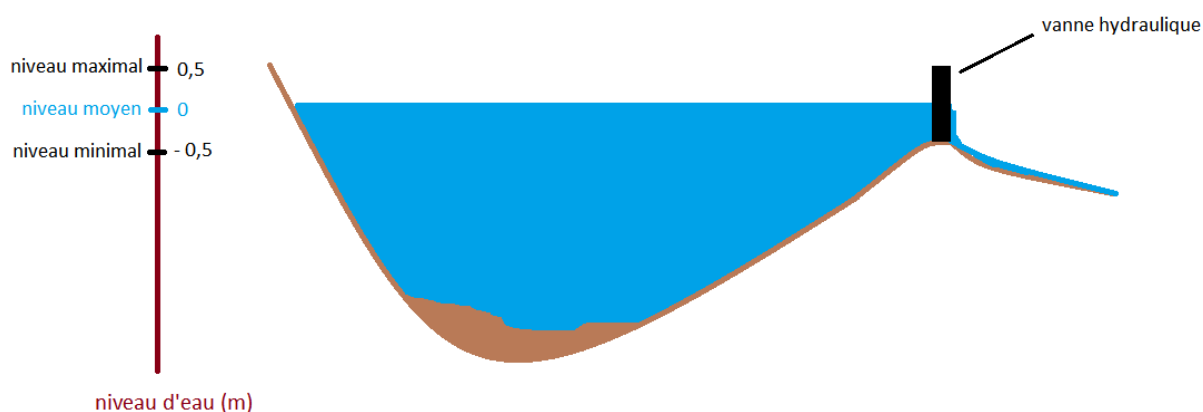
D'après les éléments trouvés lors de notre recherche bibliographique et de cas d'études (Lac d'Annecy), le marnage idéal à effectuer pour atteindre nos objectifs est de 1 m sur une année. Or, si nous considérons que le niveau moyen actuel du lac se situe 20 cm en dessous de la hauteur maximale de la vanne (hypothèse sur laquelle nous nous basons), nous ne pourrions pas atteindre la limite haute du marnage. Cette limite haute s'élève à 50 cm, l'eau s'écoulera par-dessus la vanne hydraulique avant d'atteindre la hauteur voulue (Figure 96).



Par souci de compréhension, les proportions n'ont pas été conservées (notamment en ce qui concerne la vanne)

FIGURE 96 : VARIATION POSITIVE MAXIMALE DU NIVEAU DE L'EAU LE NIVEAU MOYEN D'EAU OBSERVÉ DE 2014

Il convient donc de baisser le niveau moyen du lac de 30 cm pour pouvoir effectuer un marnage de 1 m (Figure 97). Une adaptation de la vanne est nécessaire pour parvenir à ce marnage. Néanmoins, une mise en place progressive du marnage permet dans un premier temps de réaliser un marnage sans adaptation de la vanne.



Par souci de compréhension, les proportions n'ont pas été conservées (notamment en ce qui concerne la vanne)

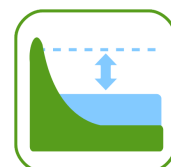
FIGURE 97 : VARIATION POSITIVE MAXIMALE DU NIVEAU DE L'EAU AVEC UN NIVEAU MOYEN DE L'EAU INFÉRIEUR DE 30 CM À CELUI OBSERVÉ EN 2014

Nous faisons l'hypothèse que la vanne hydraulique possède un clapet d'une hauteur d'au moins 1 m, du haut de la vanne vers le bas. Si cette hypothèse n'est pas vérifiée, il conviendra d'effectuer un marnage moins important, ou d'adapter la taille du clapet au marnage désiré. Nous prévoyons une évolution progressive du marnage afin de pouvoir stopper celui-ci. Ainsi, s'il faut modifier la vanne, cette décision peut être réfléchiée et il est possible de reprendre ensuite l'évolution progressive du marnage vers l'objectif défini.

MARNAGE A APPLIQUER POUR ATTEINDRE LES OBJECTIFS ÉCOLOGIQUES ET PHYSIQUES FIXES (2027)

Nous déterminons les hauteurs d'eau à atteindre par mois en fonction de plusieurs objectifs :

- Garder une hauteur d'eau similaire à celle d'aujourd'hui en juillet et août, périodes de forte affluence (Contexte : 3. Évolution historique de la zone). Cet objectif répond à deux enjeux majeurs : ne pas perturber les activités nautiques et le paysage lors de ces périodes et protéger les herbiers du piétinement.
- Définir des périodes avec bas niveau d'eau pour permettre la floraison et la germination des herbiers hélophytes et amphibiens. La période naturellement propice correspond à la période estivale pendant laquelle nous ne pouvons pas baisser le niveau d'eau pour les raisons évoquées précédemment. Toutefois, il est envisageable que ces herbiers puissent fleurir et disséminer des graines aux limites de leur période idéale de floraison : mai et septembre. Nous choisissons de baisser le niveau d'eau à ces périodes-là. La remontée progressive du niveau d'eau en juin permet de laisser plus de temps aux plants pour capter l'énergie lumineuse. Les plants qui n'auraient pas fleuri ou germé en mai ou lors de la montée progressive de l'eau en juin ont des chances de le faire en septembre.
- Limiter l'érosion des berges et l'effet du batillage, très fort en période estivale, qui empêche les plants de s'implanter. Pour cela, nous faisons varier le niveau de l'eau durant toute cette période : l'effet du batillage n'est plus concentré sur une seule zone. Le niveau d'eau augmente de mai à juillet, puis baisse jusqu'à septembre.
- Optimiser les chances d'un brassage de l'eau en maintenant un niveau d'eau bas lors des périodes de précipitations intenses. Ces épisodes intenses de précipitations peuvent notamment avoir lieu lors de la fonte des neiges (mars et avril) ou après la période chaude estivale (orages de fin août et début septembre).



II.5

Par ailleurs, pour augmenter la colonisation d'herbiers tels que les isoètes, nous baissions le niveau moyen du lac de 10 cm supplémentaires. Ainsi, les graines situées à ce niveau pourront être mobilisées, et la superficie occupée par les isoètes devrait augmenter.

Nous fixons les niveaux d'eau le 1er de chaque mois et nous traçons la courbe du marnage, obtenue avec l'option « lissage » du logiciel Excel (Figure 98). Les valeurs ont été choisies pour s'accorder de façon logique les unes par rapport aux autres (Tableau 13).

Le niveau « 0 » correspond au niveau actuel moyen, défini comme étant situé 20 cm en dessous de la hauteur maximale de la vanne.

TABLEAU 13 : CHOIX DE LA HAUTEUR D'EAU MOYENNE MENSUELLE EN FONCTION DES OBJECTIFS À ATTEINDRE ET DES CONTRAINTES À PRENDRE EN COMPTE

Mois	2012	2014	objectif (scénario: - 30 cm en moyenne)	objectif (scénario: - 40 cm en moyenne)	Justification
Janv	-0,1	-0,08	0,2	0,1	Protection des herbiers amphibies et aquatiques, aspect paysager d'un lac gelé à son niveau maximal.
Fév	-0,02	-0,07	-0,05	-0,15	Mise en mouvement des sédiments bloqués en sortie des cours d'eau : "désencombrement naturel de l'excès sédimentaire", maintien de la protection des herbiers, phénomène de brassage et oxygénation de surface
Mars	-0,1	-0,08	-0,55	-0,65	Favorisation de la reprise des cycles biologiques des herbiers amphibies, évacuation de l'excédent en eau accumulé pendant les fortes pluies
Avr	-0,08	-0,08	-0,3	-0,4	Reconstitution d'une réserve, modification du niveau pour éviter les effets d'érosions
Mai	-0,08	-0,08	-0,8	-0,9	Exondation des herbiers amphibies pour une possible floraison (Subularia et Filaire), favorise la dégradation de la matière organique
Juin	-0,1	-0,1	-0,45	-0,55	Protéger herbiers, continuité paysagère de l'interface terre-eau, répartition des effets de batillage
Juill	-0,2	-0,07	-0,05	-0,15	Protéger herbiers, continuité paysagère de l'interface terre-eau, répartition des effets de batillage
Août	-0,2	-0,08	-0,37	-0,47	Protéger herbiers, continuité paysagère de l'interface terre-eau, répartition des effets de batillage
Sept	-0,1	-0,08	-0,68	-0,78	Exonder jusqu'aux filaires et subulaires pour permettre les floraisons tardives
Oct	-0,06	-0,08	-0,5	-0,6	Respect des cycles de vie des herbiers, pratique des sports nautiques non touristiques
Nov	0,02	-0,08	-0,2	-0,3	Respect des cycles de vie des herbiers, pratique des sports nautiques non touristiques
Déc	-0,1	-0,07	-0,05	-0,15	Respect des cycles de vie des herbiers, pratique des sports nautiques non touristiques



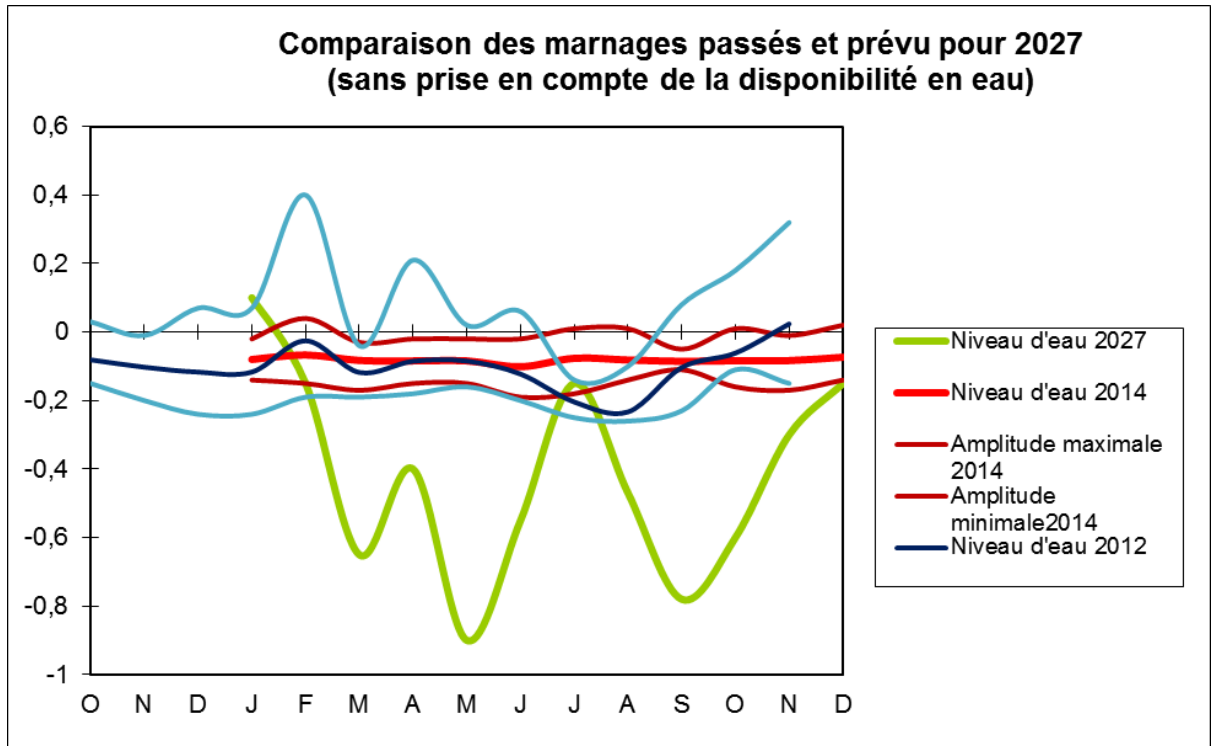


FIGURE 98 : VARIATIONS MENSUELLES DU NIVEAU DE L'EAU EN FONCTION DU MARNAGE APPLIQUÉ

Outre les avantages apportés par la conciliation des différents enjeux présents sur la zone, il est également intéressant du point de vue érosif de s'intéresser au décalage des cycles naturels de niveau d'eau. Cela est illustré sur la figure ci-dessous.

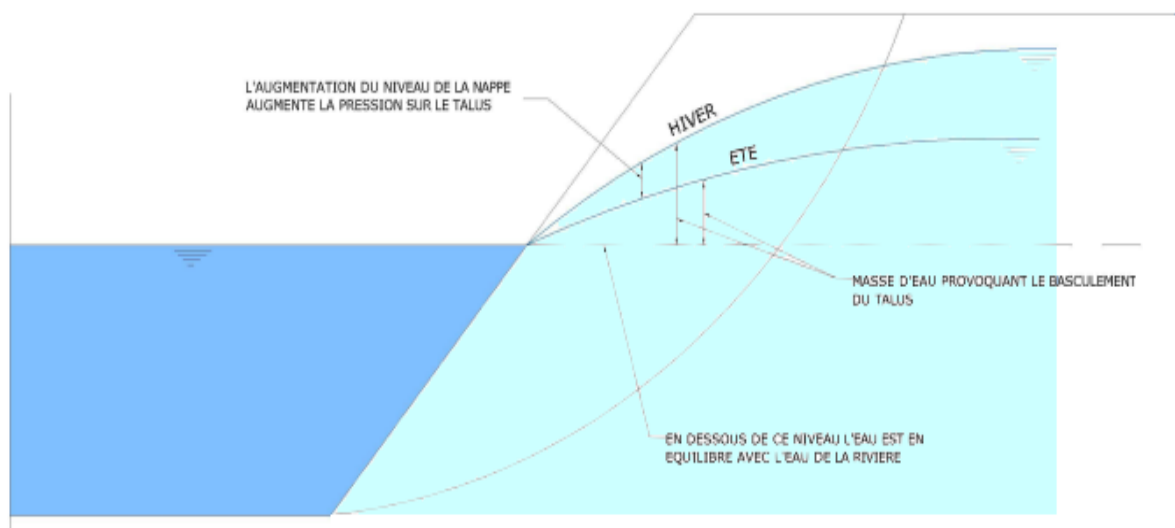


FIGURE 99 : IMPORTANCE DE LA PRESSION DE LA NAPPE D'EAU SUR LE TALUS DANS LE MÉCANISME D'ÉROSION DANS UN CYCLE DE NIVEAU D'EAU CONSTANT. SOURCE : AQUATERRA , P17

La nappe (partie engorgée du talus) exerce une pression sur la partie supérieure du talus (partie située au-dessus de la nappe) qui peut engendrer son érosion. En hiver, le niveau d'eau stockée dans le talus augmente en même temps que la pluviométrie et accentue le risque d'érosion. Si le niveau d'eau du lac baisse en hiver, le niveau de la nappe baissera aussi par effet de drainage. La partie émergée du talus sera alors plus importante, elle permettrait de créer un bloc cohésif plus

important et plus à même de résister à l'érosion. À contrario, le niveau d'eau de la nappe plus haut en été pourrait limiter les effets de perte de cohésion du sol par assèchement, qui le rendent plus vulnérable à l'érosion liée à la pluviométrie (effet splash).

5.5.2. Réévaluation des niveaux d'eau objectifs par l'intégration des contraintes de disponibilité en eau

CALCUL DU BILAN HYDROLOGIQUE BRUT

Pour prendre en compte la disponibilité en eau dans le calcul du marnage, nous considérons dans un premier temps le bilan hydrologique brut, c'est à dire la quantité d'eau qui alimenterait le lac si nous ne tenions pas compte des prélèvements qui sont faits en amont.

Apports en eau :

- Précipitations tombant en amont du lac, sur le bassin versant
- Précipitations tombant directement sur le lac

Eau utilisée avant d'arriver au lac :

- Évapotranspiration
- Réserves hydriques des sols
- Alimentation des nappes souterraines

Obtenir ces données de façon précise en un temps limité étant difficile, nous avons considéré une autre variable pour calculer le bilan hydrique : le débit des principaux cours d'eau arrivant au lac. Nous considérons que l'eau des cours d'eau correspond à la quantité d'eau totale précipitée à laquelle a été soustraite la quantité d'eau "perdue" par évapotranspiration et stockée dans le sol. Ainsi, si nous prenons en compte le débit des principaux cours d'eau qui alimentent le lac, et les précipitations tombant directement sur le lac, nous obtenons notre débit hydrologique brut. En revanche, n'ayant pu obtenir de données sur l'eau évaporée par le lac dans le temps imparti, cette évaporation n'a pas été prise en compte dans nos calculs.

Notons BHb le bilan hydrologique brut sur une période de temps (t) donnée :

$BHb(t) = \text{précipitations sur le lac}(t) + \text{cours d'eau affluents}(t)$

$BHb(t) = \text{précipitations sur le lac}(t) + \text{débit cours d'eau affluents}(t) * t$

Nous avons calculé un bilan hydrologique brut moyen en utilisant les débits fournis par les cours d'eau (ruisseau du Phény, des Xettes et de la Rochotte). Nous avons également tenu compte des précipitations directes sur le lac, en les ajoutant aux débits des cours d'eau.

Du fait du manque de données précises et continues, nous avons utilisé les données récupérées lors d'une étude de 1976 à 1979 (Eaufrance, dispositif sandre) pour les débits des cours d'eau, que nous avons moyennées et complétées en tant que série de données continues par des moyens statistiques.

Les pluviométries annuelles ont été récupérées sur le site de l'association InfoClimat (INFOCLIMAT) pour les années de 2014 à 2016. Les pluviométries par saison ont été récupérées sur le site de Climate-Data (CLIMATE-DATA.ORG) pour chaque saison de 1999 à 2016. Nous avons déduit par corrélation les précipitations liées à chaque mois à partir de ces jeux de données.



- $V(\text{mois})$: volume des précipitations sur le mois ciblé
- $V(\text{an})$: volume total des précipitations de l'année - Infoclimat
- $V(\text{mois2016})$: volume des précipitations sur le mois considéré de 2016 - Climate-Data
- $V(\text{an2016})$: volume total des précipitations sur 2016 - Climate-Data

$$V(\text{mois}) = V(\text{an}) * V(\text{mois2016}) / V(\text{an2016}) *$$

Nous avons donc pu, à partir des données par saison (Climate-Data), retracer les pluviométries mensuelles depuis 1999.

Le bilan hydrologique brut est représenté sur la Figure 100. Les tableaux de résultats se trouvent en Annexe 5.1.

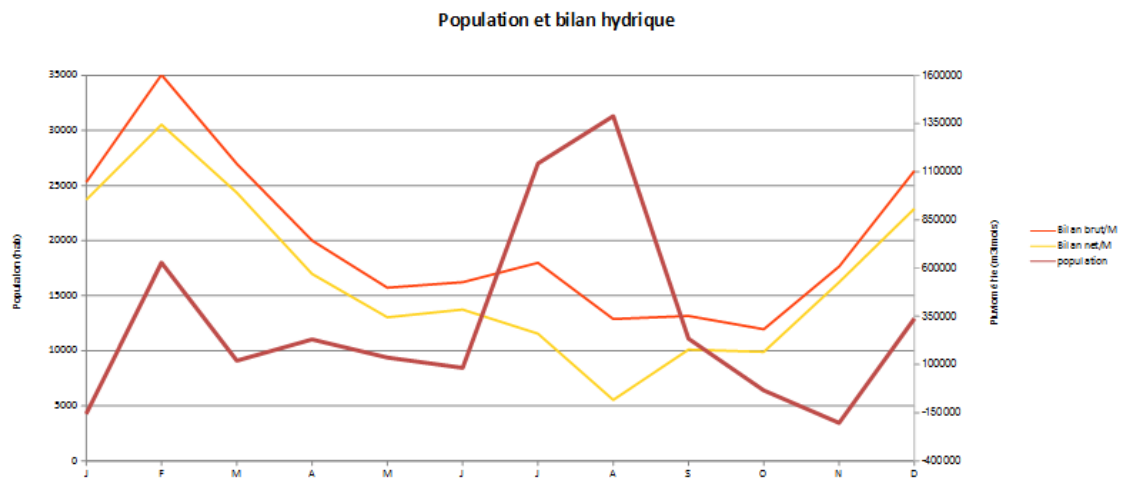


FIGURE 100 : EVOLUTION DE LA POPULATION (ROUGE SOMBRE), DU BILAN HYDRIQUE NET (JAUNE) ET BRUT (ROUGE CLAIR) EN FONCTION DES MOIS (AXE DE GAUCHE : HABITANTS ; AXE DE DROITE : M3/MOIS)

CALCUL DU BILAN HYDROLOGIQUE NET

Pour calculer le bilan hydrologique net, nous avons tenu compte des prélèvements en eau réalisés en amont du lac (prélèvements d'eau potable et pour l'industrie). Afin de calculer un bilan hydrologique net moyen, nous moyennons par mois les prélèvements effectués : nous considérons que les volumes prélevés par mois pour l'usage industriel sont constants. En revanche, nous avons considéré que les prélèvements en eau potable dépendaient de la population résidant à Gérardmer, qui est plus forte en été. Pour simuler cette augmentation, nous nous sommes référés aux chiffres du tourisme (source : Office du tourisme de Gérardmer) qui nous ont été donnés sur plusieurs années, notamment 2015. Notre calcul est le suivant :

- $T(\text{mois})$: nombre de touristes du mois étudié, moyenné sur toutes les années
- $T(\text{année})$: nombre moyen de touristes sur une année
- $C(\text{mois})$: consommation en eau potable du mois étudié
- $C(\text{année})$: consommation en eau potable de l'année étudiée
- $BHn(t)$: bilan hydrologique net du mois t
- $C(\text{mois}) = C(\text{année}) * T(\text{mois}) / T(\text{année})$

$$BHn(t) = \text{précipitations sur le lac}(t) + \text{débit cours d'eau affluents}(t) * t - \text{prélèvements}(t)$$

Les résultats sont visibles sur la Figure 100. Les quantités d'eau prélevées chaque mois et les débits se trouvent en annexe 5.2.

PRISE EN COMPTE D'UN DÉBIT MINIMAL À RESPECTER

Nous avons pris en compte la quantité d'eau arrivant au lac en calculant le débit hydrologique net. Pour obtenir la quantité d'eau réellement disponible, nous devons aussi tenir compte d'un débit minimal sortant à respecter.

Faute d'avoir eu accès à la valeur du débit minimal autorisé pour le lac de Gérardmer, nous avons considéré le débit minimal réglementaire (loi sur l'eau), appelé débit minimal réservé, qui correspond à un dixième du débit moyen annuel du lac soit $0,02\text{m}^3/\text{s}$. Le débit moyen annuel a été calculé à partir du bilan hydrologique net.

CRÉATION D'UN OUTIL PERMETTANT D'ATTRIBUER À UN NIVEAU D'EAU LE VOLUME D'EAU CORRESPONDANT

Création du profil topographique du lac à partir de données bathymétriques

Nous avons utilisé les mesures bathymétriques de l'ONEMA, effectuées sur le lac de Gérardmer selon un échantillonnage systématique. A partir de ces données, nous avons créé un modèle topographique à l'aide du logiciel Arcgis : nous avons interpolé les valeurs issues de l'échantillonnage systématique pour obtenir en chaque point du lac la profondeur correspondante.

Utilisation de l'outil "surface - volume"

Nous avons utilisé l'outil "surface-volume" disponible sur Arcgis pour obtenir, pour chaque hauteur de niveau du lac considérée, le volume d'eau correspondant. Les données d'entrée sont la profondeur du fond du lac et la hauteur de la surface de l'eau. Les résultats sont présentés en annexe 5.3.

Les données de profondeur du lac obtenues proviennent d'une modélisation, elles ne sont donc pas exactes ponctuellement. En revanche, lorsque nous travaillons avec un volume ou une superficie, nous moyennons ces valeurs : l'erreur liée au modèle est alors très réduite.

CALCUL DES DÉBITS D'EAU PERMETTANT D'OBTENIR LES NIVEAUX D'EAU DÉFINIS

Dans la partie précédente, nous avons calculé pour chaque 1er jour du mois le niveau d'eau "objectif". Nous allons calculer le débit d'eau sortant du lac qu'il est nécessaire de respecter en moyenne durant le mois pour atteindre le niveau d'eau objectif du mois suivant. Nous intégrerons les contraintes de disponibilité en eau.

Calcul du volume d'eau sortant Vs entre le 1er décembre et le 1er janvier

- T : la période de temps qui s'écoule du 1er décembre au 1er janvier.
- Ve : volume d'eau permettant d'atteindre le volume voulu au 1er janvier (référence : volume d'eau présent au 1^{er} décembre).
- Dr : débit de réserve à conserver au minimum.
- BHn (t) : bilan hydrologique net du mois t

$$V_s(T) = BH_n(T) - V_e$$

$$\text{Vérification de cohérence : } V_s(T) \geq Dr * T$$



Calcul du débit D à appliquer en moyenne du 1^{er} décembre au 1^{er} janvier : $D = Vs/T$

Nous obtenons ainsi les débits à appliquer en moyenne chaque mois pour obtenir le niveau d'eau souhaité le 1^{er} du mois suivant (annexe 5.4), niveau d'eau moyen à respecter pour la durée du mois. Nous relierons les points correspondant aux valeurs objectives de débit moyen par mois pour visualiser les variations que cela engendrera d'un mois à l'autre. Nous obtenons une courbe visible sur la Figure 101 (débits en m^3/s).

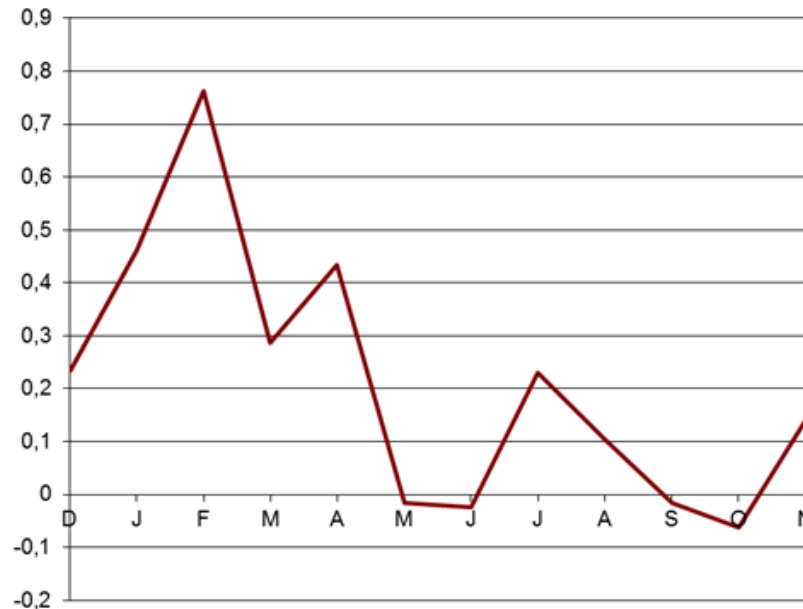


FIGURE 101 : DÉBIT SORTANT (M3/s) SELON LES MOIS DE L'ANNÉE

Sur cette courbe, deux périodes présentent un débit sortant négatif, c'est à dire que pour atteindre le niveau d'eau voulu à ces périodes-là, il ne faudrait plus de sorties d'eau du lac. Ceci n'est évidemment pas envisageable, puisque nous souhaitons respecter un débit minimal de sortie.

Nous avons réajusté les niveaux d'eau "objectifs" de sorte à avoir toujours un débit minimal de sortie supérieur ou égal au débit minimal réglementaire.

ADAPTATION DES NIVEAUX D'EAU "OBJECTIFS" À LA DISPONIBILITÉ EN EAU

Nous avons alors calculé le volume d'eau V_0 envisageable au 1^{er} du mois précédent qui nous permet d'être le plus proche possible du volume d'eau (et donc du niveau d'eau) souhaité initialement, tout en assurant un débit minimal de sortie pour le mois étudié.

Prenons le cas concret de juin, sur lequel un débit négatif est demandé. Comme cette situation est impossible, nous en déduisons qu'il faut stocker davantage d'eau au mois de mai. Pour cela, nous diminuons le débit de sortie en mai : l'eau "supplémentaire" stockée en mai sera délivrée en juin, permettant d'assurer un débit minimal de sortie.

Dans notre cas pratique, il est impossible de s'arrêter ici : en diminuant le débit au mois de mai, ce dernier devient encore plus négatif. Notre situation impossible est donc retrouvée, sur le mois de mai cette fois ci. Nous réitérons notre correction une seconde fois, afin d'aboutir à un débit possible en mai et sur tous les mois. Une fois que tous les mois présentent un débit positif et suffisant (au-dessus du débit de sortie minimal), les cycles de correction sont terminés.

La formule pour corriger le débit est :

- N : numéro du mois étudié
- Débit manquant (N) = Débit minimal - Débit actuellement prévu (N)
- Volume concerné = Débit manquant (N) * nb de jours du mois (N)
- Débit à retenir en plus (N-1) = Volume concerné / nb de jours du mois (N-1)
- Débit du mois précédent = Débit actuellement prévu (N-1) - Débit à retenir (N-1)
- Débit final (N) = Débit minimal

Si « Débit du mois précédent < 0 », on lance une nouvelle fois la correction ci-dessus, concernant cette fois-ci le mois précédent, et cela autant de fois que nécessaire.

Lorsque tous les débits sont supérieurs ou égaux au débit de sortie minimal, on clôt le processus de correction. Cette manipulation permet donc d'assurer un débit minimal toute l'année. Les résultats obtenus lors des différentes étapes du calcul sont présentés en annexe 5.5. Nous obtenons alors la courbe des débits représentée sur la Figure 102 ci-dessous. Il est à signaler que les données pluviométriques sont par nature très variables ; comme dit dans les parties suivantes, le marnage est à adapter aux prévisions de l'année et du mois en cours. Ici, une moyenne a été réalisée sur plusieurs années, ce qui confère une certaine robustesse aux résultats.

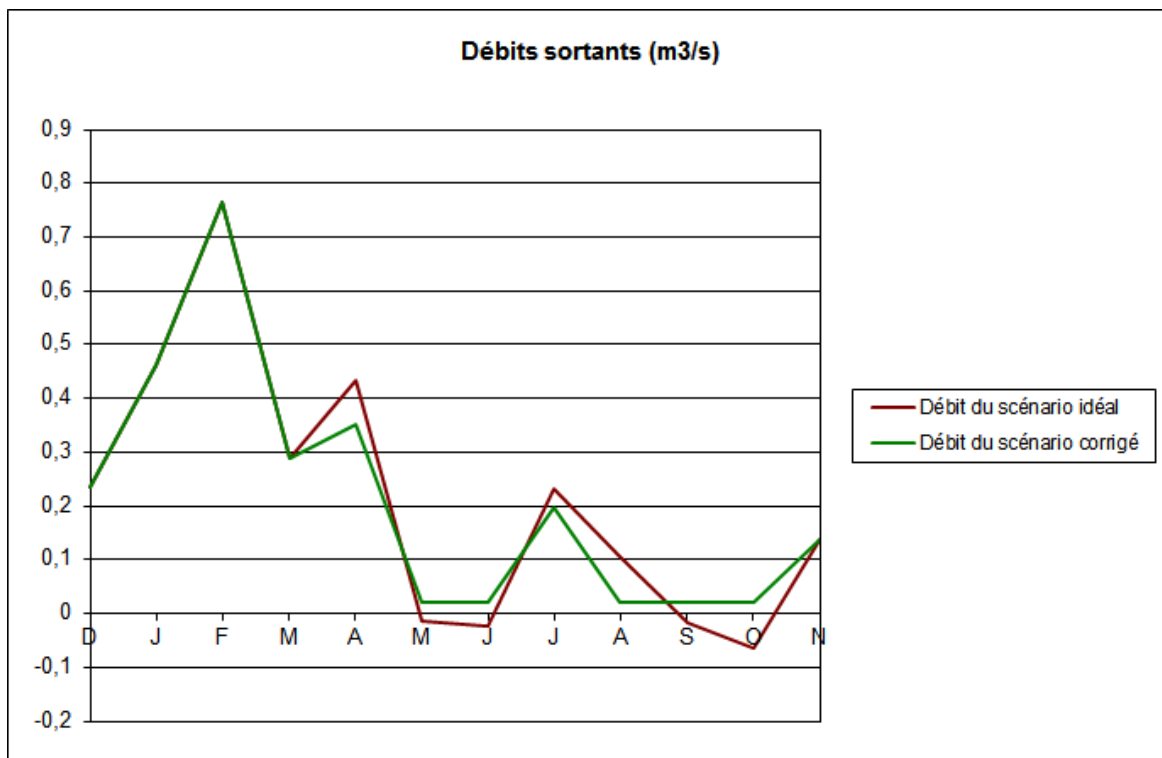


FIGURE 102 : DÉBIT SORTANT SELON LE SCÉNARIO



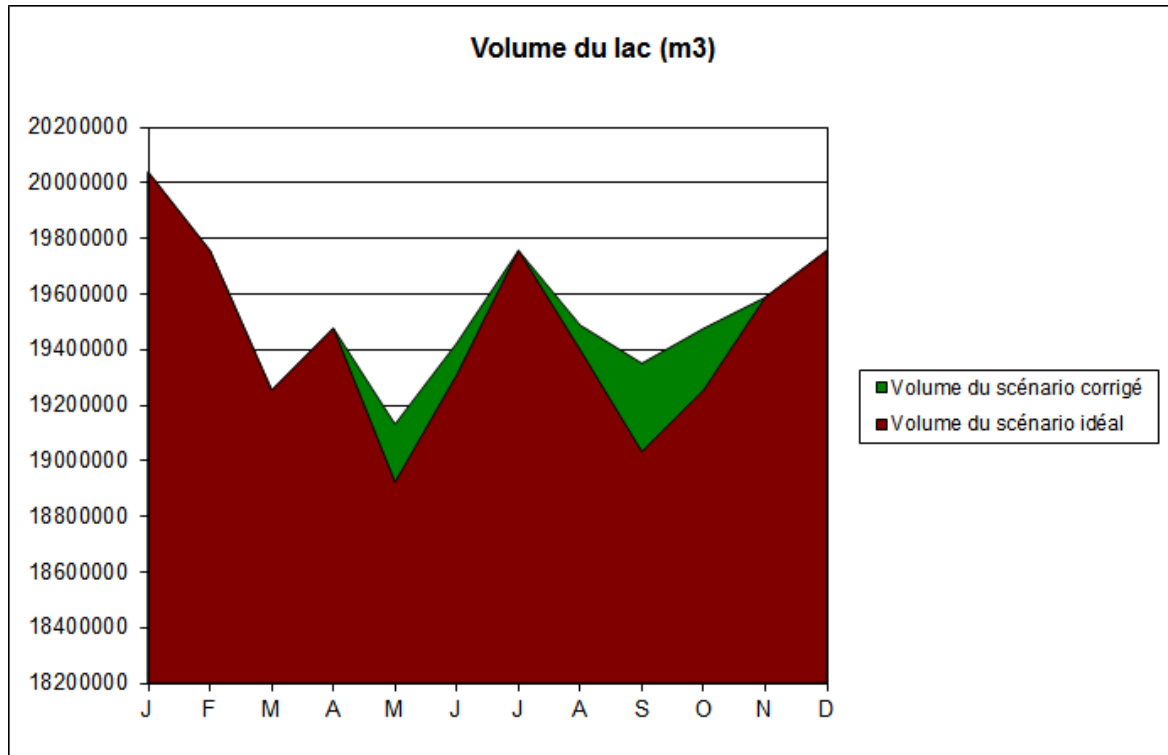


FIGURE 103 : VOLUMES DU LAC SELON LE SCÉNARIO

La juxtaposition des deux graphes visibles sur les figures ci-dessus (Figures 102 et 103) permet de mettre en évidence la méthodologie que nous avons mise en place : pour obtenir un niveau d'eau ou volume d'eau fixé le 1er du mois n , nous calculons le débit d'eau nécessaire à appliquer en moyenne le mois précédent, représenté pour plus de clarté le 1er du mois $(n-1)$. Les débits et volumes sortants sont présentés en annexe 5.5.

5.5.3. Prise en compte des limites

MARNAGE ET RISQUE D'INONDATIONS

La modification du marnage implique la baisse du niveau moyen de l'eau. **Dans les scénarios que nous proposons, la limite haute du marnage ne sera jamais supérieure à la ligne d'eau la plus haute ayant déjà pu être observée à cette période depuis 2012.** Cependant, le risque d'inondations dépend surtout de la quantité d'eau qui s'écoule du lac pendant une période de temps donnée. Nous considérons deux cas propices à un risque d'inondation en aval du lac :

- Débit d'eau sortant très fort (souvent sur une période de temps réduite à quelques heures). Pour ce cas, notre comparaison étudiera le plus grand volume d'eau perdu en 8 heures.
- Débit d'eau sortant fort pendant un temps long (souvent sur une période de quelques jours). Pour ce cas, notre comparaison étudiera le plus grand volume d'eau perdu en 8 jours.

Pertes d'eau notables(le niveau 0 correspond au niveau moyen du lac en 2014)

Observées

- En 2013, perte de 40 cm de hauteur d'eau en 8 jours (entre le 2 février à 10h00 et le 10 février à 10h00, la hauteur d'eau est passée de 0,50 cm à 0,09 cm) soit : **450 481 m3 en 8 jours**
- En 2014, perte de 13 cm de hauteur d'eau en 8 heures (entre le 6 février à minuit et le 7 février à 8h00, la hauteur d'eau est passée de -0,04 cm à 0,08 cm) soit : **189 736 m3 en 8 heures**

À prévoir

- Considérons le débit sortant maximal prévu sur 8 jours (4 jours avant et après le 1er février) : 0,76 m³/s en moyenne soit **≈525 000 m³ en 8 jours** (117% du volume d'eau sortant pendant cette période en 2013)
- Considérons le débit sortant maximal prévu (1er février) : 0,76m³/s soit **≈22 000 m³ en 8 heures** (11% du volume d'eau sortant pendant cette période en 2014)

Cette comparaison permet de voir que la modification du marnage n'entraînera pas un risque supérieur d'inondations dues à un débit trop fort pendant une courte période. Sur une période plus longue (8 jours) le volume d'eau sortant maximal est supérieur à celui observé les années précédentes pour une même période de temps. Nous n'avons pas eu accès aux données permettant de voir si cette différence (+17%) est suffisante pour augmenter le risque d'inondations en aval.

Remarques :

Nous avons choisi les périodes pendant lesquelles le volume d'eau sortant est le plus fort pour le cas du marnage que nous prévoyons, or, les périodes choisies à titre comparatif en 2013 et 2014 correspondent à des périodes remarquables en termes de volume d'eau sortant mais nous ne pouvons pas garantir qu'elles correspondent aux situations observées les plus extrêmes (par faute de données disponibles), des données décennales voire centennales auraient été nécessaires.

Recommandations :

- Repérer lors des années précédentes les périodes pendant lesquelles le volume d'eau sortant a été le plus important et réaliser de nouveau une comparaison
- Étudier les seuils de débit à partir desquels il y a un risque d'inondations en aval et les mettre en relation avec les débits prévus

MARNAGE ET RISQUE DE SÉCHERESSE

La modification du marnage a été réfléchi de sorte à respecter un débit sortant minimum du lac. Les débits sont donc calculés de sorte à fournir un volume d'eau minimum en aval, même en juin, après la période d'assèchement instaurée en mai.

Recommandations : actualiser les calculs en prenant en compte le débit minimal (ou les débits minimaux s'ils dépendent de la période considérée) à observer à Gérardmer. En effet, faute d'accès à cette donnée, nous avons travaillé avec le débit minimal réglementaire.

MARNAGES ADAPTÉS À UNE ANNÉE TRÈS PLUVIEUSE OU TRÈS SÈCHE

Nos calculs ont été réalisés en prenant en compte la disponibilité moyenne en eau (bilan hydrologique brut) qui a été observée lors de ces dix dernières années. Lors d'années atypiques, particulièrement pluvieuses ou sèches, il conviendra d'adapter le marnage en conséquence pour ne pas augmenter le risque d'inondations ou de sécheresse. Nous avons calculé les débits sortants à appliquer en considérant les années où le bilan hydrologique a été le plus important, puis le moins important.

Il est à noter que d'après InfoClimat, la pluviométrie est en hausse depuis 2013 de façon régulière. Les modèles climatiques usuels confirment cette tendance à nos latitudes (A. GUYARD, 2014). Il



est également important de noter que les événements climatiques extrêmes seront amenés à être plus fréquents, tant en terme de crue que de sécheresse.

Nous avons choisi l'année 1999 comme étant la plus pluvieuse, et 2003 la plus sèche. Nous avons établi une relation entre précipitations et débit des cours d'eau à partir des valeurs moyennées de précipitations de 1999 à 2016 et des débits entrants de 1976 à 1978. Pour cela, nous avons calculé mensuellement le pourcentage représenté par la quantité d'eau venant des cours d'eau par rapport à la quantité d'eau précipitée (voir résultats en annexe 5.6).

Ainsi, nous avons pu modéliser la quantité d'eau apportée par les cours d'eau en 1999 et en 2003. Nous avons calculé le bilan hydrologique net à partir de ces données, puis les volumes d'eau et les débits sortants à respecter en moyenne par mois pour être au plus près des valeurs objectifs des niveaux d'eau mensuels. Ces calculs ont été réalisés de la même façon que dans la partie précédente. Les résultats sont présentés en annexe 5.7.

Lors d'une année très pluvieuse, le débit sortant moyen à appliquer en février est élevé (0,95 m³/s) et pourrait augmenter le risque d'inondations en aval (Figure 104). Lors d'une telle année, il conviendrait d'augmenter le niveau d'eau objectif de certaines périodes (ici, mars) pour stocker plus d'eau dans le lac et garder vers l'aval un débit d'eau limitant au maximum le risque d'inondations.

Lors d'une année très sèche, nous devons, pour respecter au maximum les niveaux d'eau objectifs, conserver pendant 7 mois un débit d'eau sortant minimal. Il conviendrait d'ajuster les niveaux d'eau objectifs lors d'une telle année pour assurer en aval un débit d'eau suffisant.

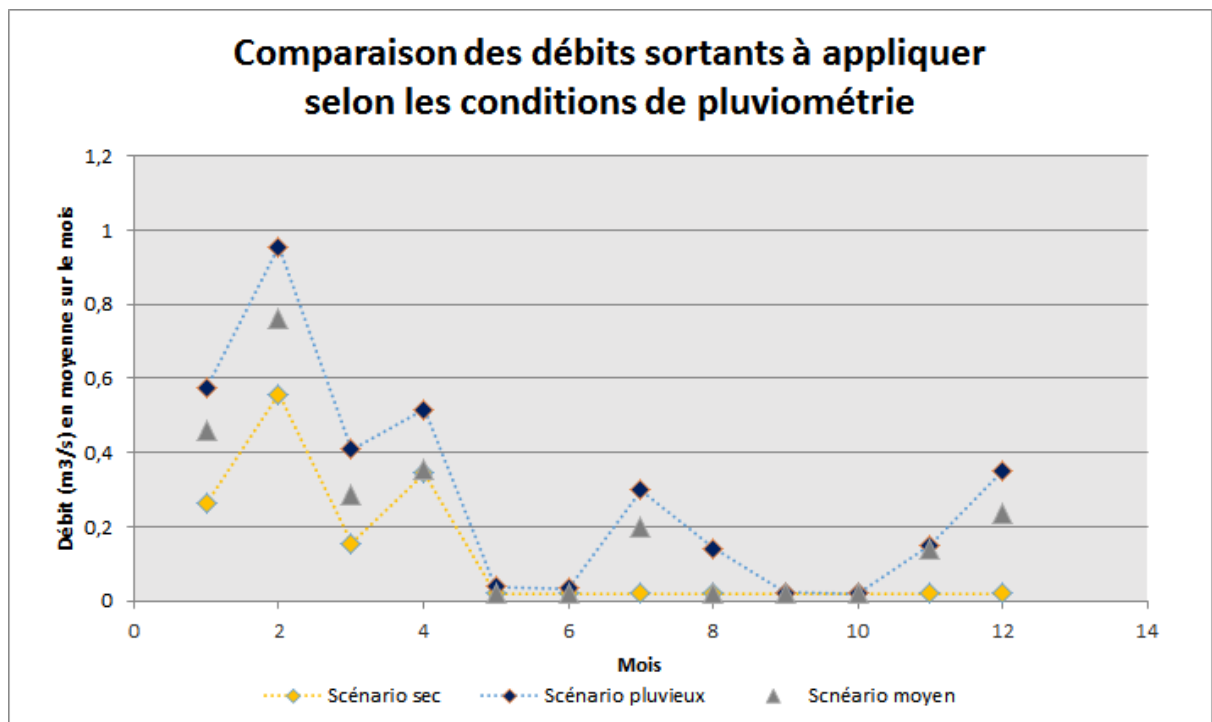


FIGURE 104 : DÉBIT SORTANT À APPLIQUER SELON LES CONDITIONS DE PLUVIOMÉTRIE

Remarques :

Nous ne disposons pas des données concernant les débits sortants correspondants aux années 1999 et 2003, il aurait été intéressant de comparer ces débits avec ceux que nous avons calculés pour conclure sur l'augmentation ou non du risque d'inondations ou d'étiage en aval avec marnage. Si le risque est effectivement accentué par le marnage, des ajustements des niveaux d'eau objectifs sont nécessaires.

Recommandations :

Il faudrait assurer le suivi du bilan hydrologique net mensuel pour ajuster le débit à la disponibilité en eau réelle. Ainsi, suivant les mois et les années, les niveaux d'eau à prévoir pourront être amenés à varier autour des valeurs que nous avons préconisées. Un tel suivi au cours des années permettra en outre d'acquérir l'expérience de différents scénarios.

FONCTIONNALITÉ DE LA VANNE

Pour réaliser un marnage de 1 m, le clapet de la vanne située à l'exutoire du lac doit au moins pouvoir fonctionner sur cette hauteur. En effet, pour contrôler les différents niveaux, du niveau maximal au minimal, il faut pouvoir évacuer ou stocker de l'eau à chacun de ces niveaux. Les travaux à réaliser pour agrandir un clapet sont détaillés dans la fiche action 5.2 "Adapter la vanne".

Les niveaux d'eau observés en 2014 semblent indiquer que la vanne automatique a gagné en précision depuis 2012. Une grande précision est nécessaire pour que la vanne assure le suivi automatique du programme, et ajuste les débits sortants à la quantité d'eau disponible. Nous avons défini les volumes d'eau sortant par mois et donc les débits sortants moyens par mois, la vanne devra permettre de respecter ce volume d'eau sortant par mois, tout en adaptant le débit sortant au fil des jours pour assurer des transitions progressives entre des niveaux d'eau hauts et bas. Si la vanne n'est pas assez précise, il faudra qu'un responsable supervise manuellement les débits sortants, ce qui demandera un suivi quotidien.

SUPERFICIE DES BERGES ÉMERGÉES EN FONCTION DU NIVEAU DE L'EAU

Grâce à la modélisation de la topographie du lac que nous avons effectuée, nous avons modélisé la part de berges émergées en fonction du niveau de l'eau. Il s'agit d'une modélisation : ponctuellement, les valeurs prédites peuvent ne pas correspondre à la réalité, en revanche, lorsqu'on moyenne les données, nous obtenons un résultat proche de ce qui est réellement observé. Dans les résultats, le niveau 0 ou de référence correspond toujours au niveau moyen du lac en 2014.

SUPERFICIE MOYENNE DES BERGES ÉMERGÉES EN FONCTION DE LA HAUTEUR D'EAU

Nous pouvons observer que la superficie des berges émergées augmente de façon linéaire avec une baisse du niveau de l'eau allant jusqu'à 1 m 20 (Figure 105). Il n'y aura donc pas d'émersion brutale des berges si nous appliquons un marnage de 1 m après avoir baissé le niveau moyen de l'eau de 30 cm ou 40 cm. La limite basse de l'eau atteinte serait respectivement de -80 cm et -90 cm par rapport au niveau de référence. La superficie du lac baisse linéairement avec la baisse du niveau de l'eau sur 1 m 20 (voir Figure 105). La superficie du lac pour un niveau d'eau de -80 cm ou -90 cm est inférieure de seulement 5% à celle observée en 2014 : cela n'impactera probablement pas les activités sur le lac.

Les résultats sont détaillés en annexe 5.8.



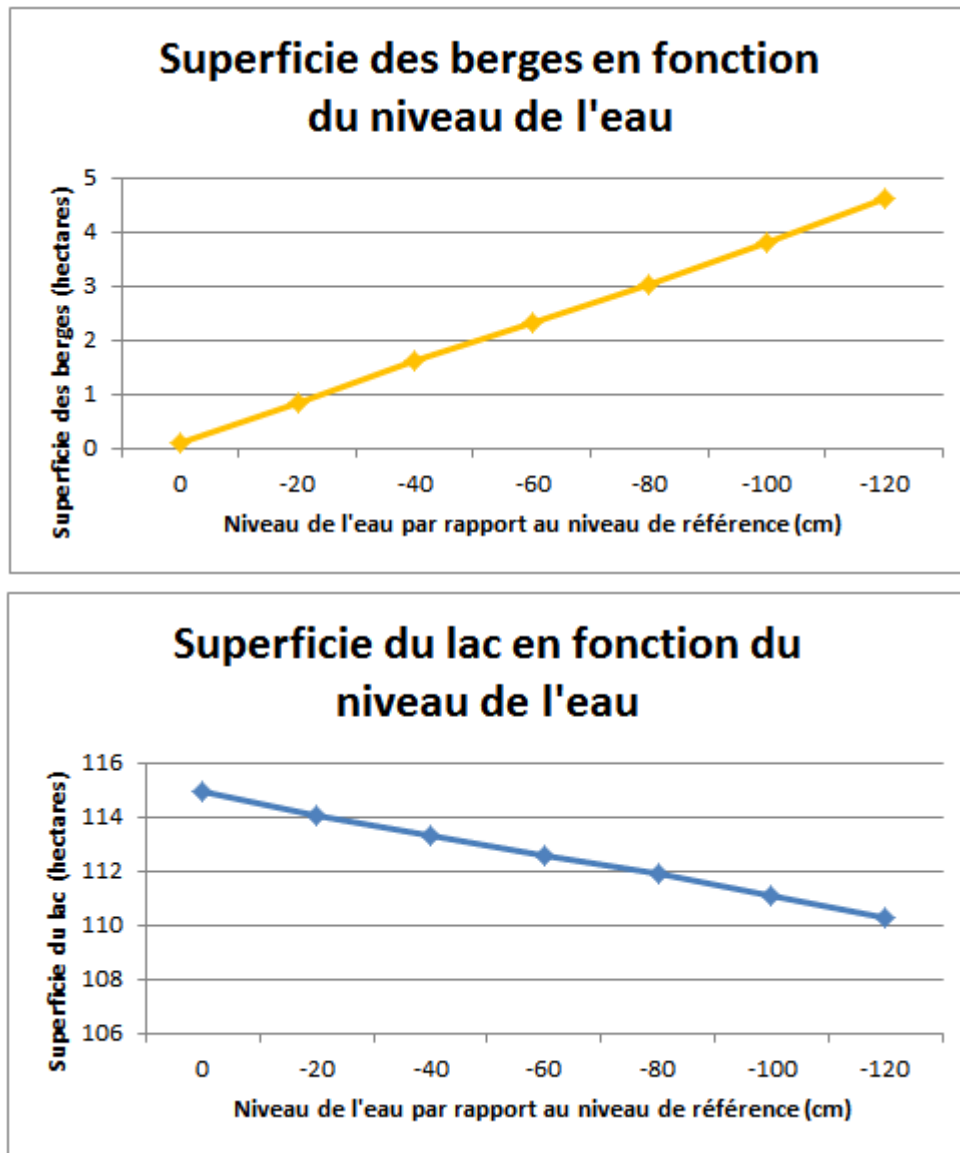


FIGURE 105 : SUPERFICIE DES BERGES ET DU LAC EN FONCTION DU NIVEAU DE L'EAU

CARTOGRAPHIE DE LA SUPERFICIE DES BERGES SELON LE NIVEAU DE L'EAU

Sur la carte ci-dessous, nous avons visualisé les berges émergées en fonction de la limite basse de différents marnages. Le niveau de référence correspond au niveau moyen de l'eau de 2014. La limite basse du marnage de 40 cm correspond à ce qui a pu être observé lors des niveaux les plus bas en eau en 2012. La limite basse du marnage de 160 cm est de -80 cm par rapport au niveau de référence de 2014. Cela correspond à la limite basse d'un marnage de 1 m après avoir baissé le niveau moyen du lac de 30 cm. Les activités liées au lac ont aussi été repérées.

Berges émergées selon l'importance du marnage et activités concernées sur le lac de Gérardmer

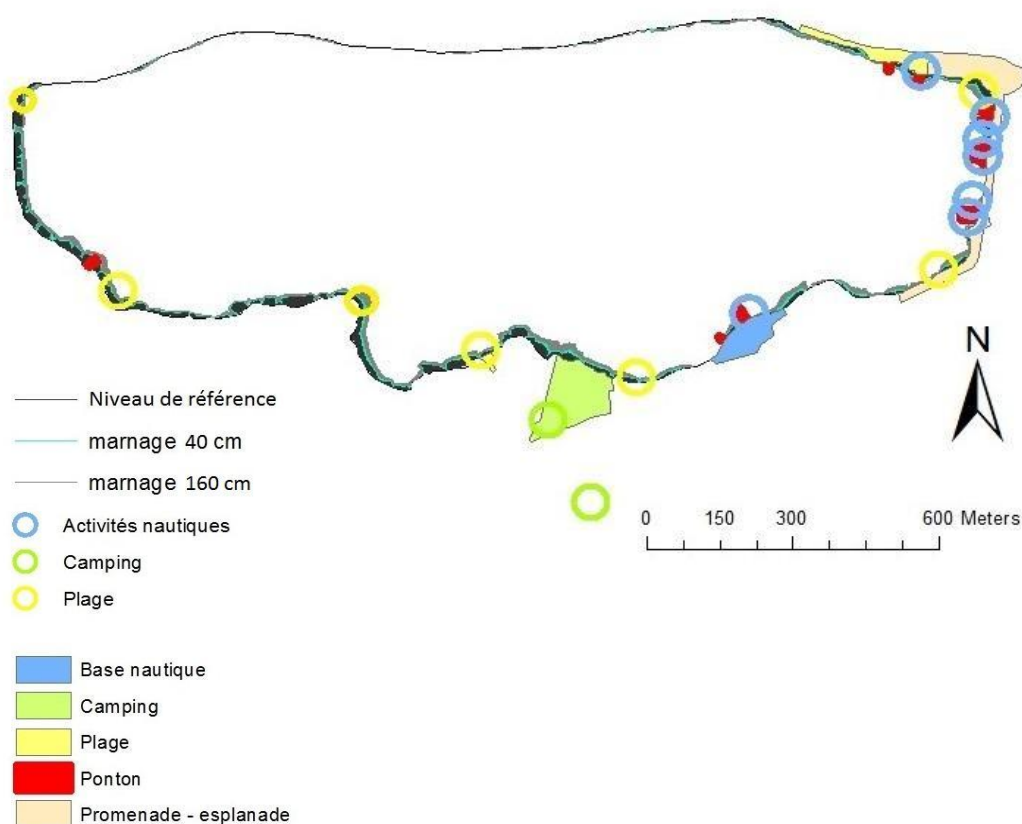
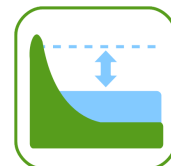


FIGURE 106 : MODÉLISATION DE L'ÉMERSION DES BERGES EN FONCTION D'UN MARNAGE RÉALISÉ PAR RAPPORT AU NIVEAU D'EAU MOYEN OBSERVÉ EN 2014. SOURCES : AGROPARISTECH GMN, ONEMA, OFFICE DU TOURISME DE GÉRARDMER

Les berges situées au nord du lac ne sont pas émergées même si nous les soumettons à une baisse du niveau de l'eau de 80 cm par rapport au niveau de référence (marnage de 160 cm). Ceci est dû à leur enrochement.

Hormis le ponton situé au sud-ouest du lac, les autres pontons ne sont pas totalement émergés avec un marnage de 160 cm. Un ponton mesure 30 m. Lorsque le niveau de l'eau est au plus bas, la berge est émergée sur 1 à 11 m au niveau de 5 pontons situés à l'est du lac. Ils sont donc en partie maintenus dans l'eau. Il s'agit là de valeurs ponctuelles (5 pontons), qui peuvent être inexactes, mais qui suggèrent que des relevés topographiques précis sur le pourtour du lac permettront de connaître ponctuellement la longueur des berges émergées en fonction du marnage appliqué. De cette façon les impacts du marnage sur l'immersion/émersion des pontons, sur les activités nautiques, sur la configuration des plages et sur la progression possible des herbiers pourront être quantifiés et si besoin anticipés.

Les cartes présentées en annexe 5.9 illustrent l'émersion des berges en fonction du marnage à différents endroits du lac.



5.5.4. Conclusion

Le marnage que nous proposons tient compte d'objectifs écologiques, physiques et des contraintes liées à l'utilisation du lac par l'homme. Nous avons établi les niveaux d'eau objectifs mensuels à partir de données de sources différentes. Ces données ne correspondent pas toutes à la situation actuelle, leur actualisation permettra de gagner en précision.

La modification du marnage pourra entraîner des changements paysagers, de pratiques et de débits sortants au cours du temps. Pour des raisons écologiques, mais aussi pour permettre aux usagers du lac et aux gestionnaires de la vanne hydraulique de s'adapter nous proposons un marnage progressif. Celui-ci pourra se faire sur une période de 10 à 20 ans. Ainsi, le niveau moyen du lac et la variation de l'amplitude du niveau de l'eau seront respectivement baissés et augmentés progressivement au cours du temps, n'impliquant pas de changements majeurs d'une année sur l'autre.

Un suivi doit être mis en place pour évaluer les impacts du marnage et l'atteinte des objectifs écologiques et physiques.

- Herbiers : réaliser un état initial puis suivre leur évolution à l'aide d'indicateurs.
- Berges : réaliser un état initial de leur érosion puis suivre leur évolution à l'aide d'indicateurs.
- Qualité de l'eau : réaliser un état initial de la teneur en oxygène en profondeur et de la concentration en sédiments. Suivre leurs évolutions à l'aide d'indicateurs.
- Faune et flore aux abords du lac : réaliser un état initial puis suivre leur évolution à l'aide d'indicateurs.
- Pontons : observer l'impact de la modification du niveau d'eau sur l'utilisation des pontons pour prendre des mesures adaptées (financements de pontons mobiles ou ajustement des pontons fixes).
- Quantité d'eau : suivre la quantité d'eau arrivant et sortant du lac en fonction des niveaux d'eau à respecter et des conditions climatiques. Des mesures, en conciliation avec les acteurs, permettant une diminution du pompage pendant les périodes les plus sèches seraient idéales, de même qu'un pompage plus important pendant les mois à forte pluviométrie afin de stocker l'eau pourrait être étudié.
- Plages : suivre leur fréquentation et leur configuration pour mettre éventuellement en place des pontons d'accès à l'eau, ou apporter du sable sur certaines zones.

Ces suivis permettront de déterminer quand les objectifs écologiques et physiques ont été atteints. De plus, ils permettront de voir comment les usagers du lac perçoivent le changement et s'y adaptent. Lorsque ces résultats seront positifs, il sera envisageable, si la commune et les experts techniques le souhaitent, et que c'est opportun tant d'un point de vue écologique que sociologique, de modifier progressivement le marnage instauré vers un marnage "naturel"; ce marnage ayant été écarté dans un premier temps pour des activités touristiques qui pourraient apprécier de revenir à un marnage naturel, si leur développement s'axe sur une dimension de plus en plus écologique.

L'étude sociologique des acteurs locaux est cruciale pour faire accepter et comprendre les mesures proposées. Des actions de sensibilisation des habitants et des touristes sont à mettre en place afin que chaque acteur du territoire se sente concerné par l'état de l'écosystème présent autour de chaque lac. La sensibilisation aura notamment pour but d'expliquer le phénomène de marnage et les modifications dont il a été l'objet. L'objectif à termes est de concilier les cycles naturels, les activités de loisirs et la conservation des espèces lacustres.

5.6. Modalités de la mise en place du marnage et marnage définitif proposé

Dans les parties précédentes, nous avons défini l'intérêt et les enjeux liés à notre objectif de rétablissement du marnage sur le lac de Gérardmer. Un dernier paramètre à prendre en compte est la modalité de réalisation du marnage. Si le marnage est établi trop vite, ou trop lentement, il ne répondra pas à certains enjeux du territoire. S'il est rétabli trop vite, les objectifs sur les herbiers et l'acceptation sociale ne seront pas tenus, du fait de la migration relativement lente de certains herbiers d'intérêt, et d'une perturbation trop brusque du cadre de vie des habitants. A contrario, l'établissement du marnage sur une trop longue période de temps donnerait injustement un sentiment d'inefficacité des mesures prises, et cela rendrait par ailleurs la tenue du projet difficile sur la durée.

C'est pourquoi nous pensons qu'un établissement progressif mais suffisamment rapide du marnage doit être adopté. Ce compromis permettrait de répondre à tous les objectifs cités plus haut, et permettrait même d'augmenter les résultats sans engendrer de coûts. Nous avons prévu différents scénarios de cette évolution progressive : chacun d'entre eux diffère de par la priorité qu'il donne à certains objectifs.

Tous les scénarios se découpent en une phase (Ph1) de descente du niveau moyen du lac (40 cm) couplée à une augmentation de l'amplitude de marnage (1 m, correspondant à +/- 50 cm autour du niveau moyen), suivie d'une phase (Ph2) de remontée du niveau moyen du lac. La phase1 a pour objectif de remplir au plus vite les objectifs décrits dans les parties précédentes. Les niveaux d'eau idéaux sont définis pour chaque mois en fonction des enjeux de ce mois. Le niveau d'eau est décomposé en deux niveaux d'eau :

- -Le niveau moyen du lac sur l'année (mouvement global du niveau d'eau du lac, égal pour tous les mois).
- Le niveau résiduel (écart entre le niveau moyen sur l'année et le niveau d'eau du mois) : le marnage.

La phase2 a pour objectif de revenir au niveau d'eau connu aujourd'hui en permettant de mettre un accent sur l'acceptabilité du public vis à vis de ces mesures, ainsi que de favoriser la valorisation écologique et environnementale de la mesure qu'est le marnage.



5.6.1. Scénario 1 : niveau de l'eau et marnage installé progressivement sur 10+5 ans (Ph1+Ph2)

PHASE 1 : EVOLUTION DU NIVEAU MOYEN ET DU MARNAGE EN PROPORTION FIXE DE L'OBJECTIF MAXIMAL.



FIGURE 107 : ÉTABLISSEMENT PROGRESSIF À PROPORTION FIXE DES OBJECTIF DÉFINIS, CORRESPONDANT À UNE PÉRIODE DE 10 ANS : DIMINUTION DU NIVEAU D'EAU DE 4 CM PAR AN, ET AUGMENTATION DU MARNAGE DE +3 ET - 3 CM PAR AN. ORDONNÉES : HAUTEUR D'EAU DU LAC. ABSCISSES : MOIS.

Le calcul réalisé pour ce scénario est :

- n : n-ième année après le début des travaux de marnage
- E(n) : niveau d'eau de l'année n
- Ob : année où l'objectif de niveau d'eau doit être atteint

$$E(n) = E(0) + [E(Ob) - E(0)] / Ob$$

Les calculs sont faits pour chaque mois.

Ce scénario se concentre clairement sur le temps mis pour arriver à l'état final voulu en termes de marnage. En conséquence, si une période trop courte est décidée pour la réalisation de cette action, certains objectifs clefs de l'établissement du marnage ne seront pas atteints (en particulier les objectifs environnementaux). En effet, la diminution de la durée voulue du rétablissement du marnage aura comme incidence directe une variation des niveaux d'eau d'une année sur l'autre plus -voire trop- importante ; ce changement de régime brutal pourrait détruire un certain nombre de plants aquatiques. Cette diminution de la surface d'herbiers aura des conséquences sur la faune qui les utilise, par ricochet. D'autre part, si la modification des gestions des masses d'eau s'effectue trop vite, le manque d'anticipation sans un contrôle rigoureux pourrait conduire à des risques d'inondations et de sécheresse prolongée.

Si une durée adaptée est choisie, en revanche, il sera possible d'atteindre de très bons résultats et de diminuer les risques d'inondations et de sécheresse. En particulier, cela serait permis par l'étude des réactions du lac lors des dernières modifications effectuées sur son marnage.

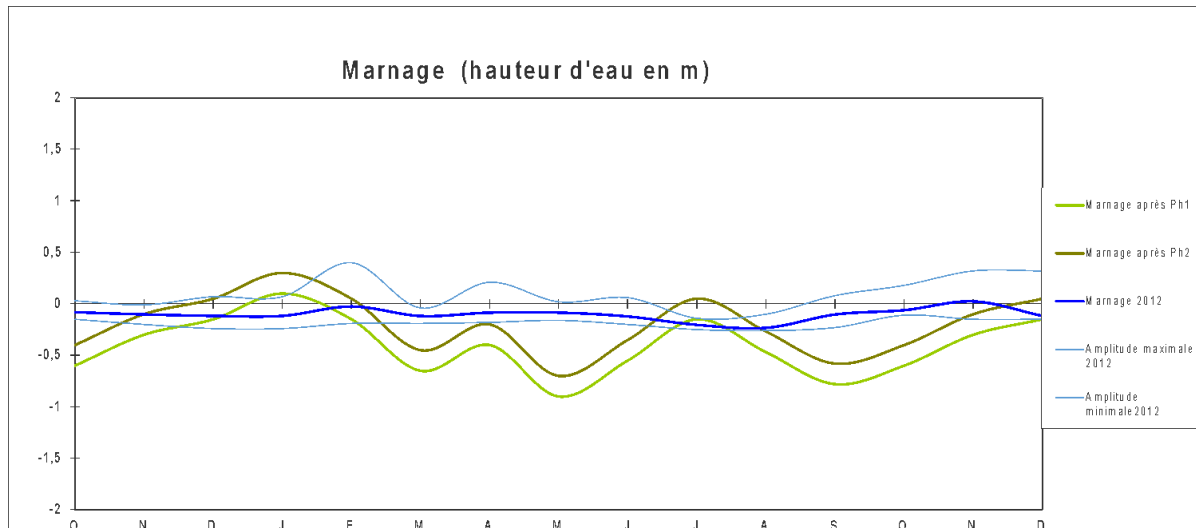


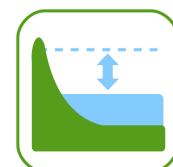
FIGURE 108 : REMONTÉE DU NIVEAU D'EAU SANS MODIFICATION DU MARNAGE LORS DE LA PHASE 2 (VERT CLAIR AVANT LA PH2, VERT SOMBRE APRÈS).

Après la Ph1, une Ph2 est donc prévue afin de faire revenir le niveau d'eau à un niveau plus proche de celui actuellement maintenu, qui semble correspondre aux attentes de la majorité des acteurs. Cette phase se prévoit également sur une durée déterminée qui donnera la vitesse de remontée du niveau moyen en eau depuis la Ph1 à celui visé en Ph2. Le marnage n'est pas modifié par cette phase, il reste celui finalement établi pendant la phase 1. Le maintien de ce marnage est en effet essentiel pour conserver les avantages écologiques, sédimentaires et de qualité d'eau obtenus par la phase 1.

Cette phase 2 prévoit tout de même une « marge de sécurité ». En effet, les relargages d'eau étant plus fréquents une fois le marnage établi, il peut y avoir des risques d'inondations si un même niveau moyen est maintenu. En gardant un niveau moyen légèrement inférieur, cela permet de s'assurer que le lac peut encore amortir des débits supérieurs à ceux prévus dans les scénarios. Ainsi, le niveau moyen que nous proposons à l'issue de la phase 2 est 30 cm en dessous de celui actuel.

Il est évident qu'une étude des années précédentes (pendant la phase 1) et la compréhension des dynamiques des cours d'eau seront utiles pour déterminer le seuil de sécurité optimal. Cette phase 2 représente une mesure intéressante de par ses effets de « remise à niveau du lac » et de re-répartition des plantes aquatiques sur les berges. Toutefois, elle n'est pas obligatoire. Du fait qu'elle modifie le marnage de façon beaucoup moins significative que la phase 1, il est possible de la réaliser plus rapidement – tout en prenant les précautions appropriées vis à vis des espèces les plus sensibles du lac.

La phase 2 étant commune à tous les scénarios (qui ont tous le même état final pour la phase 1), nous ne la détaillerons pas dans les scénarios suivants.



5.6.2. Scénario 2 : Évolution à durée égale de l'amplitude et du niveau moyen en eau

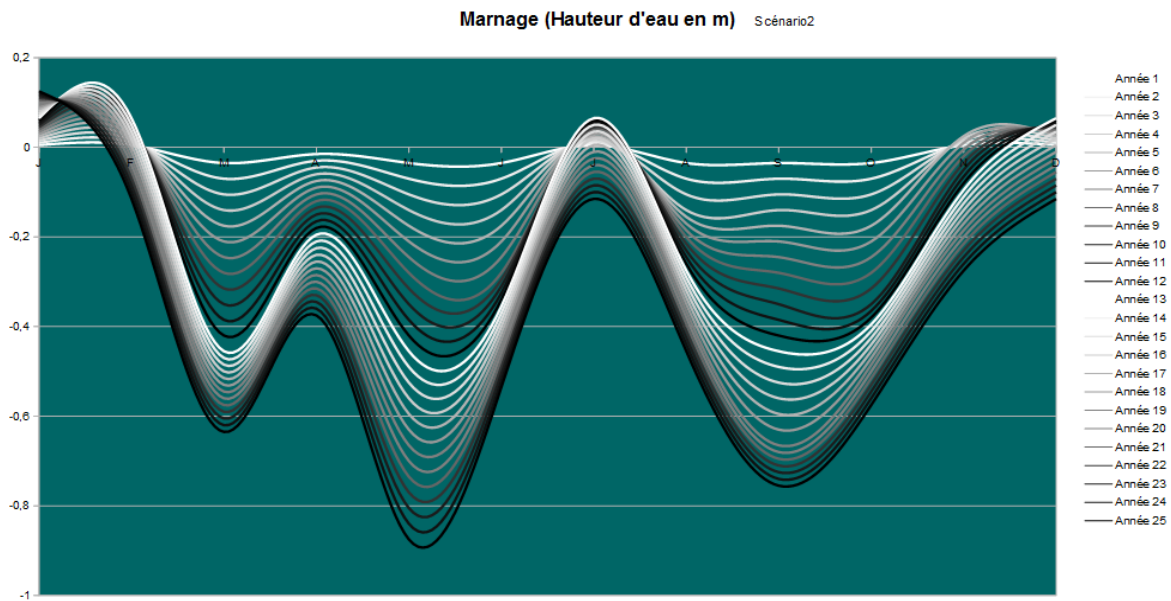


FIGURE 109 : SCÉNARIO 2 DE MISE EN PLACE DU MARNAGE : EN DEUX SÉRIES DE 12 ANS REPRÉSENTÉES DU BLANC VERS LE NOIR. LA DURÉE FIXÉE (ICI 24 ANS) POUR QUE LE MARNAGE OBTIENNE SON AMPLITUDE VOULUE EST LA MÊME QUE CELLE POUR QU'IL OBTIENNE LE NIVEAU D'EAU MOYEN VOULU.

Ce scénario est calculé par des proportions fixes :

- $A_m(n)$: Marnage de l'année n pour le mois m
- $H(n)$: Hauteur d'eau moyenne de l'année n
- $E_m(n)$: Niveau d'eau finalement obtenu pour l'année n pour le mois m
- n : n -ième année après le début de l'adaptation du marnage
- Ob : Objectif de mise en place du marnage (en année)

$$A_m(n) = A_m(0) + [A_m(Ob) - A_m(0)] / Ob * n$$

$$H(n) = H(0) + [H(Ob) - H(0)] / Ob * n$$

$$E_m(n) = H(n) + A_m(n)$$

Les calculs sont faits de cette façon pour chaque mois.

Cette méthode est un compromis entre l'avancée rapide du projet et les équilibres environnementaux auxquels ce projet est censé répondre. La durée du projet est ici encore modulable, ce choix ayant dans tous les cas les mêmes effets possibles que ceux décrits dans le scénario 1 inhérents à une mauvaise gestion en réponse aux pluviométries : inondations et des sécheresses, mettant en péril les espèces que ce projet aurait favorisé et avec des possibilités de dégâts matériels liés aux situations mal gérées.

Cette gestion de la mise en place du marnage induit des interactions fixes entre la diminution du niveau moyen en eau et la hausse de l'amplitude du marnage selon les mois. Par rapport au scénario 1, elle consiste en une modération de ces interactions, et donc à une évolution du régime de marnage différente. Cet effet est particulièrement visible sur les mois durant lesquels l'eau est

haute. Il pourrait permettre l'installation plus rapide d'une ceinture d'hélophytes et de plants hydrophiles. Toutefois, cette rapidité se ferait sans doute au détriment de la survie de certains herbiers qui sont limités par leur capacité de migration. Il est à noter que toute variation du niveau d'eau amène à la mortalité des plants qui se trouveront petit à petit émergés. Le meilleur compromis correspond à faire en sorte que le nombre de plants émergés (et donc sacrifiés) corresponde au maximum au nombre de pieds créés dans les zones immergées en permanence.

La phase 2 étant commune au scénario 1 (qui a le même état final en sortie de la phase 1), nous ne la détaillerons pas dans ce scénario.

5.6.3. Scénario 3 : Objectifs du marnage et du niveau moyen en eau désynchronisés dans le temps

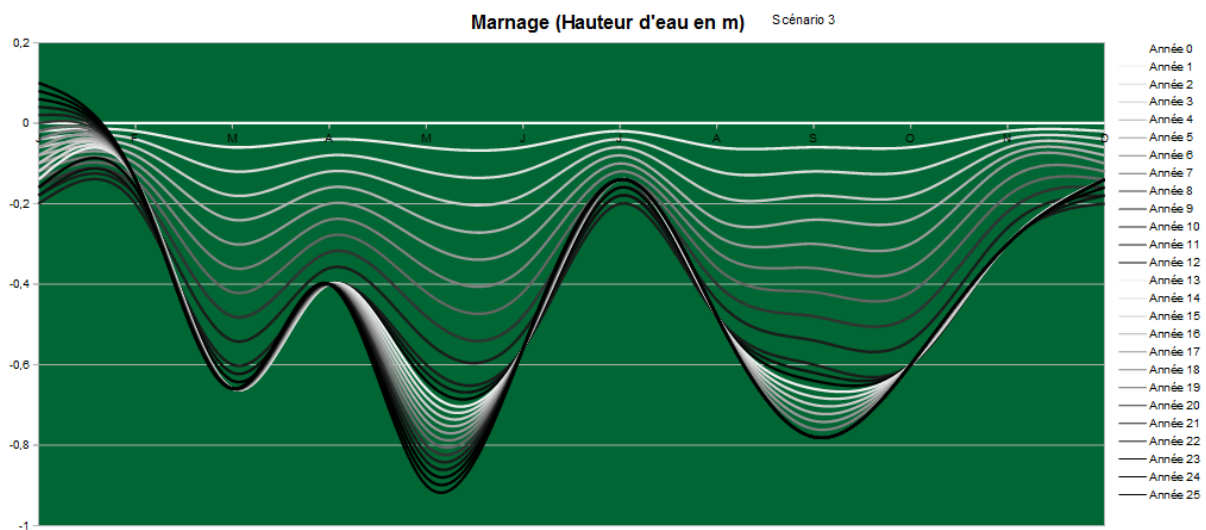


FIGURE 110 : SCÉNARIO 3 DE MISE EN PLACE DU MARNAGE : EN DEUX SÉRIES DE 12 ANS REPRÉSENTÉES DU BLANC VERS LE NOIR. LA DURÉE FIXÉE POUR QUE LE MARNAGE OBTIENNE SON AMPLITUDE VOULUE (ICI 25 ANS) EST DIFFÉRENTE DE CELLE FIXÉE POUR ATTEINDRE LE NIVEAU D'EAU MOYEN FINAL (I)

Ce scénario est calculé par des proportions fixes :

- $A_m(n)$: Amplitude du marnage de l'année n du mois m
- $H(n)$: Hauteur d'eau moyenne de l'année n
- $E_m(n)$: Niveau d'eau finalement obtenu pour l'année n pour le mois m
- n : n -ième année après le début de l'adaptation du marnage
- Oba : Objectif de mise en place de l'amplitude du marnage (en année)
- Obh : Objectif de mise en place de la hauteur d'eau moyenne (en année)

$$A_m(n) = A_m(0) + [A_m(Ob) - A_m(0)] / Oba * n$$

$$H(n) = H(0) + [H(Ob) - H(0)] / Obh * n$$

$$E_m(n) = H(n) + A_m(n)$$

Les calculs sont faits de cette façon pour chaque mois.

Ce scénario traite l'objectif en amplitude du marnage et l'objectif du niveau moyen en eau comme deux objectifs bien distincts dans le temps. La gestion différentielle de ces deux paramètres permet de moduler dans le temps leurs variations de façon séparée : si la diminution du niveau



d'eau révèle avoir un impact beaucoup plus fort que celui envisagé au préalable, il est possible de moduler cet impact sans toucher à l'amplitude du marnage. Ainsi, on peut limiter les effets de l'un des paramètres (en choisissant d'étaler son évolution sur une plus longue période) tout en profitant des effets de l'autre paramètre. Cette désynchronisation permet donc une bonne adaptabilité au regard de l'expérience de l'année précédente.

La Figure 110 représente un cas de désynchronisation ; le choix est laissé aux décideurs d'évaluer ce qui leur semble le plus pertinent, du point de vue de chaque objectif de cette mesure. Il est toutefois recommandé, afin de limiter les risques d'inondations, d'avoir une évolution de l'amplitude du marnage toujours plus faible que celle de la baisse du niveau d'eau moyen.

La phase 2 étant commune au scénario 1 (qui a le même état final en sortie de la phase 1), nous ne la détaillerons pas dans ce scénario.

5.6.4. Scénario 4 : Évolution majorée du marnage et du niveau moyen en eau

Ce scénario se distinguerait des scénarios précédents par l'introduction d'une variation maximale qu'il ne faudrait dépasser en aucun cas, quel que soit le mois. Les variations « excédentaires » seraient basculées sur l'année suivante, et ainsi de suite, jusqu'à ce que les objectifs de niveau d'eau par mois soient atteints. Ce scénario présenterait un intérêt certain quant à la conservation des herbiers en particulier ceux présentant une vitesse de migration et de colonisation très lente. En effet, une modification du régime de marnage très étalée dans le temps permettra à ces herbiers de se développer à un rythme lent. Toutefois, cette période non nécessaire pour les espèces à colonisation plus rapide risque d'être vue comme une perte de temps par la population ou au niveau des autres enjeux de cette mesure (érosion, qualité de l'eau,...).

5.6.5. Précautions

Le marnage est soumis à de multiples paramètres parmi lesquels se trouvent notamment la météorologie et la consommation en eau. L'état du marnage chaque année doit être validé par rapport aux données connues sur ces deux paramètres : c'est ce que nous avons montré dans les parties précédentes. Une attention particulière doit être portée à l'évolution d'un mois sur l'autre vis à vis des risques d'inondations de l'aval (lors du relargage de volumes d'eau par la vanne), et de sécheresse en aval ainsi que d'inondation autour du lac (lors de la rétention de volumes d'eau dans le lac).

Résumé

L'étude du marnage s'est faite uniquement sur la commune de Gérardmer, d'une part par manque de données sur les autres lacs, d'autre part par l'absence de moyens de régulations automatiques et anthropisés. Le marnage sur les lacs de Longemer et Retournermer suit son cycle naturel donc adapté aux espèces qui se développent sur ces lacs.

Sur Gérardmer, l'étude de l'état initial a permis de mettre en évidence un marnage faible à inexistant (amplitude erratique de 40 cm depuis 2012, puis de 20 cm depuis 2014) sans planification particulière. Les conséquences sont : une diversité floristique et faunistique limitée, des problèmes de recul des berges, d'envasement et de l'ensablement du lac en divers points, en particulier sur les avancées de terre sur le lac, et l'absence de zones de transitions entre les berges arborées et le lac (ceintures d'hélophytes).

D'autres activités présentes sur le lac et son bassin versant, telles que les activités touristiques et de loisirs ou industrielles, sont responsables de ces problèmes et de pollutions.

Le rétablissement d'un marnage permettrait d'agir directement sur les problèmes identifiés, en augmentant la surface des herbiers ; mais aussi indirectement comme en favorisant la dégradation de la matière organique par le zooplancton.

Au vu de l'importance du lac de Gérardmer dans l'économie locale, il est essentiel de concilier les aspects humains et écologiques dans la planification d'un marnage adapté.

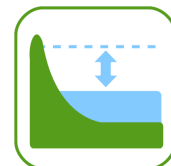
Trois scénarios de l'évolution du marnage ont été retenus en tenant également compte des contraintes naturelles (bilan hydrologique) et réglementaires. Tous présentent le même état final, l'objet des scénarios étant les évolutions susceptibles d'être mises en place.

Leur mise en place aura éventuellement des effets importants sur les problèmes identifiés tout en permettant le maintien de l'activité économique. Cette opération est susceptible de ne présenter aucun coût, comme présenté dans la fiche action 5.1; elle peut néanmoins faire l'objet d'un investissement en cas de changement de la vanne.

La modification du marnage sera partiellement efficace si les actions mentionnées dans les autres volets de l'étude ne sont pas mises en œuvre. Elle est également susceptible d'impacter la restauration des herbiers et des berges (importance des cycles d'immersion et d'émersion). C'est donc une mesure qui doit faire l'objet de communication, d'information et de soutien de la part des acteurs.

Action 5.1. Adapter le marnage

Action 5.2. Adapter la vanne



Bibliographie

AQUATERRA. AquaTerra Solutions, p17-20. En ligne : http://www.aquaterra-solutions.com/pdf/guides_ats/GUIDEATS-CHAP2.pdf

CETMEF. Juin 2009. *Aménagement des berges des voies navigables*, Retour d'expérience, p7. En ligne : <http://fr.calameo.com/read/00058733405cd5966d93b>

CLIMATE-DATA.ORG. Climat Gérardmer : Diagramme climatique, Courbe de Température, Table Climatique pour Gérardmer. En ligne : <https://fr.climate-data.org/location/709263/>

GUYARD, A. 2014, Les lacs : généralités (1). Balades naturalistes. Dernière mise à jour :

25/03/2014. En ligne : <http://baladesnaturalistes.hautetfort.com/archive/2010/06/16/les-lacs-generalites.html>

INFOCLIMAT. Base Climatologique. Climatologie et pluviométrie à Gérardmer. Dernière mise à jour : 2017. En ligne : <http://www.infoclimat.fr/base-climatologique-253-gerardmer.html>

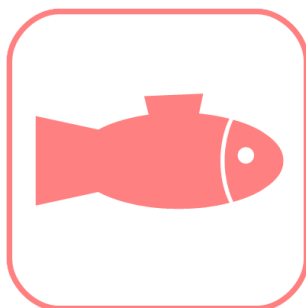
KRAUZE, J. 2004, *Conservation de Littorella uniflora dans la région lémanique*, p.10. En ligne : http://www.ville-ge.ch/cjb/conservation/pdf_conserv/diplome_littorella.pdf,

MER, E. 1881, *De l'influence des saisons sur la végétation et la reproduction de l'Isoetes lacustris*, p. 72- 76

RESEAU LACS SENTINELLES. Aster Conservatoire des Espaces Naturels Haute-Savoie. Un réseau de suivi des lacs d'altitude. Les Lacs d'altitude. En ligne : <http://www.lacs-sentinelles.org/fr/pages/les-lacs-daltitude>

PEUPELEMENTS PISCICOLES & CONTINUITÉS ÉCOLOGIQUES

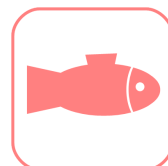
II.6



6. Peuplements piscicoles & continuités écologiques

6.1. Diagnostic piscicole.....	138
6.1.1. Peuplement piscicole.....	138
Historique et évolution du peuplement piscicole.....	138
Gestion actuelle.....	140
6.1.2. Sociologie des pêcheurs.....	141
Origine géographique des pêcheurs.....	141
Types de permis vendus.....	142
Profil des pêcheurs.....	142
6.1.3. Enjeux liés à la Truite commune (<i>Salmo trutta</i>).....	143
Biologie de la Truite commune.....	143
Reproduction des truites de lac dans la zone d'étude.....	147
Pressions actuelles sur les populations de truites de lac.....	148
6.1.4. Enjeux liés au Brochet (<i>Esox lucius</i>).....	150
Biologie du Brochet.....	150
Population de brochets dans la zone d'étude.....	151
6.1.5. Données manquantes.....	151
6.1.6. Conclusion du diagnostic.....	152
6.2. Propositions d'actions.....	153
6.2.1. Favoriser le retour d'une reproduction naturelle et fonctionnelle des truites de lac.....	153
6.2.2. Favoriser la Truite de lac.....	155
6.2.3. Assurer un suivi des populations.....	155
6.2.4. Retour vers un peuplement piscicole mieux adapté au contexte.....	156
6.2.5. Sensibiliser et communiquer auprès des pêcheurs.....	156
6.2.6. Plan de gestion piscicole.....	157
6.2.7. Conclusion des propositions d'action.....	158
6.3. Discussion.....	159
6.3.1. Portée de notre analyse.....	159
6.3.2. Faisabilité des actions proposées.....	160
6.3.3. Importance de la communication.....	161
Résumé.....	162
Bibliographie.....	164

Le peuplement piscicole est un élément important des lacs de la zone d'étude. En effet, les poissons sont des bioindicateurs de la qualité et de la fonctionnalité des écosystèmes de par leurs exigences biologiques et leur position dans la chaîne alimentaire. Un déséquilibre au sein du



peuplement piscicole peut à son tour avoir des conséquences sur l'écosystème. Cependant, le peuplement piscicole dépend aussi fortement des choix faits par les pêcheurs et les gestionnaires. Il convient donc de s'intéresser à la fois à l'écologie des poissons, au profil des pêcheurs et aux objectifs des gestionnaires pour identifier les enjeux propres à un bon équilibre piscicole. Cela permettra de contribuer au bon état écologique des masses d'eaux de la zone étudiée dans le cadre de l'application de la DCE, objectif commun aux différents volets de ce projet.

6.1. Diagnostic piscicole

6.1.1. Peuplement piscicole

HISTORIQUE ET ÉVOLUTION DU PEUPEMENT PISCICOLE

En 1947, Hubault décrivait le peuplement piscicole initial des trois lacs de la zone d'étude en considérant qu'il était proche de l'association: Truite fario (*Salmo trutta fario*), Vairon (*Phoxinus*), Chabot (*Cottus gobio*) et Lote (*Lota lota*). Aucune différence n'était faite à l'époque entre la Truite fario et la Truite de lac (*Salmo trutta lacustris*) et on peut considérer que des truites de lac faisaient également partie du peuplement initial. Ce peuplement est caractéristique des lacs de montagne. Le Brochet (*Esox lucius*) et la Perche (*Perca fluviatilis*) ont vraisemblablement été introduits dans le secteur au Moyen-Âge.

Au fil des années, les trois lacs de la zone d'étude se sont enrichis en espèces en raison de nombreuses introductions (Tableau 14, Figure 111). Entre 1902 et 2013, 16 espèces allochtones ont été introduites dans les lacs (China, 2016). Les essais d'introduction n'ont pas tous été réussis, certains ont été abandonnés, comme dans le cas du Corégone (*Coregonus sp.*). Des espèces invasives ont aussi été introduites accidentellement comme la Grémille dans les lacs de Gérardmer et Longemer ou la Perche soleil (*Lepomis gibbosus*) dans le lac de Gérardmer (espèce non retrouvée en 2011). Enfin, il y aurait quelques Amours blancs (*Ctenopharyngodon idella*), espèce de cyprinidé exotique herbivore problématique pour le développement des herbiers, dans le lac de Longemer (Voir 4.1.3, p. 83). Cette espèce, dont le biotope naturel est la rivière, ne se reproduit pas en France (MEEM, 2015) et est vouée à disparaître s'il n'y a pas de nouvelles introductions illégales.

Selon les données dont nous disposons (Collas, 2011 ; 2012 ; 2016), les trois espèces les plus abondantes actuellement dans les lacs de Gérardmer et Longemer sont la Perche, le Gardon (*Rutilus rutilus*) et la Grémille (*Gymnocephalus cernuus*), trois espèces n'appartenant pas au peuplement initial. Seuls trois spécimens de Truite commune ont été capturés dans ces deux lacs lors des dernières pêches de suivi (ONEMA, 2011 ; 2016). De plus, la Lote et le Vairon ont disparu et le Chabot se fait rare. Une tendance similaire s'observe au niveau du lac de Retournermer. Dix espèces y ont été recensées par Pierre Olivier Lausecker en 2009 sur la base de témoignages de pêcheurs (Annexe 6.1).

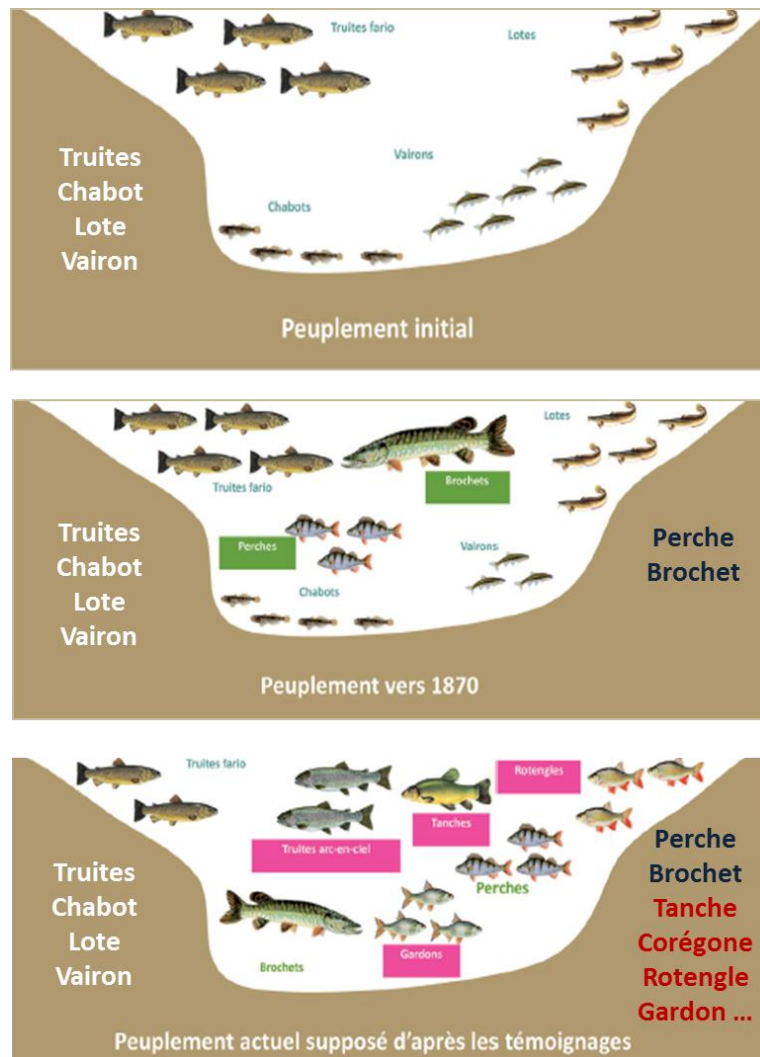


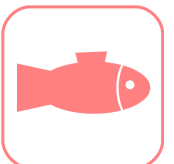
FIGURE 111 : EVOLUTION DU PEUPEMENT PISCICOLE DES LACS DE LA ZONE D'ÉTUDE (© AGROPARISTECH – GMN)

Néanmoins, il est difficile de déterminer précisément le peuplement actuel car les pêches au filet multimailles ne sont pas exhaustives. Certaines espèces introduites, telles que l'Ombre chevalier (*Salvelinus alpinus*), n'ont pas été retrouvées dans les pêches. D'autres espèces, présentes de façon certaine telles que le Brochet ou la Carpe commune (*Cyprinus carpio*), n'ont pas été capturées dans le lac de Gérardmer.

L'abondance relative du Gardon et de la Perche s'explique sûrement par le fait que ces espèces peuvent frayer sur des graviers ou des rochers tandis que les autres ont besoin de végétation aquatique ou d'affluents fonctionnels. Or, la végétation aquatique des lacs a fortement régressé et les affluents ne sont pas tous accessibles. L'échec de la reproduction du Corégone et la probable disparition de la Lote et de l'Ombre chevalier s'expliquent certainement par les conditions anoxiques du fond des lacs. En effet, ces espèces vivent et frayent à forte profondeur.

L'évolution du peuplement piscicole dans les trois lacs est présentée en annexe 6.2.

TABLEAU 14 : PEUPEMENT PISCICOLE ACTUEL POTENTIEL DANS LES LACS DE GÉRARDMER, LONGEMER ET RETOURNEMER SELON LES RAPPORTS DE PÊCHE DE L'ONEMA DE 2005 ET 2010 POUR LE LAC DE GÉRARDMER, DE 2011 ET 2016 POUR LE LAC DE LONGEMER ET SELON PIERRE OLIVIER LAUSECKER (2009)



Nom commun	Nom latin	Origine	Lac de Gérardmer	Lac de Longemer	Lac de Retournemer
Truite commune (fario ou lacustre)	<i>Salmo trutta</i>	Indigène et introduite	X	X	X
Chabot	<i>Cottus gobio</i>	Indigène	X	X	
Lote	<i>Lota lota</i>	Indigène			X
Truite arc-en-ciel	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Introduite	X	X	X
Corégone	<i>Coregonus sp.</i>	Introduite	X		
Gardon	<i>Rutilus rutilus</i>	Introduite	X	X	X
Chevesne	<i>Leuscius cephalus</i>	Introduite	X	X	X
Rotengle	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Introduite	X	X	X
Tanche	<i>Tinca tinca</i>	Introduite	X	X	X
Goujon	<i>Gobio gobio</i>	Introduite	X	X	
Brème commune	<i>Abramis brama</i>	Introduite		X	
Brème bordelière	<i>Blicca bjoerkna</i>	Introduite	X		
Carpe commune	<i>Cyprinus carpio</i>	Introduite	X	X	X
Amour blanc	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	Introduite		X	
Brochet	<i>Esox lucius</i>	Introduite	X	X	X
Perche	<i>Perca fluviatilis</i>	Introduite	X	X	X
Sandre	<i>Sander lucioperca</i>	Introduite	X		
Grémille	<i>Gymnocephalus cernuus</i>	Introduite	X	X	
Perche soleil	<i>Lepomis gibbosus</i>	Introduite	X		

GESTION ACTUELLE

Les droits de pêche sur les lacs de Gérardmer et Longemer, leurs affluents, la Jamagne et certains tronçons de la Vologne, sont détenus par l'AAPPMA des Pêcheurs de la Vallée des Lacs tandis que la gestion piscicole du lac de Retournemer est assurée par des particuliers.

Actuellement, le PDPG (Plan Départemental de Protection du milieu aquatique et de Gestion des ressources piscicoles) réalisé par la Fédération Départementale pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique des Vosges (FDPPMA 88) en accord avec le SDAGE du Bassin Rhin-Meuse et la Directive Cadre sur l'Eau a pour objectifs majeurs :

- Favoriser les espèces autochtones (ou l'ayant été) ;
- Réaliser une gestion piscicole patrimoniale sur toutes les masses d'eau ;
- Réserver les repeuplements et alevinages au soutien des populations piscicoles perturbées par les activités humaines.

Il interdit l'introduction d'espèces invasives ou ne correspondant pas à la catégorie piscicole des masses d'eau. D'après ce document, les lacs de Gérardmer et Longemer sont considérés comme des lacs de 1^{ère} catégorie piscicole, dans laquelle la famille de poissons dominante est celle de la Truite, à savoir les salmonidés. L'AAPPMA effectue donc un travail important pour protéger les populations de truites (147). Cependant, le Brochet est protégé par un arrêté préfectoral dans le

secteur alors que ce n'est normalement pas le cas en 1^{ère} catégorie piscicole. D'autre part, la fiche technique du secteur du lac de Gérardmer et de ses affluents (FDPPMA 88, 2011) précise : « le lac est historiquement un lac au fort potentiel brochet malgré son classement en 1^{ère} catégorie, nous le traiterons dans cette fiche comme appartenant au domaine intermédiaire avec comme espèces repères l'association truite (*fario* + *lacustre*) et brochet ». Cette espèce bénéficie donc d'un statut particulier dans la zone d'étude.

Actuellement, les repeuplements effectués par l'AAPPMA dans les lacs de Gérardmer et Longemer concernent la Truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) et la Tanche (*Tinca tinca*). Des lâchers de truitelles *fario* issues de pisciculture sont pratiqués dans le lac de Retournermer mais ceux de truites arc-en-ciel y ont cessé.

Des Sandres (*Sander lucioperca*) ont été lâchés dans les lacs de Gérardmer et de Longemer sans que l'AAPPMA en soit responsable. C'est un poisson des eaux de 2^{ème} catégorie piscicole qui n'a pas sa place écologiquement dans le lac de Gérardmer. De même, la présence de certains cyprinidés est problématique dans la mesure où les poissons fouisseurs tels que la Carpe commune ou la Tanche contribuent à la turbidité des eaux en remuant la vase pour s'alimenter. De plus, les cyprinidés favorisent l'apparition de micro-algues car ils consomment du zooplancton, lui-même consommateur de phytoplancton (Scheffer, 1993). Néanmoins, il n'est pas certain que la Carpe commune puisse se reproduire dans les lacs en raison de la faible température des eaux.

Ainsi, le peuplement piscicole des lacs de la zone d'étude est éloigné du peuplement initial. La gestion piscicole est, par certains aspects, contraire à la gestion patrimoniale que préconisent le PDPG et le SDAGE. Cela pourrait nuire au bon état écologique des masses d'eau, objectif de la DCE. Il convient néanmoins de déterminer plus précisément l'influence des espèces allochtones sur l'écologie du lac.

6.1.2. Sociologie des pêcheurs

Pour mieux comprendre la situation, nous nous sommes intéressés au profil des pêcheurs fréquentant la zone d'étude.

ORIGINE GÉOGRAPHIQUE DES PÊCHEURS

En 2016, l'AAPPMA des Pêcheurs de la Vallée des Lacs a vendu 2 117 permis de pêche, chiffre en hausse d'environ 4 % par rapport à 2015. La pêche constitue un intérêt touristique car 75 % des pêcheurs viennent d'autres départements que les Vosges ou de l'étranger (Figure 112). Les pêcheurs locaux, Gérômois ou Vosgiens, sont deux fois moins nombreux que les autres.

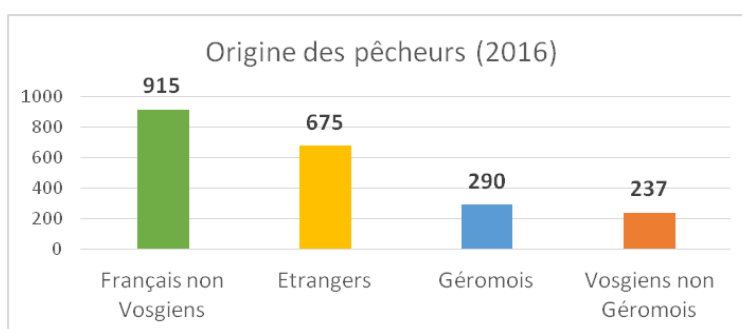
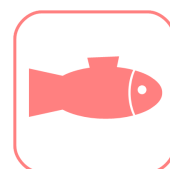


FIGURE 112 : ORIGINE DES PÊCHEURS AYANT ACHETÉ UN PERMIS DE PÊCHE À L'AAPPMA DES PÊCHEURS DE LA VALLÉE DES LACS EN 2016 (DONNÉES AAPPMA 2016)



TYPES DE PERMIS VENDUS

En 2016, l'AAPPMA des Pêcheurs de la Vallée des Lacs a vendu 63 % de permis hebdomadaires ou journaliers pour seulement 37 % de permis annuels (Figure 113). Cela souligne donc encore une fois le côté « touristique » de la pêche à Gérardmer. En effet, à l'échelle des Vosges, la tendance s'inverse avec environ deux fois plus de permis annuels vendus que de permis journaliers (Dans les Vosges en 2015 : 2 614 permis journaliers / 5 756 permis annuels majeur).

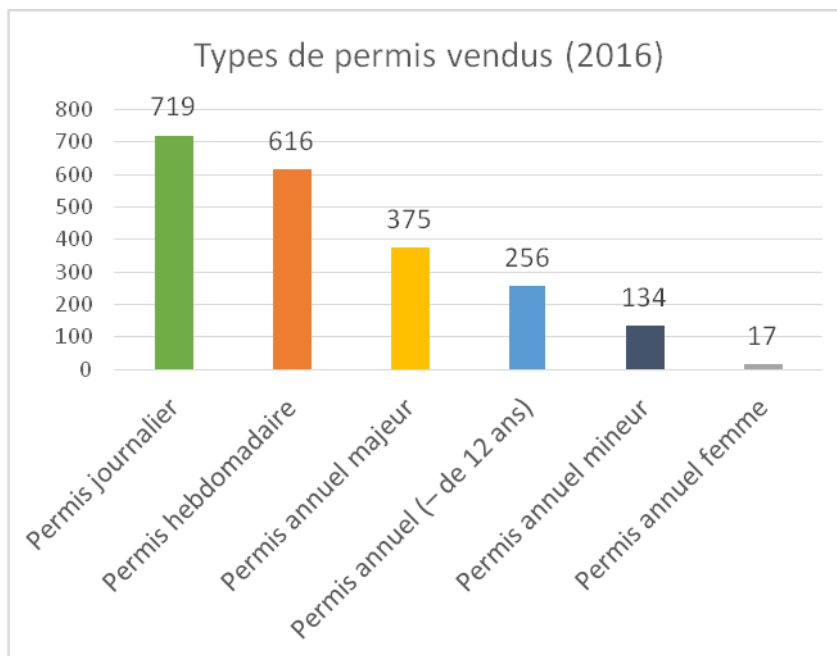


FIGURE 113 : TYPES DE PERMIS VENDUS PAR L'AAPPMA DES PÊCHEURS DE LA VALLÉE DES LACS EN 2016 (DONNÉES AAPPMA 2016)

PROFIL DES PÊCHEURS

Les entretiens que nous avons effectués et les réponses au questionnaire diffusé auprès des pêcheurs (Annexe 6.1) nous ont apporté des informations sur le profil des pêcheurs.

Sur le lac, les pêcheurs pêchent principalement le Brochet et la Truite, ainsi que la Perche dans une moindre mesure. En général, une même personne pêche plusieurs espèces de poissons et utilise différentes techniques de pêche. Beaucoup pêchent à la traîne (avec un leurre ou un poisson mort) depuis un bateau. Il y a une quarantaine de bateaux de pêche sur chacun des lacs de Gérardmer et de Longemer. La pêche est également pratiquée depuis les bords des lacs, notamment par les pêcheurs occasionnels. Les techniques de pêche y sont plus variées. Les cyprinidés sont peu pêchés bien qu'il y ait quelques carpistes.

La pêche du Brochet est réputée à Gérardmer du fait des belles prises qui y ont déjà été faites. Il y aurait une quinzaine de pêcheurs assidus du Brochet sur ce lac. De façon générale, les pêcheurs apprécient beaucoup la pêche des carnassiers (Brochet, Perche, Sandre) et souhaiteraient que leurs populations augmentent voire pour certains, que le nombre d'espèces augmente (certains pêcheurs souhaitent pêcher du black-bass dans les lacs).

La Truite reste cependant le poisson le plus prisé. Chaque année, après les lâchers de truites arc-en-ciel, les prises sont nombreuses. Depuis peu, des truites de lac sont de nouveau capturées dans le lac de Gérardmer. Dans l'ensemble, les pêcheurs locaux, plus assidus car présents toute l'année, évoquent la baisse du nombre et de la taille des prises. Ils signalent également que l'affluence touristique limite les possibilités de pêche depuis le bord et complique la navigation sur le lac.

Certes, la pêche à Gérardmer attire bon nombre de touristes et de « pêcheurs vacanciers », mais d'après les avis recueillis, ils n'ont pas de réel impact négatif sur les populations piscicoles car ils capturent peu de poissons. À l'inverse, les pêcheurs locaux pêchent « mieux » et plus souvent et capturent plus de poissons car peu d'entre eux pratiquent le no-kill³. Ceci a sans doute un impact sur la population de truites puisque la réglementation en vigueur est plutôt souple. En effet, la taille limite de capture de la Truite dans les lacs est de 30 cm ; des poissons n'ayant en général pas eu le temps de se reproduire sont donc capturés.

D'une manière générale, d'après les témoignages, les jeunes sont les plus faciles à sensibiliser aux problèmes de déséquilibre piscicole. Cependant, il est de plus en plus rare que ceux-ci s'investissent au sein de l'APPMA : la moyenne d'âge au sein de l'association est relativement élevée et l'absence de relève est problématique.

Bien qu'ils connaissent plutôt bien la composition en espèces piscicoles des lacs, les pêcheurs ont parfois une perception erronée de l'abondance de chacune d'entre elles. La Perche, espèce la plus abondante (Collas, 2011, 2016), est par exemple qualifiée d'espèce rare par certains. De plus, beaucoup considèrent que le lac est en bon état pour les poissons et ne semblent pas conscients qu'il existe un déséquilibre piscicole.

Deux gardes-pêche particuliers et bénévoles sont assermentés et effectuent leur travail de garderie sur les lots de pêche de l'AAPPMA des Pêcheurs de la Vallée des Lacs. Ils verbalisent une vingtaine de pêcheurs par an et ce, principalement pour non possession du permis de pêcher. Les pêcheurs doivent remplir un carnet de prises dans lequel ils inscrivent tout Brochet ou Truite capturés. Ils doivent le transmettre à la fin de la saison à la FDPPMA. Cependant, ce carnet est souvent mal rempli et seule une cinquantaine de carnets sont récupérés chaque année. Cela peut souligner le manque d'intérêt de certains pêcheurs vis-à-vis de l'état piscicole des eaux de la vallée.

Compte-tenu du peuplement piscicole actuel et des préférences des pêcheurs, nous nous intéresserons aux deux espèces les plus prisées, le Brochet et la Truite, et aux enjeux qu'elles suscitent dans notre zone d'étude.

6.1.3. Enjeux liés à la Truite commune (*Salmo trutta*)

BIOLOGIE DE LA TRUITE COMMUNE

TAXONOMIE

La Truite commune (*Salmo trutta*) est une espèce piscicole de la famille des salmonidés, indigène en France métropolitaine. Elle vit dans les rivières et ruisseaux aux eaux froides et bien oxygénées, situés en tête de bassin versant. Il s'agit de l'espèce « repère » associée à la 1^{ère} catégorie piscicole. Au sein de cette espèce, on distingue trois sous-espèces différentes correspondant chacune à une forme écologique distincte (Freyhof, 2011 ; Puissauve et al. 2015) :

- La Truite fario ou Truite de rivière (*Salmo trutta fario*) qui vit et se reproduit en eaux vives.
- La Truite de lac (*Salmo trutta lacustris*) qui se reproduit en eaux vives mais passe la majeure partie de sa vie en lac.

³ No-Kill : Pratique de pêche qui consiste à remettre le poisson capturé à l'eau sans le tuer.



- La Truite de mer (*Salmo trutta trutta*) qui se reproduit en eaux vives et migre en milieu marin.

La Truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*), originaire d'Amérique du Nord, a été introduite pour l'élevage et la pêche de loisir dans de nombreux cours d'eau et plans d'eau français. En France, elle ne se reproduit naturellement qu'en de rares endroits et son maintien dépend de déversements réguliers (Keith et al., 2003).

GÉNÉTIQUE

Il n'y a aucune différence génétique entre la Truite de rivière et la Truite de mer selon Guyomard (1991). Le patrimoine génétique de la Truite de lac est différent de celui des autres sous-espèces de truites dans certains cas seulement (Ferguson et al., 1983 ; Ryman et al., 1979). La littérature scientifique rapporte des exemples d'introductions de truites de rivière dans des régions où l'espèce était allochtone qui ont entraîné l'apparition des trois formes écologiques : sédentaire, lacustre et anadrome⁴ (Baglinière, 1991). Morphologiquement, il n'est pas possible de distinguer les alevins de truites de lac et de truites de rivière (Champigneule et al., 1991).

D'autre part, il existe des différences morphologiques et génétiques notables entre les truites de rivière présentes sur les versants atlantique et méditerranéen. Il y a autant de différences génétiques entre ces deux souches qu'entre deux sous-espèces de salmonidés (Guyomard, 1991).

Les rempoissonnements en truites fario réalisés durant le siècle dernier ont provoqué un brassage génétique au sein de l'espèce *Salmo trutta* entre des souches sauvages indigènes et les individus issus de pisciculture, de souche atlantique. Le terme « truite sauvage » souvent employé pour désigner les truites vivant et se reproduisant naturellement dans le milieu est donc à nuancer.

Dans la zone d'étude, il y a nécessairement eu un brassage génétique entre les truites fario et lacustres présentes initialement et les truites fario de pisciculture introduites pendant plus d'un siècle. Néanmoins, afin de limiter l'introgression⁵, l'AAPPMA des Pêcheurs de la Vallée des Lacs a décidé d'arrêter d'aleviner les rivières du secteur avec des truites fario provenant de piscicultures à partir de 2017. Cet alevinage perdure dans le lac de Retournemer dont la gestion piscicole n'est pas assurée par l'AAPPMA des Pêcheurs de la Vallée des Lacs.

D'autre part, chaque année, l'AAPPMA déverse environ deux tonnes de truites arc-en-ciel d'une trentaine de centimètres dans les lacs de Gérardmer et Longemer. La majorité de ces poissons sont capturés peu après leur introduction. De plus, ils ne se reproduisent pas dans les lacs. Ces lâchers de poissons de pisciculture permettent de satisfaire les pêcheurs et d'éviter une « surpêche » de la Truite de lac. Il faut tout de même préciser qu'ils comportent un risque d'introduction de pathogènes.

REPRODUCTION DE LA TRUITE COMMUNE

La Truite commune, quelle que soit la sous-espèce considérée, se reproduit en eaux vives. La migration de reproduction débute en automne et le frai a lieu de fin novembre à janvier. Les

⁴ Anadrome : qualifie les espèces aquatiques qui vivent habituellement en mer mais remontent les cours d'eau, fleuves, rivières pour s'y reproduire et pondre leurs œufs.

⁵ Introgression : transfert de gènes d'un pool génétique à un autre entre espèces interfécondables ou au sein d'une espèce entre des individus aux patrimoines génétiques différents.

truites de lac remontent les affluents du lac pour rejoindre les frayères. Les truites de rivière se déplacent également jusqu'aux secteurs les plus propices au frai. Pour que les géniteurs puissent remonter, la profondeur de l'eau ne doit jamais être inférieure à 15 cm pour les plus gros individus et les chutes d'eau doivent être suffisamment basses et précédées de fosses d'appel⁶ (Baudoin et al., 2014 ; Gorius et al., 2010). Les géniteurs ont besoin de conditions particulières au niveau des frayères, qui se situent sur des radiers⁷ ou des plats⁸ (Figure 114). Les rives doivent comporter des refuges pour les poissons tels que des blocs ou des bois immergés. Le recalibrage des cours d'eau est ainsi très néfastes aux frayères et peut faire fortement diminuer les populations de truites (Haury et al., 1991).

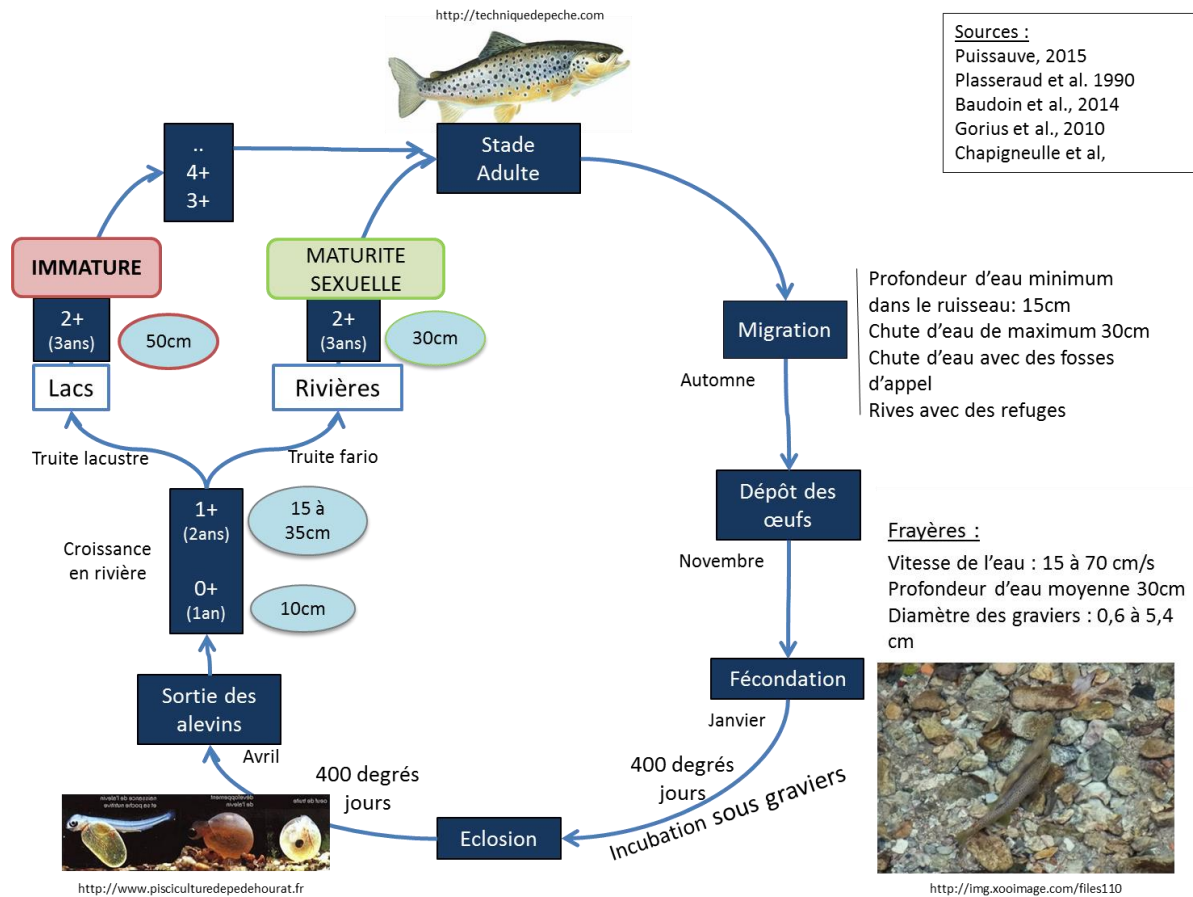


FIGURE 114 : CYCLE DE REPRODUCTION DE LA TRUITE COMMUNE

Lors du frai, la truite femelle commence par creuser la frayère. Elle dépose ses œufs qui sont immédiatement fécondés par le mâle. Elle les recouvre ensuite de graviers. Suite à l'incubation sous-graviers et à l'éclosion, les alevins restent sous le gravier jusqu'à résorption de leur vésicule

⁶ Fosse d'appel : fosse située en aval d'un obstacle dans un cours d'eau permettant aux poissons de prendre de la vitesse afin de le franchir.

⁷ Radier : Partie d'un cours d'eau peu profonde à écoulement rapide dont la surface est hétérogène et « cassée » au-dessus des graviers/galets ou des substrats de cailloux.

⁸ Plat : secteur d'un cours d'eau peu profond à écoulement lent sans vaguelettes en surface, souvent situé en amont d'un obstacle ou d'un radier. Son profil est symétrique.



vitelline⁹. Si le courant est trop fort, les œufs sont emportés. Au contraire, s'il n'y en a pas assez, il y a trop peu d'oxygène car des particules fines peuvent colmater la frayère.

Dans le cas des truites de lac, les alevins passent leurs deux premières années dans le ruisseau lorsque les conditions le permettent. Il arrive cependant que les alevins dévalent vers un lac dès l'automne. C'est le cas lorsque le ruisseau est mis à sec ou lorsque la densité d'alevins est trop forte. Le taux de mortalité entre l'œuf et le stade 0+ (atteint à l'automne de l'année de naissance) est supérieur à 90%.

Le nombre de truites issues de la reproduction dépend des habitats disponibles, de la ressource alimentaire et de la qualité de l'eau de chaque ruisseau. Quel que soit le nombre d'œufs pondus et d'alevins émergents, le nombre d'alevins survivants est relativement fixe dans chaque ruisseau. Ainsi, il est parfois inutile d'introduire des individus supplémentaires si la reproduction naturelle suffit à atteindre la capacité de recrutement¹⁰ du ruisseau (Champigneule et al. 1991). Les années qui suivent, le taux de mortalité est de l'ordre de 40 à 50%. Une truite vit environ 7 ans et peut vivre jusqu'à 13 ans (Puissauve, 2015).

ALIMENTATION DE LA TRUITE COMMUNE

En rivière, la Truite fario a un régime alimentaire carnassier. Elle consomme des invertébrés aquatiques (éphémères, trichoptères, plécoptères, chironomes, gammares, etc.) et des invertébrés terrestres s'ils tombent à l'eau. En grandissant, les truites deviennent de plus en plus piscivores. Elles exercent une prédation sur le Vairon et le Chabot mais aussi sur de petits cyprinidés et de jeunes truites.

Les truites de lac ont la même alimentation que les truites de rivière pendant environ deux ans, y compris lorsqu'elles descendent vers un lac (Champigneule, 1991). Par la suite, les truites de lac s'alimentent de poissons et grossissent plus vite que les truites de rivières. Les études scalimétriques¹¹ mettent en évidence cette différence dans la vitesse de croissance car les stries présentes sur les écailles des poissons sont plus espacées lorsque la croissance est rapide. Dans le lac Léman, les truites de lac mangent surtout de jeunes gardons et de jeunes perches, et un peu de zooplancton. Elles restent surtout en surface en hiver. Les jeunes truites présentes en zone littorale peu profonde consomment également des invertébrés benthiques¹² (Champigneule, 1991). On peut considérer qu'il en est de même dans les lacs de la zone d'étude étant donné que les gardons et les perches y sont également présents et abondants.

S'il n'y a pas assez d'alevins dans la zone pélagique¹³, les truites de lac entrent en compétition avec les perches et les cyprinidés pour consommer des invertébrés benthiques (Vehanen, 1995).

⁹ *Vésicule vitelline : réserve de matière nutritive présente au début de la vie de certains organismes.*

¹⁰ *Capacité de recrutement : nombre de poissons adultes produits par l'ensemble des frayères chaque année, proportionnel à la surface favorable à la reproduction des poissons.*

¹¹ *Scalimétrie : correspond à une méthode permettant de déterminer l'âge des poissons ou des reptiles à partir de leurs écailles, plus précisément à partir des stries de croissance qu'elles affichent.*

¹² *Benthique : l'adjectif dérive de benthos. Le benthos est l'ensemble des organismes aquatiques vivant à proximité du fond de l'eau.*

¹³ *Pélagique : l'adjectif dérive de pélagos. Le pélagos est l'ensemble des organismes aquatiques qui vivent dans la colonne d'eau à la profondeur la plus proche de la surface.*

Les données dont nous disposons ne permettent pas de savoir si cette compétition s'exerce dans les lacs étudiés.

REPRODUCTION DES TRUITES DE LAC DANS LA ZONE D'ÉTUDE

ZONES DE FRAI FONCTIONNELLES

Nous ne nous intéresserons ici qu'aux zones de frai des truites provenant des lacs.

Les truites du lac de Gérardmer ne frayent actuellement que dans le ruisseau du Phény, en particulier en amont du lieu-dit La Goutte du Chat. Celles du lac de Longemer frayent dans la Vologne entre le lac de Longemer et la cascade infranchissable située à l'aval du lac de Retournermer. Depuis le lac de Retournermer, les truites peuvent remonter la Vologne sur un faible linéaire pour y frayer (Figure 115). Les autres affluents des trois lacs ne sont actuellement pas fonctionnels pour la reproduction des truites ou y contribuent de façon négligeable.

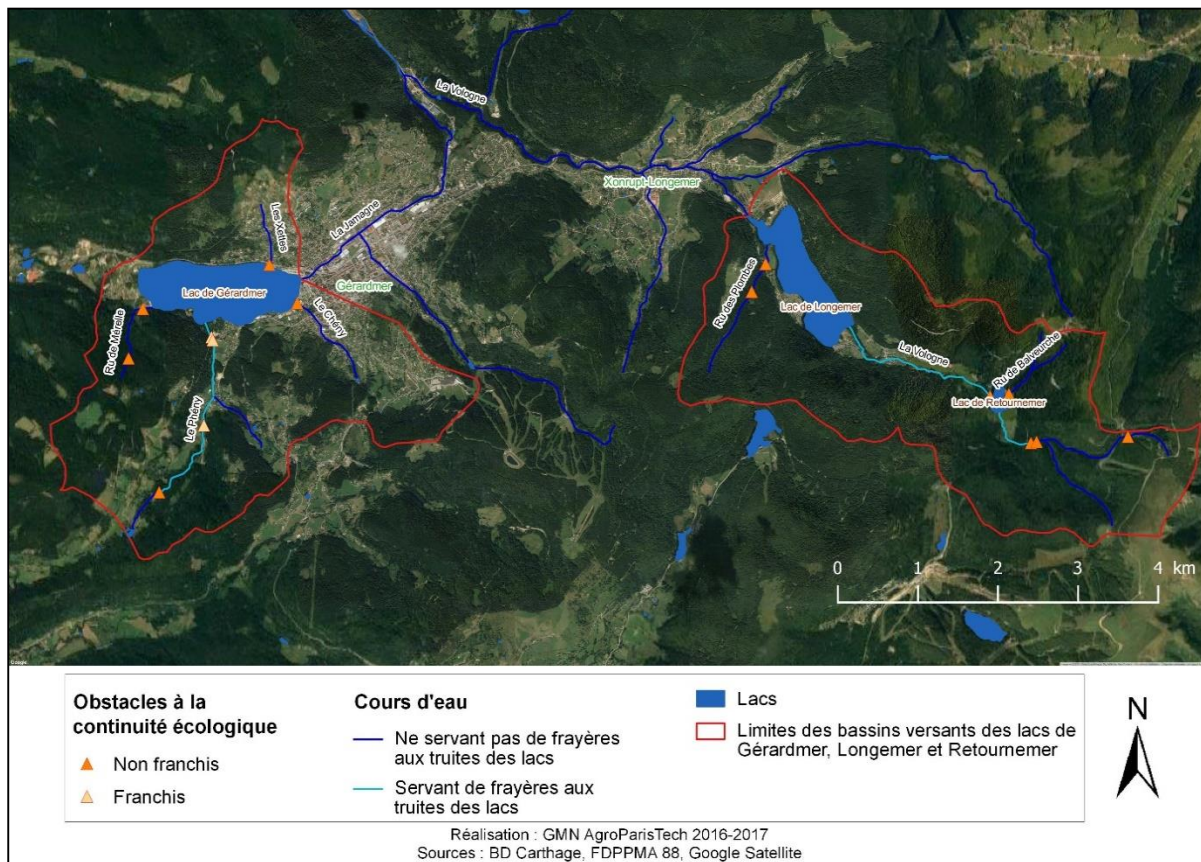
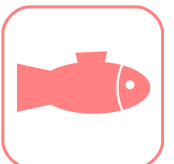


FIGURE 115 : CARTE DES COURS D'EAU SERVANT DE FRAYÈRES AUX TRUITES DES LACS DE GÉRARDMER, LONGEMER ET RETOURNERMER

Sans le soutien à la reproduction naturelle effectué par l'AAPPMA, les populations de truites de lac se reproduiraient difficilement.

SOUTIEN À LA REPRODUCTION EFFECTUÉ PAR L'AAPPMA

La population de truites de lac ayant disparu un temps du lac de Gérardmer, l'AAPPMA cherche à la restaurer. A Longemer, les truites de lac ont toujours été présentes et les efforts visent à renforcer la population existante.



Chaque année, des membres de l'AAPPMA se procurent 50 000 œufs fécondés de truites au mode de vie lacustre provenant du lac Léman (pisciculture de Thonon-les-Bains). Ils posent ensuite des boîtes Vibert¹⁴ contenant ces œufs dans les ruisseaux du Phény, des Xettes, de Mérelle et du Chény, affluents du lac de Gérardmer (à proximité de leur embouchure pour ces trois derniers) et dans la Vologne en amont du lac de Longemer. Ils relâchent par ailleurs des alevins vésiculés (environ 150 degrés jours¹⁵ après l'éclosion des œufs) aux mêmes endroits. Une écloserie associative leur permet de contrôler le développement des œufs. Pour soutenir la reproduction des truites fario dans la Jamagne et de la Vologne, ils capturent des géniteurs dans la Vologne. Leurs œufs sont relâchés dans ces deux rivières uniquement et non dans les affluents des lacs.

Par ailleurs, lorsque le débit du ruisseau du Phény est trop faible, de l'eau est pompée dans le lac et injectée au niveau du captage d'eau potable de La Goutte du Chat pour restaurer le débit et éviter que les alevins et truitelles ne soient tués par la mise à sec. Les membres de l'AAPPMA effectuent également une pêche électrique de sauvetage des alevins de truites en amont du captage avant la mise à sec. Ces alevins âgés de 2 à 3 ans sont ensuite relâchés dans le lac de Gérardmer.

PRESSIONS ACTUELLES SUR LES POPULATIONS DE TRUITES DE LAC

Actuellement, les populations de truites de ces lacs subissent de nombreuses pressions, responsables du déclin des populations ces dernières décennies.

OBSTACLES À LA CONTINUITÉ

Le manque de continuité écologique est une des pressions qui limitent le succès de la reproduction des truites. Sur les affluents des lacs étudiés, la présence de cascades naturelles et de buses de canalisation difficilement franchissables limite la remontée des géniteurs (Figure 115). Cela réduit notablement la surface de frayères accessibles et la capacité de recrutement des affluents.

L'importante urbanisation de la vallée et la construction de routes ont rendu obligatoire la mise en place de buses bétonnées pour canaliser les écoulements. Ces ouvrages, en particulier lorsqu'ils sont longs et à section ronde ne sont pas franchissables.

Le recalibrage du ruisseau du Phény effectué il y a quelques années n'a pas été accompagné d'une revégétalisation suffisante des berges. Celle-ci est rendue difficile par le fait qu'il y a une nette rupture entre le cours d'eau et sa ripisylve et non pas une transition en pente douce entre ces deux éléments. Les géniteurs ainsi que les alevins de truites trouvent donc assez peu de refuges. De plus, la Renouée du Japon (*Fallopia japonica*), plante exotique envahissante, se propage dans ce secteur et limite le développement des plantes indigènes.

Dans le ruisseau du Phény, la continuité écologique est également limitée lors de la période d'étiage. Le pompage d'eau dans le lac de Gérardmer et son injection dans le ruisseau permet

¹⁴ Boîtes Vibert : boîtes permettant l'incubation d'œufs de truites fécondés en milieu naturel. Elles sont remplies d'œufs fécondés puis immergées dans les cours d'eau au niveau des frayères. Les orifices qu'elles comportent permettent la circulation de l'eau et de l'oxygène. Ils sont suffisamment petits pour que les œufs ne puissent pas en sortir mais permettent néanmoins aux alevins de sortir après l'éclosion.

¹⁵ Degrés-jours : mesure utilisée pour calculer l'accumulation de chaleur qui sert à estimer la durée d'un développement biologique, tel que l'incubation d'œufs de poissons, en tenant compte de la température. Cette notion est particulièrement utilisée dans le domaine de l'agronomie et de la pisciculture.

d'éviter un assèchement estival. Cependant, la zone située en amont de la station de pompage est asséchée. Cela réduit la population d'invertébrés aquatiques, ressource alimentaire de la Truite en rivière, et limite donc la capacité de recrutement du ruisseau.

La fédération de pêche réalise depuis quelques années l'inventaire des obstacles à la continuité. Nous avons complété cet inventaire lors de nos prospections dans la zone d'étude (Figure 115). D'autre part, des travaux ont déjà été réalisés par la FDPPMA et l'AAPPMA pour éliminer des obstacles.

QUALITÉ DE L'EAU ET RESSOURCES ALIMENTAIRES

La qualité de l'eau dans la zone d'étude n'était pas satisfaisante en 2010, notamment dans le lac de Gérardmer en raison de teneurs élevées en mercure et de pollutions dues à l'activité industrielle (1.1.2. État chimique, p. 26). Les teneurs en matière organique ont également augmenté ces dernières années. Cette détérioration de la qualité de l'eau est néfaste pour la population de truites. Par ailleurs, depuis quelques années, la quantité d'invertébrés benthiques dans les cours d'eau est en baisse selon les témoignages recueillis.

RÉGLEMENTATION DE LA PÊCHE

Actuellement, d'après la réglementation en vigueur, un pêcheur est autorisé à prélever chaque jour 6 truites de plus de 30 cm, qu'il s'agisse de truites de lac ou de truites arc-en-ciel. Or, les truites de lac atteignent la maturité sexuelle à un âge plus avancé que les truites sédentaires. D'après Champigneulle et al. (1991), moins de 10% des truites de lac sont matures à 3 ans et seules 20% d'entre elles le sont à 4 ans. De plus, en raison de son régime piscivore, une truite de lac grossit très vite et atteint une longueur de 50 cm à 4 ans. **Ainsi, en maintenant la taille limite de capture à 30 cm, il y a un risque que les truites de lac prélevées ne se soient jamais reproduites et que les efforts effectués par l'AAPPMA pour restaurer les populations ne puissent pas porter leurs fruits.** D'autre part, la FDPPMA a estimé la population de truites de lac à respectivement 1 351 et 3 317 individus dans les lacs de Gérardmer et Longemer (FDPPMA 88, 2011). Plus de deux tonnes de truites arc-en-ciel sont introduites chaque année (environ 10 000 individus répartis sur les deux lacs) mais celles-ci sont capturées rapidement après leur introduction. Près de 800 permis de pêche annuels et 1335 permis de pêche hebdomadaires ou journaliers ont été vendus en 2016. Certes, tous les pêcheurs ne pêchent pas la truite dans les lacs de Longemer et Gérardmer mais au vu de ces chiffres, on peut craindre que l'effort de pêche soit trop important par rapport à la population de truites.

L'AAPPMA de Granges-sur-Vologne a par exemple une réglementation beaucoup plus stricte sur les secteurs dont elle assure la gestion halieutique. La taille limite de capture de la Truite de rivière (mature plus rapidement) y a été fixée à 30 cm et le nombre de truites capturées par chaque pêcheur est limité à 2 par jour et à 20 par an.

PRÉDATION

Les truites du secteur d'étude peuvent être la cible du Brochet. Plus ce carnassier est grand, plus il va consommer de poissons de grande taille (Frost, 1954). Sur le lac de Gérardmer, des truites arc-en-ciel de plus de 30 cm sont capturées avec des traces de blessures, dues aux brochets selon les pêcheurs interrogés, ce qui signifie que la prédation de la Truite s'exerce bel et bien. Dans les lacs finlandais dans lesquels la Truite de lac et le Brochet cohabitent, les lacs où la densité de truites de lac est la plus faible sont aussi ceux dans lesquels il y a le plus de brochets (Vehanen, 1995). **Ainsi, on peut se demander si l'augmentation de la population de truites de lac souhaitée par l'AAPPMA ne sera pas contrariée par les évolutions récentes de la réglementation et les**



actions prévues visant à protéger le Brochet. Des données supplémentaires sont nécessaires pour étayer ce diagnostic.

D'autre part, certains pêcheurs mentionnent le Héron (*Ardea cinerea*) et le Cormoran (*Phalacrocorax carbo*) comme prédateurs de la Truite. Le Héron a surtout un impact sur les alevins de truites présents dans les affluents des lacs tandis que le Cormoran consomme des poissons de plus grande taille.

6.1.4. Enjeux liés au Brochet (*Esox lucius*)

Étant donné que le Brochet est la deuxième espèce favorite des pêcheurs dans la zone d'étude et qu'il interagit avec la Truite, nous nous sommes intéressés à sa biologie et l'état de sa population locale.

BIOLOGIE DU BROCHET

Le Brochet (*Esox lucius*) est l'un des plus gros poissons carnassiers autochtones d'Europe (Figure 116). Il est situé en haut de la chaîne alimentaire. C'est une espèce classée comme vulnérable dans la liste de l'UICN notamment du fait de la destruction de ses habitats par les activités humaines (Natureserve, 2013).



FIGURE 116 : JEUNE BROCHET PRIS EN PHOTO PAR LE CLUB DE PLONGÉE LOCAL (SOURCE : JOYEUX-TETARDS.ASSO-WEB.COM)

Il est présent en France dans les eaux peu profondes et calmes, dans les lacs et en zone aval des rivières, en général en 2^{ème} catégorie piscicole.

ALIMENTATION DU BROCHET

Les juvéniles se nourrissent d'invertébrés aquatiques avant de se nourrir d'œufs et d'alevins d'autres espèces. Adulte, le Brochet a un régime principalement piscivore. Il est solitaire, territorial et chasse à l'affût en se camouflant dans les herbiers. Selon une étude de Frost (1954) dans un lac anglais dont le peuplement piscicole est similaire aux trois lacs de la zone d'étude, les brochets consomment beaucoup de perches et de truites. Le Brochet étant également un consommateur de cyprinidés en 2^{ème} catégorie piscicole, on peut imaginer que dans notre contexte sa prédation s'exerce sur la plupart des espèces piscicoles, y compris sur les truites de lac et arc-en-ciel. Il peut avoir un comportement cannibale lorsque sa population est trop importante.

REPRODUCTION

Pour sa reproduction, le Brochet est phytophile, ce qui signifie qu'il pond sur des végétaux aquatiques qui viennent d'être submergés dans des zones aux eaux claires et peu profondes. La ponte est favorisée par une végétation dense, courte et dressée. Idéalement, ces végétaux doivent

être submergés un à deux mois consécutifs. Dans la zone d'étude, il pond certainement après le dégel lorsque les eaux commencent à se réchauffer. Une température inférieure à 3°C est létale pour les œufs (Gillet, 1989). De plus, la période de fécondité des femelles, déjà brève, peut être raccourcie par des températures faibles. Ainsi, certaines années, la reproduction du Brochet dans la zone peut être naturellement compliquée pour des raisons climatiques.

Le juvénile cherche à se développer dans des zones calmes et peu profondes avec une importante végétation aquatique (hydrophytes) pour éviter de subir le cannibalisme ou la prédation par d'autres espèces de carnassiers ou d'oiseaux piscivores. Ces zones sont aussi favorables aux cyprinidés qui constituent son alimentation. La reproduction du Brochet est limitée par l'absence d'un habitat propice que par le nombre de géniteurs (Agence de l'Eau Adour-Garonne, 2014).

POPULATION DE BROCHETS DANS LA ZONE D'ÉTUDE

Le Brochet est une espèce emblématique du lac de Gérardmer, réputé pour abriter de gros individus. Un record de 1,38 m avait été établi dans les années 80. Il est également présent dans les deux autres lacs étudiés. D'après notre enquête sociologique, sa population a réduit depuis une trentaine d'années, probablement à cause de la diminution des surfaces de frayères à végétation aquatique.

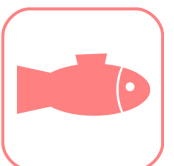
Bien que l'on soit en 1^{ère} catégorie piscicole, pour assurer la reproduction de cette espèce, une taille limite de capture du Brochet a été fixée à 50 cm sur les lacs de Gérardmer et Longemer par arrêté préfectoral en 2005 (Arrêté préfectoral n°824/2005/DDAF) puis augmentée à 60 cm en 2016. Favoriser cette espèce classée vulnérable est aussi un des objectifs affichés par la Fédération Nationale de la Pêche en France (FNPF, 2016). En effet, elle demande actuellement que le Brochet soit protégé en 1^{ère} catégorie en appliquant la réglementation pour l'instant réservée à la 2^{nde} catégorie (période d'ouverture et quotas, taille limite de capture de 60 cm sur demande du préfet comme l'indique l'article R436-19 modifié par le décret n°2016-417 du 7 avril 2016 - art. 16). Dans la zone d'étude, cette protection s'applique déjà.

La restauration de certains herbiers sur le lac de Gérardmer et la réglementation seront donc favorables à la reconstitution des habitats du brochet. Cependant, puisque ces actions feront probablement augmenter sa population, il est nécessaire de la contrôler de sorte que les efforts réalisés pour conserver la Truite de lac ne soient pas réduits à néant par la prédation.

6.1.5. Données manquantes

Afin d'améliorer le diagnostic, nous avons listé des points qu'il serait intéressant de développer. Cela permettrait de mieux connaître le milieu et de proposer ainsi des actions plus concrètes et adaptées aux situations actuelles :

- Une meilleure connaissance du peuplement piscicole est nécessaire. En effet, les pêches au filet multimailles ainsi que les captures des pêcheurs amateurs ne permettent pas de déterminer de façon précise le peuplement piscicole des lacs de la zone d'étude.
- Il serait utile de pouvoir quantifier précisément les captures de poissons réalisées dans les lacs pour adapter la réglementation de pêche, notamment en analysant les carnets de prises des pêcheurs.
- Pour évaluer les résultats de la restauration des populations de truites de lac par l'AAPPMA, il serait intéressant de déterminer la part des truites issues des œufs de la pisciculture de Thonon-les-Bains dans la population totale. De même, il faudrait évaluer quelle est la part des truites issues de la reproduction naturelle dans la population.



- À l'heure actuelle, il est difficile de savoir à quel stade les alevins de truites de lac descendent les affluents pour rejoindre le lac et quel est leur taux de survie quand ils descendent précocement. Cela permettrait de savoir si les ruisseaux ont une capacité de recrutement suffisante. De même, il serait intéressant d'évaluer la ressource alimentaire au niveau de ces ruisseaux.
- Pour mieux comprendre les interactions entre les espèces piscicoles du lac, il serait intéressant de déterminer plus précisément le régime alimentaire des poissons dans la zone d'étude, en particulier de la Truite et du Brochet.
- Des données manquent en ce qui concerne la reproduction des cyprinidés et leur alimentation. Elles permettraient de prévoir l'évolution de leur population en l'absence d'introduction et d'évaluer l'impact que ces poissons peuvent avoir, sur le zooplancton notamment.
- Par ailleurs, pour mieux cerner les enjeux liés à la gestion piscicole, il serait utile de recueillir régulièrement les témoignages d'un large panel de pêcheurs pour déterminer quelles actions sont possibles mais aussi pour obtenir des informations sur le milieu. En effet, dans le cadre de notre étude, les rencontres avec les pêcheurs nous ont beaucoup aidés à comprendre la situation. Nous aurions souhaité recevoir plus de réponses au questionnaire diffusé.

6.1.6. Conclusion du diagnostic

Les lacs de la zone d'étude sont passés d'un peuplement salmonicole à un peuplement piscicole dominé par la Perche, le Gardon et les cyprinidés dans lequel la Truite se fait rare. Cette modification de la chaîne alimentaire peut avoir des conséquences sur les interactions entre prédateurs, l'équilibre chimique du lac et sur le maintien des herbiers (présence de spécimens d'Amour blanc). Les lacs sont cependant classés en 1ère catégorie piscicole.

La gestion piscicole, assurée par des particuliers à Retournemer, est confiée à l'AAPPMA des Pêcheurs de la Vallée des Lacs sur les lacs de Gérardmer et Longemer et leurs affluents. Les pêcheurs sont en majorité (75 %) originaires de l'extérieur du département. Les locaux, bien que moins nombreux, sont ceux qui pêchent le plus. La sensibilisation des pêcheurs à l'écologie des lacs est cruciale pour la réalisation des objectifs de gestion piscicole. La Truite et le Brochet sont les deux espèces de prédilection des pêcheurs et compte-tenu de leur raréfaction, l'AAPPMA mène des actions pour restaurer leurs populations en faisant en sorte qu'elles se reproduisent durablement et satisfassent les attentes des pêcheurs.

La reproduction de la Truite de lac est soutenue artificiellement mais des actions visent à la pérenniser sur les affluents des lacs. Un projet de restauration d'herbiers sur le lac de Gérardmer pourrait améliorer l'état écologique du lac et favoriser la reproduction du Brochet et des autres espèces dont le frai a lieu dans la végétation. La réglementation a été renforcée pour protéger le Brochet mais ne semble pas assez stricte concernant la Truite de lac pour que les efforts menés par l'AAPPMA puissent porter leurs fruits.

L'augmentation simultanée des populations de truites et de brochets souhaitée par les pêcheurs et les gestionnaires apparaît compliquée compte-tenu de l'antagonisme entre ces espèces. Néanmoins, des données manquent pour étayer ce diagnostic et fixer des objectifs précis en termes de gestion piscicole.

6.2. Propositions d'actions

Plusieurs points apparaissent problématiques dans notre diagnostic du peuplement piscicole et de sa gestion actuelle. Les actions proposées ont pour but d'améliorer et de faciliter la gestion des populations piscicoles, en prenant en compte le milieu naturel et son potentiel ainsi que les demandes des pêcheurs, dans la mesure du possible. À la suite de la présentation des actions, une discussion sur ces dernières amènera un regard critique sur notre travail et sur d'autres points non détaillés.

L'objectif premier des actions proposées est de rétablir une population stable de truites de lac. Pour cela, il est nécessaire de jouer sur trois volets : une réduction de la pression de pêche sur la Truite de lac, la restauration de la continuité écologique et des zones de frai (Figure 117).

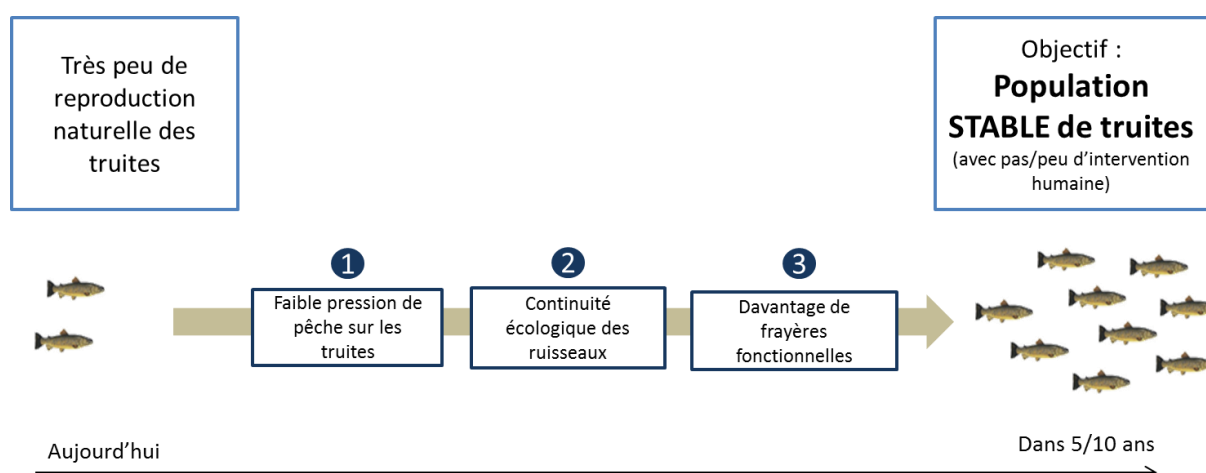


FIGURE 117 : ACTIONS PROPOSÉES POUR RÉTABLIR UNE POPULATION STABLE DE TRUITES DE LAC (© AGROPARISTECH – GMN)

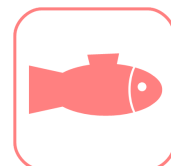
Ces actions sont censées rétablir une population durable de truites de lac se reproduisant naturellement. Enfin, un effort de suivi des populations doit être mené pour évaluer les résultats des actions menées. Dans un autre temps, mener une action globale sur le peuplement piscicole est envisagé. L'objectif final attendu serait de mettre en place un plan de gestion adapté aux besoins des pêcheurs et du milieu naturel qui regrouperait l'ensemble des actions proposées.

6.2.1. Favoriser le retour d'une reproduction naturelle et fonctionnelle des truites de lac

Sur les affluents du lac de Gérardmer, très peu de zones propices au frai des truites sont accessibles aux géniteurs. Il est important de poursuivre les efforts menés par la FDPMA et l'AAPPMA pour rétablir la continuité écologique sur les affluents en supprimant les obstacles. Les deux affluents du lac de Gérardmer les plus propices à ce type d'action sont le ruisseau du Phény et le ruisseau de Mérelle.

Au niveau du ruisseau du Phény, les travaux de restauration suivants sont à envisager :

- Remplacer deux buses à section ronde par un ouvrage franchissable par les géniteurs
- Retirer les enrochements des rives
- Restaurer la ripisylve en revégétalisant les berges



Au niveau du ruisseau de Mérelle, il faudrait également :

- d) Rendre au ruisseau son lit naturel

Ruisseau du Phény :

- Deux buses problématiques situées sous le chemin de la Beuchotte ont déjà été listées par la FDPMA. Il serait nécessaire de les remplacer en dimensionnant l'ouvrage selon des critères hydrauliques et écologiques. En effet, il faut faire en sorte de maintenir une hauteur d'eau suffisante dans l'ouvrage, de limiter la vitesse d'écoulement ainsi que d'éviter une variation trop brutale de l'intensité lumineuse, afin de permettre le passage des truites. Des buses à section carrée seraient plus adaptées et leur disposition doit être bien réfléchi pour permettre la remontée par les salmonidés.
- À l'amont du delta de Ramberchamp, le cours d'eau a été rectifié et enroché ce qui est peu favorable. En effet, cette zone pourrait servir de frayère mais l'artificialisation limite les possibilités de ponte et le nombre de refuges. Rendre la dynamique du cours d'eau en supprimant les enrochements permettra le retour du fonctionnement naturel.
- Enfin, une mesure complémentaire serait une revégétalisation des berges afin de favoriser la reconstruction d'une ripisylve plus riche. La revégétalisation aura un impact positif sur la qualité de l'eau et sur le développement des poissons, et limitera d'autre part l'expansion de la Renouée du Japon.

Ruisseau de Mérelle :

Au niveau du ruisseau de Mérelle, il serait intéressant de rendre au ruisseau son cours initial (Figure 118). Actuellement, il est canalisé et enterré sur une bonne partie de son linéaire.

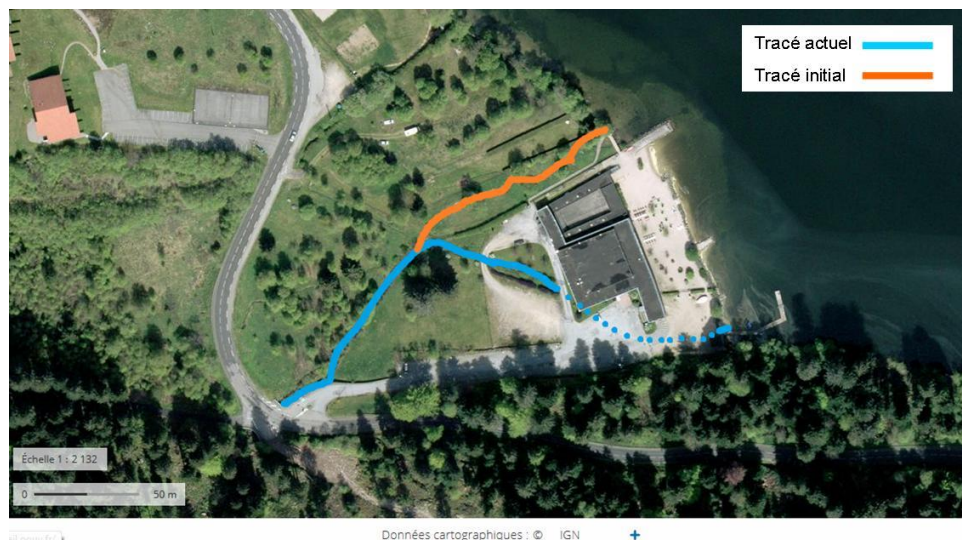


FIGURE 118 : TRACÉS ACTUEL ET INITIAL DU RUISSEAU DE MÉRELLE (SOURCE : GÉOPORTAIL)

Il sera nécessaire de rencontrer les propriétaires de la zone et de proposer une étude de l'impact hydraulique du retour du ruisseau dans son lit initial. Le projet devra permettre de renaturer le cours d'eau ainsi que la ripisylve associée. Un apport de graviers pourra favoriser le retour des frayères à truites.

La plupart des actions proposées ont déjà été envisagées par la FDPMA dans les Modules d'Actions Cohérentes de la fiche technique du PDPG88 du lac de Gérardmer et Affluents (FDPMA

88, 2011). Il faudrait initier les démarches concrètes, en proposant un dossier technique complet et en chiffrant précisément les coûts engendrés par ces mesures.

La Communauté de Communes des Vallons du Bouchot et de Rupt s'est lancée dans un programme similaire de restauration à grande échelle sur la Moselotte et ses affluents (L'ATELIER DES TERRITOIRES, 2013). Les objectifs sont multiples, ils visent à améliorer la circulation piscicole, l'état des ripisylves, la biodiversité mais également d'améliorer la qualité de l'eau.

6.2.2. Favoriser la Truite de lac

Afin d'éviter la surpêche des truites de lac et d'optimiser leur reproduction, les mesures suivantes sont proposées :

- a) Augmenter la taille limite de capture des truites de lac à 50 cm (30 cm actuellement)
- b) Limiter le nombre de prises journalières de truites de lac à 2 (6 actuellement) et instaurer un "quota" annuel de 20 truites de lac par an et par pêcheur
- c) Sensibiliser à l'importance du no-kill sur les truites de lac

En prélevant uniquement des truites d'une taille supérieure à 50 cm, nous pouvons espérer qu'elles se soient déjà reproduites au moins une fois. L'AAPPMA de Granges-sur-Vologne a déjà révisé la réglementation de la sorte suite à une étude scalimétrique faite par Asconit consultants en 2011. Mieux connaître la croissance des truites des lacs de Gérardmer et Longemer est un point essentiel. En effet, les limites de capture de la Truite fario habituellement en vigueur en 1^{ère} catégorie sont peu adaptées aux truites de lac dans ce contexte.

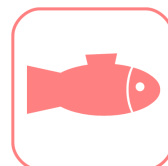
6.2.3. Assurer un suivi des populations

Pour s'assurer que les mesures prises aient bien le résultat escompté il est important d'assurer un suivi du peuplement piscicole. Plusieurs méthodes peuvent être envisagées :

- a) Étendre les pêches électriques de comptage aux affluents des lacs
- b) Analyser l'ADN-environnemental des lacs
- c) Évaluer l'effort de pêche à partir des carnets de capture
- d) Faire une étude scalimétrique
- e) Évaluer l'influence du Brochet sur la Truite de lac

Détails des actions proposées :

- a) Étendre les pêches électriques de comptage, organisées actuellement sur la Jamagne et la Vologne, aux affluents des lacs permettrait d'évaluer le succès de la reproduction des truites de lac. De plus, cela permettrait de mieux connaître les effectifs des autres espèces.
- b) Effectuer des analyses de l'ADN-environnemental de l'eau des lacs renseignerait de façon probablement plus exhaustive et plus sûre sur le peuplement des lacs que les pêches réalisées actuellement. Des analyses sont actuellement en cours suite à des prélèvements effectués par l'Agence Française pour la Biodiversité (AFB).
- c) Il faudrait aussi être capable de mieux suivre les carnets de prises pour savoir plus exactement ce qui est réellement prélevé. Cela permettrait de rendre plus justes les calculs d'estimation des populations de poissons. La communication est essentielle pour ce point.



- d) En outre, une étude scalimétrique permettrait de mieux connaître la population de truites de lac locale. En estimant l'âge des truites de lac en fonction de leur taille, l'AAPPMA pourrait éventuellement ajuster en conséquence la réglementation relative à la taille limite de capture pour favoriser leur reproduction. Une telle étude indiquerait également à quel stade les truites de lac changent de régime alimentaire pour devenir piscivores.
- e) Enfin, si ces suivis soulignent le fait que l'état des populations de truites de lac ne s'améliore pas et donc que les mesures prises ne suffisent pas, il serait judicieux de mettre en place un suivi de la population de brochets afin de pouvoir estimer si la prédation du Brochet sur la Truite n'est pas un problème majeur. Lors des pêches au filet multimailles réalisées par l'AFB, le contenu stomacal des brochets capturés pourrait être analysé pour déterminer leur régime alimentaire. Si les résultats viennent à montrer que le Brochet consomme beaucoup de truites, il faudra réfléchir à des mesures pour limiter son expansion. En effet, les actions proposées pour restaurer les herbiers (Action 4.2 et 4.7) vont sûrement engendrer une hausse des populations de brochets, car elles favorisent leurs habitats. Une mesure adaptée serait alors de diminuer sa taille limite de capture pour réduire la population et la pression de prédation.

6.2.4. Retour vers un peuplement piscicole mieux adapté au contexte

La régulation des populations d'espèces allochtones mérite également une réflexion. Certaines espèces, telles que l'Amour blanc et d'autres cyprinidés, posent problème par rapport à la qualité d'eau globale du lac. Pour limiter ce problème, il serait possible de :

- a) Mieux faire respecter la réglementation relative aux introductions d'espèces allochtones
- b) Cesser les repeuplements en cyprinidés

Détails des actions proposées :

- a) **Concernant les espèces gênantes, nous préconisons surtout une meilleure application des réglementations et la sensibilisation des pêcheurs.** Aucune action pour réduire les populations n'est envisagée car leur capture est compliquée et les individus introduits ne peuvent pas se reproduire dans ces eaux. Ils devraient donc disparaître naturellement. Cependant, l'accent doit être mis pour éviter toute remise à l'eau d'individus pêchés et toute nouvelle introduction, qui signalons-le serait illégale (article L411-3 du Code de l'Environnement : I : "interdiction de l'introduction d'espèce animal non indigène du territoire dans le milieu naturel", à l'exception, pour l'Amour blanc, des eaux closes, sous réserve d'avoir eu une autorisation préfectorale (MEEM, 2015)). Pour cela, la réglementation doit être mise en avant et les pêcheurs sensibilisés à son respect. Les personnes qui relâcheraient de nouveaux individus devraient être pénalisées. Plus globalement, l'interdiction d'introduction de toute espèce allochtone (Amour blanc, Sandre, Black bass) doit être mieux connue des pêcheurs. En effet, dans les réponses au questionnaire, plusieurs pêcheurs gérômois ont montré leur volonté de pêcher du Black bass ou du Sandre dans les lacs. La sensibilisation des pêcheurs est donc essentielle.
- b) Il serait intéressant de réduire les repeuplements en Tanche. Lors des entretiens et dans les réponses au questionnaire diffusé, nous avons peu entendu parler de la pêche des cyprinidés tels que la Tanche. Les cyprinidés étant peu pêchés et n'ayant pas leur place en 1^{ère} catégorie piscicole, les repeuplements devraient cesser et une réflexion devrait être menée quant à l'interdiction de leur remise à l'eau.

6.2.5. Sensibiliser et communiquer auprès des pêcheurs

Enfin, comme il a été dit dans le diagnostic, les pêcheurs semblent porter peu d'intérêt à l'écologie des lacs et des poissons. Il serait donc utile de sensibiliser et de communiquer parallèlement à la

mise en place des mesures précédentes pour que leur logique et leurs objectifs soient parfaitement compris par tous. Cela permettra, en outre, de valoriser grandement les actions actuellement menées par l'AAPPMA. Pour cela, il serait possible de :

- a) Organiser des journées événementielles en lien avec la pratique de la pêche et la connaissance du milieu aquatique
- b) Communiquer auprès des jeunes pour les impliquer dans les AAPPMA
- c) Encourager les pêcheurs à remplir et à retourner leur carnet de prises
- d) Rédiger un livret du pêcheur reprenant des notions d'écologie des lacs et les bonnes pratiques de pêche

Détail des actions proposées :

- a) L'organisation de journées événementielles en lien avec la pratique de la pêche et l'écologie des lacs permettrait de sensibiliser les pêcheurs. Les membres de l'AAPPMA, les animateurs de la FDPPMA, les gardes-pêche ainsi que des agents de l'AFB pourraient y participer. De telles activités sont déjà organisées avec un public scolaire. Le club de plongée de Gérardmer serait également prêt à participer à de telles activités. L'équilibre du peuplement piscicole, la biologie des truites (reproduction, sous-espèces) et les bonnes pratiques de pêche comme la remise à l'eau du poisson (no-kill) pourraient être abordés. De cette manière, les pêcheurs seront avertis et sensibilisés à l'importance par exemple de ne pas garder une truite trop petite afin qu'elle ait eu le temps de se reproduire au moins une fois. Des démonstrations de remise à l'eau après une capture pourraient être faites afin de s'assurer que les pêcheurs réalisent bien ce geste.
- b) Pour que les efforts considérables de l'AAPPMA soient pérennisés, il faudrait que plus de jeunes s'impliquent dans leurs activités. Pour communiquer auprès de ce public et leur donner envie de s'investir, il faudrait alors proposer des animations, des stages de pêche gratuits pour les jeunes, voire proposer des réductions sur les cartes de pêche aux jeunes qui s'investissent dans la vie de l'AAPPMA.
- c) Pour qu'une évaluation de l'effort de pêche puisse être réalisée, les pêcheurs doivent être fortement incités à remplir leur carnet de prises et à le transmettre à leur AAPPMA ou à la FDPPMA. Cela pourrait être par exemple une condition au renouvellement du permis de pêche ou donner droit à des réductions.
- d) Enfin, il a été envisagé de rédiger un livret du pêcheur plus visuel et plus aéré. Il serait aussi plus pertinent à l'échelle locale et plus spécifique aux lots de pêche de l'AAPPMA que le manuel du pêcheur qui existe aujourd'hui et qui se réfère à l'ensemble du département des Vosges. L'objectif est de cibler les points et les zones sensibles du secteur pour que les pêcheurs soient mieux avertis. Nous avons réalisé un exemple de livret (cf. Annexe 6.3).

Ces mesures devraient permettre de sensibiliser les pêcheurs afin que leurs pratiques soient cohérentes avec celles que mène l'AAPPMA. Un meilleur suivi du peuplement piscicole pourrait être fait grâce à des carnets de prises mieux remplis. Enfin, une plus grande implication des jeunes dans la vie associative de la pêche est cruciale pour l'avenir.

6.2.6. Plan de gestion piscicole

Afin d'appliquer toutes ces mesures, la rédaction d'un nouveau plan de gestion piscicole adapté aux lots de pêche de l'AAPPMA pourrait permettre de mieux fixer les objectifs suivants : la protection, la restauration, la surveillance, l'exploitation équilibrée des milieux aquatiques et des



ressources piscicoles et la gestion et le développement du loisir pêche. Avec ce document, l'AAPPMA s'engagerait sur des actions prioritaires sur les thèmes cités, généralement pour 5 ans. Cela permettrait de clarifier les engagements entre l'AAPPMA et la FDPPMA 88 mais aussi de mettre en valeur les efforts actuels de l'AAPPMA. Afin de pérenniser les actions, ce programme devra être rédigé en accord avec les possibilités et les demandes locales. De plus, les suivis mis en place permettront de mieux connaître l'évolution des populations et donc d'adapter les actions proposées aux réelles problématiques de la zone à chaque révision du plan.

Il serait intéressant de profiter de ce type de programme pour lancer les actions. En effet, la démarche réalisée jusqu'à présent s'apparente au début de la rédaction d'un plan de gestion s'articulant autour des trois parties suivantes :

- Diagnostic de l'état actuel du peuplement piscicole et de la qualité écologique des milieux aquatiques ;
- Élaboration des actions à mener pour une amélioration globale selon les objectifs fixés ;
- Évaluation des résultats obtenus et des poursuites possibles.

6.2.7. Conclusion des propositions d'action

Le diagnostic précédent met en évidence le fait que la population de truites de lac est faible et que des espèces allochtones, de cyprinidés notamment, prolifèrent. L'objectif des mesures que nous proposons est d'inverser ces tendances en agissant sur le milieu mais aussi sur la réglementation de pêche et en sensibilisant les pêcheurs.

Pour faire en sorte que les truites de lac puissent se reproduire naturellement, nous préconisons la poursuite des efforts actuels de l'AAPPMA et de la FDPPMA 88 en termes d'effacement d'obstacles et de soutien à la reproduction. D'autre part, sur Gérardmer, des travaux de restauration du ruisseau du Phény et du ruisseau de Mérelle doivent être entrepris. La réglementation concernant les captures de truites de lac doit être renforcée pour s'assurer que les poissons prélevés aient pu se reproduire. Enfin, un suivi des populations est nécessaire pour lever les incertitudes concernant le peuplement piscicole et mieux comprendre le cycle de vie de la Truite de lac dans la zone d'étude. Il consisterait notamment à analyser l'ADN-environnemental ou à évaluer l'impact éventuel du Brochet sur la Truite. La réglementation pourrait être amendée ultérieurement grâce à ces informations.

Bien qu'il ne soit pas possible ni nécessairement judicieux de retrouver le peuplement initial théorique, nous proposons des mesures pour limiter l'impact de la modification du peuplement sur le milieu. Il faut tout d'abord faire respecter la réglementation pour empêcher toute introduction d'espèces allochtones, telles que l'Amour blanc. L'interdiction de la remise à l'eau de certaines espèces, de cyprinidés notamment, devra être discutée.

Pour qu'elles soient acceptées et efficaces, ces mesures doivent être accompagnées d'une campagne de sensibilisation des pêcheurs à l'intérêt d'un peuplement piscicole durable et en adéquation avec la 1^{ère} catégorie piscicole. Pour cela, nous proposons l'organisation de journées événementielles en lien avec la pêche et les milieux aquatiques. Nous conseillons d'autre part de susciter davantage l'implication des jeunes dans les AAPPMA pour pérenniser les efforts actuels. Enfin, il faudrait inciter les pêcheurs, par différents moyens, à remplir le carnet de prises et à le transmettre systématiquement aux gestionnaires de la pêche.

Un plan de gestion piscicole permettrait à l'AAPPMA de mettre en œuvre ces mesures, de suivre l'accomplissement des objectifs et d'adapter les actions en fonction de leur acceptation, de leur succès et des données acquises.

6.3. Discussion

Nous avons étudié la gestion piscicole en intégrant à la fois les facteurs écologiques et humains. La situation est complexe, le diagnostic et les actions que nous proposons sont le fruit d'une analyse critique. En effet, nous avons tâché de cibler les points les plus problématiques et de hiérarchiser les solutions proposées. Ce travail a été réalisé tout en prenant en compte les avis des acteurs locaux (par le biais d'entretiens avec l'AAPPMA, la FDPPMA 88 et le garde pêche) et des usagers par le biais d'un questionnaire proposé à une trentaine de pêcheurs (Annexe 6.1). Nous mentionnons par la suite les points qui restent à approfondir et les limites des actions que nous proposons.

6.3.1. Portée de notre analyse

Les actions proposées concernent surtout les lacs de Gérardmer et Longemer car ce sont les lacs les plus pêchés, les plus grands et car leur gestion piscicole implique de nombreux acteurs. Cependant, les tendances signalées dans le diagnostic et les actions que nous proposons sont en général applicables au lac de Retournemer.

Les points suivants n'ont pas été étudiés ou peu abordés dans notre analyse :

- La présence d'espèces d'écrevisses dans la zone d'étude n'a pas été étudiée, bien que les rapports de l'ONEMA mentionnent des captures.
- Un volet de l'étude est consacré à la restauration des herbiers prévue sur le lac de Gérardmer et nous ne sommes pas revenus en détail sur ce point dans l'analyse de la gestion piscicole. Ce projet aura des effets positifs sur l'état écologique mais un suivi devra être réalisé pour étudier son influence sur le peuplement piscicole, compte tenu de l'importance de cet habitat pour la reproduction d'espèces telles que les cyprinidés ou le Brochet.
- Aucune action n'est proposée pour lutter contre la prolifération de la Grémille, ni contre la Perche-soleil, espèce invasive. De plus amples recherches sont nécessaires pour savoir si ces espèces ont un impact sur le fonctionnement du milieu naturel.
- Bien que les lâchers de truites arc-en-ciel effectués chaque année comportent un risque d'introduction de pathogènes et ne contribuent pas à restaurer un peuplement piscicole durable, nous ne préconisons pas de les stopper. Actuellement, cela ne serait sûrement pas accepté par les pêcheurs. D'autre part, permettre la capture de truites arc-en-ciel est un moyen de protéger les truites de lac de la surpêche. Cependant, à long terme, ces lâchers devront cesser.

Les solutions que nous proposons n'ont pas pour objectif à long terme de restaurer le peuplement initial théorique mais plutôt de restaurer un peuplement piscicole durable, ne compromettant pas l'état écologique des lacs et satisfaisant dans la mesure du possible les attentes des pêcheurs. Ainsi, ces objectifs peuvent être amenés à évoluer, pour plusieurs raisons :

- Un peuplement durable et adapté au contexte local actuellement ne le sera peut-être plus dans un contexte de changements globaux. Le réchauffement des eaux provoqué par le changement climatique entraîne par exemple la remontée du Chevesne (*Squalius cephalus*) vers les têtes de



bassin versant (Navarro & al., 2016). Il faut prendre en compte ces changements pour ne pas mener une gestion inadaptée aux conditions écologiques.

- Les attentes des pêcheurs sont susceptibles de changer et l'AAPPMA peut également changer ses objectifs à l'avenir. La mise en place d'un plan de gestion est essentielle pour pérenniser de bonnes pratiques.

D'autre part, les causes des modifications du peuplement piscicole étant multiples, il est possible que le succès des mesures proposées soit limité. En effet, la résilience des lacs est complexe à restaurer et les succès s'observeront probablement sur le long terme. Il faut sans plus attendre lancer les débuts des démarches et observer les changements pour ajuster les actions. Une vision globale et à long terme est essentielle.

6.3.2. Faisabilité des actions proposées

Nous avons donné la priorité à la restauration de la population de truites de lac. Bien qu'il faille continuer les efforts actuels réalisés par l'AAPPMA et la FDPMA 88 en termes d'inventaire et d'effacement d'obstacles, il n'est intéressant d'effacer un obstacle que si cela permet de donner accès à de nombreuses frayères. Pour cette raison, nous nous sommes focalisés sur le ruisseau du Phény et le ruisseau de Mérelle. En effet, les frayères des ruisseaux des Xettes et du Chény à Gérardmer ou le ru des Plombes à Longemer seraient difficiles à rendre fonctionnelles malgré l'effacement d'obstacles. Ces cours d'eau sont soit déjà trop modifiés, soit naturellement trop pentus. Nous ne préconisons pas non plus d'effacer les obstacles naturels tels que la cascade Charlemagne en amont de Retournemer.

Nous avons brièvement évoqué le pompage d'eau dans le lac de Gérardmer permettant de maintenir le débit du ruisseau du Phény en période sèche. L'eau pompée n'est pas injectée dans le ruisseau plus en amont de la station de pompage en raison de teneurs élevées en manganèse notamment. Cette pollution est probablement due au fait que l'eau est pompée au fond du lac, dans une zone déficitaire en oxygène, dans laquelle le manganèse est soluble. On peut se demander s'il ne serait pas possible de pomper de l'eau à une profondeur moins importante pour éviter cette pollution.

Le soutien à la reproduction effectué par l'AAPPMA est un travail chronophage qui n'est rendu possible que par la motivation des bénévoles de l'AAPPMA, sans qui nous pouvons nous demander ce qui adviendrait des populations de truites de lac. Il doit dans un premier temps être poursuivi, même si à long terme, il faudrait qu'il ne soit plus nécessaire. La gestion piscicole doit être durable et patrimoniale. Cependant, certaines questions se posent. **Les truites lacustres du lac Léman sont de souche méditerranéenne alors que les truites locales sont de souche atlantique. Ainsi, un brassage génétique a certainement lieu.** Les pêcheurs locaux nous ont assuré pouvoir faire la différence entre les alevins de truites de lac et les alevins de truites fario. Cependant, il n'y a normalement aucune différence morphologique entre les deux et on peut penser que dans ce cas, la différence est due à l'origine méditerranéenne des alevins relâchés. On peut se demander si l'apport de truites fario issues des rivières des environs dans les lacs ne suffirait pas à long terme à former une population de truites lacustres de souche locale, étant donnée la plasticité de l'espèce. Cela réduirait les frais et limiterait le brassage génétique, d'autant plus que dernièrement, la pisciculture de Thonon-les-Bains n'a pas pu fournir les œufs commandés en raison de problèmes techniques.

Il faudra bien suivre les populations de truites de lac à l'avenir pour s'assurer que les résultats des actions mises en œuvre ne soient annihilés, notamment par une augmentation de la pression de

prédation du Brochet. Nous proposons plusieurs méthodes pour suivre les truites de lac. Le suivi par otolithométrie¹⁶ (FDPPMA Haute-Savoie, 2014) n'a pas été mentionné. Le retour d'expérience issu de l'emploi de cette méthode à Annecy permettra peut-être de l'utiliser dans la zone d'étude.

L'élimination de l'Amour blanc est l'autre priorité des actions que l'on propose. Malgré tout, certains acteurs ont fait part de leurs doutes concernant la présence de cette espèce dans le lac de Longemer. Les analyses d'ADN-environnemental effectuées par l'AFB et l'installation d'un piège-photo au niveau des herbiers pourraient permettre de confirmer leur présence. Dans tous les cas, en l'absence de nouvelle introduction, l'espèce est amenée à disparaître étant donné qu'elle ne peut pas se reproduire dans la zone étudiée. Cependant, la durée de vie maximale d'un Amour blanc est de 21 ans (AnAge, 2014) et les méthodes permettant de capturer les poissons vivants doivent être étudiées afin de sauvegarder les herbiers amphibies.

Les autres espèces piscicoles introduites peuvent empêcher d'atteindre le bon état écologique et nous pensons qu'il faut réduire leurs populations. Néanmoins, nous ne pouvons pas savoir précisément quelles en seraient les conséquences sur la chaîne alimentaire. La diminution des populations de cyprinidés constituant le régime alimentaire du Brochet entraînerait-elle un report de la prédation de ce dernier sur la Truite ? Aurait-elle un effet néfaste sur la Truite en diminuant également sa ressource alimentaire ? De même, la réduction des populations de Brochet entraînerait-elle une augmentation de la population de cyprinidés ? Toutes ces questions confirment l'utilité d'effectuer un suivi du peuplement piscicole.

6.3.3. Importance de la communication

Nous insistons fortement sur la sensibilisation des pêcheurs à l'utilité des actions proposées. L'AAPPMA souhaite présenter les problèmes en expliquant précisément leurs causes et en proposant de solutions. C'est ce que nous nous sommes efforcés de faire dans ce rapport et dans le livret du pêcheur proposé en annexe 6.3. Malgré tout, communiquer auprès des pêcheurs sera compliqué car il est difficile de faire évoluer les pratiques. Quelques actions proposées seront une contrainte pour les pêcheurs qui souhaitent prélever des truites de lac mais, d'après les réponses reçues au questionnaire diffusé, d'autres sont prêts à modifier leurs habitudes pour améliorer l'état écologique des lacs. Les mesures proposées seront peut-être temporaires, tant que la population des truites de lac n'est pas suffisante. Un nouveau garde-pêche bénévole a été assermenté l'an passé. Cela contribuera à mieux faire appliquer la réglementation et à sensibiliser les pêcheurs.

S'il s'avère que le Brochet a un impact négatif sur la Truite et qu'il faut adapter la réglementation pour ne plus le protéger, nous sommes conscients qu'il y aura beaucoup de réticences. Il est donc très important de déterminer objectivement quel est l'impact que génère cette espèce avant de prendre des mesures, dont le but ne serait pas, rappelons-le, de l'éliminer mais seulement de réduire sa population.

¹⁶ Otolithométrie : étude de l'otolithe, concrétion minérale trouvée dans le système vestibulaire de l'oreille interne des vertébrés. Permet de déterminer l'âge de l'animal et de déterminer son mode de vie (origine, alimentation, etc.)



Enfin, la rédaction d'un plan de gestion piscicole a été abordée. Un tel plan a été rédigé sur le lac du Bourget : cet exemple pourrait être suivi (CISALB, 2017). Néanmoins, pour qu'il soit efficace, ce plan ne doit pas être « imposé » aux pêcheurs et doit prendre en compte leur avis.

Résumé

Les lacs de la zone d'étude sont passés d'un peuplement dominé par la Truite à un peuplement piscicole à Perche et cyprinidés. Ils sont cependant classés en 1ère catégorie piscicole. Cette modification de la chaîne alimentaire peut avoir des conséquences sur les interactions entre prédateurs, l'équilibre chimique du lac et sur le maintien des herbiers.

La gestion piscicole est confiée à l'AAPPMA des Pêcheurs de la Vallée des Lacs sur les lacs de Gérardmer et Longemer et leurs affluents. Les pêcheurs sont en majorité originaires de l'extérieur du département. Les locaux, bien que moins nombreux, sont ceux qui pêchent le plus. La Truite et le Brochet sont les deux espèces les plus pêchées. Compte tenu de leur raréfaction, l'AAPPMA mène des actions pour restaurer leurs populations.

La reproduction de la Truite de lac est soutenue artificiellement mais des actions visent à la pérenniser sur les affluents des lacs. Un projet de restauration d'herbiers sur le lac de Gérardmer pourrait favoriser la reproduction du Brochet. La réglementation a été renforcée pour protéger le Brochet mais ne semble pas assez stricte concernant la Truite de lac pour que les efforts menés par l'AAPPMA puissent porter leurs fruits. Il y a probablement un antagonisme entre ces deux espèces mais des données manquent pour étayer ce diagnostic.

Bien qu'il ne soit pas possible ni nécessairement judicieux de retrouver le peuplement initial théorique, nous proposons des mesures pour limiter l'impact de la modification du peuplement sur le milieu. Cela consiste à favoriser la Truite de lac et à limiter les populations d'espèces introduites. Nous préconisons la poursuite des efforts actuels en termes d'effacement d'obstacles et de soutien à la reproduction de la Truite de lac. D'autre part, sur Gérardmer, des travaux de restauration des affluents doivent être entrepris. La réglementation doit évoluer pour s'assurer que les truites prélevées aient pu se reproduire au moins une fois. Enfin, un suivi des populations (ADN-environnemental, prédation du Brochet) est nécessaire pour lever les incertitudes concernant le peuplement piscicole et faire évoluer la gestion.

Pour que ces mesures soient acceptées et efficaces, la sensibilisation des pêcheurs à l'intérêt d'un peuplement piscicole durable est cruciale. Il faut faire respecter la réglementation pour empêcher toute introduction d'espèces allochtones, telles que l'Amour blanc. L'interdiction de la remise à l'eau de certaines espèces devra être discutée.

Nous proposons d'organiser des journées événementielles et d'impliquer davantage les jeunes dans les AAPPMA pour pérenniser les efforts actuels. Enfin, il faudrait inciter les pêcheurs à remplir le carnet de prises et à le transmettre systématiquement aux gestionnaires. Un plan de gestion piscicole permettrait à l'AAPPMA de mettre en œuvre ces mesures et de suivre l'accomplissement des objectifs.

Certains points n'ont pas ou peu été abordés parce qu'ils font l'objet d'un autre volet de l'étude, parce que nous nous sommes focalisés sur Gérardmer et Longemer ou parce que des données manquaient.

Les objectifs fixés actuellement pour atteindre un peuplement piscicole durable, tout comme les actions mises en œuvre, sont susceptibles d'être modifiés à plus long terme. La faisabilité et le succès de chaque action doivent être évalués sans cesse et des solutions alternatives doivent être cherchées.

Action 6.1. Suivi des populations piscicoles

Action 6.2. Retour vers un peuplement piscicole mieux adapté au contexte

Action 6.3. Communication et sensibilisation

Action 6.4. Éviter la surpêche de la Truite de lac

Action 6.5. Frayères et continuité des cours d'eau

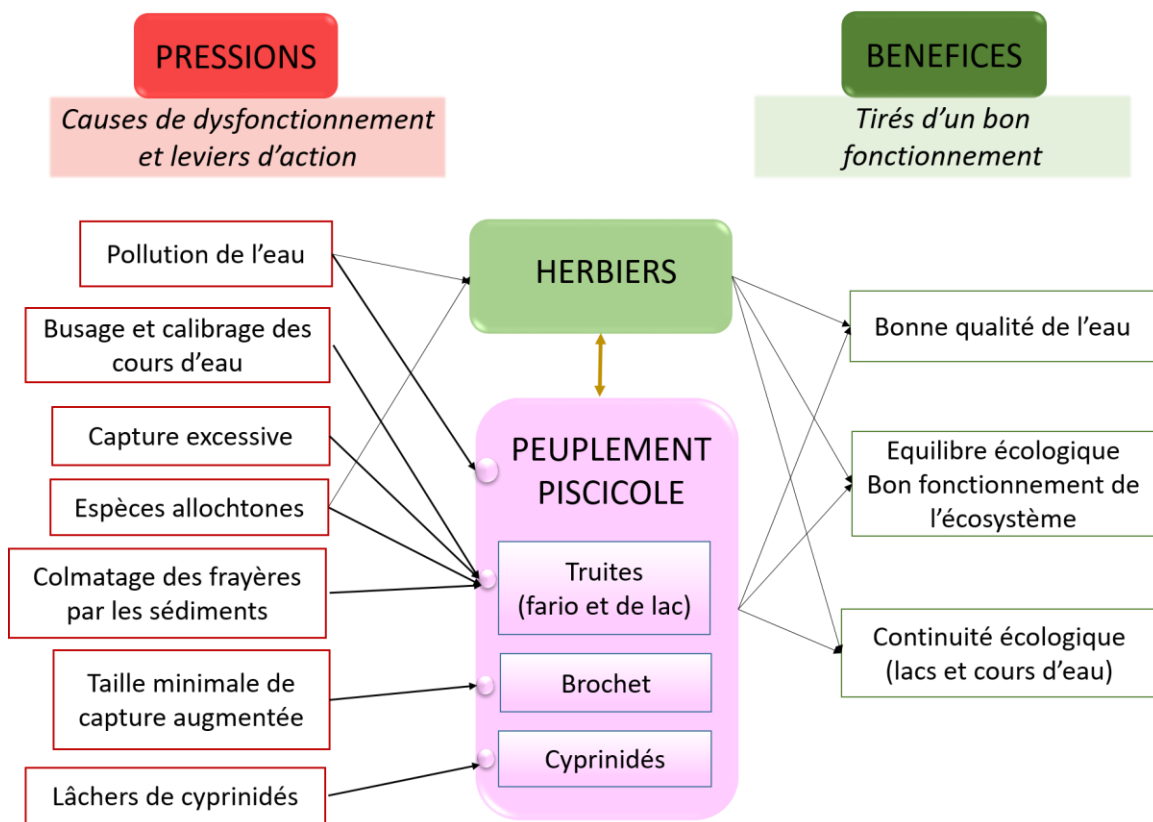


FIGURE 119 : SCHÉMA DE SYNTHÈSE DE LA THÉMATIQUE PEUPLEMENTS PISCICOLES & CONTINUITÉS ÉCOLOGIQUES



Bibliographie

AGENCE DE L'EAU ADOUR-GARONNE, UNION DES FEDERATIONS POUR LA PÊCHE ET LA PROTECTION DU MILIEU AQUATIQUE DU BASSIN ADOUR-GARONNE. 2014. Guide technique pour la restauration des frayères à brochet. Edition 2014 [en ligne] http://oai.eau-adour-garonne.fr/oai-documents/60665/GED_00000000.pdf (page consultée le 23/01/2017)

AGENCE DE L'EAU RHIN-MEUSE. 2010. Pour la reconquête des ressources en eau et des milieux aquatiques - Moselle vosgienne. Synthèse territoriale [en ligne] http://www.eau-rhin-meuse.fr/portraits_bassin (page consultée le 23/01/2017)

ANAGE – The Animal Ageing and Longevity Database. *Ctenopharyngodon idella* [en ligne] 2014. http://genomics.senescence.info/species/entry.php?species=Ctenopharyngodon_idella (Page consultée le 03/02/2017)

Arrêté préfectoral n°824/2005/DDAF fixant une réglementation spéciale de la pêche sur les lacs de Gérardmer et Longemer. Préfecture des Vosges [en ligne] 6 décembre 2005. [Consulté le 29 janvier 2017]. Disponible à l'adresse :

<http://www.vosges.gouv.fr/content/download/2533/15774/file/824-%20Ar%20-%20R%20C3%A8glementation%20p%20C3%AAche%20GERARDMER-LONGEMER2006.pdf>

Article R436-19 modifié par le Décret n°2016-417 du 7 avril 2016 - art. 16. Legifrance [en ligne] 7 avril 2016. Mise à jour le 23 janvier 2017. [Consulté le 23 janvier 2017]. Disponible à l'adresse : https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do;jsessionid=407BD2D9DA0F2D16DBD4C22F7AF072EC.tpdl15v_1?cidTexte=LEGITEXT000006074220&idArticle=LEGIARTI000032384534&dateTexte=20170123&categorieLien=id#LEGIARTI000032384534

ASCONIT CONSULTANTS, 2011. Étude scalimétrique des truites de la Vologne - Rapport d'interprétation, AAPPMA de Granges sur Vologne [en ligne] http://aappmagranges.wifeo.com/documents/Rapport_Scalimtrie_Truites_Vologne-2011.pdf (Page consultée le 26 janvier 2017)

BAGLINIERE, J.L. 1991. La truite commune (*Salmo trutta* L.), son origine, son aire de répartition, ses intérêts économique et scientifique. La truite : biologie et écologie. Rennes : J.L. Baglinière, G. Maisse - INRA-ENSA, 1991, 303 p.

BAUDOIN, J.M. et al. 2014. Évaluer le franchissement des obstacles par les poissons. Principes et méthodes. Onema [en ligne] <http://www.onema.fr/sites/default/files/CPA-ICE-integralite-juillet2014.pdf> (page consultée le 23/01/2017)

BEAUGIRAUD V. Étude de logiciels et mise en place d'une solution informatique pour la gestion du fonds documentaire : rapport de stage. Licence. Lyon : Université Claude Bernard, Lyon 1, 1999, 49 p.

CARNAVENIR. 2003. Les lacs vosgiens. Carnavenir [en ligne]. 2003. [Consulté le 23 janvier 2017]. Disponible à l'adresse : <http://www.carnavenir.com/articles/vosges.htm>

CHAMPIGNEULE, A. et al. 1991. Principales caractéristiques de la biologie de la truite (*Salmo trutta* L.) dans le Léman et quelques affluents. La truite : biologie et écologie. Rennes : J.L. Baglinière, G. Maisse - INRA-ENSA, 1991, 303 p.

CHINA, H. Évolution de l'état de conservation des peuplements piscicoles des lacs de Gérardmer, Longemer et Retourner. Rapport de stage (ONEMA) : Master Environnement Eco toxicologie Écosystèmes. Nancy : Université de Lorraine, 2016, 103 p.

COLLAS, M. et al. 2011. Description du peuplement ichtyologique du lac de Longemer – Campagne de septembre 2010 – Pêche aux filets multimailles. ONEMA

COLLAS, M. et al. 2012. Description du peuplement ichtyologique du lac de Gérardmer – Campagne de septembre 2011 – Pêche aux filets multimailles. ONEMA

COLLAS, M. et al. 2016. Suivi du peuplement ichtyologique du lac de Longemer – Campagne de septembre 2016 – Pêche aux filets multimailles. ONEMA

COMITE INTERSYNDICAL POUR L'ASSAINISSEMENT DU LAC DU BOURGET. 2008. Gestion de la ressource piscicole du lac du Bourget - État des connaissances et projet de plan de gestion - Opération B1d-5

COMITE INTERSYNDICAL POUR L'ASSAINISSEMENT DU LAC DU BOURGET. Gestion piscicole [en ligne]

http://www.cisalb.com/main.php?module=standard&site=site§ion=eaux_milieux&page=piscicole&PHPSESSID=8d7ff69574de1dc3c97de7d81107b008 (Page consultée le 19/01/2017)

C.T.G.R.E.F. 1979. Étude écologique des lacs des Vosges – Gérardmer et Longemer. Étude n°44. Groupement d'Antony – Division Qualité des eaux, pêche et pisciculture.

FEDERATION DEPARTEMENTALE POUR LA PÊCHE ET LA PROTECTION DES MILIEUX AQUATIQUES. 2011. Fiche technique contexte n°53 – Lac de Gérardmer et Affluents. Fiche du contexte piscicole.

FEDERATION DEPARTEMENTALE POUR LA PÊCHE ET LA PROTECTION DES MILIEUX AQUATIQUES. 2011. Fiche technique contexte n°54 – Lac de Longemer et Affluents. Fiche du contexte piscicole.

FEDERATION DEPARTEMENTALE POUR LA PÊCHE ET LA PROTECTION DES MILIEUX AQUATIQUES DES VOSGES. 2011. Plan Départemental pour la Protection des milieux aquatiques et la Gestion des ressources piscicoles des Vosges - Version 2011/2016 [fichier PDF]

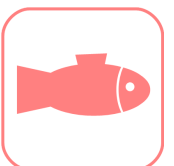
FEDERATION DE HAUTE-SAVOIE POUR LA PÊCHE ET LA PROTECTION DU MILIEU AQUATIQUE.

2014. Étude des populations de truites lacustres sur le bassin du lac d'Annecy [en ligne]
<http://www.pechehautesavoie.com/etude-des-populations-de-truites-lacustres-sur-le-bassin-du-lac-dannecy/> (Page consultée le 18/01/2017)

FEDERATION NATIONALE DE LA PÊCHE EN France. 2017. Évolution de la réglementation [en ligne] <http://www.federationpeche.fr> (page consultée le 23/01/2017)

FERGUSON, A., FLEMING, C.C. 1983. Evolutionary and taxonomic significance of protein variation in brown trout (*Salmo trutta* L.) and other salmonids. In G.S. Oxford, D. Rollison Eds., Protein polymorphism : adaptive and taxonomic significance, 86-99, Academic Press, London.

FREYHOF, J. 2011. *Salmo trutta*. The IUCN Red List of Threatened Species 2011 [en ligne] <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T19861A9050312.en>. (Page consultée le 20/01/2017)



FROST, W. E., The Food of Pike, *Esox lucius* L., in Windermere. *Journal of Animal Ecology*. 23 (2): p. 339-360.

GILLET. 1989. Le déroulement de la fraie des principaux poissons lacustres. *Hydroécologie appliquée*. 1 : p. 117-143.

GORIUS, L. et al. 2010. Guide de mise en œuvre de la continuité écologique sur les cours d'eau. Conseil général du Finistère [en ligne]
http://www.gesteau.eaufrance.fr/sites/default/files/CGFI001%20guide%20cours%20d_eau%20brochure.pdf (page consultée le 23/01/2017)

GUYOMARD, R. 1991. Diversité génétique et gestion des populations naturelles de truite commune. *La truite : biologie et écologie*. Rennes : J.L. Baglinière, G. Maisse - INRA-ENSA, 1991, 303 p.

HAURY, J., OMBREDANE, D. et BAGLINIERE, J.L. 1991. L'habitat de la truite commune (*Salmo trutta* L.) en cours d'eau. *La truite : biologie et écologie*. Rennes : J.L. Baglinière, G. Maisse - INRA-ENSA, 1991, 303 p.

HUBAULT, E. 1947. Études thermiques, chimiques et biologiques des eaux des lacs de l'Est de la France (Vosges, Jura, Alpes de Savoie). *Annales Forestières*. 10 (2) : p. 116-257

KEITH, P. & DORSON, M., 2003. La Truite arc-en-ciel : *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792). Pages 130-132, in : *Évolution holocène de la faune de Vertébrés de France : invasions et disparitions* (M.Pascal, O. Lorvelec, J.-D. Vigne, P. Keith & P. Clergeau, coordonnateurs), Institut National de la Recherche Agronomique, Centre National de la Recherche Scientifique, Muséum National d'Histoire Naturelle (381 pages). Rapport au Ministère de l'Écologie et du Développement Durable (Direction de la Nature et des Paysages), Paris, France. Version définitive du 10 juillet 2003. [En ligne] https://inpn.mnhn.fr/espece/cd_nom/67804/tab/fiche (Page consultée le 12/01/2017)

L'ATELIER DES TERRITOIRES, 2013. Étude préalable à la restauration de la Moselotte et de ses affluents- Avant-projet. [En ligne]
http://www.ccterredegrante.fr/dynamic/documents/environnement/cours_eau/01_avant_projet_moselotte.pdf (Page consultée le 03/02/2017)

MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'ENERGIE ET DE LA MER. Carpes herbivores, « Amour blanc » : une autorisation préfectorale avant l'introduction [en ligne]. 2015 [Page consultée le 21 janvier 2017]. Disponible à l'adresse : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Carpes-herbivores-une-autorisation.html>

NATURESERVE. 2013. *Esox lucius*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013 [en ligne]
<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T135631A15363638.en> (Page consultée le 29 janvier 2017)

NAVARRO et al. 2016. Shifts in the climate space of temperate cyprinid fishes due to climate change are coupled with altered body sizes and growth rates. *Global Change Biology*. 22 (9). p. 3221-3232

PUISSAUVE, R., LEGROS, B. et POULET, N. 2015. Fiches d'information sur les espèces aquatiques protégées : Truite commune, *Salmo trutta* (Linnaeus, 1758). Service du patrimoine naturel du

MNHN et Onema. [En ligne]

https://inpn.mnhn.fr/fichesEspece/EspeciesEauDouce/Truite_commune-S.trutta_2015.pdf (Page consultée le 20/01/2017)

RYMAN, N., ALLENDORF, F.W., STAHL, G. 1979. Reproductive isolation with little genetic divergence in sympatric population of brown trout (*Salmo trutta*). *Genetics*. 92. p. 247-262

VEHANEN, T. 1995. Factors influencing the yield of brown trout, *Salmo trutta m. lacustris* L., in northern Finnish lakes. *Fisheries Management and Ecology*. 2. pp. 121-134



PAYSAGE & PATRIMONIALITÉ



7. Paysage & patrimonialité

7.1. <i>État des lieux du fond de vallée de Retournemer</i>	169
1.1 Diagnostic de la patrimonialité.....	169
1.2 Analyse paysagère	170
Etat des lieux	170
Méthodologie utilisée.....	171
Résultats	171
1.3 Diagnostic de l'hydromorphologie des cours d'eau	173
7.2. <i>Mise en place d'un plan de gestion</i>	174
2.1 Synthèse des enjeux du fond de vallée de Retournemer	174
1.4 Préconisations de gestion	174
1.5 Forme réglementaire	175
2.4 Discussion	176
<i>Résumé</i>	177
<i>Bibliographie</i>	177

« La notion de **patrimonialité** est une construction sociale qui accorde de la valeur à ce qui est rare ou risque de ne plus exister » (Delzons et al., 2013). Le terme **patrimonialité** sera utilisé pour qualifier un milieu ou une espèce qui sont protégés et/ou ayant une valeur emblématique.

7.1. État des lieux du fond de vallée de Retournemer

1.1 Diagnostic de la patrimonialité

A Retournemer, plusieurs milieux du fond de vallée présentent une forte valeur patrimoniale. D'une part, il s'agit de milieux directement liés aux activités humaines avec les prairies de fauche et les pâtures comportant des espèces remarquables comme *Crocus verna*, *Aconitum napellus* subsp. *Napellus* ou protégées comme *Gagea lutea* (INPN, 2016). Du point de vue des pratiques de gestion, une fauche par an est réalisée entre le 15 juin et le 15 juillet et le pâturage s'effectue avec un faible chargement bovin. Actuellement, il existe entre les acteurs de Retournemer un consensus affirmant que la gestion extensive actuelle favorise le maintien des espèces végétales patrimoniales. Une des volontés de ces acteurs est donc de pérenniser cette gestion.

D'autre part, certains milieux bénéficiant de dynamiques naturelles présentent une forte valeur écologique. Il s'agit de :

- La tourbière flottante avec des espèces remarquables et protégées comme *Scheuchzeria palustris* ou *Drosera rotundifolia*. La tourbière est en formation, mais elle reste particulièrement sensible au piétinement (Cinle, 2013).
- Les boisements alluviaux et rivulaires naturels. Les aulnaies et saulaies se sont particulièrement développées autour du lac et le long de la Vologne au cours des 40 dernières années.

La Renouée du Japon (*Fallopia japonica*), plante exotique envahissante fortement concurrentielle a fait l'objet de plusieurs campagnes de lutte qui ont permis de réduire la taille des colonies.

Avec l'installation du castor d'Europe (*Castor fiber*) en 2012, les végétations rivulaires et les boisements alluviaux de la Vologne et du ruisseau de Balveurche sont protégés au titre de la Convention de Berne et de la directive Habitat. Deux terriers-huttes ont été observés le long de la saulaie en rive droite du lac. De manière certaine, un adulte est présent sur le site. Cependant des suspicions existent sur la présence d'un couple avec des jeunes. Le castor est un animal peu exigeant sur la qualité des eaux et assez peu sensible au dérangement par l'Homme, d'autant plus qu'à Retournemer la saulaie crée une zone de défens naturelle autour des terriers-huttes. Le potentiel dérangement estival par le camping sauvage au niveau de la Vologne en amont du lac ne semble pas dérangent pour le castor puisqu'il a la possibilité de se nourrir à d'autres endroits l'été (Groupe d'Etude des Mammifères de Lorraine, communication personnelle).

En ce qui concerne les ressources alimentaires du castor, les zones d'alimentation se concentrent près des masses d'eau. Les préconisations actuelles consistent à laisser une bande de végétation naturelle de 5 mètres aux abords de l'eau (ONCFS, 2014). Les zones probables d'alimentation identifiées par le GEML sont la saulaie attenante aux terriers huttes en rive droite (zone d'alimentation de proximité, indispensable à la survie du castor en hiver), la saulaie arbustive, les herbacées de la tourbière flottante et l'aulnaie le long de la Vologne en amont du lac. Elles sont présentées dans la Figure 120. La période la plus critique pour l'alimentation est l'hiver, lors des épisodes de grand froid où les déplacements du castor sont réduits. Pendant cette période, si le saule ne constitue pas une ressource alimentaire suffisante, le castor mange surtout l'écorce des aulnes. Une fois les arbres à terre, l'écorce peut être consommée pendant une période allant



jusqu'à un an. Les aulnes abattus en amont du lac sur la Vologne créent des retenues d'eau qui permettent au castor d'accéder à des ressources alimentaires plus lointaines.

D'après les enquêtes sociologiques menées, il apparaît difficile d'évaluer les surfaces nécessaires pour l'alimentation d'une population donnée de castor. Dans le cas de figure où il n'y aurait qu'un castor à Retournemer, les ressources du milieu seraient très probablement suffisantes pour assurer son maintien.

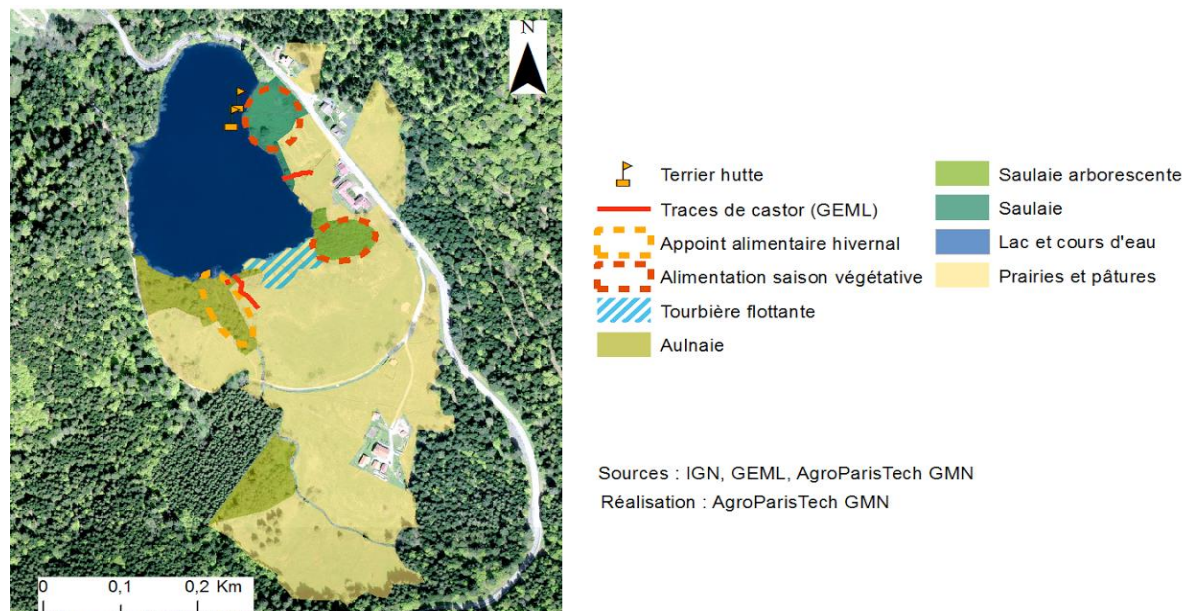


FIGURE 120 : LOCALISATION DES ENJEUX PATRIMONIAUX

Concernant les potentiels dégâts sur les peuplements forestiers, il n'existe aucun système d'indemnisation. Les dégâts de castor sont relevés 8 fois sur 10 à moins de 10 mètres d'une étendue ou d'un cours d'eau. Dans notre cas, le peuplement principalement concerné est l'aulnaie, qui a une très faible valeur économique. L'Office National des Forêts a d'ailleurs déjà stoppé toute activité sylvicole sur ces zones. Les autres peuplements du secteur sont des futaies résineuses qui sont peu appétantes pour le castor. Il n'y a donc aucun enjeu lié à des dégâts potentiels de l'animal sur les arbres de production.

1.2 Analyse paysagère

ETAT DES LIEUX

Le lac de Retournemer présente d'importants atouts paysagers : depuis 1944, le lac est un site inscrit avec un tourisme « vert » très marqué et saisonnier. Depuis au moins 60 ans, le paysage s'est progressivement refermé à Retournemer (Figure 121). Il s'agit d'une dynamique naturelle de développement de saulaies et d'aulnaies rivulaires et alluviales et de remplacement des milieux pastoraux par une hêtraie-sapinière. Ce sont actuellement les usages agricoles qui permettent de maintenir l'ouverture du fond de vallée.

En revanche, certains enjeux patrimoniaux nécessitent la présence de boisements (paysage fermé). Afin de tenter de concilier paysage et patrimonialité, nous avons réalisé une analyse du paysage. Il ne s'agit pas d'une vraie étude paysagère mais plutôt d'une ébauche permettant de cerner les orientations et compromis possibles sur le territoire.

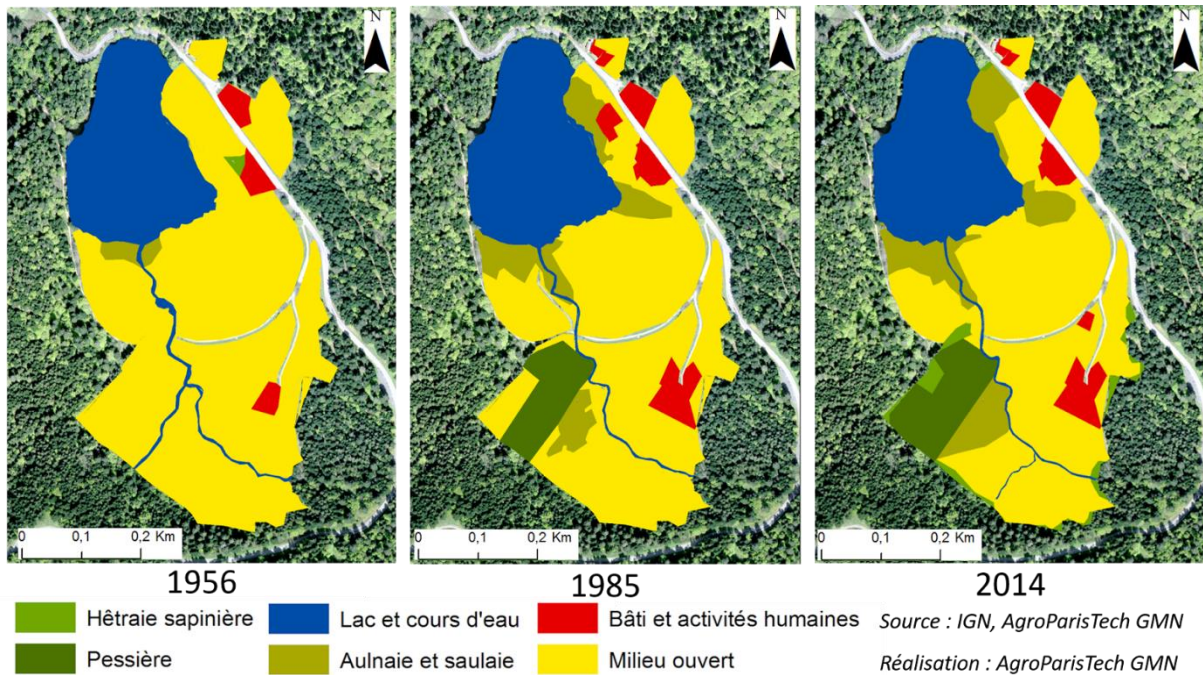


FIGURE 121 : EVOLUTION DES OCCUPATIONS DU SOL ENTRE 1956 ET 2014

MÉTHODOLOGIE UTILISÉE

Pour mieux appréhender les enjeux d'ouverture du fond de vallée, nous avons déterminé des points d'appels et des points d'arrêt. Les points d'appels sont définis comme des « intersections de lignes de force ou éléments indépendants servant de repères dans la reconnaissance générale du territoire » (Ministère de la région Wallonne, 1996). Ce sont des points sensibles où le regard est attiré et que nous avons cherché à valoriser. L'annexe 7.1 présente les photos utilisées pour déterminer les points d'appel. Les points d'arrêt sont des lieux où l'observateur est naturellement disposé à s'arrêter et à regarder le site. Pour cette étude, nous avons considéré qu'il s'agissait des embranchements de chemins, des parkings et du cas particulier de la rive gauche du lac où la paroi rocheuse impose de regarder vers l'Est, donc vers le lac.

L'étape suivante consiste en la mise en évidence des champs de vision. A l'aide d'un logiciel de cartographie, nous avons modélisé les lignes de vue entre points d'arrêt et points d'appel en prenant en compte le relief et la hauteur de la végétation. Nous avons par la suite calculé la sensibilité paysagère du bassin versant de Retournemer. Elle est définie comme la visibilité depuis les points d'arrêt.

Certaines limites sont cependant à prendre en compte : l'analyse paysagère, très subjective, a été effectuée selon le point de vue d'un randonneur effectuant le tour du lac de Retournemer. Elle a aussi été menée en période hivernale et par conséquent les points d'appel sont susceptibles de changer en été. De plus, le nombre de personnes interrogées lors du diagnostic est faible (4 personnes).

RÉSULTATS

Deux types de points d'appel ont été déterminés :

- Des points du plan moyen : le lac (lignes de force) et le chalet St-Martin (éléments de contraste)



- Des points de l'arrière-plan : l'ouverture de la vallée vers l'aval et le col en amont du lac. Faute de temps, ces deux points d'appels n'ont pas été utilisés pour la modélisation cartographique.

Quatre points d'arrêt sont mis en évidence : le parking attendant à la maison forestière, le parking de la croix, l'embranchement entre la piste de randonnée et celle menant chez M. Cuny et la piste en rive gauche du lac. Nous avons également ajouté la maison de M. Cuny, habitant et personnalité incontournable de Retournermer.

Les points d'arrêt, points d'appel et les lignes de vue sont représentées sur la Figure 122.

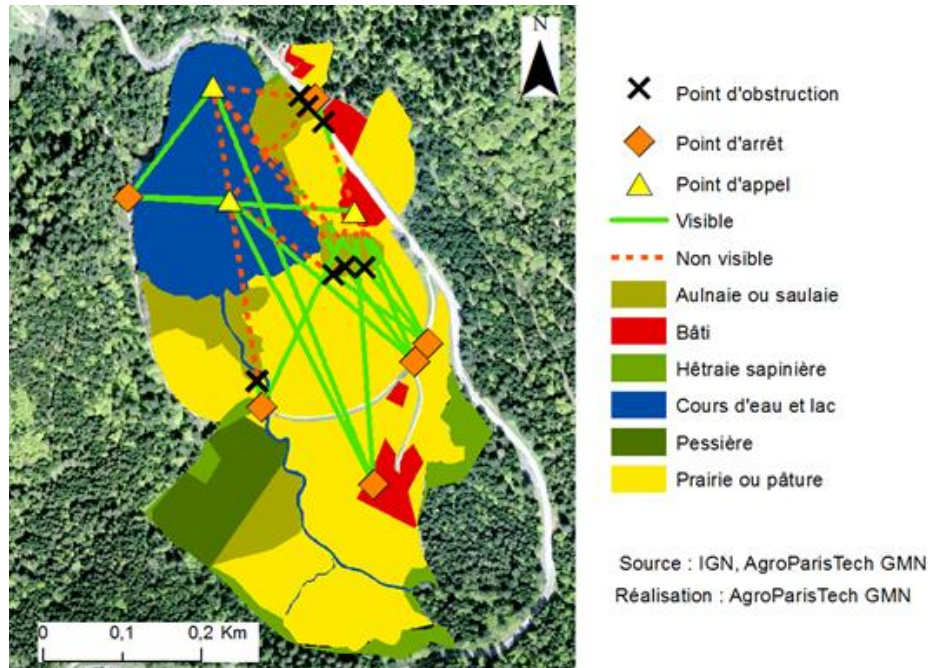


FIGURE 122 : LIGNES DE VUE DU FOND DE VALLÉE DE RETOURNERMER

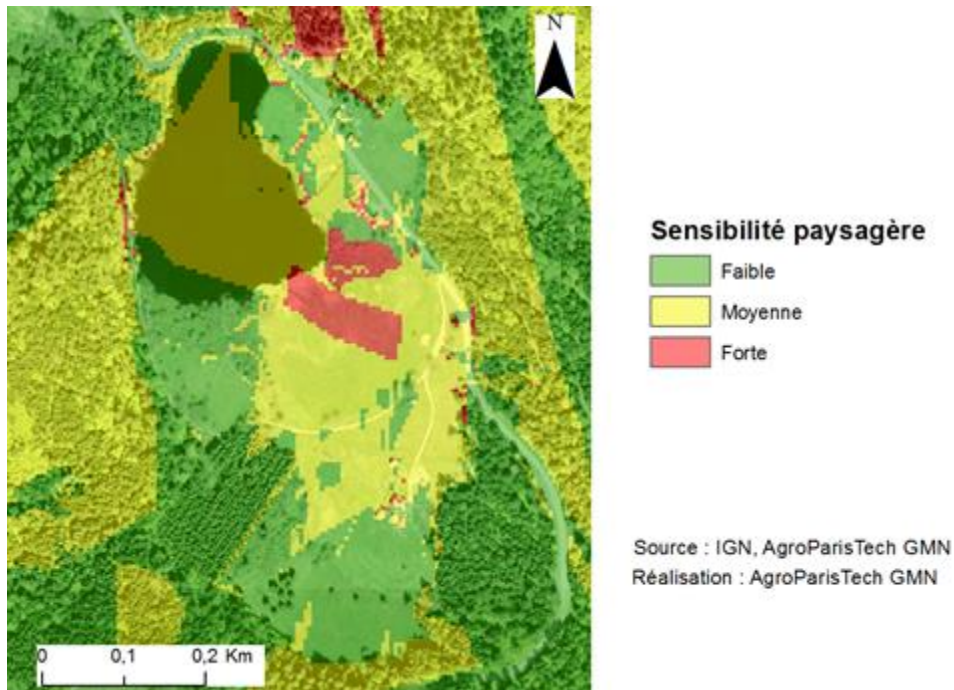


FIGURE 123 : SENSIBILITÉ PAYSAGÈRE DU FOND DE VALLÉE DE RETOURNEMER

Deux zones concentrant les bloqueurs de vue ont été mises en évidence : la saulaie en rive droite et la saulaie arbustive en rive droite du lac de Retournemer.

La Figure 123 présente la sensibilité paysagère du fond de vallée. L'étude a mis en évidence des zones à faible sensibilité paysagère comme le sud-ouest du lac ou le sud du fond de vallée et des zones à sensibilité moyenne à forte telles que la zone entre le lac et le chemin de randonnée, la saulaie arbustive en rive droite et la rive gauche du lac où par endroit des arbres peuvent bloquer la vision sur le lac. Tout aménagement dans les zones de forte sensibilité paysagère aura un effet important sur le paysage. Cet effet peut être positif ou négatif.

1.3 Diagnostic de l'hydromorphologie des cours d'eau

Les ripisylves ont un rôle d'épuration des masses d'eau et de diminution de la charge solide (sédimentation). Le bon fonctionnement des cours d'eau est d'autant plus important qu'il influence également la patrimonialité des milieux et les déplacements du castor d'Europe (ONCFS, 2014).

Ici, les deux contributeurs principaux du lac de Retournemer sont la Vologne et le ruisseau de Balveurche qui drainent un large bassin versant et par conséquent ont un rôle important dans la qualité des eaux. Leurs deltas sont considérés comme fonctionnels et la Vologne effectue des méandres avant de se jeter dans Retournemer.

De plus, au début des années 80, des épicéas ont été plantés sur une parcelle privée attenante à la Vologne et au ruisseau du Col des Faignes. Aujourd'hui, ils constituent un peuplement non mature fragilisant les rives et ayant tendance à acidifier les eaux.



7.2. Mise en place d'un plan de gestion

2.1 Synthèse des enjeux du fond de vallée de Retournermer

Les différentes formations végétales formant le fond de vallée sont localisées dans l'annexe 7.2. Ci-dessous, le Tableau 15 indique les principaux enjeux mis en évidence pour chaque formation végétale.

TABEAU 15 : SYNTHÈSE DES ENJEUX IDENTIFIÉS À RETOURNERMER

Formation végétale	Enjeux patrimoniaux	Enjeux paysagers	Enjeux liés à l'hydromorphologie
Saulaie rive droite	Intérêt patrimonial Castor : protection contre le dérangement et alimentation proche des huttes	Vue depuis le parking attenant à la maison forestière bloquée par les arbres hauts	Autoépuration des eaux au niveau du delta de Balveurche
Saulaie arbustive	Intérêt patrimonial Castor : alimentation assez proche des huttes	Forte sensibilité paysagère ; bloque la vue depuis le sud et sud-est du lac	
Aulnaie à l'embouchure de la Vologne	Intérêt patrimonial Castor : ressources alimentaires conséquentes en hiver	Sensibilité paysagère moyenne à faible ; limite la vue depuis le sud du lac	Autoépuration des eaux au niveau du delta de la Vologne
Aulnaie en amont de la pessière	Intérêt patrimonial	Faible	Autoépuration des eaux de la Vologne
Pessière	Faible	Faible	Acidification des eaux et érosion des berges
Tourbière flottante	Fort intérêt patrimonial Castor : alimentation en herbacées	Faible	
Prairies de fauche et pâtures	Fort intérêt patrimonial	Saules le long du sentier de randonnée	
Berges rive gauche	Assez faible	Végétation discontinue pouvant bloquer la vision sur le lac	

1.4 Préconisations de gestion

Au regard des enjeux patrimoniaux, paysagers et de bon fonctionnement des cours d'eau, nous avons proposé des orientations de gestion prenant en compte l'acceptabilité par les différents acteurs de Retournermer. Il s'agit majoritairement de pérenniser les pratiques actuelles.

Saulaie en rive droite du lac :

Conserver la saulaie permettant une mise en défens naturelle de la zone et assurant une source alimentaire proche des terriers-huttes.

Ne pas intervenir dans cette zone pour retirer les bois morts au sol.

Saulaie arbustive rive droite du lac

Favoriser le saule par rapport à l'aulne de manière à limiter la hauteur de la végétation.

Conserver les bois abattus sur place *a minima* pendant la période hivernale.

Aulnaie à l'embouchure de la Vologne en amont du lac

Favoriser les aulnes en place.

Ne pas intervenir dans cette zone pour retirer les bois morts au sol.

Travailler l'acceptabilité de la création de barrage par le castor d'Europe.

Aulnaie sud-est

Laisser le milieu en libre évolution.

Autoriser la récolte de bois mort.

Aulnaie en amont de la pessière

Permettre d'avoir un boisement « propre et ordonné ».

Autoriser la récolte de bois mort.

Tourbière flottante

Éviter le surpâturage par les bovins sur cette zone.

Prairies de fauche et pâtures

Pérenniser les pratiques de gestion actuelles. Faucher une fois l'année entre le 15 juin et le 15 juillet en autorisant l'exportation de la matière végétale. Garder un faible chargement bovin pour le pâturage.

Éviter la plantation ou le développement de végétation arbustive et arborée dans les zones de forte sensibilité paysagère non attenantes au lac ou à un cours d'eau.

Continuer les campagnes de lutte contre les plantes exotiques envahissantes.

Pessière

Option 1 : Récolter tous les épicéas avant maturité puis favoriser la régénération naturelle de feuillus. En cas d'exploitation future, il serait préférable de favoriser l'aulne en futaie claire en position basse tandis qu'en position haute il conviendrait de favoriser le frêne et l'érable sycomore. Des enrichissements en douglas ou peuplier sont peu souhaitables. Ne pas exploiter les bords de cours d'eau mais couper les arbres s'il existe un risque de chablis pouvant déstabiliser les berges. Le recépage du saule est possible en bord de cours d'eau les premières années.

Option 2 : Couper sur une bande d'au moins 5 mètres tous les épicéas le long de la Vologne et du ruisseau du col des Faignes. Laisser ensuite la bande le long de ces cours d'eau se régénérer spontanément et recéper les premières années les saules en bordure d'eau. Ne pas exploiter cette bande. Mener le reste du peuplement d'épicéas jusqu'au diamètre d'exploitabilité et favoriser si possible le retour à une végétation spontanée (feuillus de préférence)

Option 3 : Récolter l'intégralité des épicéas, installer sur une bande d'au moins 5 mètres une ripisylve naturelle et faire pâturer ou faucher le reste de la parcelle. Bien que cette option ouvre le milieu, cette ouverture est peu valorisée à l'échelle du paysage étant donné la situation géographique de la parcelle (peu visible).

Rive gauche du lac

Conserver et mettre en place des trouées dans la végétation rivulaire permettant d'avoir une bonne visibilité sur le lac.

1.5 Forme réglementaire

Les activités humaines à Retournemer sont plutôt sur le déclin si bien que peu de pressions s'appliquent sur le foncier du fond de vallée de Retournemer. Certains acteurs comme les associations naturalistes (CEN, GEML) souhaiteraient mettre en place un règlement assez fort et pérenne tandis que les habitants et gestionnaires du fond de vallée préféreraient un faible



engagement réglementaire. La protection uniquement de la patrimonialité est peu acceptable par les habitants de Retournemer, il est donc nécessaire d'inclure les activités de tourisme et agricoles. Au vu des faibles menaces sur Retournemer et des avis des différents acteurs, nous recommandons la mise en place d'un document faiblement contraignant (mais moins pérenne) comme par exemple une charte de bonnes pratiques avec révision régulière des engagements. Cependant, plusieurs formes permettant de conserver une activité de gestion ont été évoquées et pourraient faire l'objet d'une étude plus approfondie. Il s'agit :

- De créer un Espace Naturel Sensible (faiblement contraignant) à l'initiative du Conseil départemental. Cela permettrait également de développer un support d'animation et d'information sur le fond de vallée
- De créer une zone Natura 2000
- De créer une Réserve Naturelle Régionale
- D'acquérir foncièrement les terrains concernés

2.4 Discussion

Le principal résultat de cette courte étude a été de mettre en évidence un mode de gestion du fond de vallée qui est actuellement favorable au maintien d'une richesse écologique des milieux et d'une ouverture du paysage. **L'enjeu majeur d'un plan de gestion est de pérenniser ces pratiques.** Il y a cependant encore une certaine marge de manœuvre dans la gestion, essentiellement en ce qui concerne la pessière, point noir de la patrimonialité, du bon fonctionnement des cours d'eau et peut être même du paysage. De même, il est possible de renforcer l'acceptabilité des barrages du castor afin d'obtenir un consensus plus large sur Retournemer.

Pour communiquer sur le castor d'Europe, une des pistes de réflexion à développer serait de parler des ripisylves, habitats favorables au castor d'Europe qui participent à la dynamique naturelle des cours d'eau et contribuent à l'amélioration de la qualité des eaux. De notre point de vue, il serait regrettable de ne pas continuer de sensibiliser les habitants du fond de vallée à la présence du castor.

Pour continuer cette étude, il serait envisageable de développer l'enquête sociologique qui, pour des raisons de temps, n'a pas pu concerner l'ensemble des habitants ou des personnalités agissant à Retournemer. De plus, une démarche de localisation fine et actualisée des végétations et des vérifications *in situ* permettraient d'améliorer fortement cette ébauche de plan de gestion. Il faudrait également engager une discussion entre acteurs avec des propositions en main, afin de trouver un compromis réaliste.

Résumé

La gestion actuelle du fond de vallée de Retournemer est favorable au maintien d'une importante richesse paysagère et patrimoniale. Parallèlement à cette gestion, une ripisylve assez conséquente et à forte valeur écologique s'est développée autour du lac et de ses affluents au cours des 50 dernières années. Elle participe à la fermeture du paysage et sert d'habitat au castor d'Europe.

Nous avons délivré des orientations de gestion prenant en compte les attentes des acteurs afin de pérenniser les pratiques de gestion des prairies de fauche et des pâtures, d'assurer l'ouverture du paysage, améliorer le fonctionnement des cours d'eau et de conserver des zones d'alimentation pour le castor.

Les principales actions à mettre en œuvre de manière active sont le remplacement de la pessière par un peuplement feuillu naturel, la communication autour de l'habitat du castor et l'acceptation par les habitants des barrages sur la Vologne en amont de Retournemer. Il est également important de pérenniser la gestion actuelle en y incluant l'habitat du castor.

Action 7.1. Mettre en place un plan de gestion à Retournemer

Bibliographie

ASSOCIATION CINCLE, 2013. *P15 Gestion du fond de vallée* [document pdf]. Support de présentation.

BENSETTITI F., RAMEAU J.-C. & CHEVALLIER H. (coord.), 2001. « Cahiers d'habitats » Natura 2000 Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 1 - Habitats forestiers. MATE/MAP/MNHN. *La Documentation française, Paris, 2 volumes : 339 p. et 423 p.*

DELZONS & AI, 2013. L'IQE : un indicateur de biodiversité multi-usages pour les sites aménagés ou à aménager. *Revue d'Écologie 68 (2) : 105-119*

HALLET C., 1996. Etat de l'Environnement Wallon. Ministère de la Région Wallonne.

INVENTAIRE NATIONAL DU PATRIMOINE NATUREL, 2016. Commune : Xonrupt-Longemer. *INPN - Inventaire National du Patrimoine Naturel* [en ligne]. Septembre 2016 [Consulté le 6 janvier 2017]. Disponible à l'adresse : <https://inpn.mnhn.fr/site/natura2000/FR8301052>

OFFICE NATIONAL DE LA CHASSE ET DE LA FAUNE SAUVAGE, 2014. Le Castor d'Europe. *ONCFS.gouv.fr* [en ligne]. Février 2013. Mise à jour le 27 octobre 2014 [Consulté le 6 janvier 2017]. Disponible à l'adresse : <http://www.oncfs.gouv.fr/Connaitre-les-especes-ru73/Le-Castor-dEurope-ar110>



SOCIOLOGIE & COMMUNICATION



8. Sociologie & communication

8.1.	<i>Démarche de l'enquête sociologique</i>	179
8.2.	<i>Résultats de l'enquête sociologique</i>	180
8.3.	<i>Propositions d'actions</i>	184
8.3.1.	Pour la consultation locale.....	184
8.3.2.	Pour la consultation des touristes.....	185
8.4.	<i>Propositions d'actions de communication</i>	187
8.4.1.	Tout public usager du lac et de ses alentours	187
8.4.2.	Jeune public	188
8.4.3.	Acteurs scientifiques, techniques et politiques	188
8.4.4.	Journée des lacs	188
	<i>Résumé</i>	190
	<i>Bibliographie</i>	191

8.1. Démarche de l'enquête sociologique

Nous avons réalisé une enquête sociologique qui a permis d'enrichir les thématiques précédentes. La réalisation de ce diagnostic sociologique avait deux buts :

- Tout d'abord, permettre d'identifier le point d'équilibre entre les attentes de tous les acteurs professionnels et techniques des milieux naturels afin d'optimiser leur collaboration. Il s'agissait aussi de pouvoir concilier les désirs des acteurs et ceux des utilisateurs.
- Ensuite, connaître le ressenti de la population locale et des personnes travaillant autour des lacs afin de savoir dans quelle mesure ils sont prêts à accepter certains changements sur les lacs, et quels types de changements. Nous voulions aussi lister les différents outils de communication auxquels les habitants et touristes sont les plus réceptifs.

Le principal outil que nous avons utilisé pour ce diagnostic est un guide d'entretien, c'est-à-dire un livret recensant tous les acteurs avec lesquels s'entretenir et toutes les questions que nous pourrions leur poser. Les questions se devaient d'être les plus exhaustives et neutres possibles afin de passer en revue tous les thèmes sans orienter les réponses des personnes enquêtées.

Le guide d'entretien (Annexe 8.1) auquel nous avons finalement abouti se divise en une dizaine de parties. La première est une partie de « questions communes » qui ont été posées au cours de tous les entretiens et qui cherchaient surtout à définir le profil des enquêtés et leurs impressions par rapport au lac. Quels usages font-ils des lacs ? Que pensent-ils de leur état général actuel ? Comment les voient-ils dans le futur ?

Cette partie se concluait sur des questions à propos des éléments de communication désirés et adaptés au public de la zone. Nous cherchions à savoir si les gens se jugeaient suffisamment informés sur l'état des lacs ou s'ils voulaient en savoir davantage et par quel moyen.

Proposer des affiches, prospectus ou plans de communication faisait partie de notre cahier des charges initial. Ainsi, analyser les différentes réponses que nous avons reçues nous a permis d'ébaucher des posters et des plans de communication adaptés au grand public.

Les autres parties ont été déclinées par thématiques et types d'acteurs : les pêcheurs, les touristes, les élus municipaux... Le fait d'avoir séparé les questions de la sorte nous a permis de demander des renseignements techniques plus précis. En effet, certains d'entre nous devaient travailler sur des diagnostics écologiques en lien avec les populations piscicoles ou avec la gestion forestière et avaient besoin de données approfondies pour les mener à bien.

Rappelons que dans le cadre d'une enquête sociologique, il est primordial de laisser parler les enquêtés, sans aucun filtre et sans aucune restriction. Les questions servent d'aide-mémoire pour l'enquêteur et permettent d'aborder les thèmes d'intérêt, sans pour autant induire les réponses de l'interrogé.

Chaque entretien a fait l'objet d'un compte-rendu qui a ensuite été analysé pour en extraire les grandes idées, le profil des enquêtés, les thèmes qui revenaient le plus fréquemment, etc. Rappelons ici que le contenu brut des entretiens est resté anonyme.

Parallèlement à ces entretiens, nous avons aussi réalisé un sondage informatique, diffusé à une large échelle. Semblable à la méthode du micro-trottoir (récollection de réponses spontanées via une brève enquête de rue), ce sondage ne devait pas prendre beaucoup de temps et devait se remplir



facilement. Il a repris les idées principales de la partie « Questions communes » du guide d'entretien mais en demandant une réponse sous un format plus simple. L'idée était :

- d'obtenir des données statistiques, quantitatives : par exemple, quelle activité est la plus plébiscitée par les utilisateurs des lacs ou quel pourcentage des sondés se juge suffisamment informé sur l'état écologique des lacs... Le recours à la méthode du sondage nous a permis d'accélérer ce traitement analytique.
- de « trouver » des formulations chocs ou suffisamment percutantes pour qu'elles puissent être utilisées au cours de campagnes de communication ou auprès des élus.

Pour notre premier objectif, à savoir identifier les points de convergence entre les différents questionnaires des milieux naturels aquatiques, nous avons mis en place une échelle de « faisabilité/acceptabilité » des propositions d'action. Cette dernière a été construite à l'aide de pictogrammes de sorte qu'elle puisse être lue facilement et rapidement. Voici ceux que nous avons choisis :



Le premier en partant de la gauche est celui traduisant la meilleure faisabilité. Cela signifie que d'après les échanges avec les différents enquêtés et les recherches bibliographiques, le plan d'action proposé devrait se faire sans trop d'oppositions ou de problèmes.

Le pictogramme central traduit une faisabilité ou une acceptabilité moyenne. Des discussions et des concessions de la part des différentes parties seront probablement nécessaires avant de lancer toute action. Lorsqu'il est apposé sur un plan d'action, il est accompagné de quelques mots sur les points les plus sensibles à aborder ou du moins ceux à traiter en priorité.

Enfin, le dernier symbole (en rouge) traduit un plan d'action non réalisable tel quel. Soit parce que peu d'acteurs ou d'utilisateurs l'accepteraient, soit parce que son coût empêcherait sa mise en œuvre ou parce qu'il lèserait une des parties prenantes.

8.2. Résultats de l'enquête sociologique

L'analyse des entretiens montre que plusieurs aspects des lacs et des bassins versants reviennent de manière récurrente et sont sources d'inquiétudes. Certains déjà identifiés par nos commanditaires ont ainsi été confirmés par cette phase de diagnostic sociologique, tandis que d'autres ont pu être mis en lumière. Ces aspects concernent les herbiers des lacs et les populations piscicoles, ou encore des questions traitant du marnage. Les attentes et perceptions de chacun ont été prises en compte lors de la formulation des plans d'actions.

Les différents entretiens menés nous ont également permis de mettre en évidence quelques points de blocage pouvant freiner la mise en place de projets.

Une méconnaissance persiste chez les enquêtés quant aux informations ayant trait aux lacs d'une part, et entre les acteurs liés à l'eau et leurs actions d'autre part. Un réel problème de communication persiste.

Malgré tout, il ressort de cette étude que les lacs sont perçus comme des zones très attractives. Leur importance dans la vie économique de la région n'est plus à discuter, mais il serait nécessaire de trouver un équilibre entre leur utilisation et leur protection. Les habitants de Gérardmer sont globalement satisfaits de l'état actuel du lac, mais ils émettent quelques craintes face au tourisme. Ils sont inquiets de sa progression, de la pression exercée sur le lac et des effets néfastes sur l'environnement. L'incivilité des touristes est un sujet qui revient fréquemment. Une réticence est bien perceptible lorsqu'il est question des berges, jugées trop privatisées et artificialisées. Le sujet du sentier à proximité du lac a également été abordé de manière récurrente. En effet, il semblerait que les touristes regrettent de ne pouvoir faire le tour du lac à pied aisément, ou à vélo, tandis qu'il a été évoqué que l'aménagement du sentier permettait l'accès à des zones auparavant préservées. L'absence de piste cyclable est fréquemment mentionnée, autant par les habitants que par les personnes de passage.

Par ailleurs, l'enquête a mis en évidence une réelle volonté d'agir de la part de tous les acteurs. Chacun, à un niveau différent, a son rôle à jouer dans la préservation du bassin versant, et la mise en place d'échanges et d'une collaboration permettrait d'atteindre les objectifs. En outre, chaque acteur du tourisme pourrait travailler sur des thématiques différentes mais complémentaires pour sensibiliser spécifiquement les visiteurs.

Enfin, il semble indispensable d'impliquer la population. En effet, ce diagnostic révèle un attachement fort des habitants pour leurs lacs et leur région. La majorité des personnes interrogées se disent enclines à recevoir des informations sur les lacs et les cours d'eau. La réussite des projets dépend de la sensibilisation des usagers, et ce dès le plus jeune âge. La pédagogie se doit alors d'être au cœur d'un vaste programme de communication.

Même si le nombre de réponses au sondage en ligne est insuffisant pour traiter statistiquement les données, nous avons toutefois pu tirer quelques conclusions. Nous avons notamment procédé à une analyse du nombre d'occurrences de certains mots. Nous nous sommes concentrés sur les questions suivantes :

- Qu'est-ce qui vous plaît le plus concernant les lacs ?
- Si vous deviez décrire votre lac favori en quelques mots...

Une application en ligne fabriquant des nuages de mots (nuagesdemots.com) nous a permis de créer les graphiques qui vont suivre. Il est à noter que les mots les plus fréquemment cités sont ceux apparaissant avec la taille de police la plus importante.

Pour la première question, voici le nuage de mots obtenu :

Il apparaît que le calme, le paysage et le caractère naturel des lacs sont les trois



paramètres principaux aux yeux des utilisateurs de ces milieux.

Il s'agira donc de prendre bien garde au cadre dans lequel se trouvent les lacs avant toute tentative de travaux et de faire attention à ce que les activités touristiques ne perturbent pas la tranquillité qui semble régner sur ces milieux.

Précisons bien que cette question ne fait pas de distinctions entre Gérardmer, Longemer et Retournermer. Les résultats qui suivent vont effectivement montrer que les lacs évoquent différents sentiments aux usagers.

En effet, d'après les autres nuages de mots, chaque lac a son public préférentiel.

Dans le cas de Gérardmer, les occurrences sont les suivantes :

Le caractère naturel est toujours primordial mais on voit aussi l'importance de l'accessibilité et de la proximité au centre-ville. La « Perle des Vosges » intéresse donc surtout des gens à la recherche d'un « écrin de verdure » proche de chez eux et dont ils peuvent profiter aisément.

Le mot « touristes » apparaît également mais il faut noter qu'il était le plus souvent employé pour alerter sur le danger qu'ils pouvaient représenter. En effet, beaucoup d'enquêtés sont bien conscients de l'attrait touristique du lac de Gérardmer mais souhaiteraient que cet attrait reste contrôlé et que le respect soit de mise lors des pics de fréquentation (notamment par rapport aux déchets et à la densité de passage).



Si, maintenant, nous nous intéressons au lac de Longemer, nous pouvons facilement voir un contraste dans les occurrences.

Les usagers qui préfèrent ce lac paraissent surtout à la recherche de grands espaces à l'aspect « pur et propre », entourés de montagnes et dont le faible nombre d'activités touristiques attirerait moins de touristes et garantirait plus de tranquillité.

Si le lac de Gérardmer est plus souvent nommé comme étant le lac favori des enquêtés, le lac de Longemer n'est pas en reste.

En outre, il apparaît que Gérardmer est plus souvent cité en premier par des personnes vivant sur une autre commune que Gérardmer ou Xonrupt-Longemer quand son voisin est surtout favori dans le cœur des Gérômois et des Xonrupéens. Toutefois, les Gérômois accordent beaucoup d'importance à leur Perle des Vosges même s'ils admettent que ce n'est pas le meilleur lac pour qui aimerait simplement profiter d'une baignade calme.

Ce que l'on peut conclure, c'est que les utilisateurs des lacs sont fortement attachés à ces milieux. Cela vient soit d'une forme de nostalgie (souvenirs d'enfance), soit d'une « fierté » gérômoise ou xonrupéenne vis-à-vis de la ou des « Perles des Vosges ». Les enquêtés sont assez intéressés par leur état écologique et se disent enclins à participer à toute forme de travaux permettant de préserver leurs beautés, leurs paysages et leur bon état.

A priori l'implication et la sensibilisation de la population quant à la situation actuelle ne sera pas un problème à condition de bien expliquer les tenants et aboutissants écologiques. Si certains se disent parfaitement informés sur l'état écologique des lacs, la plupart déclare que leur savoir est incomplet et souhaiterait trouver ces connaissances sous la forme de panneaux pédagogiques ou de livrets informatifs.

Concernant la pédagogie, il serait mieux que celle-ci prenne la forme d'évènements spécifiques : que les participants mettent la « main à la pâte » pour vraiment s'impliquer dans quelque chose et participer à la pérennisation de ces actions. Toutefois, ces évènements devront pouvoir accueillir un large public et pas seulement des enfants. Les parents souhaitent, eux aussi, s'investir.

Enfin, nous souhaiterions parler des retours recueillis lors de la restitution publique. La majorité des éléments que nous avons cités ci-avant sont revenus dans la discussion. Les habitants sont attachés à leurs lacs et inquiets quant à leur avenir. Deux éléments ont été particulièrement mis en avant par le public :

- Les habitants feraient preuve, *a priori*, de peu de discipline. Les réglementations, même si elles sont présentes, ne sont pas réellement appliquées et les incartades ne sont pas toujours sanctionnées. **L'aspect réglementaire a été fréquemment mentionné, que ce soit vis-à-vis des pêcheurs, des bateliers ou des utilisations faites des cours d'eau. Une petite mise au point sur les règles et les interdits est nécessaire afin que chacun puisse avoir le même « bagage » de savoirs.**
- L'incivilité des touristes contraste avec certaines actions mises en place pour satisfaire leurs attentes. Cela n'est pas forcément du goût des Gérômois et Xonrupéens (les feux d'artifice sur les lacs, entre autres). Le tourisme serait source d'une grande pollution et ne respecterait ni les lieux, ni les règlements de bonne conduite. Même si des solutions ont été citées pour pallier ces mauvais comportements, celles-ci ne conviennent pas aux citoyens car elles entacheraient le paysage. C'est donc sur le comportement qu'il faut jouer. Seulement, les façons de faire ne sont pas évidentes.

Cette restitution a également permis de confirmer des sujets sensibles qui jusque-là ne nous étaient pas apparus comme étant si polémiques. Il s'agit notamment de la population piscicole et de la gestion des cours d'eau (reméandrage et curage, par exemple). Pour ces deux thèmes, encore une fois, la réglementation et son non-respect ont été soulignés. Mentionnons également le fait que certaines informations diagnostiques ont été fortement remises en question. La présence de l'Amour blanc a été démentie par certains des pêcheurs présents dans la salle alors que des témoignages et la bibliographie laissaient entendre le contraire. Dans ce cas, la question n'a pas été résolue mais elle le sera probablement lorsque des preuves formelles seront apportées.



8.3. Propositions d'actions

L'enquête sociologique a mis en évidence les préoccupations et opinions des habitants et le niveau de concertation des acteurs du territoire. Comme une certaine méconnaissance des enjeux concernant les lacs et leurs bassins versants est ressortie des entretiens, il nous paraissait particulièrement important de maintenir le contact avec la population locale, d'une part afin de les informer de ce qui se passe dans leur environnement direct et leur cadre de vie et d'autre part pour savoir comment ils se positionnent par rapport aux projets de restauration écologique qui seront portés sur la zone. Ce retour pourra en outre être complété d'une consultation des personnes de passage, public difficile à saisir compte tenu de la brièveté de leur séjour. La collecte de telles informations pourra être utile à la compréhension des attentes des touristes et permettra de les accorder au mieux avec celles des habitants et des acteurs techniques.

8.3.1. Pour la consultation locale

Dans la continuité de notre étude, pour renforcer le lien avec les habitants de la zone, prioritairement les Gérardmois et les Xonrupéens, nous avons pensé à mettre en place une consultation publique régulière, chaque année par exemple. Cela prendrait la forme d'un questionnaire d'une dizaine de questions, abordant différents thèmes. Ce formulaire pourrait idéalement être distribué sous plusieurs formats à tous les habitants de la zone d'étude: sondage en ligne via les différents outils de communication numériques des mairies, formulaire et « prospectus » dans les boîtes aux lettres. La diffusion de l'enquête pourra être relayée via un affichage municipal dédié.

Les réponses manuscrites pourront être collectées dans des points tels que la mairie de la commune ou les établissements municipaux :

Gérardmer	Xonrupt-Longemer
<ul style="list-style-type: none"> • l'Espace Tilleul (à la médiathèque municipale), • La Maison de la Culture et des Loisirs • l'Union nautique • aux guichets de vente des forfaits de sports d'hiver, • à la piscine municipale 	<ul style="list-style-type: none"> • la salle polyvalente (éventuellement aussi dans les établissements scolaires, au commissariat municipal, à la caserne de pompiers ou aux guichets de la Poste). • Les commerces de proximité comme les boulangeries pourraient être également des partenaires de premier plan dans cette entreprise.

Le questionnaire pourrait prendre la forme suivante.

« Chers habitants,

Afin de poursuivre des objectifs viables et pérennes pour notre territoire et nos lacs en particulier (Gérardmer, Longemer et Retournermer), en phase avec vos attentes, nous souhaiterions avoir votre opinion sur l'état actuel des lacs et de leurs affluents/cours d'eau, leur évolution au long de l'année écoulée et ce que vous en attendez.

Voici un court questionnaire pour formuler et nous transmettre vos idées et points de vue les concernant. Cette consultation anonyme est lancée pour vous, donc n'hésitez pas à aborder et commenter tout sujet concernant nos milieux aquatiques vous tenant particulièrement à cœur. Nous vous remercions par avance pour votre participation précieuse !

1. *Votre commune de résidence : ...*
2. *Que pensez-vous de l'état général actuel des lacs et des cours d'eau alentour ?*
3. *Avez-vous noté des évolutions ou de quelconques changements les concernant sur l'année écoulée ? Qu'en pensez-vous ?*
4. *Quels sont les points forts des lacs et de leurs cours d'eau, ce que vous voulez garder et préserver ?*
5. *Quelles sont leurs faiblesses, ce que vous voudriez améliorer, modifier ou même enlever ?*
6. *Que pensez-vous des aménagements, de leur nombre, de leur qualité et de leur utilité, selon leur type (naturel ou artificiel) ?*
7. *S'il y a des choses à améliorer, avez-vous des idées de comment le faire ?*
8. *Savez-vous que les lacs et leurs communes font partie du Parc Naturel Régional des Ballons des Vosges ? Quelle importance cela a et doit avoir selon vous ?*
9. *Quelles sont pour vous les priorités d'action pour l'année à venir ? Qu'aimeriez-vous voir mis en place, prochainement ou à plus long terme ?*
10. *Enfin que pensez-vous de ce questionnaire et de son objectif ? Avez-vous des idées pour l'améliorer ?*

Un grand merci pour votre participation et votre engagement pour les lacs, leurs cours d'eau et leur avenir. Vous pouvez laisser votre nom et vos coordonnées sur ce formulaire si vous souhaitez en savoir plus.

Une fois rempli, merci de déposer dès que possible votre bulletin de réponse dans une urne prévue à cet effet dans l'un des lieux suivants : ... »

Les questions seront, bien entendu, à adapter ultérieurement en tenant compte des retours successifs des enquêtés.

Autrement, cette enquête pourrait avoir encore plus d'écho dans le cadre d'une « **Journée des Lacs** » (8.4.4. Journée des lacs). Cet événement permettrait de rassembler et sensibiliser le public, aussi bien local que de passage, sur les enjeux relatifs aux lacs, leurs utilités et usages, etc. Il aurait lieu de préférence en haute saison, afin de toucher le plus large public possible. Le fil directeur de la journée serait ainsi l'eau, à travers ses nombreux usages et l'enjeu majeur de sa préservation. Le questionnaire serait alors largement distribué, rempli au cours de la journée et collecté à la fin.

Idéalement, les réponses seraient à traiter par les mairies en étroite collaboration avec l'organisme fédérateur sur le projet de restauration des lacs et bassins versants, puis les résultats à partager entre tous les acteurs du territoire ainsi qu'avec les habitants enquêtés.

8.3.2. Pour la consultation des touristes

De même que les habitants sont acteurs à part entière du dynamisme du territoire, les touristes y contribuent largement lors de leur passage. Il devient donc intéressant de connaître aussi leurs points de vue sur ce qui fait l'attractivité du territoire et leurs attentes en tant que visiteurs. Croiser les avis des acteurs techniques, de la population locale et des touristes permettrait ainsi



d'orienter au mieux les plans d'action, au regard de tous les enjeux sur la zone, et d'aboutir à l'acceptation de ces choix par le plus grand nombre.

Sur le même modèle que précédemment, il s'agirait de diffuser un questionnaire bref au plus grand nombre de touristes possible, balayant divers sujets sur les lacs et cours d'eau. Il serait diffusé principalement par l'Office de Tourisme de Gérardmer-Xonrupt. L'ensemble des établissements d'accueil touristique serait avantageusement associé à ce projet, tant dans la distribution des questionnaires que dans la récolte et la centralisation des réponses. Les formats seraient multiples, autant papier que numérique, via les outils communément utilisés en ligne par les mairies, l'Office de Tourisme et même directement sur les lieux d'accueil touristique. Cela permettrait en plus d'impliquer et de sensibiliser des acteurs du territoire à tous les niveaux, et de contribuer à la diffusion élargie de l'information autour des lacs.

Le questionnaire pourrait prendre la forme suivante.

« Chers visiteurs,

Vous avez passé quelques jours parmi nous et nous aimerions savoir ce que vous pensez de notre région et de ses attraits. Ce bref questionnaire vous est spécialement destiné : il nous permettra de mieux connaître vos attentes et de savoir comment dynamiser encore notre territoire, plus particulièrement nos 3 lacs (Gérardmer, Longemer et Retourner) et leurs cours d'eau. N'hésitez pas à nous transmettre vos idées et commentaires à ce sujet, au-delà des quelques questions abordées ci-dessous ; un grand merci d'avance pour votre précieuse contribution !

Quelques éléments pour mieux vous connaître :

1. *Est-ce la première fois que vous venez vous détendre pour un week-end ou des vacances autour des lacs vosgiens ? Sinon, depuis combien de temps venez-vous et à quelle fréquence ?*
2. *Êtes-vous venu seul, en famille, entre amis, avec des collègues ?*
3. *Combien de temps a duré votre séjour ?*
4. *Savez-vous que vous vous trouvez au sein du Parc Naturel Régional des Ballons des Vosges ? Cela change-t-il quelque chose pour vous et comment ?*

Ce qui vous attire chez nous :

5. *Pour quelle(s) raison(s) avez-vous choisi Gérardmer ou Xonrupt-Longemer pour ce séjour ?*
6. *Concernant la vallée et ses trois lacs, quels sont leurs atouts selon vous ? Qu'avez-vous apprécié ici ? Quels aménagements, en particulier ?*

Les points de vigilance :

7. *Avez-vous des remarques à faire sur l'état des lacs de Gérardmer, Longemer ou Retourner et de leurs cours d'eau ? Certaines choses vous ont-elles manqué ou déplu les concernant ?*
8. *Selon ce que vous avez formulé précédemment, auriez-vous des idées d'amélioration à nous transmettre ?*

En conclusion :

9. *Que pensez-vous de ce questionnaire et de notre démarche ? Avez-vous des suggestions*

d'amélioration ?

Nous tenons encore à vous remercier pour votre participation et vous invitons à nous laisser vos nom et coordonnées si vous souhaitez en savoir plus. N'oubliez pas de déposer votre bulletin de réponses dans une urne prévue à cet effet, dans les lieux suivants : ...

Nous espérons que vous avez apprécié votre séjour parmi nous et que nous aurons prochainement le plaisir de vous accueillir à nouveau ! »

Le dépouillement des réponses et la formulation des résultats seraient un travail commun entre l'Office de Tourisme et l'organisme fédérateur autour de la gestion des trois lacs et de leurs bassins versants.

8.4. Propositions d'actions de communication

Notre travail de terrain, notamment dans son aspect sociologique, a mis en évidence une nécessité patente d'information et de communication, d'abord auprès des habitants du territoire, puis auprès des touristes en visite, afin que la sensibilisation touche le public le plus large possible et porte ses fruits. De plus, un public bien informé pourra s'associer aux actions menées sur les lacs et cours d'eau et constituera à long terme un soutien durable pour la mise en œuvre des projets et le respect de la réglementation.

8.4.1. Tout public usager du lac et de ses alentours

Le premier public à toucher est l'ensemble des usagers du territoire, qui font vivre le territoire et qui sont les premiers à pouvoir le préserver. Il devient donc crucial que tous, qu'ils soient de passage ou habitants de la région, aient conscience de l'état global des lacs et de leur bassin versant, afin d'adapter leurs pratiques. Certaines propositions visent un public assez large notamment dans le cas des sentiers pédagogiques et de la présence de personnes pour sensibiliser dans les zones concentrant les usagers du territoire. D'autres vont cibler plus particulièrement les locaux comme la proposition de conférences ou de débats sur le sujet. Enfin, en ce qui concerne plus particulièrement la pêche, l'AAPPMA pourra être relais d'informations vis-à-vis de la population piscicole via des livrets pouvant accompagner les cartes de pêche. Nous proposons les idées suivantes :

- Sentier pédagogique sur le Castor & les habitats de Retournermer
 - Sentier pédagogique sur les herbiers
 - (Inclure dans ces supports des rappels de législation)
- Présence humaine pendant des périodes de forte affluence pour sensibiliser (garde à cheval)
 - Formation de ceux qui proposent de l'accueil et des activités sur les enjeux autour du lac afin qu'ils puissent être vecteurs de l'information s'ils le souhaitent
 - Prospectus à l'office du tourisme
 - Posters dans les lieux d'accueil
- Conférence / débats offrant de l'information et de l'échange sur des points / enjeux spécifiques sur les différents points
 - Articles de presse informant sur les différents projets mis en œuvre
 - Sorties naturalistes autour des lacs
- Livret d'information pour les pêcheurs fourni avec la carte de pêche



Dans ce domaine, des choses sont déjà mises en place et ont du succès comme le sentier pédagogique de Longemer.

8.4.2. Jeune public

Si ce sont les adultes d'aujourd'hui qui ont à charge de protéger actuellement les lacs et leurs cours d'eau, ce sera à la jeune génération de prendre les choses en main à l'avenir. C'est pour cela que les enfants et les scolaires sont un public déterminant dans la mise en œuvre efficace et pérenne des propositions d'action, qu'il convient de sensibiliser au plus tôt. Ils sont également de bons intermédiaires pour sensibiliser les parents.

- Aider à planter les herbiers (CENL / FD)
- Initiation à la pêche (en No-kill)
- Jeux thématiques (jeux de l'oie sur le parcours de la truite ...) dans les écoles ou les médiathèques

Des actions ont déjà été menées notamment dans le cadre de « Parraine ta rivière » proposant des sorties et des activités en lien avec l'eau.

8.4.3. Acteurs scientifiques, techniques et politiques

Enfin, il incombe aux acteurs du territoire, à savoir ceux directement ou indirectement liés à la gestion des lacs et cours d'eau, les élus, les acteurs du tourisme mais aussi les pêcheurs, de maintenir le dialogue et l'échange d'informations initiés, afin de travailler de concert, efficacement et avec une grande portée d'action. Il leur appartient également d'informer régulièrement les habitants de l'avancée des projets, afin que toutes les forces vives convergent vers une préservation réussie des lacs et de leur bassin versant. Pour cela, une communication régulière sur les actions menées devra être envisagée, par le biais notamment de la presse locale ou des conférences. Une structure devrait être nommée en tant que grand animateur de ces actions afin de pérenniser le projet par un dialogue durable entre les acteurs.

- Réunions fréquentes avec tous les acteurs
- Structure fédératrice avec bilan annuel des projets menés

8.4.4. Journée des lacs

Il est également possible de rassembler et de toucher un public très large dans le cadre de journées événementielles. Aussi nous avons pensé à l'organisation en période estivale d'une journée thématique sur les lacs et les cours d'eau. Elle rassemblerait un certain nombre de propositions déjà citées en amont. Ce serait également un moment de dialogue privilégié autour de cette thématique qui permettrait notamment de communiquer et d'avoir un retour sur ce qui a déjà été mené et sur ce qui le sera. Voici un échantillon d'idées de stands et d'activités possibles :

- Activités pour les scolaires :
 - o atelier herbiers,
 - o atelier dessin autour de l'eau ou exposition de travaux effectués en classe
 - o initiation à la pêche
- Baptêmes de plongée à la découverte du cœur des lacs
- Sorties naturalistes et découvertes autour des lacs et des herbiers ou du castor
- Stands terroir & artisanat avec comme fil conducteur l'importance des activités industrielles autour des lacs et le besoin pour tous de préserver la ressource en eau

- Stand d'information sur les lacs, sur les activités et sur nos impacts
- Recueil des avis des gens sur les lacs
- Conférences et débats

Ces éléments peuvent également se greffer à de l'évènementiel existant comme par exemple à « villages de sport de nature » organisé à Xonrupt-Longemer.

Toutes les actions proposées ci-avant ne sont, bien entendu, pas à mener de front, car elles demandent de mobiliser inévitablement du temps et des moyens, à des degrés divers. Cependant elles nous ont toutes paru importantes, et pertinentes à mettre en place, à plus ou moins brève échéance. En outre, l'aspect de sensibilisation le plus percutant selon nous est le contact humain avec les personnes ciblées, car les panneaux et équipements de communication ne sont jamais suffisants.

Parmi les actions proposées, nous vous proposons quelques supports déjà élaborés. En effet, nous avons réalisé un livret destiné aux pêcheurs (Annexe 6.3), des prospectus et un poster tout public (Annexes 8.3 Et 8.4). Les maquettes vous seront livrées dans le cadre des livrables du projet. Le résumé non technique de notre rapport pourra également être diffusé afin d'informer le public ou les acteurs du territoire.



Il a été vraiment très utile d'intégrer la sociologie à notre étude en ce sens qu'elle nous a permis de conforter la pertinence des actions que nous proposons et de les prioriser. Vouloir restaurer un cours d'eau est une très bonne chose d'un point de vue scientifique mais si la pérennité de ce plan est remise en cause parce que la population locale et les usagers de ce cours d'eau n'y sont pas favorables, cela ne servira à rien.

Dans notre étude, les enquêtes sociologiques nous ont permis de recueillir le ressenti des acteurs et usagers des lacs afin de choisir les meilleures actions possibles. On peut, ainsi, économiser du temps et réellement agir sur les points clés. En outre, la sociologie nous a aussi permis de cerner l'avis des habitants à propos de leurs lacs et à propos de leur volonté d'implication.

Il en ressort que Gérômois et Xonrupéens veulent intervenir et s'investir tout autant que les acteurs des milieux naturels. Diffuser les connaissances, en acquérir de nouvelles et échanger est indispensable. Cette volonté nous fait aboutir à un plan de communication que nous avons voulu adapté à plusieurs formes de public et sous un format auquel une grande majorité pourrait être sensible.

Enfin ce plan, ne peut se permettre d'être temporaire ou de couvrir uniquement la période des travaux, il devra s'étaler et s'entretenir dans le temps car la gestion globale et optimale des lacs est un travail permanent et de longue haleine.

Action 8.1. Pérenniser la consultation du public

Action 8.2. Élaborer et mettre en œuvre un plan de communication et de sensibilisation

Action 8.3. Assurer la gouvernance du plan d'action

Bibliographie

ASTEE, 2013. Ingénierie écologique appliquée aux milieux aquatiques, Comment ? Pourquoi ? [Fichier PDF]. Publié en décembre 2013

CISALB, 2010. Contrat de Bassin Versant du Lac du Bourget - La lettre d'information du contrat n°8 [Fichier ODF]. Publié en Janvier 2010

Deuffic, P., 2017. Enquêtes qualitatives par entretien : éléments de méthode [fichier PowerPoint]. 4 janvier 2017. Document interne à l'IRSTEA de Bordeaux, UR ETBX (Environnement, acteurs territoires)



III. Conclusion & scénarios

Sans action aujourd'hui, on peut s'attendre à une dégradation de la situation des lacs de Gérardmer, Longemer et Retournemer, s'accompagnant de conséquences à plusieurs échelles. Voici un petit aperçu de ce que pourraient devenir les Perles des Vosges, sans intervention d'ici quelques dizaines d'années :

En réponse à l'attrait touristique de la région, l'urbanisation ne cesse d'augmenter. Les communes de Gérardmer et Xonrupt-Longemer fusionnent, les centres villes sont densifiés, et le manque d'espace disponible conduit à grignoter les coteaux. Ainsi, en même temps que la pression sur la ressource en eau augmente (donc augmentation du prélèvement de l'eau déjà important pour les activités humaines), le paysage est impacté par la pression d'urbanisation, avec un effet négatif sur les touristes en quête de nature et de pittoresque. De plus, pour maintenir l'accès routier sécurisé aux communes, le salage continue d'être pratiqué. Or, les eaux pluviales non traitées ruissellent le long de la chaussée avant de finir dans le lac. L'augmentation de la salinité entraîne le déclin d'espèces peu tolérantes à une baisse de la qualité de l'eau. L'imperméabilisation consécutive à l'étalement urbain amplifie ce phénomène de ruissellement néfaste.

Avec l'augmentation de l'urbanisation autour des lacs, des questions techniques autour de l'assainissement se posent : la capacité de la STEP devra-t-elle être repensée pour suivre l'évolution démographique ? En parallèle, sans solution efficace et pérenne, l'assainissement non collectif des habitations proches du lac de Retournemer pollue le site. De plus, le castor, dont l'habitat et la tranquillité sont menacés, fuit le site, accélérant ainsi la fermeture du milieu contre lequel se battait le résident des lieux dont les actions n'ont pas pu être reconduites. Le lac perd de son attrait.

En ce qui concerne Gérardmer et Longemer, l'équilibre piscicole reste précaire et sans moyen d'action sur certaines personnes peu scrupuleuses, les amours blancs sont toujours relâchés dans les cours d'eau et broutent les herbiers qui disparaissent. Les baigneurs, non informés sur la présence de ces végétaux, les piétinent. Cette disparition conduit peu à peu à l'érosion des berges, accentuée par le batillage incessant, et à l'arrivée de plus de matériaux sédimentaires dans les lacs.

En parallèle, les cours d'eau, rectilignes ou maîtrisés par des installations humaines déversent toujours plus de sédiments et de matière organique dans les lacs. La matière organique en excès favorise le développement de phytoplancton : les eaux des lacs verdissent tandis que les algues s'installent et que les sites de baignade sont délaissés par les touristes. Cette eutrophisation conduit peu à peu à une diminution de la quantité de dioxygène dans les lacs : les herbiers, déjà mal en point ainsi que les organismes benthiques périssent, asphyxiés, tandis que les organismes plus mobiles fuient les lacs. La perte de biodiversité est énorme, avec des répercussions sur l'attrait touristique de la région. Les touristes délaissent peu à peu la zone.

La vallée des lacs n'est plus qu'un lointain souvenir... évidemment, ce scénario digne d'un block buster hollywoodien est une *légère* exagération de ce qui risque d'arriver. Néanmoins, les phénomènes décrits existent et sont à l'œuvre sur les bassins versants étudiés, mais aussi ailleurs : prenons l'exemple du lac, certes artificiel, de Celles-sur-Plaine, où les activités touristiques sont

suspectées de déranger la faune et flore du lac, et de mettre en mouvement les sédiments pollués. L'image touristique du lac s'en trouve ternie, et une action en justice est en cours.

Tous ces phénomènes interagissent et conduisent à une détérioration globale de la vallée. Agir sur un levier d'action permet d'améliorer de nombreux compartiments de l'écosystème, d'autant plus que l'échéance de la Directive Cadre sur l'Eau se rapproche. Pour savoir comment agir, inspirez-vous de nos fiches-actions !

1. Qualité de l'eau

<i>Suivre la qualité des masses d'eau</i>	1. Suivre la qualité chimique des masses d'eau dans le temps 2. Suivre la qualité biologique des masses d'eau dans le temps
<i>Assainir les eaux de ruissellement</i>	3. Réduire les impacts du salage des routes 4. Techniques alternatives Assainissement pluvial : Noues et fossés et tranchées drainantes 5. Techniques alternatives Assainissement pluvial : Filtres plantés de roseaux

2. Quantité d'eau

	1. Mesurer les quantités d'eau des bassins versants de Gérardmer, Longemer et Retournermer
--	--

3. Envasement & ensablement

<i>Restaurer les cours d'eau</i>	1. Reméandrage et désenrochement du Phény en amont de Gérardmer. 2. Reméandrage de la Vologne en amont de Longemer
<i>Restaurer les deltas</i>	3. Restaurer le delta de Ramberchamp 4. Restaurer le delta de la Vologne à Longemer
<i>Gérer la forêt</i>	5. Modifier les pratiques de gestion forestière a. Option 1 : pas d'exploitation b. Option 2 : exploitation classique c. Option 3 : exploitation par câble
<i>Assainir</i>	6. Assurer une bonne qualité de l'assainissement

4. Herbiers & berges

<i>Restaurer les berges</i>	1. Renaturer les berges du lac de Gérardmer 2. Expérimenter différentes techniques de revégétalisation et de restauration des berges
<i>Restaurer le Delta de Ramberchamp</i>	3. Restaurer les berges du Delta de Ramberchamp - Gérardmer 4. Restaurer les prairies humides sur le Delta de Ramberchamp - Gérardmer 5. Sensibiliser le public aux travaux menés sur le Delta de Ramberchamp - Gérardmer 6. Mettre en place un sentier pédagogique sur le Delta de Ramberchamp - Gérardmer
<i>Lutter contre les espèces exotiques</i>	7. Restaurer les herbiers autochtones de l'Anse de Kattendycke - Gérardmer 8. Limiter la destruction des herbiers du lac de Longemer par l'Amour blanc 9. Lutter contre les plantes invasives

5. Marnage

1. Adapter le marnage
2. Adapter la vanne

6. Peuplements piscicoles & continuités écologiques

- | | |
|---|---|
| <i>Gérer les populations piscicoles</i> | <ol style="list-style-type: none">1. Suivi des populations piscicoles2. Retour vers un peuplement piscicole mieux adapté au contexte3. Communication et sensibilisation |
| <i>Favoriser la truite</i> | <ol style="list-style-type: none">4. Éviter la surpêche de la Truite de lac5. Frayères et continuité des cours d'eau |

7. Paysage & patrimonialité

1. Mettre en place un plan de gestion à Retournemer

8. Sociologie & communication

1. Pérenniser la consultation du public
2. Élaborer et mettre en œuvre un plan de communication et de sensibilisation
3. Assurer la gouvernance du plan d'action

Ces fiches actions sont des recommandations que nous vous proposons de mettre en œuvre afin d'améliorer l'état des lacs dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau, mais également pour permettre d'offrir aux générations futures un patrimoine que nous souhaitons tous voir perdurer. Si nous nous projetons dans un avenir idéal où, suite à de longues campagnes de communication et d'échanges, les mesures proposées ont finalement pu être mises en place grâce à l'investissement des différents acteurs du territoire, nous pouvons envisager le scénario suivant :

Grâce aux actions des autorités compétentes, l'urbanisation est maîtrisée. Le centre-ville se densifie, conformément au Plan Local d'Urbanisme, mais les coteaux sont préservés. Ainsi, l'imperméabilisation des sols est limitée, le ruissellement des eaux de pluie se déversant dans les lacs est réduit et les herbiers filtrent les rejets. De plus, des mesures sont mises en place pour limiter l'utilisation de fondants routiers et les eaux de pluie sont traitées de façon à limiter la pollution lacustre par le sel et les hydrocarbures. Pour aller plus loin dans l'amélioration de la qualité de l'eau des bassins versants, les structures d'assainissement des eaux, collectives ou non, continuent d'être suivies et mises aux normes pour répondre au mieux aux besoins de la population croissante.

La restauration des méandres, d'une ripisylve filtrante et de deltas fonctionnels permet de diminuer la charge sédimentaire. Les actions menées en forêt, pour l'exploitation forestière, portent également leurs fruits en termes de diminution de l'érosion. L'eutrophisation et la turbidité des lacs s'en trouvent largement réduites. La diminution du batillage et la mise en place d'un marnage rendent la colonisation des herbiers possible sur l'ensemble des lacs. Les herbiers ayant réussi à s'implanter participent au maintien des berges et à l'oxygénation de l'eau et fournissent des habitats adéquats aux poissons. La surveillance des populations piscicoles assure une diminution de la population d'Amours blancs tandis que les efforts faits pour le rétablissement de la truite aboutissent.

L'ensemble des actions a été rendu possible grâce à une sensibilisation faite auprès du grand public : les enjeux de la zone sont compris et les mesures adoptées par tous. Elles sont donc respectées et efficaces. Par exemple, la présence d'herbiers, jugés par certains repoussants, n'est désormais plus un problème et la population a su trouver d'autres zones de baignade. De plus, la communication entre les nombreux acteurs des lacs rend le dialogue productif.

L'attrait des lacs perdure d'autant plus que la pêche et les sports nautiques peuvent être pratiqués. Le tourisme vert devient un argument de poids pour la région où la demande de calme et de nature préservée est forte. Les perles des Vosges, en conciliant activités humaines et maintien d'un environnement d'exception, ont encore de beaux jours devant elles. De plus, les lacs ont retrouvé leur fonctionnement naturel et leur résilience ce qui permet d'assurer leur bon état à très long terme.

Nous espérons que ce rapport vous ait montré l'importance du lancement d'un projet global d'action pour une gestion durable des lacs et de leur bassin versants. Devant la multitude d'acteurs ayant quelques fois des objectifs différents, une structure porteuse doit être choisie afin d'animer la mise en place d'actions concrètes et de maintenir le dialogue qui a été initié. Nous sommes heureux d'avoir travaillé dans votre région et d'être venus à votre rencontre pour échanger sur les lacs. Nous vous remercions de nous avoir permis d'accomplir ce travail et vous souhaitons de réussir à redonner sa résilience à la vallée des lacs !

