

# Restauration des roselières aquatiques : une illustration de la gouvernance sur le lac d'Annecy

■ D. ZANELLA<sup>1</sup>, P. BRUYÈRE<sup>1</sup>, G. BLAKE<sup>2</sup>, C. MOIROUD<sup>3</sup>, S. TAVAN<sup>4</sup>, L. BOURGOIN<sup>5</sup>

Mots-clés : lac d'Annecy, roselières, macrophytes, génie écologique, marnage, gouvernance

Keywords: Lake Annecy, reed beds, macrophytes, ecological engineering, water level fluctuation, governance

## Introduction

Les roselières aquatiques peuplent des secteurs peu profonds (0 à 1 m) des bords de rivières, d'étangs et de lacs. Ces zones sont colonisées par des hélophytes tels que le roseau (*Phragmites australis*), mais également le scirpe lacustre (*Schoenoplectus lacustris*), le nénuphar jaune (*Nuphar lutea*) et le nénuphar blanc (*Nymphaea alba*).

Le rôle des roselières aquatiques n'est plus à démontrer pour le fonctionnement global de l'écosystème [SINNASSAMY et MAUCHAMP, 2000 ; CREN, 2007], notamment grâce à leur positionnement à l'interface des milieux terrestres et aquatiques :

- espace de biodiversité pour l'avifaune, les poissons, les amphibiens, les insectes : pour leur reproduction, la croissance des juvéniles ; ce sont de plus des zones de quiétude et d'alimentation ;
- contribution à l'amélioration de la qualité de l'eau, grâce aux propriétés épuratrices des roseaux et à la surface active que représente le système souterrain (rhizome) pour le compartiment microbien ;
- protection naturelle des berges contre l'érosion ;
- rôle paysager sur la perception des rives du lac.

Si le roseau est une espèce ubiquiste, son dévelop-

pement sur les rives des grands lacs périalpins dépend toutefois d'un certain nombre de facteurs, comme la bathymétrie, le fonctionnement hydrologique du lac ou l'occupation anthropique des berges. La roselière aquatique possède ainsi un caractère intégrateur, et constitue un des indicateurs pertinents de l'état général de la masse d'eau.

Malheureusement, le constat est fait à l'échelle de tout l'arc alpin [OSTENDORP, 1989 ; BRIX, 1999 ; CPNS, 2003], les roselières aquatiques ont fortement régressé au cours du siècle dernier : anthropisation des rives, artificialisation des niveaux, eutrophication... Le lac d'Annecy (Haute-Savoie), plan d'eau domanial de 27 km<sup>2</sup> (altitude : 447 m), n'échappe pas à la tendance générale. La végétation immergée (hydrophytes) a également évolué au cours des dernières décennies [DUBOIS *et al.*, 1988].

Le Syndicat mixte du lac d'Annecy (SILA) a donc mis en œuvre un vaste programme de préservation et de restauration. L'objectif de cet article est de présenter comment les différents facteurs ayant contribué à la régression des roselières ont été appréhendés, dans une démarche globale et concertée. Celle-ci mobilise l'ensemble des acteurs et usagers du lac, réunis autour d'une structure locale de gouvernance, la commission Lac & Prospective.

## 1. Les roselières aquatiques du lac d'Annecy

### 1.1. Le diagnostic écologique

Si tout le monde reconnaissait la diminution, au fil du temps, des surfaces de roselières autour du

<sup>1</sup> Syndicat mixte du lac d'Annecy (SILA) – 7, rue des Terrasses – 74960 Cran-Gevrier.

<sup>2</sup> Polytech Annecy-Chambéry – Locie – Campus scientifique – Savoie Technolac – 73376 Le Bourget-du-Lac cedex.

<sup>3</sup> Compagnie nationale du Rhône (CNR) – 2, rue André-Bonin – 69316 Lyon cedex 04.

<sup>4</sup> Institut des sciences de l'environnement et des territoires d'Annecy (Iseta) – Route de l'École-d'Agriculture – 74330 Poisy.

<sup>5</sup> Bureau d'études Sage Environnement – 12, avenue du Pré-de-Challes – 74940 Annecy-le-Vieux.

lac d'Annecy, il était bien difficile d'en déterminer objectivement les causes, et surtout la dynamique. Des études préliminaires avaient mis en évidence des facteurs de cette évolution [BLAKE, 1992]. La régression était-elle toujours en cours ? La fréquentation estivale du lac, les « nouvelles » activités nautiques (ex. : wakesurf, wakeboard) avaient-elles accéléré cet état de fait ?

Un diagnostic écologique complet a donc été réalisé [SILA, 2007], avec l'appui du bureau d'études Sage Environnement. Les roselières aquatiques ont été cartographiées à l'aide d'un GPS de précision centimétrique, pour constituer un état de référence. En l'absence de données historiques comparables, un travail d'interprétation des archives photographiques aériennes de l'IGN a été réalisé. Les surfaces des principaux secteurs colonisés ont pu être reconsti-

tuées jusqu'en 1948, même si l'exercice a pu se révéler délicat pour les clichés les plus anciens, compte tenu de leur définition et des déformations liées aux appareils de prise de vue de l'époque.

De nombreux relevés de végétation ont également été effectués, selon une méthodologie inspirée des principes de surveillance des macrophytes en plan d'eau de la directive cadre sur l'eau [DUTARTRE et BERTRIN, 2007].

Des transects perpendiculaires ont ainsi été définis, depuis la rive jusqu'au front de végétation et même au-delà (prise en considération des hydrophytes). Sur chaque transect, trois quadrats d'un m<sup>2</sup> ont été positionnés, afin de mesurer plusieurs variables caractéristiques de l'état actuel des roseaux : hauteur, densité, diamètre, état sanitaire, profondeur et qualité du substrat, etc.

Au début xx<sup>e</sup> siècle, la superficie des roselières aquatiques était estimée à plus d'une centaine d'hectares [LE ROUX, 1908]. Les résultats obtenus par photo-interprétation (figure 1) indiquent qu'une phase de régression importante a eu lieu, principalement entre la fin des années 1950 et le début des années 1980. Une stabilisation est observée depuis, avec un total de 10,5 hectares colonisés en 2007.

Les investigations de terrain ont également montré la morphologie très hétérogène des roselières aquatiques du lac d'Annecy. Seulement 3 % des secteurs sont considérés en bon état (figure 2), 42 % comme stationnaires, et malheureusement 55 % en mauvais état, voire dégénérescents (figure 3), même s'ils conservent un intérêt écologique fort.

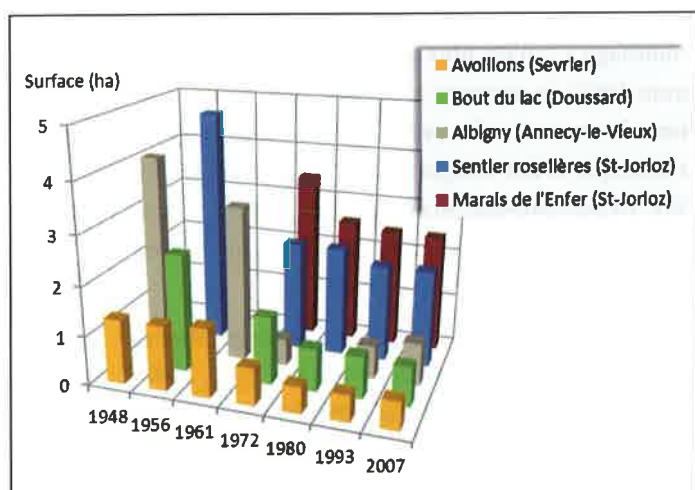


Figure 1. Évolution des surfaces colonisées des cinq plus grandes roselières du lac d'Annecy, de 1948 à 2007. Les séries incomplètes s'expliquent par l'absence de survol aérien pour certaines campagnes, ou par une définition insuffisante du cliché pour permettre une interprétation fiable



Figure 2. Illustration de secteurs en bon état : front de végétation homogène, diversité spécifique importante, taille et densité de roseaux élevées, fort pourcentage de tiges fertiles...



Figure 3. Illustration de secteurs dégradés : berge érodée, front de végétation en « îlots » de régression, faible densité et tiges frêles pas ou peu fertiles...

## 1.2. Les facteurs de la régression

Si l'état écologique des roselières demeure préoccupant, l'étude a aussi montré que les surfaces colonisées n'ont pas évolué significativement depuis presque 30 ans. Ce résultat montre bien l'intérêt de bâtir une analyse sur des données scientifiques concrètes, car beaucoup d'observateurs locaux suggéraient une régression beaucoup plus récente et continue.

Les facteurs responsables de l'état actuel des roselières ont ainsi pu être recherchés et identifiés, principalement à partir de la seconde moitié du <sup>xx</sup>e siècle. Ils sont multiples et cumulatifs, et agissent soit à l'échelle globale du lac, soit très localement.

### 1.2.1. Les aménagements en berge

Certains aménagements ont été à l'origine de la destruction directe de roselières, ou de leur fragmentation, comme la réalisation de ports ou de pontons. L'urbanisation des rives, le développement des voiries, ont pu également se traduire par des opérations d'enrochement, de création de murets et de quais. Même sans intervenir directement sur les végétaux, ces aménagements modifient les conditions hydromorphologiques, en créant des points durs où se réfléchit la houle. Une zone de turbulence immédiate se développe au pied de la structure : cette instabilité contraint le développement des végétaux, peut être à l'origine d'une destruction mécanique des tiges, et ralentit, voire empêche la sédimentation.

### 1.2.2. La gestion du niveau du lac

Comme la plupart des grands lacs naturels alpins, le niveau du lac d'Annecy est régulé : un dispositif de vannes sur son exutoire (le Thiou) permet de déterminer la hauteur du plan d'eau (figure 4). L'objectif

recherché depuis 1876 est un niveau le plus stable possible autour d'une cote de référence, afin de faciliter aussi bien les usages sur le lac (navigation, gestion des équipements portuaires, infrastructures, etc.) que l'utilisation de l'eau en aval. L'installation de nouvelles vannes en 1965 a permis d'améliorer de façon notable l'efficacité de ce contrôle. Ainsi, sur une année, l'amplitude entre les niveaux mensuels – le « marnage » – n'est plus qu'en moyenne de 11 cm. Avant 1965, ce marnage atteignait plus d'une trentaine de cm, avec des périodes de hautes eaux au printemps, et des étiages souvent fréquents en fin d'été. Depuis presque 50 ans, ces derniers ne se sont plus produits qu'à deux reprises, en situation de forte sécheresse (août 2003 et octobre 2009).

Cette stabilisation du niveau engendre de nombreux effets bien décrits dans la littérature [MIQUET, 1997 ; BRIX, 1999 ; ARMSTRONG et ARMSTRONG, 2001 ; DIENST *et al.*, 2004 ; WANTZEN *et al.*, 2008]. La concentration permanente des vagues sur la même zone d'impact est ainsi à l'origine d'une érosion mécanique



Figure 4. Vanne de régulation du lac, située à l'entrée de l'exutoire (le Thiou), dans la ville d'Annecy

importante, qui agit aussi bien sur la rive que sur les roseaux (tiges cassées, rhizomes déchaussés, formation de trouées). La présence de bois morts flottants, parfois en quantité importante à l'embouchure de certains affluents, renforce ce phénomène. L'absence de variation significative du niveau favorise également l'accumulation près des berges de véritables « cordons » de matière organique (tiges mortes de roseaux, feuilles) et de débris divers, qui peuvent fortement contraindre le développement de la roselière, par une anoxie sédimentaire. La qualité des sédiments littoraux est diminuée par l'absence de mise en assec temporaire, qui favorise la minéralisation de la matière organique déposée. La réduction des fluctuations du niveau peut également contribuer à l'accumulation de produits de décomposition dans les sédiments, tels que les sulfites, qui peuvent affecter la croissance des plantes. Enfin, il faut citer l'absence ou la moins bonne germination des graines de roseaux, qui nécessite idéalement un sol humide mais non inondé.

### 1.2.3. Les autres facteurs, réels ou supposés

Les roselières du lac d'Annecy sont concernées, selon les secteurs, par plusieurs protections réglementaires (§ 5). Si des différences existent entre ces dispositifs, ils visent néanmoins tous à limiter la pénétration au sein des formations végétales par les embarcations, les nageurs... En pratique, ces interdictions ne sont pas toujours respectées et se matérialisent sur le terrain par des passages et des trouées au sein des roselières, souvent depuis la berge. De même, à proximité immédiate de certaines habitations, il a pu être observé des coupes « sauvages », pour dégager la vue ou faciliter l'accès à un ponton.

Notons toutefois que certaines roselières bénéficient d'un « piquetage » de leur périmètre côté lac, à l'aide de pieux espacés d'environ un mètre, afin de prévenir la navigation dans ces endroits. Ces protections, qui pour les plus anciennes remontent au début des années 1980, sont parfois en mauvais état, mais constituent un repère visuel assez efficace et le plus souvent respecté.

Afin d'étudier toutes les hypothèses envisageables, une recherche de contaminants – métaux lourds, polychlorobiphényles indicateurs (PCB indicateurs),

hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) – a été réalisée dans les sédiments des principales roselières [SILA, 2009]. Les prélèvements ont concerné les horizons superficiels mais aussi profonds, situés au niveau des rhizomes (30-40 cm). Ces éléments toxiques ont été trouvés seulement à l'état de traces, qui ne témoignent pas d'un niveau de contamination ayant potentiellement un retentissement pour les peuplements végétaux.

Enfin, il est fréquent d'entendre sur les rives du lac d'Annecy que la faible concentration en phosphore des eaux,  $\sim 5 \mu\text{g P}_{\text{tot}}/\text{L}$  en période de brassage hivernal, est responsable de la régression des roselières. Les efforts réalisés depuis 1962 en matière d'assainissement du bassin versant permettent de collecter, de traiter et de rejeter à l'aval du lac l'ensemble des eaux usées domestiques. Il est possible d'admettre que certains anciens rejets ponctuels, domestiques ou agricoles, aient pu localement favoriser, dans une certaine limite, la croissance des hélophytes. Toutefois, les recherches et suivis récents [PERGA *et al.*, 2010; DOMAIZON *et al.*, 2012] confirment bien que le statut trophique actuel du lac est redevenu comparable à celui du début du  $\text{xx}^{\text{e}}$  siècle... ce qui à l'époque ne limitait absolument pas le développement des dizaines d'hectares de roselières aquatiques. En fait, il est démontré que l'assimilation des nutriments se fait préférentiellement dans les sédiments littoraux, par les racines. La composition en éléments nutritifs des eaux a moins d'incidence sur la croissance que celle des sédiments.

## 2. L'élaboration d'un programme de préservation et de restauration

Depuis 2008, la gouvernance sur le lac d'Annecy s'organise autour d'une structure animée par le SILA et l'État, la commission Lac & Prospective. Un collège des élus réunit l'ensemble des collectivités concernées et les services de l'État. Le collège des usagers mobilise les représentants du monde associatif, sportif, économique, ayant un lien avec le lac d'Annecy et ses rives. Enfin, le collège scientifique rassemble les structures et les chercheurs intervenant régulièrement sur les lacs alpins.

C'est dans ce cadre que le programme de préservation et de restauration des roselières aquatiques a été

concerté et élaboré entre 2008 et 2010. Les expériences, bien que peu nombreuses, réalisées en la matière sur d'autres plans d'eau alpins (par exemple le lac de Neuchâtel en Suisse, le lac du Bourget en France), ont été finement étudiées et ont permis d'orienter les choix à opérer.

Il a ainsi été décidé d'engager simultanément des actions sous trois volets différents :

- des travaux de génie écologique, ciblés sur certaines roselières, afin de recréer localement des conditions propices au développement des hélophytes, mais aussi des hydrophytes qui semblent bien répondre à ces aménagements [MATTHEY *et al.*, 2004] ;
- une réflexion plus globale sur la gestion du niveau du lac, visant à étudier la faisabilité d'un retour à un marnage plus important ;
- une révision de la réglementation des espaces naturels du tour du lac et le développement d'une communication spécifique, afin de sensibiliser et d'améliorer les comportements des usagers.

Pour la plupart de ces actions, le SILA a pu bénéficier d'un accompagnement financier important de l'agence de l'eau Rhône-Méditerranée & Corse et du conseil général de la Haute-Savoie.

### 3. Les travaux de génie écologique

#### 3.1. Les protections anti-houle

Dans un contexte de lac au niveau régulé et stabilisé toute l'année, l'action érosive des vagues, répétée sur une même zone d'impact, a été identifiée comme une des contraintes majeures sur laquelle il convient d'agir.

Différentes protections anti-houle existent et présentent une grande diversité de complexité, de mise en œuvre et de coût [CREN, 2007].

D'une façon générale, ces dispositifs absorbent et réfléchissent tout ou partie de l'énergie des vagues, et créent une zone plus calme, en arrière, favorable au dépôt de sédiments.

Avec une hauteur de houle maximale d'environ 80 cm pour les coups de vent les plus forts, les conditions rencontrées au lac d'Annecy ne justifiaient pas la mise en œuvre d'ouvrages lourds comme des brise-lames émergés ou des îlots artificiels. La préconisation de gabions a été écartée sur les sites étudiés, en raison des contraintes géotechniques et du risque de poinçonnement des ouvrages dans les sols en place. Les fascines, traditionnellement composées de branches de saule tressées, ne présentaient pas une pérennité suffisamment importante au regard de l'investissement, et n'étaient pas compatibles avec les profondeurs d'installation envisagées (entre 80 et 200 cm).

Le choix s'est donc porté sur un principe de palissades en pieux jointifs émergés (figure 5). Ces ouvrages sont constitués de pieux d'environ 30 cm de diamètre, disposés sur une ou deux rangées en quinconce. L'écartement entre les pieux et les rangées est le plus faible possible, de l'ordre de quelques centimètres, afin d'assurer la meilleure atténuation possible des vagues. Les principes de dimensionnement s'appuient sur des travaux réalisés en modèle physique et *in situ* dans le cadre d'un projet de



Figure 5. Site pilote du « Bout du lac » à Doussard. Vue générale et détaillée des ouvrages de protection

recherche Erosee [ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE, 2006 ; SAYAH, 2006].

Une configuration alternative, baptisée fascine « imputrescible », a également été imaginée et mise en œuvre (figure 6). Les fagots sont constitués par des rondins d'acacia d'un diamètre de 6 cm, ligaturés entre eux par des câblots en Inox et des feuillards en acier galvanisé. Des tiges filetées permettent de maintenir les fagots entre les deux rangées de pieux et de les surélever à environ 30 cm du substrat. Une circulation de l'eau et des sédiments est ainsi possible sous le dispositif.



Figure 6. Ouvrage de type « fascine imputrescible ». Site pilote du « Sentier des roselières » à Saint-Jorioz

Au final, 14 ouvrages ont été installés en 2012 sur trois sites pilotes, pour un linéaire total de plus de 600 m. Compte tenu du faible nombre de retours d'expériences relatifs à ce type d'aménagements, différentes configurations ont été mises en œuvre dans une démarche expérimentale :

- au niveau de l'implantation, en variant le positionnement des ouvrages par rapport à la berge, à la profondeur, aux vents dominants ;
- au niveau de la hauteur d'émergence des pieux, 50 cm ou 100 cm, par rapport au niveau moyen du lac ;
- au niveau des essences utilisées pour les pieux, en utilisant le pin douglas, l'acacia et le châtaignier.

Des feux autonomes solaires et des panneaux réfléchissants ont été disposés sur les ouvrages afin de matérialiser leur présence, de jour comme de nuit, pour les embarcations naviguant sur le lac.

Ces travaux, effectués entre novembre 2011 et mars 2012, représentent un investissement de plus

de 760 000 € HT. Ils ont été réalisés par l'entreprise HLB Environnement, sous maîtrise d'œuvre de la Compagnie nationale du Rhône.

### 3.2. Les plantations

Des plantations ont été effectuées pour redynamiser certaines zones et accélérer la recolonisation, notamment à l'arrière des ouvrages de protection. Disposer de souches locales et d'un matériel végétal vigoureux, garant d'une bonne reprise à des profondeurs parfois proches du mètre, constituait une contrainte initiale importante. La réponse a pu être apportée grâce à une collaboration locale avec le lycée agricole de Poisy-Chavanod (désormais « Iseta »), amenant une plus-value pédagogique notable au projet par l'intervention des étudiants.

Les roseaux et les nénuphars ont été produits par multiplication végétative, à partir des rhizomes. Ces derniers n'ont pas pu être prélevés dans le lac d'Annecy qui, compte tenu de l'état actuel des sites, ne permettait pas de supporter un « stress » supplémentaire. Les rhizomes proviennent donc respectivement d'un marais et d'un petit étang situés à quelques kilomètres du lac. Ils ont été conditionnés directement dans des poches en toile de coco (« tontines »), puis mis en culture à l'extérieur, en bassin, avec un niveau d'eau maîtrisable.

Pour les scirpes, aucune source locale ne permettait de disposer de rhizome. Le choix a donc été fait d'obtenir les plantes directement à partir des graines, collectées sur les bords du lac. Après un prétraitement humide au froid (4 °C) pendant 3 mois [MOIROUD, 1997], les graines ont présenté un excellent taux de germination, et les plantules obtenues une croissance très satisfaisante en conditions contrôlées (éclairage, température) (figure 7). Le passage en tontines, en bassin extérieur, s'est révélé plus délicat, avec des pertes de végétaux non négligeables.

Au final, toutes les plantes ont pu bénéficier d'une mise en culture préalable sur plus de 2 années, permettant d'obtenir les prescriptions souhaitées de taille et de densité. Les premières plantations dans le lac ont eu lieu en juillet 2012 (figure 8). Une protection grillagée a été disposée autour de chaque tontine, et sera maintenue durant les premières années, afin



Figure 7. Production des jeunes plantules de scirpes en conditions contrôlées



Figure 8. Plantations de roseaux à l'arrière d'un ouvrage anti-houle

d'empêcher la prédation des jeunes pousses par les oiseaux aquatiques.

### 3.3. Les autres actions

De façon complémentaire aux protections anti-houle et aux plantations, d'autres actions ont été conduites sur les berges. Un essai de retalutage a été opéré sur une rive fortement dégradée, afin de redessiner une pente régulière. L'objectif ici recherché est une reconnexion, à terme, des roselières aquatiques et terrestres, aujourd'hui déconnectées par l'érosion. Des éclaircissements de ripisylve, des fauches hivernales de roselière terrestre ont également été réalisés, afin de limiter les apports en feuilles, branches et tiges mortes dans les roselières aquatiques.

Enfin, depuis 2009, des opérations de retrait des bois morts flottants sont régulièrement organisées, principalement au droit des roselières situées près des embouchures des affluents du lac.

## 4. Le rétablissement d'un marnage

La stabilisation du niveau du lac, autour d'une cote définie, a été identifiée comme une des deux causes majeures de la régression des roselières aquatiques. Depuis presque 50 ans, les usagers ont organisé leurs pratiques et calé leurs infrastructures sur un niveau de référence. Il est aisé d'imaginer les premières craintes suscitées par l'idée de réintroduire des fluctuations volontaires.

La faisabilité du rétablissement d'un marnage a donc été étudiée, dans un premier temps, sous ses aspects écologiques et hydrologiques, afin de disposer d'une solide base technique et d'une argumentation détaillée [SILA, 2011].

À partir de plusieurs scénarios de travail, l'intérêt environnemental de modifier la gestion actuelle du niveau du lac a été confirmé, pour l'ensemble des composantes de l'écosystème. L'étude d'impact s'est basée sur différents indicateurs cibles : le roseau, les populations piscicoles, l'avifaune, les odonates, le castor.

Une modélisation du fonctionnement hydrologique du lac a été réalisée, sous climat actuel, en l'absence d'intervention humaine sur le niveau (vannes abaissées et transparentes à la circulation de l'eau) ; le scénario retenu pour la suite de la réflexion s'inspire fortement de cette simulation.

Mais cette étude a également intégré une vision prospective, à travers les conséquences possibles des changements climatiques. Plusieurs tendances marquantes ont ainsi été soulevées à l'échelle du bassin versant du lac pour la dernière décennie (2000-2010), par rapport aux chroniques disponibles (souvent supérieures à 30 ans) :

- température de l'air : + 0,6 °C ;
- précipitations : - 7 % ;
- débit moyen des 4 affluents instrumentés : - 19 % ;
- débit moyen de l'exutoire du lac : - 13 %.

En août 2003 et en octobre 2009, il n'a pas été possible de maintenir constant le niveau du lac, compte tenu de la sécheresse et de la faiblesse des volumes entrants, de la température de l'air et de l'évaporation induite, de la nécessité de garantir un débit minimal à l'aval du lac. Cette situation ne s'était

encore jamais produite depuis 1965. Le niveau du plan d'eau a ainsi baissé sans contrôle possible, respectivement de 49 et 38 cm par rapport à la cote de référence. Certains usages du lac ont été perturbés par ces conditions : navigation, utilisation des quais et des pontons, accessibilité des plages, images inhabituelles du lac avec des grèves mises à nues, etc. Des réponses ont pu être apportées dans l'urgence, mais avec des coûts financiers notables, ou avec la mobilisation de moyens humains supplémentaires.

Si ces situations sont amenées à se reproduire plus fréquemment à l'avenir, le rétablissement d'un marnage constitue alors une opportunité intéressante de s'adapter, dès aujourd'hui, aux conditions climatiques futures et à leurs conséquences.

La poursuite de la réflexion va désormais s'engager à travers une large consultation des acteurs du lac. Une proposition d'évolution de la gestion du niveau (figure 9) a été élaborée. Elle reprend ce que pourrait être un fonctionnement hydrologique du lac plus proche des variations naturelles saisonnières. Elle introduit un marnage plus important qu'aujourd'hui, et préfigure les conséquences des conditions climatiques de demain. Les impacts socio-économiques et techniques vont être analysés, tout comme les éventuelles mesures adaptatives nécessaires. Le retour d'expérience des usagers sera primordial, notamment à partir des situations vécues lors des sécheresses de 2003 et 2009.

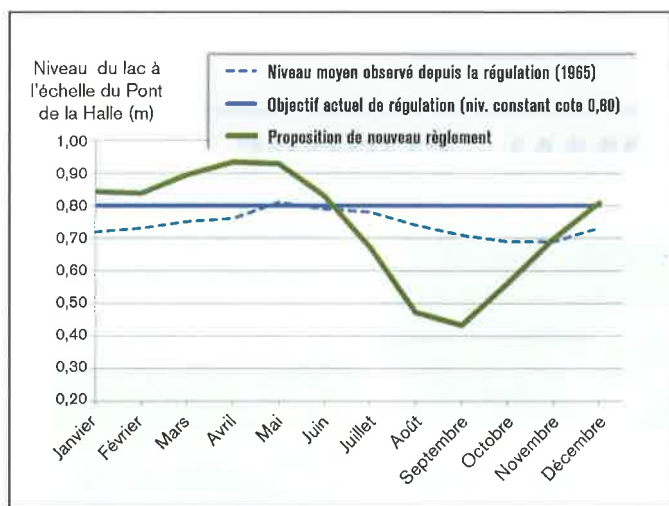


Figure 9. Projet, soumis à consultation, d'évolution de la gestion du niveau du lac d'Annecy

## 5. La réglementation des espaces naturels littoraux et la communication

Différents outils réglementaires s'appliquent aujourd'hui aux roselières aquatiques et aux 38 km de rives du lac d'Annecy : arrêté préfectoral de protection de biotope, réserve naturelle, règlement particulier de navigation... Une révision par les services de l'État et les gestionnaires est en cours, pour actualiser et homogénéiser ces textes, afin de gagner en efficacité et en lisibilité.

Les nombreuses activités impliquées nécessitent une large concertation et soulèvent la difficulté de positionner le curseur entre la préservation stricte du milieu naturel et le souhait légitime du public de fréquenter ces espaces de quiétude riches en biodiversité.

En parallèle, une exposition photographique a été réalisée, par le SILA et le lycée agricole de Poisy-Chavanod, afin de sensibiliser sur cette thématique. À la réalisation des traditionnels panneaux explicatifs, le choix a été fait de plutôt susciter l'imagination et la sensibilité. Pour cela, l'exposition est construite sous un angle artistique, avec des clichés originaux, présentant les différentes facettes des roselières et de la zone littorale : les intérêts naturalistes certes, mais également le rôle paysager, la régression, les actions de protection et de restauration...

## Conclusion

Le temps de réponse des formations végétales est assez important. Un suivi scientifique de la zone littorale du lac d'Annecy est en cours : végétation aquatique, bathymétrie et sédimentation, efficacité des ouvrages sur l'abatement de la houle... Il permettra, d'ici quelques années, d'évaluer précisément les effets des actions mises en œuvre. L'opportunité d'engager de nouvelles tranches de travaux de restauration sera alors étudiée.

En partant de la seule question des roseaux, les gestionnaires et usagers du lac d'Annecy sont ainsi amenés à s'interroger et à se positionner sur une multitude de thèmes transversaux. Le retour d'un marnage significatif, tel qu'il pourrait préfigurer, à moyen/long terme, un des impacts des changements climatiques attendus sur le lac, constitue une opportunité intéressante d'anticiper ces phénomènes, tout en apportant un gain écologique immédiat à l'écosystème lacustre.

## Bibliographie

ARMSTRONG J., ARMSTRONG W. (2001) : « An overview of the effects of phytotoxins on *Phragmites australis* in relation to die-back ». *Aquatic Botany*; 69 : 251-268.

BLAKE G. (1992) : *Étude de la dégénérescence des roselières du lac d'Annecy*. SILA ; Université de Savoie, 32 p.

BRIX H. (1999) : « The European Research Project on Reed Die-back and Progression (EUREED) ». *Limnologica*; 29 : 5-10.

CPNS (Conservatoire du patrimoine naturel de la Savoie) (2003) : « Séminaire européen – gestion et conservation des ceintures de végétation lacustre ». *Actes du séminaire*, 256 p.

CREN (Conservatoire Rhône-Alpes des espaces naturels) (2007) : *Les roselières des fleuves et des lacs*. Cahier technique, 19 p.

DIENST M., SCHMIEDER K., OSTENDORP W. (2004) : « Effects of water level variations on the dynamics of the reed belts of Lake Constance ». *Limnologica*; 34 : 29-36.

DOMAIZON I., LAINE L., LAZZAROTTO J., PERGA M.E., RIMET F. (2012) : *Suivi de la qualité des eaux du lac d'Annecy – Rapport 2011*. SILA (éd.) et INRA Thonon. 92 p.

DUBOIS J.-P., BLAKE G., GERBEAUX P., BRUN G. (1988) : « Aquatic vegetation of Lake Annecy ». *Schweiz. Z. Hydrol.*; 3 : 96-110.

DUTARTRE A., BERTRIN V. (2007) : *Méthodologie d'étude des communautés de macrophytes en plans d'eau*. Cemagref de Bordeaux, 25 p.

ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE (2006) : « Symposium érosion et protection des rives lacustres – Bases de dimensionnement des mesures de protection des rives lacustres ». *Actes du symposium*, 170 p.

LE ROUX M. (1908) : « Recherches biologiques sur le lac d'Annecy ». *Rev. Savoisienne*; 255-270.

MATTHEY F., PRADERVAND R., BURRI D., JOTTERAND J.-P., STREHLER PERRIN C., CLERC C. et al. (2004) : « Lutte contre l'érosion sur la rive sud du lac de Neuchâtel. Bilan de mesures. Tronçon pilote de Cheseaux-Noréaz ». *Cahier de l'environnement* n° 372. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne. 70 p.

MIQUET A. (1997) : « La régulation du lac du Bourget (France) : nouveau fonctionnement hydraulique, impacts environnementaux ». *Revue de géographie alpine*; tome 85 n° 2 : 11-21.

MOIROUD C. (1997) : *Aménagement des berges des cours d'eau et des voies navigables : végétalisation par semences d'hélophytes*. Thèse de l'Université de Savoie.

OSTENDORP W. (1989) : « "Die-back" of reeds in Europe – A critical review of literature ». *Aquat. Bot.*; 35 : 5-26.

PERGA M.-E., DESMET M., ENTERS D., REYSS J.-L. (2010) : « 150 years of bottom-up and top-down driven changes on a lake planktonic food web: a paleo-ecological and paleo-isotopic study of Lake Annecy (France) ». *Limnology and Oceanography*; 55 : 803-816.

SAYAH S. (2006) : *Efficiency of brushwood fences in shore protection against wind-wave induced erosion*. Thèse n° 3424 de l'École polytechnique fédérale de Lausanne, 359 p.

SILA (2007) : *Étude de l'état des roselières du lac d'Annecy et propositions d'actions de restauration*. Rapport Sage Environnement, 105 p. + annexes.

SILA (2009) : *Suivi 2009 des roselières aquatiques et de la zone littorale du lac d'Annecy – Diagnostic écologique complémentaire*. Rapport Sage Environnement, 70 p + annexes.

SILA (2011) : *Étude écologique relative au rétablissement d'un marnage sur le lac d'Annecy*. Rapport Sage Environnement et Compagnie nationale du Rhône, 138 p + annexes.

SINNASSAMY J.-M., MAUCHAMP A. (2000) : « Roselières : gestion fonctionnelle et patrimoniale ». ATEN edit., Fondation EDF, Réserves naturelles de France & Station biologique de la Tour du Valat publ., *Cahiers techniques*; n° 63, 63 p.

WANTZEN K.M., ROTHHAUPT K.O., MÖRTL M., CANTONATI M., TÓTH L.G., FISCHER P. (2008) : « Ecological effects of water-level fluctuations in lakes: an urgent issue ». *Hydrobiologia*; 613 : 1-4.



ZI – 28290 ARROU

Tél : 00 33 (0)2 37 97 04 64

Fax : 00 33 (0)2 37 97 08 00

www.hamon-watersolutions.com

E-mail : info.arrou@hamon.com

## HAMON THERMAL EUROPE

### Structures alvéolaires pour :

- Réfrigération des eaux industrielles
- Traitement des eaux usées
- Stockage des eaux pluviales



Bassin de 7600m<sup>3</sup>  
de Geolight en  
Angleterre

Bassins enterrés pour stockage  
des eaux pluviales

Garnissage et système de  
distribution des effluents pour  
traitement des eaux usées  
(Stations d'épuration)



## Résumé

**D. ZANELLA, P. BRUYÈRE, G. BLAKE, C. MOIROUD, S. TAVAN, L. BOURGOIN**

### **Restauration des roselières aquatiques : une illustration de la gouvernance sur le lac d'Annecy**

Les roselières aquatiques constituent un habitat typique des zones littorales peu profondes bordant les lacs périalpins, dont le rôle n'est plus à démontrer pour le fonctionnement global de l'écosystème : contribution à l'amélioration de la qualité de l'eau, espace de biodiversité, protection des berges, rôle paysager sur la perception des rives... Malheureusement, le constat est fait à l'échelle de tout l'arc alpin, les roselières aquatiques ont fortement régressé au cours du xx<sup>e</sup> siècle. Le lac d'Annecy (Haute-Savoie), plan d'eau domanial de 2700 ha, n'échappe pas à la tendance générale, puisque les surfaces colonisées sont passées de plus de 100 ha au début des années 1900 à une dizaine aujourd'hui. À partir d'un diagnostic environnemental complet (2007), le Syndicat mixte du lac d'Annecy (SILA) a donc engagé un vaste programme de préservation et de restauration qui mobilise l'ensemble des acteurs et usagers du lac réunis autour d'une structure locale de gouvernance, la commission Lac & Prospective. D'importants travaux ont été réalisés par le SILA entre 2011 et 2012 sur trois sites « pilotes ». Des

ouvrages de protection contre la houle (palissades en bois) ont été installés en front de roselières et déclinés selon plusieurs configurations, dans une démarche expérimentale. Des plantations ont également été effectuées pour redynamiser certaines zones, à partir d'une mise en culture de souches locales suivant différentes méthodes de production (multiplication végétative des roseaux et nénuphars, germination des graines de scirpes). La stabilisation du niveau du lac autour d'une cote de référence, depuis 1965, a été identifiée comme une des principales causes de la régression des roselières. Une réflexion est engagée avec l'ensemble des usagers du lac sur l'opportunité de modifier la gestion du niveau, afin de retrouver des fluctuations plus importantes qu'aujourd'hui. Enfin, une révision et une homogénéisation de la réglementation des espaces naturels riverains du plan d'eau sont en cours. En partant de la seule question des roseaux, les gestionnaires et usagers du lac d'Annecy sont ainsi amenés à s'interroger et à se positionner sur une multitude de thèmes transversaux.

## Abstract

**D. ZANELLA, P. BRUYÈRE, G. BLAKE, C. MOIROUD, S. TAVAN, L. BOURGOIN**

### **Restoration of aquatic reed beds: an illustration of the governance of Lake Annecy**

Aquatic reed beds are a typical habitat in the lake shallow coastal areas around the Alps; they play a now clearly established role in the overall functioning of the ecosystem by contributing to improved water quality, creating a biodiversity area, protecting the embankments, providing a landscaped view of the lake shore, etc. Regrettably, observations show a sharp decline in the growth of reed beds in the Alpine region during the 20<sup>th</sup> century. Lake Annecy (Haute-Savoie), a 2700 ha state-owned water body, is not immune to this general tendency, since the colonised acreage has gone from over 100 ha in the early 1900s to about a dozen at present. On the basis of a full environmental diagnosis (2007), the Syndicat Mixte du Lac d'Annecy (SILA) consequently started a huge preservation and restoration programme mobilising all stakeholders and users of the lake within a local administrative structure, the Lac & Prospective commission. Substantial work was carried out by SILA between 2011 and 2012 on three "pilot" sites. Protective

structures (contiguous wooden piles) have been erected in front of the reed beds and developed in various configurations, as an experiment. Certain areas have also been replanted to revitalise them, with a culture of local species under different production ways (plant propagation from rhizomes for reeds and water lilies, germination of bulrushes seeds). Lake water level stabilisation, as close as possible to a reference mark since 1965, was identified as one of the main reasons of the reed beds regression. A discussion is carried out with all lake users and stakeholders, about the opportunity to modify the water level regulation in order to reverting to a larger tidal range. Lastly, regulatory mechanisms of the lake coastal areas are in the process of being revised, in order to modernise and standardise these regulations. By taking the single issue of reed beds as a starting point, the administrators and users of Lake Annecy are as a consequence prompted to raise questions and to adopt a position on a host of interlinking subjects.