

## POUR UNE GESTION PLUS INTÉGRÉE DES LACS DE L'EAU D'HEURE

Gisèle Verniers<sup>1</sup>, Hugo Sarmiento<sup>2</sup>, Jean-Pierre Descy<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> Groupe Interuniversitaire de Recherches en Ecologie Appliquée,

<sup>2</sup> Unité de Recherche en Biologie des Organismes

Facultés Universitaires, rue de Bruxelles, 61 – 5000 Namur-Belgique.

### Abstract

An integrated management plan for the preservation of water quality and ecological valorisation of the Eau d'Heure lakes was carried out in the 2002-2004 period, in the context of the European Directive Framework.

The water quality monitoring showed that the phosphorous inputs related to human activity were the major cause of degradation in the Falemprise and Féronval pre-dams (total phosphorous > 60 µg/l). The high algal biomass often observed during summer, particularly cyanobacteria, presents a potential risk of toxicity.

Invasive species as *Elodea nuttallii* (474 g DW/m<sup>2</sup> biomass) and *Dreissena polymorpha* (maximal density 3550 ind./m<sup>2</sup>) had tendency to develop massively, which causes some management problems concerning certain leisure activities like angling, motor boats and scuba diving.

This study showed the interest of some shore zones affected by the water level changes, that host a rare and protected species, *Limosella aquatica*.

Some management actions are proposed.

### Résumé

Un schéma directeur intégré pour la préservation de la qualité de l'eau dans l'esprit de la Directive-Cadre européenne et la valorisation écologique des lacs de l'Eau d'Heure a été réalisée de 2002 à 2004.

Le suivi de la qualité des eaux a mis en évidence que les apports en phosphore liés à l'activité humaine sont les principaux responsables de la dégradation des pré-barrages de Falemprise et de Féronval (phosphore total > 60 µg/l). Les fortes biomasses algales régulièrement observées en période estivale, en particulier des cyanobactéries, présentent un risque potentiel de toxicité.

Des espèces invasives telle l'élodée de Nuttall (biomasse de 474 g PS/m<sup>2</sup>) et la dreissène (densité max. de 3550 ind./m<sup>2</sup>) ont tendance à se développer, présentant des problèmes de gestion pour certaines activités telles que la pêche, le motonautisme ou la plongée.

L'étude a mis en évidence l'intérêt de quelques zones rivulaires, lié aux variations du plan d'eau, pour une espèce rare et protégée, la limoselle aquatique.

Des mesures de gestion sont proposées.

### 1. INTRODUCTION

Les barrages de l'Eau d'Heure, dont les travaux ont débuté en 1971 pour se terminer en 1979, sont situés dans la vallée de l'Eau d'Heure entre Cerfontaine et Silenrieux, à cheval sur les provinces de Namur et du Hainaut, à une vingtaine de kilomètres au sud de Charleroi.

Ces barrages ont été construits avec pour objectifs de :

- renforcer le débit d'étiage de la Sambre tout en contribuant à réduire, par dilution, les effets des pollutions urbaines et industrielles résiduelles,
- soutenir le débit du canal Charleroi-Bruxelles,
- produire une électricité d'appoint.

Vu le cadre exceptionnel du site, ce complexe est devenu un pôle touristique de première importance en Wallonie.

Les barrages de l'Eau d'Heure sont composés de cinq plans d'eau dont les deux principaux sont liés à la construction des deux grands barrages de la Plate Taille et de l'Eau d'Heure. Les trois autres ont été construits pour limiter les fluctuations journalières du niveau de l'eau. Ce sont les pré-barrages de Falemprise, du Ri Jaune et de Féronval.

L'ensemble représente 72 km de rives et 600 ha de plans d'eau, chacun ayant une utilisation bien spécifique (figure 1, tableau I).

Un schéma directeur intégré pour la préservation de la qualité de l'eau dans l'esprit de la Directive-Cadre (200/60/CE) et la valorisation écologique des lacs de l'Eau d'Heure

	Plate Taille	Eau Heure	Falemprise	Ri Jaune	Féronval
<b>Superficie (ha)</b>	351	162	47	31	21
<b>Profondeur max. (m)</b>	45	16	6	12	12
<b>Bassin versant (ha)</b>	760	7900	4164	1004	1030
<b>Marnage (m)</b>	1	5	-	-	-

Tableau I – Caractéristiques des barrages (extrait MET 1997)

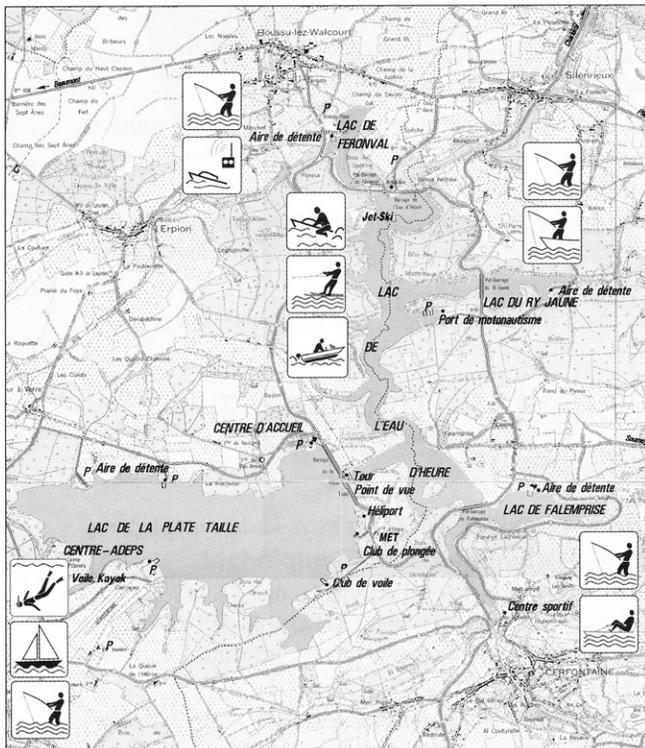


Figure 1 – Barrages et pré-barrages de l'Eau d'Heure et principales activités récréatives.

dans le cadre du développement touristique et économique du site a été réalisé de 2002 à 2004 grâce au Phasing out de l'objectif 1 Hainaut (Verniers & Sarmento, 2004).

Il avait pour objectif de dresser un bilan de l'état des lieux limité aux plans d'eau et aux zones littorales, de dégager des actions via une modélisation mathématique et de proposer des mesures de gestion.

Parmi les aspects étudiés nous présenterons successivement le bilan de la qualité des eaux et les développements algaux qui en résultent, les problèmes liés à la prolifération d'espèces invasives mais aussi l'intérêt de certaines zones rivulaires pour une espèce végétale rare, la limoselle aquatique.

## 2. BILAN DE LA QUALITÉ DES EAUX

En ce qui concerne la qualité de l'eau des lacs de l'Eau d'Heure, la seule étude réalisée date de plus de 20 ans (Dehavay, 1981). Déjà à l'époque, l'auteur faisait ressortir

l'état avancé d'eutrophisation des pré-barrages de Féronval et Falemprise :

« La situation trophique des lacs de Falemprise et Féronval ne fera qu'empirer dans les années futures si aucune mesure n'est prise, la prolifération d'algues planctoniques et l'envahissement des bras par les macrophytes aquatiques étant les porte-parole visuels de notre affirmation. »

Dans cette étude, ces deux lacs étaient classés poly-eutrophes selon la classification de l'OCDE (1982). Le lac du Ri Jaune était cité comme mésotrophe, l'Eau d'Heure mésotrophe et la Plate Taille oligotrophe. Les apports principaux avaient déjà été identifiés, étant surtout liés aux rejets des agglomérations dans les adducteurs. Il a été conseillé aux gestionnaires d'effectuer des contrôles dans le bassin versant des lacs, visant le retrait du phosphore.

Depuis, aucun suivi n'a été mené, à l'exception du contrôle de la qualité bactériologique des eaux de baignade des lacs du Ri Jaune et de Féronval par la Direction des Eaux de Surface (Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement du Ministère de la Région wallonne), alors que de nombreuses infrastructures et activités se sont développées autour de ces lacs.

Pour la mise en œuvre du schéma directeur intégré pour la préservation de la qualité de l'eau et la valorisation écologique des lacs de l'Eau d'Heure, un suivi de divers paramètres liés à la qualité de l'eau a été mené pendant la période 2002 – 2004 sur l'ensemble des lacs. La comparaison entre les différents lacs, ici présentée sous forme de valeurs moyennes, permet d'avoir une vision globale en termes de qualité de l'eau de chaque plan d'eau. Cette analyse est illustrée aux figures suivantes pour les principaux paramètres : transparence (figure 2), charge en nutriments (tableau II), phosphore total (figure 3) et biomasse algale (figure 4).

Les pré-barrages ont des valeurs moyennes de transparence mesurée au disque de Secchi inférieures à 2 m. Ces valeurs à Féronval sont particulièrement basses (pas plus de 1,5 m) vu la biomasse algale qui s'y développe toute l'année. Quant aux lacs de la Plate Taille et de l'Eau d'Heure, les profondeurs de Secchi sont régulièrement supérieures à 4 mètres ce qui exprime leur meilleur état trophique (figure 2).

Pour la charge en nutriments dissous (tableau II), il faut tenir compte de l'assimilation algale qui peut masquer une charge totale plus élevée que celle mesurée. C'est le cas des valeurs

Lac		Nitrates mg N-NO <sub>3</sub> /l	Nitrites µg N-NO <sub>2</sub> /l	Ammonium mg N-NH <sub>4</sub> /l	Silice mg Si /l	Orthophosphates µg P-PO <sub>4</sub> /l
Féronval	Min.	< 0,02	0,1	0,01	0,14	< 5,0
	Max.	3,42	40,4	0,78	2,89	59,5
	Moyenne	<b>0,90</b>	<b>18,7</b>	<b>0,11</b>	<b>1,10</b>	<b>9,3</b>
Eau d'Heure	Min.	0,26	3,5	0,01	0,23	< 5,0
	Max.	1,90	44,9	0,06	1,86	51,6
	Moyenne	<b>0,96</b>	<b>12,7</b>	<b>0,03</b>	<b>0,60</b>	<b>8,1</b>
Plate Taille	Min.	0,29	2,0	0,01	0,10	< 5,0
	Max.	1,54	68,3	0,07	0,78	27,1
	Moyenne	<b>0,92</b>	<b>15,4</b>	<b>0,03</b>	<b>0,47</b>	<b>5,0</b>
Falemprise	Min.	< 0,02	1,0	0,01	0,07	< 5,0
	Max.	2,68	75,0	0,83	3,44	132,9
	Moyenne	<b>0,64</b>	<b>19,1</b>	<b>0,14</b>	<b>1,43</b>	<b>20,6</b>
Ri Jaune	Min.	< 0,02	2,1	0,01	0,21	< 5,0
	Max.	3,44	29,2	0,33	2,51	126,0
	Moyenne	<b>1,15</b>	<b>11,4</b>	<b>0,05</b>	<b>1,09</b>	<b>8,6</b>

Tableau II : Récapitulatif des concentrations des principaux nutriments dissous dans les lacs de l'Eau d'Heure en 2002 / 2003 (moyenne dans l'épilimnion).

moyennes d'orthophosphates qui n'expriment des différences significatives que pour les deux cas extrêmes : Plate Taille (5,0 µg P-PO<sub>4</sub>/l, équivalents à la limite de détection) et Falemprise (20,6 µg P-PO<sub>4</sub>/l). Au contraire, les valeurs de phosphore total (figure 3) montrent plus clairement une charge élevée à Féronval et à Falemprise (> à 60 µg P/l) et des teneurs plus modérées au Ri Jaune, à l'Eau d'Heure et à la Plate Taille (autour de 25 µg P/l).

Au niveau des matières azotées dissoutes (tableau II), les valeurs moyennes montrent une charge globale élevée dans l'ensemble des lacs. Les cinq lacs ont des teneurs en azote inorganique dissous (somme des nitrates, nitrites

et ammonium) comprises entre 0,8 et 1,2 mg N/l. L'état trophique élevé des lacs de Falemprise et Féronval est confirmé par la présence d'une forte proportion de formes d'azote moins oxydées, comme l'ammonium.

La biomasse algale moyenne ou maximale (figure 4) est un bon indicateur de l'état trophique et plus intégrative des conditions environnementales. Pour ce paramètre, la distinction est très claire entre les lacs de pré-barrage, plus particulièrement de Falemprise et Féronval, avec des moyennes supérieures à 28 µg Chl *a* /l et des pics de l'ordre de 80 µg Chl *a* /l en 2002/2003. Les lacs de la Plate Taille et de l'Eau

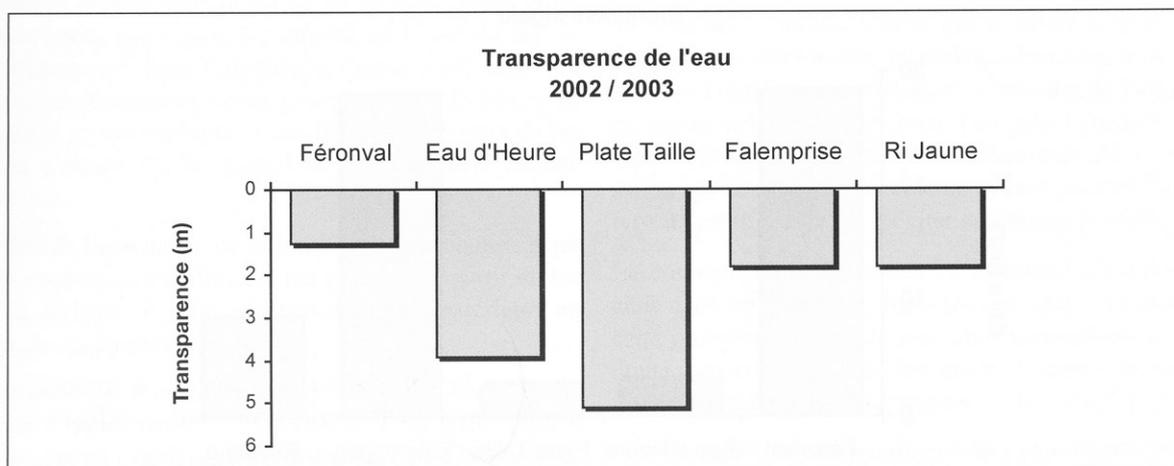


Figure 2 – Transparence de l'eau au disque de Secchi en 2002 / 2003 (moyenne globale).

d'Heure montrent des biomasses algales beaucoup plus modérées, autour de 3,5 µg Chl a /l.

L'ensemble de ces paramètres montre que les pré-barrages de Falemprise et de Féronval sont les points les plus problématiques, présentant un niveau d'eutrophisation très marqué. Les nitrates sont présents en abondance sur l'ensemble du site, indépendamment de l'état trophique (tableau II).

Le pré-barrage de Falemprise est alimenté par le ruisseau de Soumoy et par l'Eau d'Heure dont le débit est relativement important, ce qui, allié à une faible profondeur, réduit significativement le temps de séjour de l'eau dans ce pré-barrage. Toutefois, ceci n'est pas suffisant pour empêcher d'importants développements d'algues, notamment en période de basses eaux, par exemple pendant les étés 2002 et 2004. En 2003, par contre, les conditions climatiques particulières ont plutôt favorisé le développement des herbiers de plantes aquatiques submergées. En effet, le zooplancton (ce

sont surtout les cladocères du genre *Daphnia* qui dominent dans ce lac) s'est développé jusqu'à réduire la biomasse phytoplanctonique, ce qui a accru la transparence de l'eau et favorisé le développement des macrophytes. Ces plantes ont alors consommé le phosphore dissous pour leur propre croissance, le rendant ainsi moins disponible pour la croissance phytoplanctonique.

Pendant la période d'étude, le niveau de pollution organique observé à Falemprise est très élevé, ce qui résulte du caractère eutrophe, voire hyper-eutrophe de ce lac.

Le traitement des eaux usées par les stations d'épuration situées à quelques centaines de mètres en amont du lac, sur le ruisseau de Soumoy (1000 Equivalents Habitants) et sur l'Eau d'Heure à Cerfontaine (5000 EH) est encore insuffisant pour maintenir une qualité d'eau acceptable même si la situation est conforme à la législation en vigueur (91/271/CEE). La récente mise en fonctionnement de la station

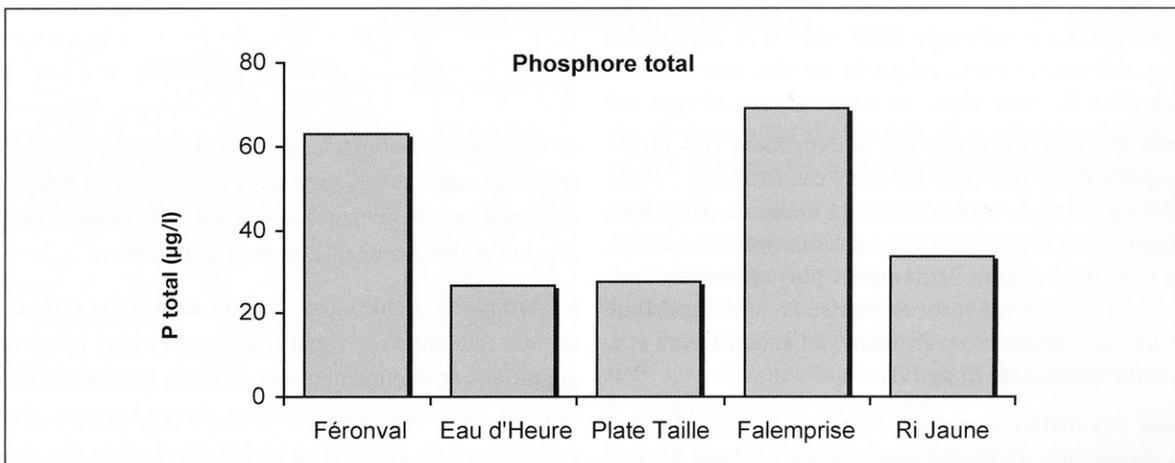


Figure 3 – Concentration en phosphore total dans les lacs de l'Eau d'Heure en 2002 / 2003 (moyenne dans l'épilimnion).

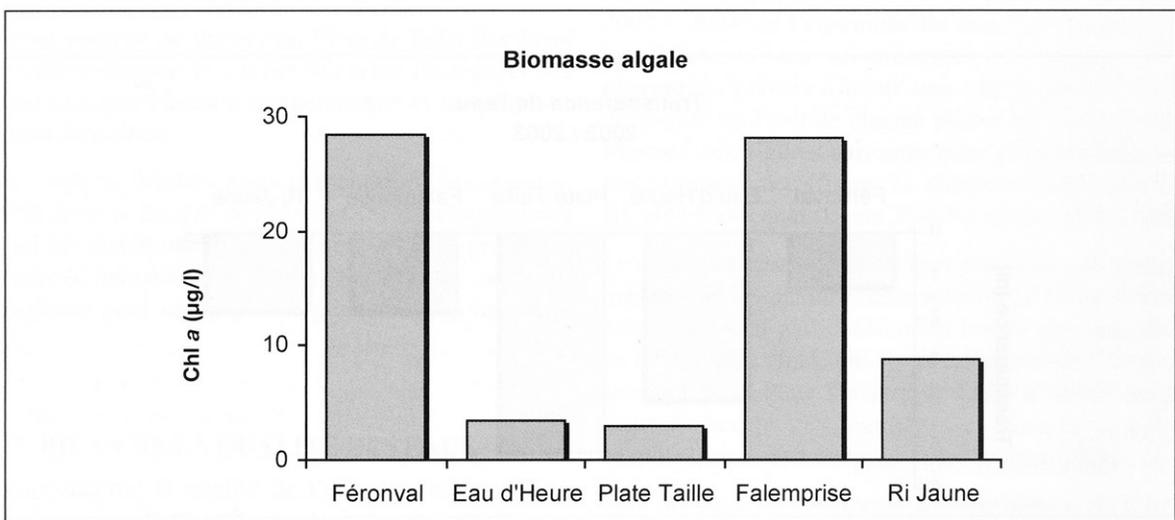


Figure 4 – Biomasse algale dans les lacs de l'Eau d'Heure en 2002 / 2003 (moyenne dans l'épilimnion).

d'épuration de Senzeille a été réalisée après les campagnes de mesure, son impact n'a donc pas encore été évalué.

Les analyses effectuées montrent également une dégradation de la qualité de l'eau au lac du Ri Jaune, par rapport à la dernière étude réalisée par Dehavay en 1981 où il était décrit comme mésotrophe. En 1978, la biomasse annuelle moyenne était de 5 µg Chl *a* /l. Trois ans plus tard, ce chiffre s'élevait à 8 µg Chl *a* /l. En 2002 et 2003, nous avons mesuré une biomasse algale de 9,4 µg Chl *a* /l, en moyenne globale pour les deux années. La même tendance se vérifie en termes de concentration en phosphore total. Actuellement, ce lac serait plutôt classifié comme méso-eutrophe. L'important développement de macrophytes et d'algues filamenteuses témoigne de l'abondance des nutriments. Ce lac de pré-barrage est alimenté par le ruisseau du Ri Jaune, dont le bassin versant est essentiellement boisé. Il n'y a donc apparemment pas d'apports résultant d'activités agricoles, industrielles ou urbaines. Dans ce cas, il s'agirait plutôt d'une eutrophisation naturelle, beaucoup plus lente que celle observée dans les autres lacs de pré-barrage.

Le pré-barrage de Féronval présente de graves problèmes d'eutrophisation : les teneurs élevées en phosphore et en composés azotés sont à l'origine de concentrations algales très importantes qui contribuent à la très faible transparence des eaux. Tous les indicateurs justifient la classification de ce lac comme hyper-eutrophe. En période estivale, les eaux plus profondes (+ de 4 m) sont déficitaires en oxygène, ce qui réduit significativement l'espace vital pour les poissons. Par contre, ces conditions anoxiques favorisent la dégradation anaérobie des matières organiques pouvant provoquer des odeurs désagréables.

Les échanges constants entre les deux barrages (Eau d'Heure et Plate Taille) permettent une bonne oxygénation et une homogénéisation permanente de toute la colonne d'eau. En fonction des paramètres analysés, le lac de la Plate Taille peut être classé comme oligo-mésotrophe. Pour un lac artificiel de ce type, ce niveau de qualité peut être considéré comme bon. Le lac de l'Eau d'Heure reçoit les eaux des trois pré-barrages (Féronval, Falemprise et Ri Jaune) et ponctuellement du lac de la Plate Taille et de quelques petits ruisseaux. La qualité de l'eau du lac de l'Eau d'Heure est donc fortement influencée par celle des pré-barrages. Toutefois ceux-ci jouent un rôle de bassin de décantation, ce qui explique un meilleur état des eaux du lac de l'Eau d'Heure. Ce lac peut donc être considéré comme mésotrophe.

La qualité de l'eau au lac de la Plate Taille est bonne : étant presque exclusivement alimenté par pompage à partir du lac de l'Eau d'Heure, il subit très peu d'apports extérieurs en substances organiques.

Avec un temps de renouvellement des eaux très court, ce lac évolue très rapidement, rendant très difficile la distinction entre les apports extérieurs (organismes et nutriments provenant des pré-barrages) et les événements qui s'y produisent. Les concentrations en azote et phosphore restent néanmoins

élevées, mais ce sont les macrophytes qui en profitent le plus, stockant ces nutriments en période de développement (printemps et été).

A l'image de ce qui se passe au lac de la Plate Taille, le lac de l'Eau d'Heure ne présente jamais une véritable stratification, ce qui permet une oxygénation de toute la colonne d'eau. Ceci augmente considérablement l'espace vital pour de nombreux organismes (poissons, mollusques, invertébrés, etc.).

Le système de classification trophique de l'OCDE (1982) privilégie la biomasse algale, le phosphore total et la transparence pour l'évaluation de la productivité d'un système aquatique. Dans le cas des lacs de l'Eau d'Heure, cette approche s'est montrée adéquate et a été confirmée par d'autres indicateurs.

### 3. DÉVELOPPEMENT MASSIF DE CYANOBACTÉRIES

Dans un contexte d'utilisation touristique et récréative de ces plans d'eau, les développements algaux doivent absolument être maîtrisés puisque certaines espèces d'algues (essentiellement les cyanobactéries) peuvent être toxiques pour les humains et les animaux. Il s'agit donc d'un enjeu de santé publique.

Trois grandes catégories de cyanotoxines regroupent de nombreuses molécules nocives selon l'organe cible et leur mode d'action : hépatotoxines, neurotoxines et dermatotoxines (Chorus & Bartram, 1999). Ces molécules sont produites uniquement par certaines espèces de cyanobactéries et en conditions environnementales particulières qui ne sont pas encore tout à fait identifiées à l'heure actuelle.

Une étude récente couvrant des cyanobactéries d'un large spectre d'habitats (eau douce, marin, sol, benthiques, planctoniques, symbiontes etc.) a montré la présence d'une molécule neurotoxique dans 95% des espèces étudiées (Cox et al, 2005). Cette molécule, le BMAA (β-N-méthylamino-L-alanine), est un acide aminé non protéique très répandu au sein des cyanobactéries, qui pourrait être à l'origine de certaines affections neurodégénératives, telles que la sclérose latérale amyotrophique, la maladie de Parkinson ou encore la maladie d'Alzheimer. Le contact croissant avec ce type de molécules au quotidien notamment dû à l'eutrophisation qui favorise les blooms de cyanobactéries, fait que ce type de prolifération est à éviter autant que possible.

Le contexte législatif actuel en Belgique n'est pas encore clair dans cette matière, mais les autorités sont alertées par cette problématique et de nouvelles législations seront sans doute mises en place dans les années à venir, comme c'est le cas dans d'autres pays européens.

D'importants développements de cyanobactéries ont été observés dans les trois lacs de pré-barrage pendant la durée de cette étude. Les lacs de l'Eau d'Heure et de la Plate Taille

ne sont pas affectés, même si l'on retrouve par moments des traces de cyanobactéries originaires des lacs de pré-barrage.

L'été 2002 à Falemprise a été marqué par un fort développement de la cyanobactérie potentiellement toxique *Aphanizomenon flos-aquae* (figure 5). Cette algue filamenteuse domine largement pendant toute la saison estivale atteignant des valeurs de biomasse inquiétantes (plus de 80 µg Chl *a* /l au mois de juin) (figure 6). Toutefois, l'analyse des microcystines s'est avérée négative dans ce cas bien précis.

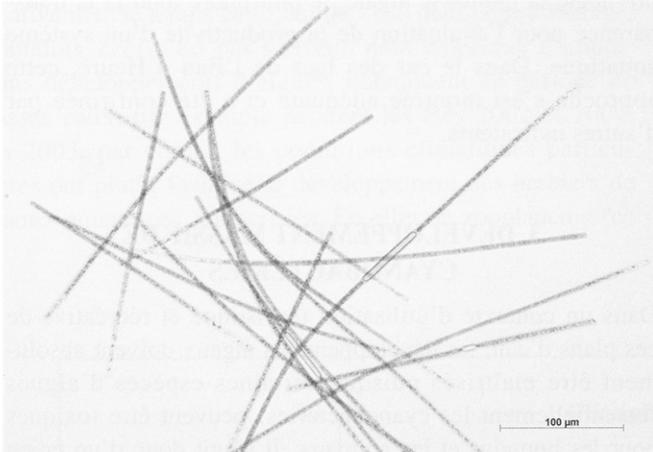


Figure 5 : Image au microscope de la cyanobactérie *Aphanizomenon flos-aquae*, responsable des fleurs d'eau dans le lac de Falemprise en 2002.

La capacité de flottaison grâce à un système de vésicules gazeuses intracellulaires, ajoutée à la possibilité de fixation d'azote atmosphérique dans des cellules spécialisées (les hétérocytes), ainsi qu'une capacité d'utilisation du CO<sub>2</sub> plus efficace, donnent un avantage compétitif à ces algues par rapport aux autres. En plus, leur forme et leur taille rendent une régulation par broutage impossible puisque ces algues ne sont pas (ou peu) consommées par le zooplancton. Finalement, ces cyanobactéries plancto-

niques forment une grande quantité d'akinètes, cellules à parois épaisses très résistantes qui sédimentent et assurent l'inoculum pour les années suivantes, si les conditions du milieu sont favorables.

Concernant le lac de Féronval (figure 7), la situation est aussi préoccupante en termes de biomasse algale totale avec un maximum annuel qui dépasse les 120 µg Chl *a* /l. En fin d'été, une bonne partie de cette biomasse correspond à plusieurs espèces de cyanobactéries filamenteuses, la plupart potentiellement toxiques, comme *Anabaena* sp., *Aphanizomenon* sp. et *Oscillatoria* spp., ou « coccoïdes » comme *Microcystis flos-aquae* et *Gomphosphaeria* sp.

La succession phytoplanctonique au lac du Ri Jaune, avec une proportion importante de cyanobactéries (figure 7), est caractéristique d'un lac qui montre quelques signes d'eutrophisation. L'apparition des genres potentiellement toxiques *Anabaena* et *Microcystis* en fin d'été 2002 constitue une indication de cette eutrophisation. Pourtant, le restant de l'année, la biomasse algale demeure à des niveaux acceptables (figure 6).

La technique HPLC a montré ses potentialités dans l'évaluation des proliférations de ce type d'algues, au travers d'une analyse rapide et automatisée d'un nombre important d'échantillons.

#### 4. PROLIFÉRATION D'ESPÈCES INVASIVES

Les proliférations végétales correspondant à l'extension voire l'explosion de populations monospécifiques avec production d'une phytomasse importante, sont en général la conséquence de perturbations de l'écosystème :

- modification de la qualité de l'eau (eutrophisation),
- introduction d'espèces nouvelles originaires d'une autre région susceptibles d'occuper une niche écologique vacante ou d'y remplacer par compétition interspécifique les espèces présentes,

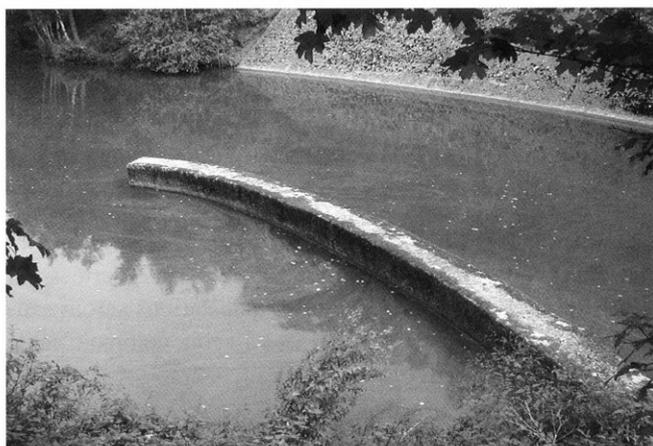


Figure 7 : Fleurs d'eau algales dans les lacs de Féronval (à gauche) et du Ri Jaune (à droite) en fin d'été 2002.

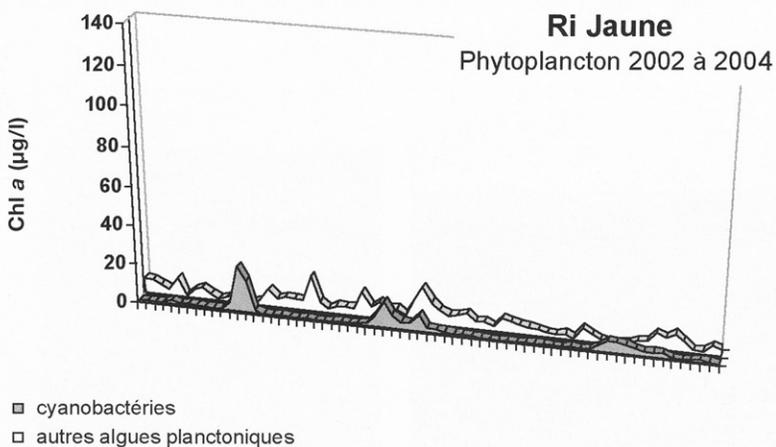
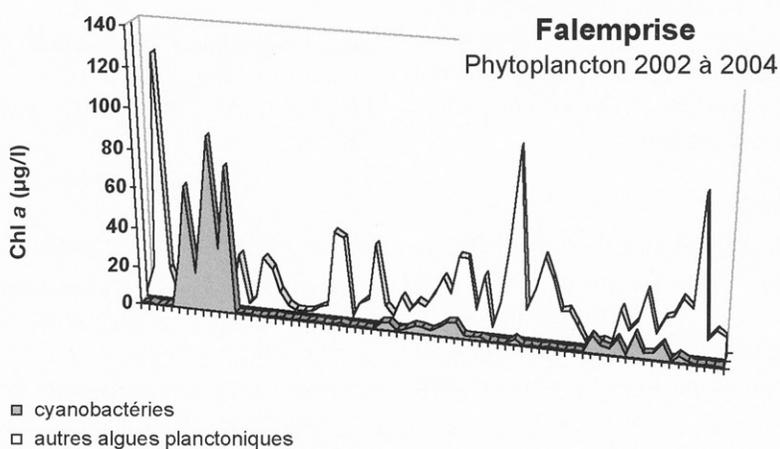
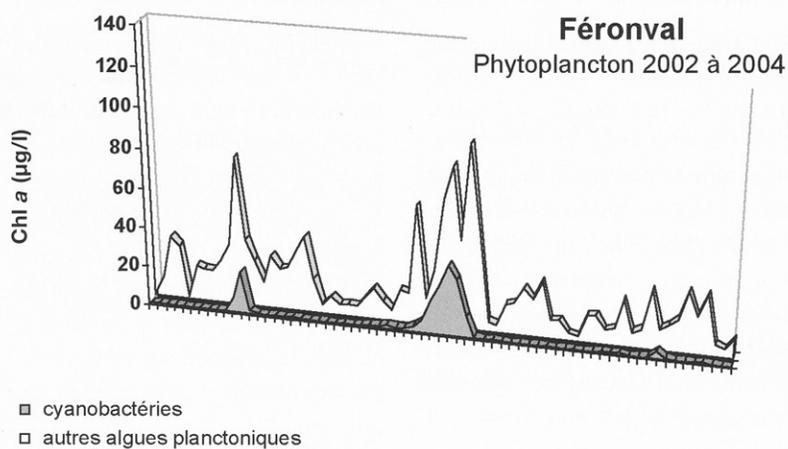


Figure 6 – Concentration phytoplanctonique et contribution des cyanobactéries dans les lacs de pré-barrage pour la période 2002-2004.

– élimination ou absence d’animaux consommateurs de ces espèces proliférantes (Müller et al 1997).

L’impact sur la biodiversité peut être relativement important.

4.1 DÉVELOPPEMENT D’*ELODEA NUTTALLII*

Au barrage de l’Eau d’Heure ainsi qu’au pré-barrage du Ri Jaune et dans une moindre mesure au barrage de la Plate Taille, l’élodée de Nuttall (*Elodea nuttallii*) prend une extension de plus en plus importante remplaçant l’élodée du Canada (*Elodea canadensis*), première espèce recensée sur le site (Duvigneaud & Havrenne 1985). Cette dernière, apparue en Europe via l’Irlande en 1936, est en régression pour des raisons génétiques suite à des mécanismes de compétition (Müller et al 1997).

L’élodée de Nuttall également originaire d’Amérique du nord a été observée en Belgique dès 1939. Cette espèce, très compétitive, a tendance à supplanter l’élodée du Canada vu son important pouvoir de régénération et ses grandes capacités d’accumulation du phosphore. Elle peut se reproduire via de multiples stratégies telles que la reproduction végétative ou la fragmentation de la plante. Elle peut aussi produire des « hibernacles » pour passer l’hiver. Elle préfère les eaux bien éclairées méso- à eutrophes.

4.1.1 Evaluation de la biomasse

Au barrage de l’Eau d’Heure, l’élodée de Nuttall (figure 8) est observée à des profondeurs variant de 1,85 à 6 m pour des transparences de 2 à 4 m. Elle est accompagnée du myriophylle en épi (*Myriophyllum spicatum*), du potamot crépu (*Potamogeton crispus*) et du potamot pectiné (*Potamogeton pectinatus*).

Une évaluation du recouvrement de ces herbiers réalisée au GPS en été 2002 donne une superficie approximative de 100710 m<sup>2</sup> ce qui représente un envahissement de 7 % de la surface totale du plan d’eau (40 % au Ri Jaune). Ces herbiers sont surtout localisés dans le port, dans les anse

ainsi que le long des berges de la zone accessible pour le ski nautique et le jet ski.

En général, le développement des herbiers est assez tardif (août) vu sans doute la faible résistance au froid de l’élodée de Nuttall, sa température critique de croissance variant de 8 à 12°C (Kunii 1984).

Une évaluation de la biomasse fut effectuée grâce à un groupe de plongeurs de la LIFRAS le 31 août 2003 avec autorisation de l’AGLEH (Association de Gestion des Lacs de l’Eau d’Heure) et des communes. Elle fut réalisée dans l’encoche où se jette le ruisseau de la Taille à Truites. A cet endroit la profondeur varie de 0,3 à 3,6 m. Les tiges des élodées atteignent 80 à 110 cm de longueur.

Des prélèvements quantitatifs d’élodées ont été effectués sur des quadrats de 50 x 50 cm disposés au hasard dans l’herbier depuis la surface. Après récolte, les plantes ont été séchées à l’air libre puis à l’étuve à 105°C pendant 48h.

Les biomasses sèches mesurées varient entre 122,6 g/m<sup>2</sup> et 474,0 g/m<sup>2</sup> (tableau III).

Lac	Echantillon	Profondeur (m)	Poids sec (g)	Biomasse en g/m <sup>2</sup>
EH	A	2,3	71,35	285,40
EH	A	2,3	118,5	474,00
EH	B	1,5	48,46	193,84
EH	B	1,9	76,66	306,64
EH	B	3,2	30,65	122,60

Tableau III : Biomasses d’*Elodea nuttallii* au barrage de l’Eau d’Heure (31/08/2003).

Ces biomasses sont moyennes par rapport aux données peu nombreuses de la littérature. Kunii (1984) observe des biomasses maximales de 700 g/m<sup>2</sup> en fin juillet dans des lacs au Japon ; Ozimek et al (1990) relèvent entre 500 et 800 g/m<sup>2</sup> dans un milieu enrichi en azote.

Nous avons tenté d’établir une relation entre les concentrations en phosphore total et la densité de macrophytes.



Figure 8 : *Elodea nuttallii* au barrage de l’Eau d’Heure.

En 2003, l'évolution annuelle du phosphore total (figure 9) montre une diminution des concentrations depuis le 12 mars (~ 60 µg P/l) jusqu'au 8 octobre (~ 10 µg P/l) au barrage de l'Eau d'Heure, ce qui correspond à la période de croissance de l'élodée. Les herbiers joueraient donc un rôle dans le piégeage des nutriments en période estivale. Il serait intéressant de suivre un éventuel relargage de ces nutriments lorsque la biomasse décroît en novembre.

**4.1.2 Problème de nuisance et gestion**

L'appréciation de la nuisance est souvent liée à l'usage du plan d'eau (sports moteurs, pêche...) et non en rapport avec le fonctionnement de l'écosystème. En effet, les herbiers jouent, la plupart du temps, un rôle important comme lieu de ponte, de développement des jeunes individus (têtards, alevins...) et d'abri soit contre les prédateurs, soit en cas de compétition inter-spécifique. Un herbier peut abriter 1 million de macroinvertébrés par tonne de macrophytes.

Les facteurs limitant le développement des herbiers sont principalement :

- l'éclairement,
- le marnage, la nature et la structure des sédiments,
- la qualité des eaux.

Le faucardage, sans exportation de la biomasse, actuellement pratiqué par les gestionnaires, n'est sans doute pas la meilleure solution pour éliminer l'élodée vu son important pouvoir de régénération à partir de fragments de plante, cette technique permettrait surtout sa dissémination.

De plus, le faucardage favorise plutôt le développement des espèces pionnières comme l'élodée de Nuttall au détriment de la diversité indigène.

Dans le cas où cette technique est pratiquée, il faudrait réaliser les faucardages le plus tard possible dans l'année (repousse limitée) – ce qui n'est pas compatible avec l'usage « touristique » du site – et essentiellement dans les zones à risques (ports, débarcadères, zones de baignade) en créant des chenaux de 10 m de largeur maximum (Demierre & Durand 1999).

Des mesures plus radicales existent comme la pose de géotextiles sur le fond ou le dragage des sédiments. Des désherbants aquatiques micro-granulés sont proposés dans le commerce mais ils présentent de nombreux inconvénients et sont donc à proscrire en milieu naturel :

- non sélectivité vis-à-vis des espèces invasives,
- danger pour les invertébrés et les alevins,
- coût élevé : traitement de 80 à 160 kg/ha selon la profondeur, à étendre plusieurs fois en début de saison (prix 10 /ha),
- efficacité de 1 à 2 ans.

**4.2 ENVAHISSEMENT PAR DREISSENA POLYMORPHA**

Petit mollusque bivalve, la dreissène ou moule zébrée donne naissance à des larves véligères qui se dispersent facilement permettant une colonisation très rapide de nouveaux milieux. Cette espèce est peu sélective vis-à-vis du milieu et tolérante à la pollution.

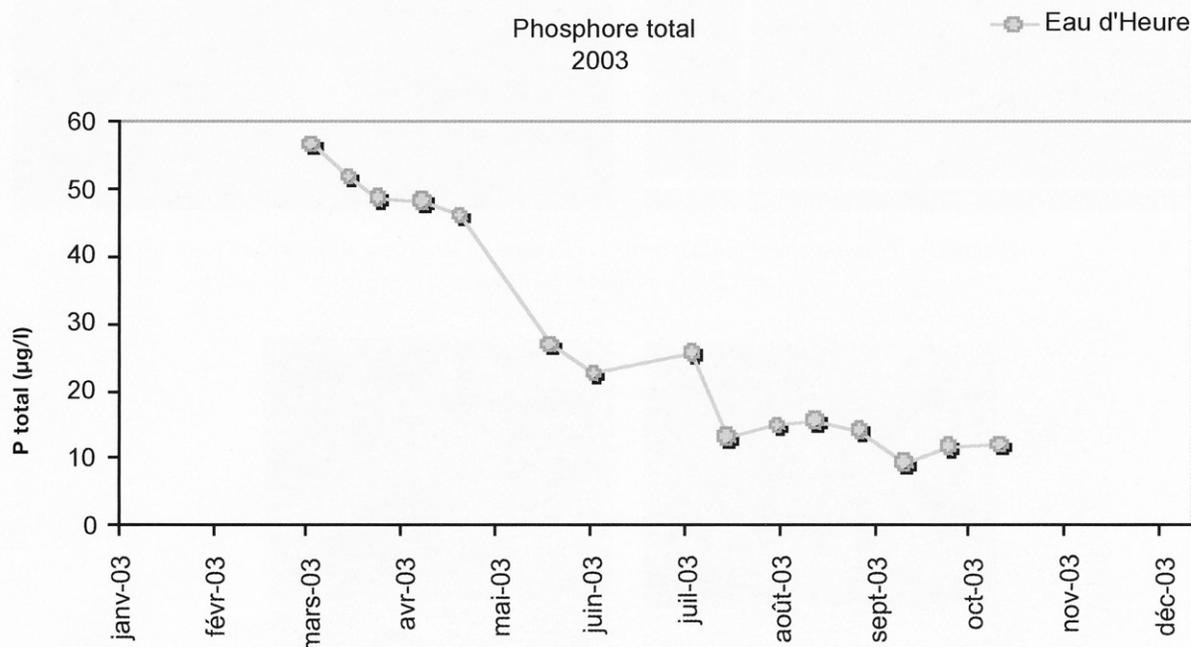


Figure 9 – Diminution du phosphore entre janvier et décembre 2003 au barrage de l'Eau d'Heure.

La dreissène, originaire d'Europe de l'Est, fut décrite pour la première fois en Belgique en 1834. Selon les plongeurs, elle serait apparue en 1999 à la Plate Taille et est en extension depuis cette date.

Cette espèce peut pondre un million d'œufs par an lorsque la température est supérieure à 12°C, sa durée de vie est d'environ 5 ans. Son pouvoir de filtration, de l'ordre de 2,5 l d'eau par jour, est important. Ce mollusque joue, de ce fait, un rôle non négligeable dans l'écosystème en réduisant la quantité de phytoplancton et de zooplancton affectant ainsi les chaînes alimentaires ainsi que la transparence de l'eau, ce qui influe sur le développement des macrophytes.

La dreissène se fixe sur toute surface submergée, représentant un danger pour les zones de frayère et pour les autres mollusques. Elle a un impact négatif sur la biodiversité. Peu de prédateurs sont connus (certains canards plongeurs ou poissons) mais les résultats ne sont pas probants (site internet : Société de la faune et des parcs au Québec).

**4.2.1 Evaluation de la densité de la moule zébrée au barrage de la Plate Taille**

Un développement important de la moule zébrée a été constaté au barrage de la Plate Taille grâce aux plongeurs,

vu la difficulté de les échantillonner à partir de la surface. Une évaluation des abondances relatives a été menée. Deux transects ont été effectués depuis le bord vers la zone la plus profonde. Des quadrats de 50 x 50 cm (figure 10) ont permis des évaluations semi-quantitatives de la densité des espèces, chaque quadrat étant subdivisé en carrés de 10 x 10 cm. Ceux-ci sont disposés sur le fond toutes les 10 brassées le long d'un câble mouillé placé au préalable en bateau.

Les moules se retrouvent à toutes les profondeurs de 1 à 24 m, voire même 40 m. Les comptages ont été réalisés de 2 manières différentes.

En 2003, ils ont été effectués sur photos des quadrats prises en plongée (tableau IV).

Les densités observées variaient entre 888 et 3550 ind./m<sup>2</sup>.

Quadrats	Nombre de Dreissènes	Densité / m <sup>2</sup>	Pourcentage de recouvrement
3	740	2960	84
4	859	3436	100
5	222	888	52
6	710 (0,2 m <sup>2</sup> )	3550	84

Tableau IV : Evaluation de la densité de *Dreissena polymorpha* à la Plate Taille (août 2003)



Figure 10 – Quadrat pour l'évaluation de la biomasse de *Dreissena polymorpha* (août 2003 – photos J. Mallefet)

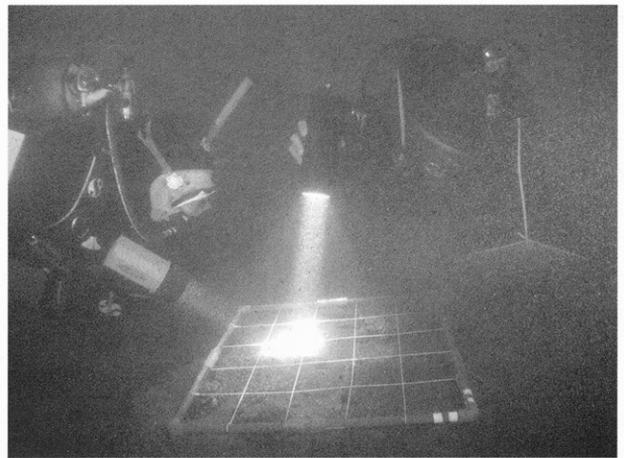


Figure 11 : Vue des fonds au barrage de la Plate Taille où la dreissène est déjà très répandue (août 2003 – photos V. Zintzen)

Afin de préciser ces données, une nouvelle plongée a eu lieu en juillet 2004. Dix quadrats ont été réalisés à 6 profondeurs différentes (5, 10, 15, 20, 25 et 30 m). A chaque profondeur, les plongeurs ont récolté l'ensemble des moules présentes sur le quadrat à plus forte densité. Celles-ci ont été comptabilisées manuellement en laboratoire. Ce comptage donne des densités de 48 à 4156 ind./m<sup>2</sup> (tableau V).

Profondeurs	Nombre de Dreissènes par quadrat	Densité/m <sup>2</sup>
5 m	21	84
10 m	751	3004
15 m	414	1656
20 m	1039	4156
25 m	314	1256
27,6 m	12	48

Tableau V : Densité de *Dreissena polymorpha* en fonction des profondeurs à la Plate Taille (juillet 2004).

Les densités estimées sont faibles au regard des données de la littérature. Dans les grands lacs aux Etats-Unis, on recense jusqu'à 700000 ind./m<sup>2</sup> ; au Québec jusqu'à 40000 ind./m<sup>2</sup>. En Europe, on cite des densités de 13000 ind./m<sup>2</sup> (rapport Kema in Gillet et al 1984). En Meuse belge, l'étude de Petit (1978) donne des densités variant entre 496 et 24160 ind./m<sup>2</sup>. Dans les systèmes de refroidissement de centrales, on peut trouver jusqu'à 50000 ind./m<sup>2</sup> (rapport Kema in Gillet et al 1984).

#### 4.2.2 Nuisances et mesures de précaution

La première des nuisances est sans conteste l'impact du développement de ce mollusque sur la biodiversité des fonds lacustres comme le montre les photos de la figure 11. Il peut ainsi recouvrir des superficies importantes laissant peu de place aux autres espèces benthiques.

Des points de vue économique et touristique, les moules ont également des incidences non négligeables car elles peuvent se fixer sur les coques des bateaux et sur tout matériaux en contact avec l'eau. En nombre suffisant, elles augmentent la friction et donc la consommation de carburant, elles peuvent aussi endommager les pièces du moteur.

Elles sont aussi très perturbantes pour les canalisations de centrales utilisant l'eau, encombrant notamment les filtres. Leurs coquilles étant très coupantes, elles peuvent aussi gêner la baignade.

Des précautions devraient donc être prises d'une part pour suivre et contrôler le développement de l'espèce, d'autre part pour éviter de disperser l'espèce vers d'autres plans d'eau via le matériel de plongée, les bateaux et leur moteur, les remorques, les engins de pêche...

Aucun système biologique n'existe pour les éradiquer. Seule la lutte chimique (chloration, certains biocides...) a déjà fait ses preuves mais elle n'est applicable qu'en milieu « non naturel » (conduite de centrale par exemple – Gillet et al 1984).

## 5. PRÉSENCE D'UNE ESPÈCE VÉGÉTALE RIVULAIRE RARE

L'étude a aussi mis en évidence la présence de végétations intéressantes liées aux zones littorales. Parmi celles-ci une espèce rare la limoselle aquatique mais aussi quelques belles associations de type « roselière ».

### 5.1 BARRAGE DE LA PLATE TAILLE

La limoselle aquatique (*Limosella aquatica*) est une espèce exceptionnelle pour la région et particulièrement rare. Elle fait partie de la liste rouge et est intégralement protégée en région wallonne (décret 6/12/2001 annexe b). Elle est présente sur plusieurs plages de la Plate Taille (juillet 2002) associée à la renoncule flammette (*Ranunculus flammula*), au rorippe à petites fleurs (*Rorippa islandica*), à la petite renouée (*Polygonum minus*), à la menthe aquatique (*Mentha aquatica*), à la menthe des champs (*Mentha arvensis*), à la menthe verticillée (*Mentha verticillata*). Parmi elles se trouve aussi la callitriche des marais (*Callitriche palustris*) dont c'est la seule localisation connue en Wallonie.

Cette association végétale est appelée « *Peplido-limoselletum* ». Elle est caractéristique des zones littorales en pente douce, vaseuses, alternativement inondées et exondées (Philipps, 1968 in Duvigneaud et al, 1985). Elle est unique en Belgique.

Cette association est principalement localisée en bordure sud au lieu-dit "Fontaine aux Planes", proche du Centre Adeps et au fond de l'anse aux cabiniers où elle est particulièrement développée. Ces observations avaient déjà été faites par Duvigneaud et al en 1985 et en 1995. Ces espèces confèrent à ce lac un intérêt floristique et écologique non négligeable. Elles sont sans doute apparues grâce au phénomène d'ornithochorie, c'est-à-dire au transport des graines par les oiseaux.

Au fond de l'anse des cabiniers, à l'arrière de la zone à limoselle, sur les berges proprement dites, on retrouve les espèces rivulaires classiques relevant notamment de l'alliance du Bidention, à affinité plutôt nitrophile (tableau VI).

Les joncs, *Juncus effusus* et *Juncus bufonius*, sont particulièrement bien représentés parmi les héliophytes au côté des espèces de roselières et des magnocariçaies où l'on retrouve notamment le scirpe des marais (*Eleocharis palustris*), l'iris jaune (*Iris pseudacorus*), la baldingère (*Phalaris arundinacea*), la laïche vésiculeuse (*Carex vesicaria*)...

La plage au fond de l'anse des cabiniers est la zone la plus menacée. Cette belle jonchaie bordée de limoselles est à protéger d'une part des accostages, d'autre part du piétinement par les promeneurs venant du RAVeL qui la longe (figure 12). Dans ce but, il faudrait rétablir la clôture et fermer cette zone à tout accès et utilisation récréative.

Espèces	Coefficient abondance/ recouvrement	
<i>Juncus effusus</i>	1.2	
<i>Eleocharis palustris</i>	1.2	
<i>Polygonum lapathifolium</i>	1.2	
<i>Mentha aquatica</i>	1.2	
<i>Limosella aquatica</i>	+/1.2	
<i>Myosotis scorpioides</i>	+	5 = nombre d'individus quelconques, entre 75 % et 100 % de recouvrement
<i>Cardamine cf. hirsuta</i>	+	4 = nombre d'individus quelconques, entre 50 % et 75 % de recouvrement
<i>Lotus corniculatus</i>	+/1.2	3 = nombre d'individus quelconques, entre 25 % et 50 % de recouvrement
<i>Lycopus europaeus</i>	+/1.2	2 = nombre d'individus quelconques, entre 5 % et 25 % de recouvrement
<i>Ranunculus repens</i>	+	1 = nombre d'individus quelconques, entre 1 % et 5 % de recouvrement
<i>Ranunculus flammula</i>	+	+ = individus peu nombreux avec un plant présent < à 1 %.
<i>Potentilla anserina</i>	+	
<i>Juncus articulatus</i>	+/1.2	
<i>Lythum salicaria</i>	+/1.2	
<i>Carex disticha</i>	+	
<i>Lysmachia nummularia</i>	1.2	
<i>Rorippa islandica</i>	+/1.2	
<i>Rumex conglomeratus</i>	+	
<i>Carex acutiformis</i>	+	

Tableau VI - Inventaire des végétations semi-aquatiques du barrage de la Plate Taille (fond de l'anse aux cabiniers - 11/07/03).

## 5.2 BARRAGE DE L'EAU D'HEURE

Les mêmes associations se retrouvent à l'Eau d'Heure sur la plage méridionale et sur la plage en pente douce de l'île. Un inventaire détaillé a été réalisé en juillet 2003 sur ces 2 sites, nous proposons, à titre d'exemple, celui de la plage méridionale.

### 5.2.1 Plage méridionale

Ce site présente un intérêt non négligeable de par la présence également de la limoselle aquatique. Comme il se

situe à proximité du pré-barrage de Falemprise, c'est une zone très fréquentée vu son accès facile depuis la route. Ses pentes assez douces y facilitent la baignade qui, pourtant, n'y est pas autorisée.

Les espèces qui affectionnent un battement régulier de l'eau sont toutes présentes. On observe, outre la limoselle, le rorippe à petites fleurs (*Rorippa islandica*), la véronique étrangère (*Veronica peregrina*) et le jonc des crapauds (*Juncus bufonius*). Relevons la présence de la renoncule flammette ou petite douve (*Ranunculus flammula*) qui se



Figure 12 - Limoselle et jonchaie au fond de l'anse aux cabiniers.

Espèces	Coefficient abondance/recouvrement
<i>Polygonum hydropiper</i>	1.2
<i>Eleocharis palustris</i>	1.2
<i>Lysimachia nummularia</i>	+/1.2
<i>Juncus bufonius</i>	+
<i>Juncus articulatus</i>	1.2
<i>Rumex conglomeratus</i>	1.2
<i>Mentha aquatica</i>	1.2
<i>Veronica peregrina</i>	+
<i>Myosotis scorpioides</i>	+/1.2
<i>Potentilla anserina</i>	+
<i>Rorippa islandica</i>	+
<i>Carex disticha</i>	+
<i>Carex acutiformis</i>	+
<i>Agrostis canina</i>	1.2
<i>Juncus inflexus</i>	+
<i>Lythrum salicaria</i>	+
<i>Ranunculus flammula</i>	+
<i>Ranunculus repens</i>	+
<i>Limosella aquatica</i>	+/1.2

Tableau VII - Inventaire des végétations semi-aquatiques de la plage méridionale du barrage de l'Eau d'Heure (11/07/03)

retrouve préférentiellement dans les prairies humides et au bord de l'eau (tableau VII).

Les espèces qui se retrouvent sur cette plage sont en majorité des espèces rares ou peu fréquentes. Il serait dès lors nécessaire de leur assurer une certaine protection. La gestion par tontes régulières et répétées de la prairie entre la route et la berge permet l'approche du bord de l'eau. Dans l'optique d'une protection des espèces rivulaires, le nombre de fauches devrait être réduit à un ou deux passages par an sur le haut de la berge en maintenant une zone non fauchée en tant que tampon vers l'accès à l'eau (figure 13).

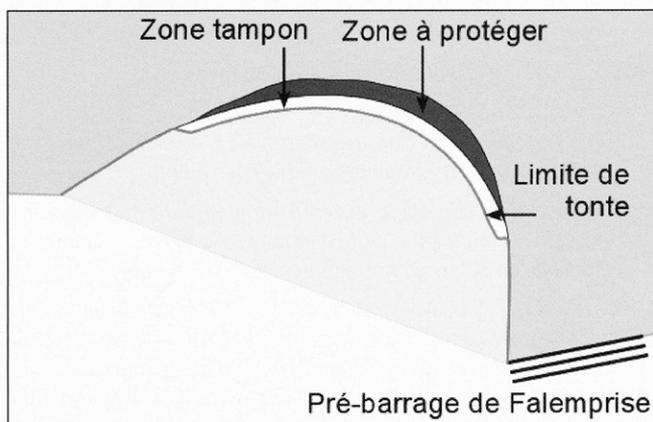


Figure 13 - Zone à limoselle à protéger au barrage de l'Eau d'Heure.

## 6. MESURES DE GESTION

Un suivi complet de la qualité physico-chimique et biologique a été mené de 2002 à 2003 sur l'ensemble des lacs de l'Eau d'Heure. Les apports en phosphore liés à l'activité humaine sont les principaux responsables de la dégradation de la qualité de l'eau dans les pré-barrages de Falemprie et de Féronval. Les apports et la charge accumulée dans les sédiments au cours des années soutiennent la croissance de fortes biomasses algales en période estivale, en particulier de cyanobactéries qui peuvent présenter un risque de toxicité. Les efforts d'épuration en amont de ces lacs sont encore insuffisants.

Le pré-barrage de Féronval présente de graves problèmes d'eutrophisation qui peuvent compromettre sérieusement les utilisations souhaitées, notamment la baignade récréative. Ces problèmes trouvent en grande partie leur origine dans la gestion des eaux usées domestiques.

Des actions visant à améliorer la qualité de l'eau du lac de Féronval doivent être menées en priorité. Ce travail est déjà bien entamé : la construction de la station d'épuration d'Erpion est prévue et d'importants travaux d'égouttage sont programmés. Des efforts devront cependant encore être effectués au niveau de l'amélioration du réseau de collecte existant, afin de récupérer le maximum de charge à traiter dans les stations d'épuration et d'éviter les rejets directs par les déversoirs d'orage. L'égouttage séparatif devrait être privilégié pour les travaux d'assainissement

futurs. Toutefois on ne peut s'attendre qu'à une lente restauration : en effet, le phosphore s'est accumulé dans les sédiments au cours des années et va contribuer à entretenir l'eutrophisation.

La Directive européenne relative au traitement des eaux urbaines résiduaires (*Directive du Conseil du 21 mai 1991 relative au traitement des eaux urbaines résiduaires - 91/271/CEE* - Journal officiel des Communautés européennes 135 : 40-52) ne prévoit pas de traitement spécifique de l'azote et du phosphore pour les stations d'épuration de petites dimensions (inférieures à 10000 Equivalents Habitants). Les stations du ruisseau de Soumoy et de l'Eau d'Heure à Cerfontaine en amont du lac de Falemprise sont, respectivement, de 1000 et 5000 équivalents habitants. La situation est donc conforme selon le point de vue législatif. Notre étude montre cependant qu'une réduction poussée du phosphore des eaux traitées en station est indispensable.

La mise en œuvre de ce projet a permis d'établir un dialogue entre les différentes parties intéressées par la qualité de l'eau des lacs de l'Eau d'Heure, notamment celles responsables de l'épuration des eaux usées. La récente mise en fonctionnement de la station d'épuration de Senzeille (ruisseau de Soumoy – lac de Falemprise) et la mise en route de la nouvelle station d'Erpion (ruisseau d'Erpion – lac de Féronval) auront sûrement un impact positif sur la qualité de l'eau de ces pré-barrages.

En vue de protéger les végétations littorales, le classement de certains sites serait une mesure utile. Aucun site Natura 2000 n'a été désigné sur les barrages de l'Eau d'Heure. Pourtant, certaines berges pourraient faire l'objet de classement à l'instar de celles de nombreuses vallées en Région wallonne.

Il serait aussi souhaitable d'obtenir plus de régularité dans les pompages et lâchages et d'éviter les variations trop brusques du niveau d'eau, défavorables pour la flore littorale (roselières et associations à limoselles) et aussi pour les alevins et juvéniles de poissons.

Une mesure plus générale de gestion pourrait consister à placer des panneaux didactiques à proximité des végétations à protéger expliquant les raisons de l'interdiction d'accès au site et présentant les plantes intéressantes ainsi que leur rôle écologique.

De plus, les différents utilisateurs (pêche, sports moteurs, voile...) pourraient être informés et sensibilisés via leurs clubs respectifs.

S'il n'est pas correctement encadré, le développement touristique des lacs de l'Eau d'Heure risque d'amplifier la pression anthropique sur le milieu naturel. Il serait donc utile de mettre en place un plan de gestion environnementale intégrée du site tenant compte des différentes activités, des fréquentations ainsi que des projets de développement.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Monique Vancaenenbroeck (GIREA - ULB), Serge Rouxhet (aCREA - ULg), Bruno Leporcq, Thierry Mayenne et Philippe Leroy (FUNDP - URBO) pour leur collaboration à ce projet, ainsi que les plongeurs de la LIFRAS, l'AGLEH et le MET.

Cette étude a été co-financée par l'Union européenne (Fonds FEDER) et le Ministère de la Région wallonne dans le cadre du Phasing out de l'objectif 1 Hainaut.

## 7. BIBLIOGRAPHIE

- CHORUS, I. AND BARTRAM, J. (1999). *Toxic Cyanobacteria in Water : a guide to their public health consequences, monitoring and management*. 416 pp, E & FN SPON, London and New York.
- COX, P. A., BANACK, S. A., MURCH, S. J., RASMUSSEN, U., TIEN, G., BIDIGARE, R. R., METCALF, J. S., MORRISON, L. F., CODD, G. A. AND BERGMAN, B. (2005). *Diverse taxa of cyanobacteria produce  $\beta$ -N-methylamino-L-alanine, a neurotoxic amino acid*. PNAS 102(14) : 5074-5078.
- DEHAVAY, P. (1981). *Détermination de la situation trophique des lacs du complexe des barrages de l'eau d'Heure en 1981*, Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie, Ministère de la Santé Publique et de la Famille, 144 p.
- DEMIERRE A. & DURAND P. (1999). *La végétation macrophytique du Léman*. Rapport comm. Intern. Protect. Eaux Léman contre la pollution – Campagne 1998 – 129-217.
- DUVIGNEAUD J. & HAVRENNE A (1985). *La colonisation végétale des lacs de l'Eau d'Heure*. Natura Mosana, 38 : 4-10.
- DUVIGNEAUD J. & SAINTENOY-SIMON J. (1995). *Une excursion automnale aux lacs de l'Eau d'Heure*. Parcs Nationaux – L – fasc. 2, 55-64.
- GILLET A., AUVRAY F., MEURISSE M., MICHA J.-CL. (1984). *Etude de l'incrustation du circuit "Eau brute" de la centrale nucléaire de Tihange par un mollusque bivalve Dreissena polymorpha* rapport préliminaire UNCED – FUNDP 38 p.
- KUNII, H. (1984) *Seasonal growth and profile structure development of Elodea nuttallii in pond Ojaga-Ika – Japan – Aquat. bot.* 19 : 239-247.
- MULLER S. et al (1997). *Biologie et écologie des espèces végétales proliférant en France*. Synthèse bibliographique. Les Etudes de l'Agence de l'Eau, n°68, décembre 1997, 199 p.
- OCDE (1982). *Eutrophication of waters. Monitoring, assessment and control*. OCDE.
- OZIMEK, T et al. (1990) *Can macrophytes be useful in biomanipulation of lakes* Hydrobiologia. 200/201 : 399-407
- PETIT M., (1978). *Ecologie et repartition spatiale des macroinvertébrés benthiques de la haute Meuse belge*. Mémoire de Licence en Sciences zoologiques, FUNDP Namur, 79 p
- VERNIERS, G & SARMENTO H. (2004) *Schéma directeur intégré pour la préservation de la qualité de l'eau et la valorisation écologique des lacs de l'Eau d'Heure dans le cadre du développement touristique et économique du site*, Rapport final FUNDP-GIREA. 171 p.