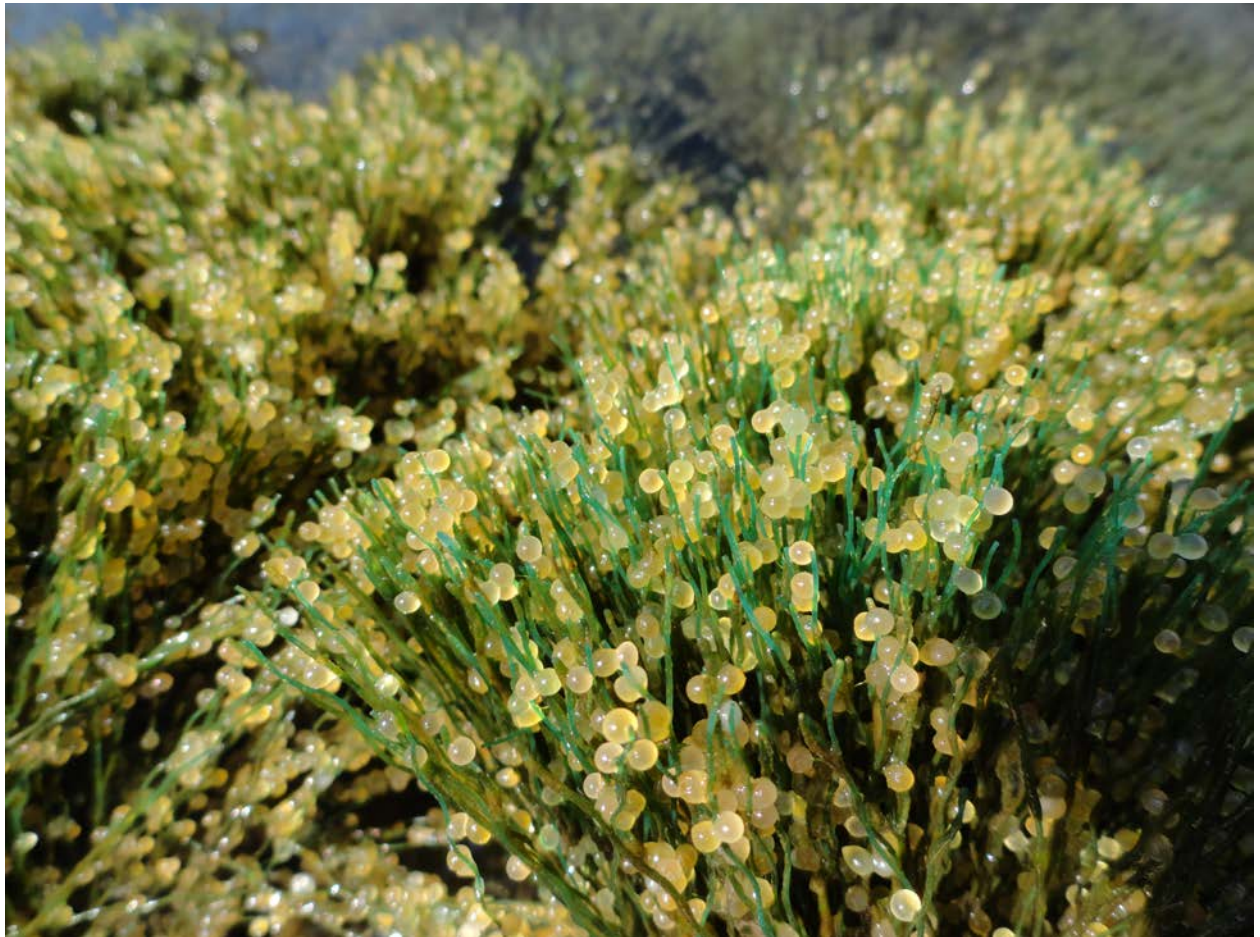




Wallonie



PROJET D'OPTIMISATION DE L'EFFICACITÉ DES FRAYÈRES ARTIFICIELLES
FLOTTANTES ET MISE EN PLACE D' ACTIONS COMPLÉMENTAIRES VISANT À
ASSURER LE RECRUTEMENT DES POISSONS PHYTOPHILES DANS LES LACS
DE L'EAU D'HEURE.



Frédéric DUMONCEAU
Julien GILLES

RAPPORT FINAL

NOVEMBRE 2012

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier chaleureusement toutes les personnes et les structures suivantes :

- La Direction des Cours d'eau non navigable (SPW – DGO3) qui a permis la concrétisation de ce projet
- La SPW – DGO2 – Direction des barrages pour les informations communiquées à propos de la gestion hydraulique des lacs de l'Eau d'Heure
- La pépinière de plantes aquatiques de Marche-les-Dames du DNF (SPW – DGO3) et principalement Monsieur Philippe NIVELLE, pour sa participation au projet et son aide précieuse pour la mise à disposition et la plantation des hélrophytes
- L'Association pour la Défense et la Promotion de la Pêche dans les Lacs de l'Eau d'Heure asbl, les Fédérations halieutiques (FHPSO et FHESM) pour leur soutien ainsi que Monsieur Benoît SOTTIAUX (FSPFB) pour l'identification des algues
- L'asbl des Lacs de l'Eau d'Heure asbl pour sa collaboration
- Les membres du Comité d'accompagnement pour le temps qu'ils ont accordé à ce projet
- Les Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix de Namur pour les informations relatives à la stratification et l'eutrophisation du lac de la Plate Taille
- Le Département de l'Etude du Milieu Naturel et Agricole et notamment Monsieur Daniel GALOUX pour la transmission des rapports sur l'état écologique des retenues d'eau en Wallonie et la qualité écologique des lacs de Féronval et du Ry Jaune.
- Monsieur Roger CRAHAY pour avoir suggéré la mise en place de structures destinées à subvenir aux besoins des poissons en vue de leur reproduction
- L'ensemble de l'équipe de la Maison wallonne de la pêche pour leur soutien et notamment, Julien GILLES et Jonathan PLÖN pour leur contribution à la réussite de ce projet et le suivi assuré en 2012, Bérengère ENGLEBIN pour la gestion administrative et comptable. Merci aussi aux stagiaires qui ont apporté leur aide, par ordre chronologique, Dylan COLSON, Xavier CLAMOT, Guillaume MORELLATO, Catherine HEBERT et Borja RUIZ ROMERO.
- Enfin, merci à toutes les personnes qui auraient été omises et ont contribué à la réussite de ce projet.



TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	2
TABLE DES MATIERES.....	3
1. INTRODUCTION.....	6
2. LE COMPLEXE DES LACS DE L'EAU D'HEURE	8
2.1. LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE.....	8
2.2. HISTORIQUE ET OBJECTIFS.....	9
2.3. USAGES RÉCRÉATIFS DES BARRAGES.....	10
2.4. GESTION HYDROLOGIQUE.....	10
2.4.1. Généralités.....	10
2.4.2. Centrale hydroélectrique.....	13
2.5. ECOLOGIE DES LACS.....	15
2.5.1. Eutrophisation du milieu lacustre.....	15
2.5.2. Mesure et évolution de l'eutrophisation.....	17
2.5.3. Situation actuelle des lacs du complexe.....	20
2.6. VÉGÉTATION AQUATIQUE.....	22
2.6.1. Impact du marnage sur la végétation aquatique (TOMSON & al. 2009).....	24
2.6.2. Inventaire des hydrophytes, matériel et méthode.....	28
2.6.3. Résultats.....	29
2.7. LES MACRO-INVERTÉBRÉS.....	33
2.7.1. Impact du marnage sur les macro-invertébrés (TOMSON et al., 2009).....	33
2.7.2. Inventaire qualitatif des macro-invertébrés, matériel et méthode.....	34
2.7.3. Résultats de l'inventaire des macro-invertébrés.....	35
3. CARACTERISATION DE LA POPULATION PISCICOLE	40
3.1. GÉNÉRALITÉS.....	40
3.1.1. Evaluation de la qualité piscicole.....	41
3.1.2. Les populations piscicoles des milieux lacustres.....	41
3.2. EFFET DU MARNAGE SUR LA POPULATION PISCICOLE (TOMSON ET AL., 2009).....	43
3.3. POPULATION PISCICOLE DU LAC DE LA PLATE TAILLE.....	46
3.4. HABITATS ET BESOINS BIOLOGIQUES DU SANDRE.....	47
3.4.1. Taxonomie et description.....	48
3.4.2. Reproduction.....	48
3.4.3. Éthologie du sandre.....	49
4. AMELIORATION DE L'EFFICIENCE DES FRAYERES ARTIFICIELLES FLOTTANTES.....	50
4.1. RAPPEL DES OBJECTIFS.....	50
4.2. DESCRIPTION DU MATÉRIEL.....	50
4.2.1. Nature et structure du substrat.....	50
4.2.2. Installation des frayères.....	52
4.3. LOCALISATION DES FRAYÈRES.....	53
4.3.1. Choix des emplacements sur le lac de la Plate Taille.....	53



4.3.2.	<i>Choix des emplacements sur le lac de l'Eau d'Heure</i>	54
4.4.	MATÉRIEL ET MÉTHODE	55
4.4.1.	<i>Observation des pontes</i>	55
4.4.2.	<i>Observation des larves et alevins</i>	56
4.4.3.	<i>Analyses d'eau</i>	57
4.4.4.	<i>Suivi du colmatage et entretien des frayères</i>	57
4.5.	RÉSULTATS	59
4.5.1.	<i>Analyses de l'eau</i>	59
4.5.2.	<i>Observation des pontes, larves et alevins</i>	65
4.5.3.	<i>Suivi du colmatage</i>	77
4.5.4.	<i>Conclusions partielles</i>	78
5.	FAVORISE LE POTENTIEL DES LACS DE PREBARRAGES	79
5.1.	RAPPEL DES OBJECTIFS	79
5.2.	MATÉRIEL ET MÉTHODE	79
5.2.1.	<i>Immersion de houpriers</i>	79
5.2.2.	<i>Placement de frayères artificielles fixes</i>	80
5.2.3.	<i>Suivi des frayères et houpriers</i>	80
5.3.	RÉSULTATS	81
6.	DEVELOPPEMENT ET SUIVI DE STRUCTURES PILOTES POUR LA BREME .	83
6.1.	RAPPEL DES OBJECTIFS	83
6.2.	DESCRIPTION DU MATÉRIEL.....	83
6.2.1.	<i>Montage et installation</i>	83
6.2.2.	<i>Espèces végétales utilisées</i>	86
6.3.	LOCALISATION DES STRUCTURES	86
6.3.1.	<i>Choix des emplacements</i>	86
6.4.	RÉSULTATS	87
6.4.1.	<i>Suivi des dispositifs</i>	87
6.5.	AMÉLIORATION DES FRAYÈRES À BRÈMES EXPÉRIMENTALES	87
7.	IMPLANTATION DE RADEAUX VÉGÉTALISÉS SUR LES LACS DE L'EAU	
D'HEURE ET LA PLATE TAILLE	90	
7.1.	OBJECTIFS	90
7.2.	REMISE EN CONTEXTE	90
7.3.	DESCRIPTION DU MATÉRIEL.....	91
7.3.1.	<i>Montage et installation</i>	91
7.4.	LOCALISATION DES RADEAUX	93
7.4.1.	<i>Choix des emplacements sur le lac de la Plate Taille</i>	93
7.4.2.	<i>Choix des emplacements sur le lac de l'Eau d'Heure</i>	94
7.5.	SUIVI DES RADEAUX VÉGÉTALISÉS	95
7.5.1.	<i>Bilan de l'état des radeaux implantés en 2009</i>	95
7.5.2.	<i>Adaptation des radeaux végétalisés</i>	98
7.6.	EVOLUTION DU COUVERT VÉGÉTAL.....	100
7.6.1.	<i>Couvert végétal initial</i>	101
7.6.2.	<i>Sélection des espèces adaptées</i>	101

7.6.3. <i>Croissance et développement des plants</i>	107
7.7. RÉSULTATS	110
7.7.1. <i>Journal des sorties</i>	110
7.7.2. <i>Observation des pontes</i>	111
7.7.3. <i>Observation des larves et alevins</i>	112
7.8. USAGES MARGINAUX DES RADEAUX	113
8. CREATION DE PARCELLES PILOTES DE VEGETALISATION DANS LES ZONES DE MARNAGE	114
8.1. RAPPEL DES OBJECTIFS	114
8.2. DESCRIPTION DU MATÉRIEL.....	115
8.2.1. <i>Espèces végétales utilisées</i>	115
8.2.2. <i>Méthode de plantations</i>	115
8.3. LOCALISATION DES PARCELLES.....	116
8.4. EVOLUTION DU COUVERT VÉGÉTAL.....	118
8.4.1. <i>Méthode</i>	118
8.4.2. <i>Résultats</i>	119
9. PERSPECTIVES	122
10. CONCLUSIONS	125
11. COMMUNICATION - SENSIBILISATION	127
12. BIBLIOGRAPHIE.....	129
13. ANNEXES	136
ANNEXE A : MONOGRAPHIE DES DIFFÉRENTES ESPÈCES D'HYDROPHYTES	136
ANNEXE B.....	139

1. INTRODUCTION

Le complexe des lacs de l'Eau d'Heure constitue une réserve d'eau destinée au **soutien du débit d'étiage** de la Sambre. A la création des barrages, l'objectif était de maintenir dans la Sambre un minimum de débit pour garantir la conservation de propriétés physico-chimiques de l'eau suffisantes pour son usage industriel. Cette alimentation de la Sambre permet en sus d'assurer l'alimentation du canal Charleroi-Bruxelles par pompage à partir de la Sambre. Cette réserve d'eau est aussi utilisée périodiquement pour l'approvisionnement en eau de la Meuse après une période de chômage (MET, 1997). L'aménagement des barrages a été valorisé pour la production d'hydroélectricité. En journée, lorsque la consommation électrique est plus forte, les turbines produisent de l'électricité par transfert d'eau du lac de la Plate Taille vers le lac de l'Eau d'Heure. En période de basse consommation, l'eau est pompée du lac de l'Eau d'Heure vers le lac de la Plate Taille afin de reconstituer les réserves en utilisant une électricité moins chère (MET, 2007). Les **variations du niveau d'eau** engendrées par la gestion hydraulique des barrages perturbent les zones rivulaires, zones particulièrement fragiles indispensables à la reproduction de nombreuses espèces de poissons, et limitent la colonisation de ces milieux. Bien que ces milieux artificiels aient été progressivement recolonisés, ces perturbations quotidiennes limitent l'implantation d'une flore et d'une faune spécifique. En raison de ce marnage et des difficultés d'implantation d'une végétation pérenne, les poissons phytophiles (déposant leurs œufs sur la végétation) ne dispose que de peu de substrats pour déposer leurs œufs en période de reproduction. Les pontes qui sont déposées sur les rares plantes immergées en bordure des lacs sont exondées partiellement ou totalement en fonction des fluctuations de niveaux. Le recrutement naturel chez ces espèces est particulièrement délicat et induit un déséquilibre des classes d'âges au sein de la population.

Ce constat a conduit à la mise en place de solutions concrètes dans le cadre d'une convention passée en 2007 entre l'asbl des Lacs de l'Eau d'Heure et le Service Public de Wallonie (Direction des Cours d'Eau non navigables), en partenariat avec la Maison wallonne de la pêche asbl, la Fédération Halieutique et Piscicole des sous-bassins de la Sambre et de l'Oise asbl, la Fédération Halieutique de l'Entre Sambre et Meuse asbl et l'Association pour la Défense et la Promotion de la Pêche aux Lacs de l'Eau d'Heure asbl. L'objectif principal de cette convention était d'améliorer la reproduction des poissons phytophiles dans les lacs de l'Eau d'Heure et de la Plate Taille.



Dans un premier temps, des **frayères artificielles flottantes** ont été disposées sur les barrages dans le but de favoriser la reproduction des poissons partiellement ou strictement phytophiles. Le suivi scientifique de ce projet a été assuré durant la période de reproduction et a permis, dès la première année, de montrer l'intérêt de ce type de structure. De nombreuses pontes de gardons ont été identifiées sur les structures artificielles. Le projet s'est progressivement étoffé. L'emplacement et la disposition des frayères artificielles ont été modifiés au fil des temps afin de tester les configurations offrant la meilleure efficacité en terme de production d'alevins. D'autres actions ont été ajoutées au projet initial afin de répondre à des besoins spécifiques qui ne sont pas couverts par les frayères artificielles. A cet effet, en 2009, des **radeaux végétalisés** ont donné une autre dimension au projet. Ces structures innovantes ont été mises en place afin de couvrir les besoins en terme d'habitat pour assurer la protection et le développement des alevins. L'association des radeaux végétalisés et des frayères artificielles offrait une solution intéressante pour limiter la prédation sur les alevins issus des pontes déposées sur les frayères. Un inventaire de la végétation rivulaire aquatique et semi-aquatique a été réalisé afin de déterminer les possibilités en terme de végétalisation des berges du lac de la Plate Taille.

Ces développements successifs et les résultats positifs engrangés ont contribué à la poursuite du projet. Ce rapport présente les observations et les résultats obtenus fin de l'année 2010, au cours de l'année 2011 et 2012. Le rapport débute par un bref rappel du contexte dans lequel le projet est mené (*Chapitre 2*). Un travail d'observation qualitative et de compilation de la littérature disponible a été réalisé afin de permettre la caractérisation de la population piscicole (*Chapitre 3*) des lacs de l'Eau d'Heure afin de tenter de comprendre la dynamique de populations et d'adapter les aménagements afin de les rendre plus efficaces. Le suivi scientifique des frayères artificielles flottantes a été réalisé sur les lacs de la Plate Taille et de l'Eau d'Heure (*Chapitre 4*) englobant la mise en œuvre de frayères pilotes pour la reproduction de la brème commune (*Chapitre 6*) sur les lacs de l'Eau d'Heure et de la Plate Taille et l'étude de frayères en épicéa sur le pré-barrage de Féronval (*Chapitre 5*). L'évolution des radeaux végétalisés implantés en 2009 a fait l'objet d'une analyse et de nouveaux radeaux ont été installés afin de compléter le dispositif (*Chapitre 7*). La croissance et le développement des parties végétatives et racinaires ont été évalués régulièrement dans le cadre du suivi réalisé sur le lac. Suite à l'inventaire des végétaux hélophytes présents en bordure des lacs, des placettes de végétalisation ont été installées pour favoriser le développement végétal dans la zone de marnage (*Chapitre 8*).

2. LE COMPLEXE DES LACS DE L'EAU D'HEURE

2.1. Localisation géographique

Totalisant une superficie de 620 hectares de plans d'eau et un périmètre de berges de près de 50 kilomètres, le complexe des lacs de l'Eau d'Heure constitue le plus grand ensemble lacustre de Belgique. Il est localisé sur les provinces du Hainaut et de Namur et se situe à une trentaine de kilomètres au sud de Charleroi entre Philippeville et Beaumont. Il s'étend sur deux entités, à savoir Froidchapelle pour la province hennuyère et Cerfontaine pour la province namuroise. Le complexe est composé de deux principaux lacs, le lac de la Plate Taille et l'Eau d'Heure et de trois pré-barrages, Féronval, Falemprise et Ry Jaune.

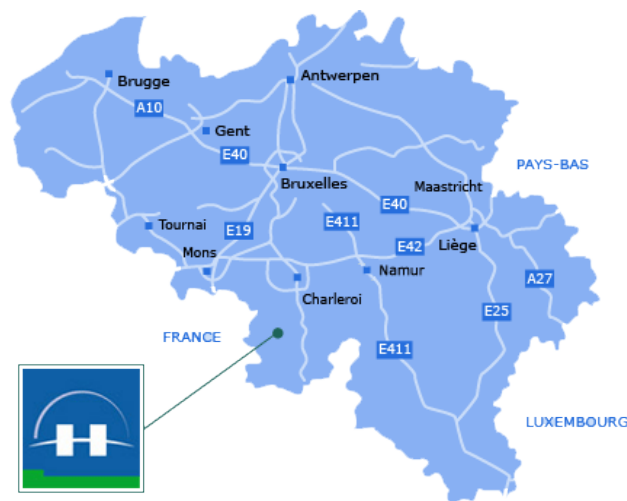


Figure 1 : Localisation du complexe des lacs de l'Eau d'Heure.

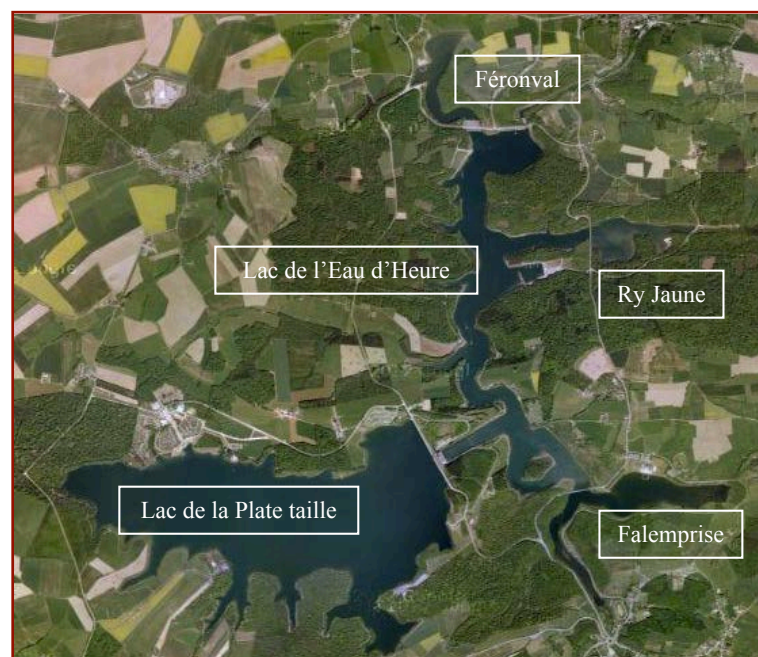


Figure 2 : Localisation des lacs et pré-barrages du complexe de l'Eau d'Heure (Source Google Map, 2012).

Tableau 1 : Caractéristiques des différents lacs et pré-barrages du complexe de l'Eau d'Heure.

Caractéristiques	Plate Taille	Eau d'Heure	Falemprise	Ry Jaune	Féronval	Total
Superficie	351 ha	165 ha	47,3 ha	31,5 ha	21,1 ha	615,9 ha
Capacité	67,80 hm ³	14,75 hm ³	1,23 hm ³	1,14 hm ³	0,78 hm ³	85,7 hm³
Alimentation	Pompage	Naturelle	Naturelle	Naturelle	Naturelle	
Longueur des berges	16,86 km	19,98 km	5,78 km	3,02 km	3,62 km	49,26 km

La rivière de l'Eau d'Heure s'écoule de Cerfontaine à Marchienne où elle se jette dans la Sambre. Cette rivière est la source de l'alimentation en eau naturelle du lac de l'Eau d'Heure. De même, le soutien du débit d'étiage de la Sambre se fait par le biais de l'approvisionnement en eau de la partie aval du cours d'eau par les réserves stockées au niveau des lacs.

2.2. Historique et objectifs

Le complexe des barrages de l'Eau d'Heure a été créé en 1971 pour répondre à la problématique de l'approvisionnement en eau du nouveau Canal Charleroi-Bruxelles. La modernisation du canal et l'augmentation de la capacité des écluses nécessitait un approvisionnement en raison de l'augmentation de la consommation en eau (MET, 1997). Il était impératif de soutenir le débit d'étiage de la Sambre afin de maintenir un minimum de 5 m³/s à Charleroi pour permettre la dilution des pollutions urbaines et industrielles provenant du bassin carolorégien et de compenser les prélèvements supplémentaires prévus pour assurer l'alimentation en eau du nouveau canal Charleroi-Bruxelles.

Les premières prospections en vue d'ériger un barrage dans le bassin hydrographique de la Sambre débutèrent en 1960. Les sites permettant le stockage des réserves d'eau devaient nécessairement se situer sur un affluent de la Sambre en amont de Charleroi. Des sites prospectés, c'est la vallée de l'Eau d'Heure qui présentait les meilleures conditions pour ériger une retenue d'eau.

Les études hydrologiques préliminaires conclurent qu'un réservoir d'au moins 25 millions de m³ aurait permis de réaliser les objectifs assignés. Cependant, cette réserve s'avérait insuffisante pour assurer les besoins en eau en cas de saisons sèches successives. Dans cette perspective, une réserve en eau utile de 48,75 millions de m³ était nécessaire.

La création d'une telle réserve d'eau s'avérait impossible dans la vallée de l'Eau d'Heure sans mettre sous eau une partie du village de Cerfontaine. Dans ces conditions, le stockage a dû être

limité à 17 millions de m³. Un deuxième barrage fut construit à Boussu-lez-Walcourt (Froidchapelle) afin d'atteindre une réserve d'eau qui réponde aux objectifs de départ. Néanmoins, le bassin hydrologique ne permettant pas un remplissage naturel du réservoir de la Plate Taille, le remplissage par pompage depuis le réservoir de l'Eau d'Heure s'est imposé.

Deux grands barrages ont été réalisés afin de retenir un total de 85,7 millions de m³ dont 48,75 pour assurer le soutien du débit d'étiage de la Sambre.

Les travaux débutèrent en 1972 pour s'achever six ans plus tard. Cependant, les lacs n'ont été opérationnels qu'en février 1980 après trois années nécessaires au remplissage des ouvrages.

Afin de mettre en valeur la différence de niveau entre les deux lacs, une centrale hydroélectrique fut implantée sur le barrage de la Plate Taille permettant d'alimenter le réseau lors des pics de consommation.

2.3. Usages récréatifs des barrages

Bien que ce ne soit pas leur fonction première, les différents lacs ont rapidement été valorisés dans le cadre de nombreuses activités récréatives et touristiques. A cet égard, chacun des lacs accueille des activités :

- **Plate Taille** : voile, planche à voile, plongée, pêche...
- **Eau d'Heure** : hors-bord, ski nautique, jet ski, pêche...
- **Falemprise** : baignade, pédalo, barques, pêche...
- **Ry jaune** : pêche...
- **Féronval** : télési, modélisme, pêche

Compte tenu du potentiel touristique du complexe, de nombreux investissements ont été consentis afin de développer les infrastructures destinées à accueillir le public et les touristes.

2.4. Gestion hydrologique

2.4.1. Généralités

Outre les fluctuations quotidiennes liées au cycle de pompage turbinage entre le lac de l'Eau d'Heure et celui de la Plate Taille, l'approvisionnement de la Sambre et de la Meuse entraîne des variations saisonnières voire pluriannuelles (chômage de la Meuse). Habituellement, la saison hivernale est mise à profit pour accumuler l'eau au sein des lacs. Au fil de la saison, les lacs sont progressivement vidés afin d'assurer le soutien du débit d'étiage de la Sambre et, par son intermédiaire, l'alimentation du canal Charleroi-Bruxelles. De manière générale, les mois les

plus humides permettent de constituer une réserve d'eau qui est progressivement restituée au cours de l'année. Dans ce cadre, les lacs peuvent assurer une fonction de bassin d'écrêtage lors d'événements pluvieux exceptionnels.

Un schéma de gestion des réserves en eau de la Plate Taille et de l'Eau d'Heure est d'application depuis 1983. Le mode de gestion a été élaboré à partir des données récoltées sur le fonctionnement du système de 1969 à 1980 dans le but de réaliser une simulation en intégrant les mesures hydrologiques et météorologique récentes. Les mois où les précipitations sont les plus importantes sont mis à profit pour accumuler l'eau qui est restitué ultérieurement lors des mois les plus secs. La courbe que les gestionnaires tentent de suivre est de type sinusoïdale et prévoit un maximum de capacité au printemps, une diminution en été et en automne et une augmentation en hiver.

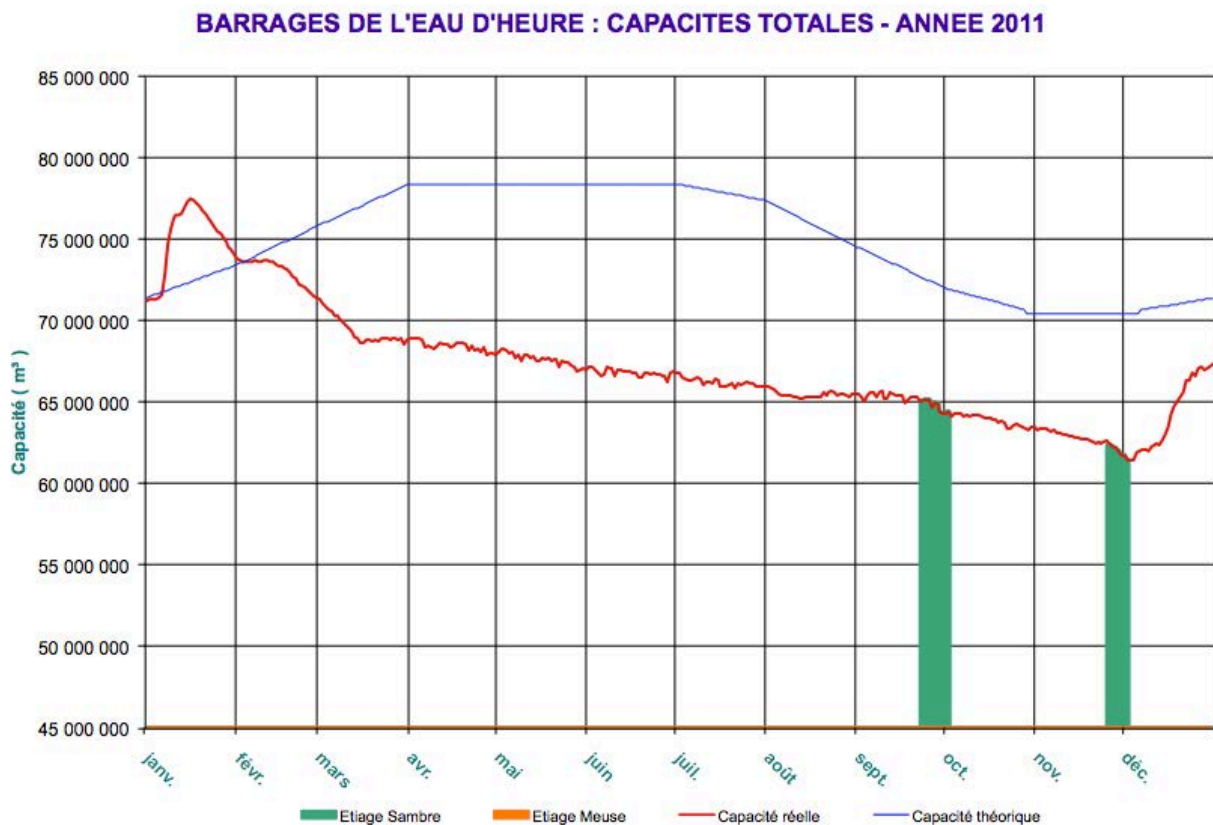


Figure 3 : Capacité totale des lacs de l'Eau d'Heure planifiées (en bleu) et effective (en rouge) pour l'année 2011 (Source : SPW DGO2 Direction de la gestion des barrages)

Le graphique ci-dessus présente la capacité totale théorique des lacs ou courbe de gestion (en bleu) ainsi que la capacité effective des lacs (en rouge). Signalons aussi la présence de deux périodes où des apports provenant du complexe des lacs de l'Eau d'Heure ont été nécessaires pour maintenir le débit de la Sambre (en vert). En 2011, on note un décrochage de la capacité

réelle par rapport à la courbe de gestion. Le niveau du lac de la Plate Taille a été diminué volontairement par restitution d'eau à la rivière « Eau d'Heure » afin de permettre la réalisation de travaux d'aménagements touristiques. Les faibles précipitations (Figure 4) tombées après la période de travaux n'ont pas permis d'assurer la recharge en eau des lacs. La saison a débuté avec un déficit de capacité qui a eu des répercussions sur l'ensemble de l'année 2011. Ce déficit de capacité a aussi eu un impact sur le projet en 2011 et 2012 notamment au niveau des placettes de végétalisation. Les conséquences de ce déficit en eau seront détaillées dans les prochains chapitres.

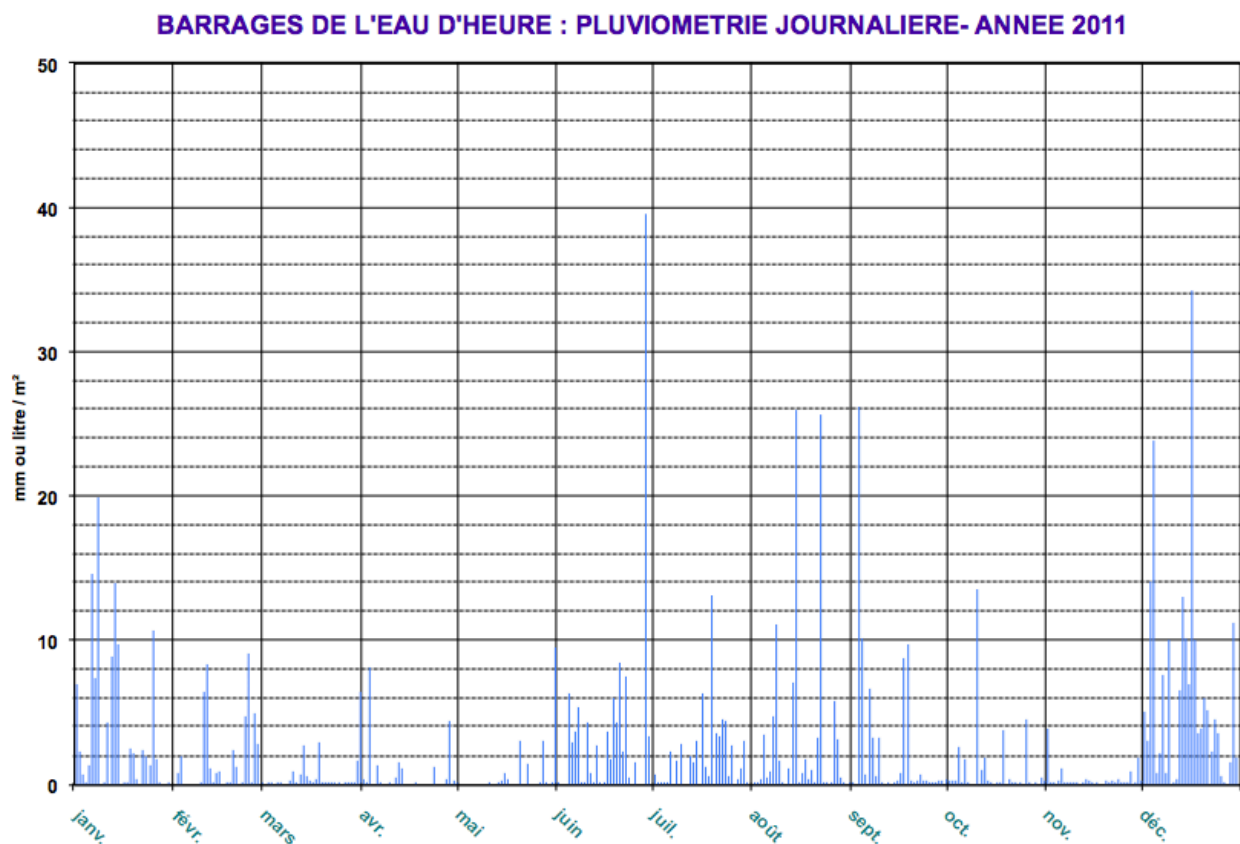


Figure 4 : Précipitations journalières mesurées à la Plate Taille durant l'année 2011.

En 2012, contrairement à la situation de 2011, la capacité réelle se rapproche très fort de la situation théorique. Les conditions météorologiques et hydrologiques ont permis de suivre le schéma de gestion.

BARRAGES DE L'EAU D'HEURE : CAPACITES TOTALES - ANNEE 2012

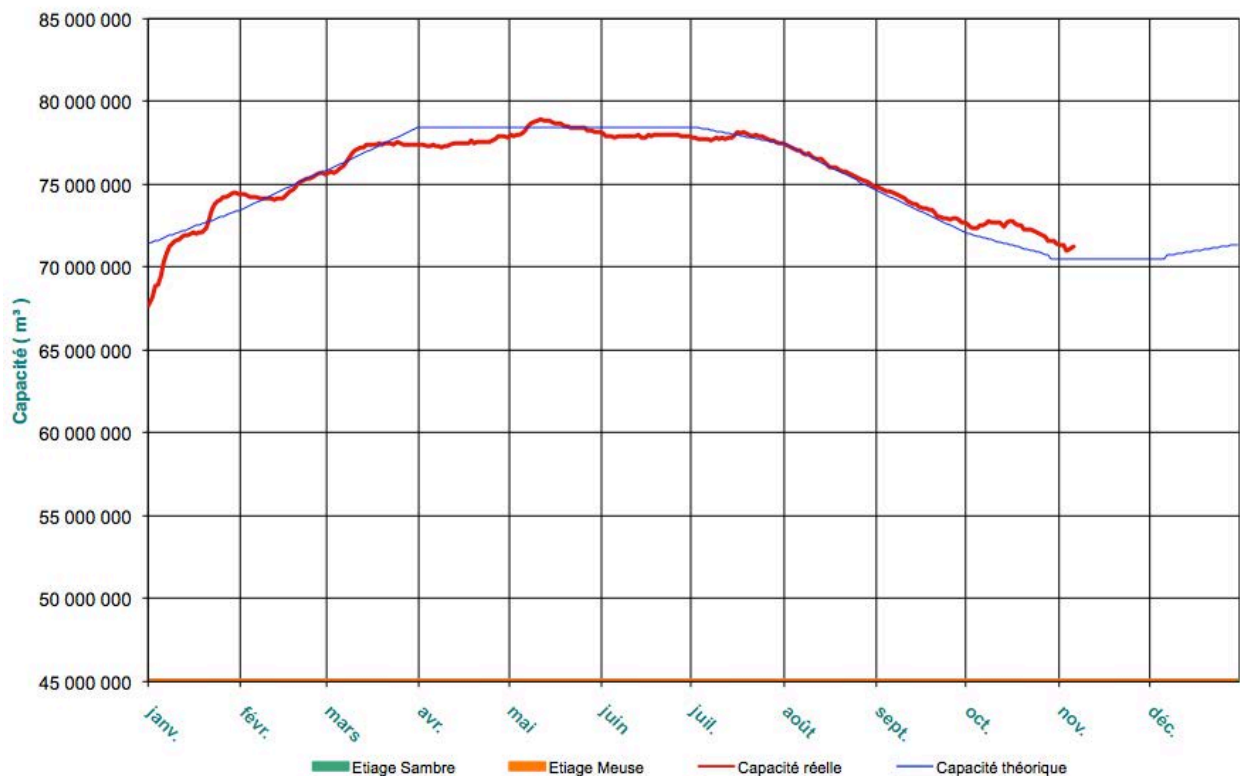


Figure 5 : Capacité totale des lacs de l'Eau d'Heure (en vert) et effective (en rouge) pour l'année 2012 (Source : SPW-DGO2 Direction de gestion des barrages)

2.4.2. Centrale hydroélectrique

Les variations journalières sont liées au cycle de pompage-turbinage associé à la production d'hydroélectricité. Les oscillations sont observées sur les lacs de la Plate Taille et de l'Eau d'Heure. Les fluctuations présentent une amplitude plus marquée sur le lac de l'Eau d'Heure en raison d'une taille plus restreinte que le lac de la Plate Taille.

L'énergie électrique est produite en journée pendant les heures de forte demande électrique. L'eau entraîne la turbine en passant du réservoir supérieur (Lac de la Plate Taille) au réservoir inférieur (Lac de l'Eau d'Heure). Afin de reconstituer la réserve d'énergie potentielle, l'eau est pompée du réservoir inférieur vers le réservoir supérieur durant la nuit pendant les heures creuses. Ce cycle cause un marnage quotidien d'environ deux mètres sur le lac de la Plate Taille et de cinq mètres sur le lac de l'Eau d'Heure.

Le niveau des lacs est suivi quotidiennement afin d'évaluer les volumes d'eau qui peuvent être turbinés quotidiennement. Les graphiques ci-dessous reprennent les niveaux des lacs de la Plate Taille et de l'Eau d'Heure pour les années 2011 et 2012.

BARRAGES DE L'EAU D'HEURE - NIVEAU DES LACS - ANNEE 2011

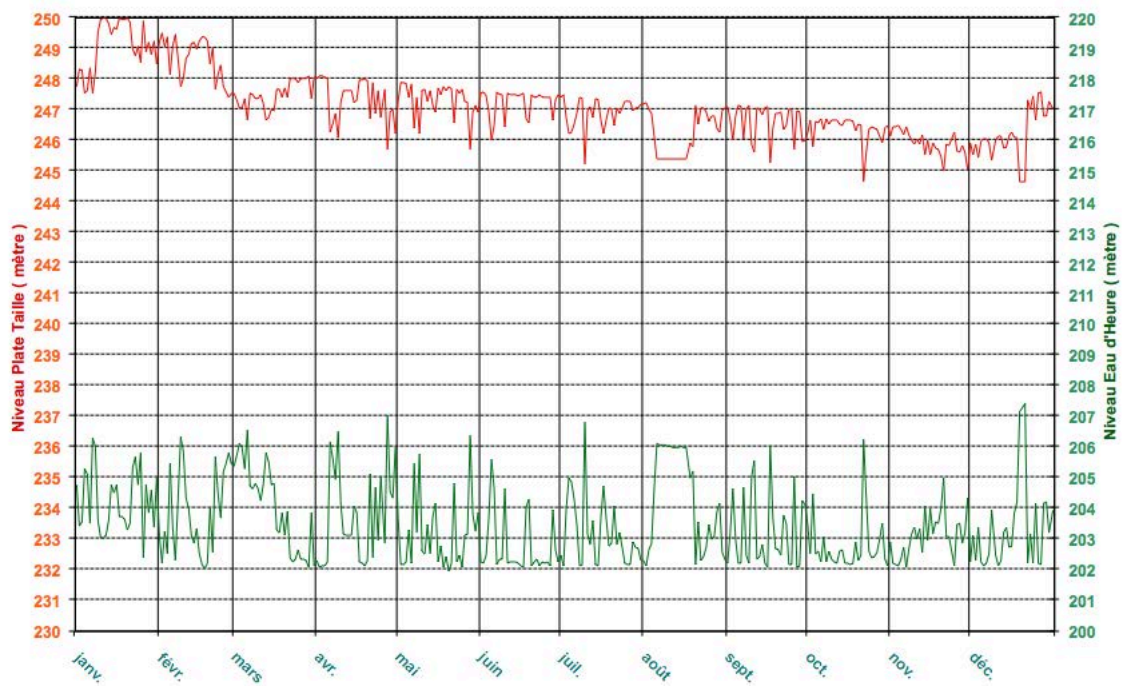


Figure 6 : Evolution annuelle de la hauteur d'eau pour les lacs de l'Eau d'Heure et de la Plate Taille en 2011.

BARRAGES DE L'EAU D'HEURE - NIVEAU DES LACS - ANNEE 2012

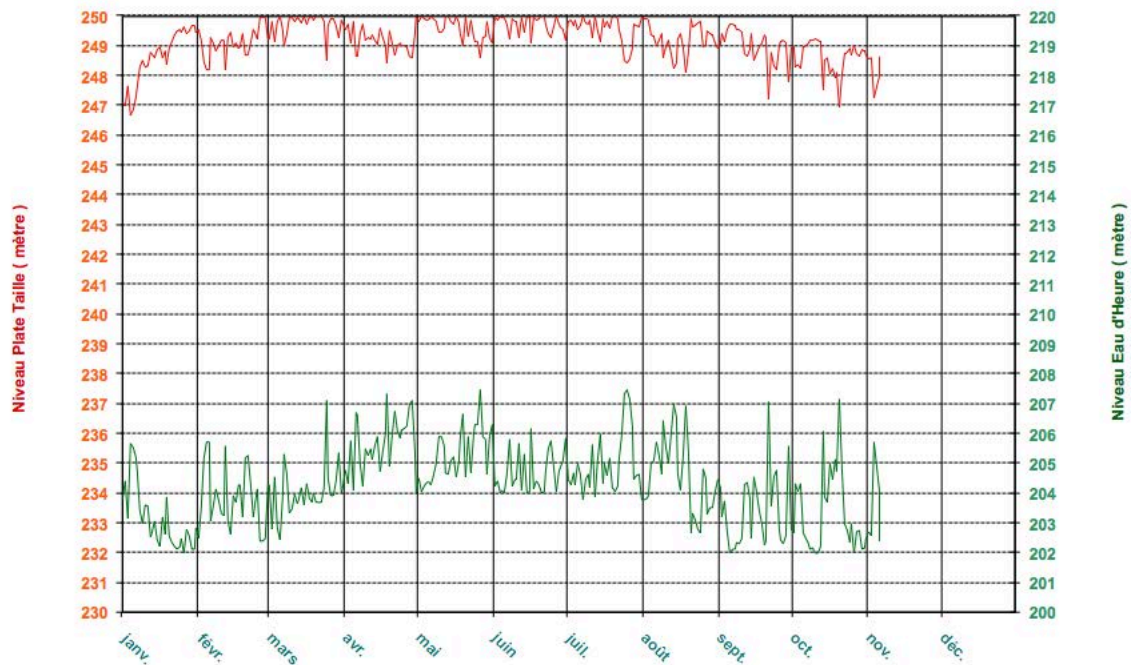


Figure 7 : Evolution annuelle de la hauteur d'eau des lacs de l'Eau d'Heure et de la Plate Taille en 2012.

Lac de la Plate Taille

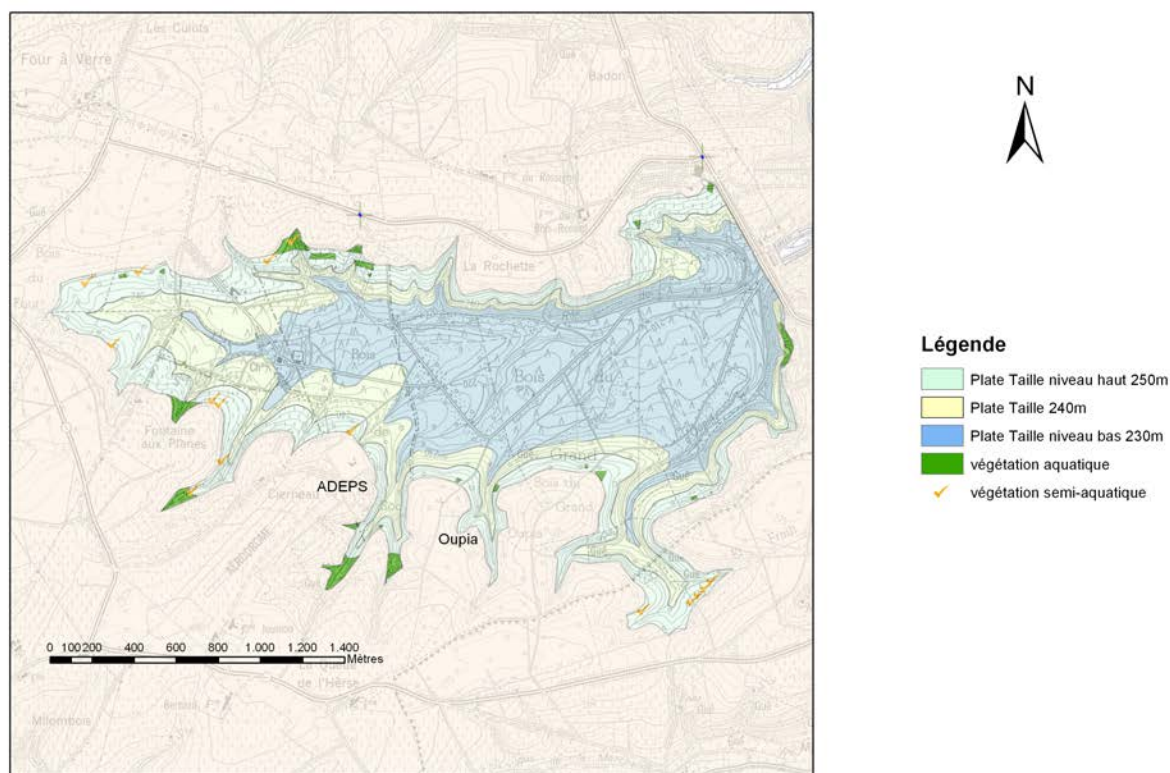


Figure 8 : Niveaux du lac de la Plate Taille et impact en terme d'emprises des variations de niveau entre le niveau haut (250 m) et le niveau bas (230 m). Le 12/04/2011 (pont brochet), la cote du lac était de 247,64 m à la même date en 2012, la cote du lac était de 249,38. En 2011, le niveau minimum est survenu le 22/10 : 244,66 m & niveau maximum le 11/01 : 249,99 m. En 2012, le niveau minimum est survenu le 4/01 : 246,68 m & niveau maximum le 20/06 : 250,01 m. (Source : SPW – DGO2)

2.5. Ecologie des lacs

2.5.1. Eutrophisation du milieu lacustre

L'intérêt porté à l'eutrophisation dans le cadre du présent projet s'explique par l'influence et les implications de celle-ci sur la gestion du projet. A titre d'exemple, l'eutrophisation va avoir un impact sur les populations piscicoles en place (WILLEMSSEN, 1980) et, par conséquent, sur les espèces susceptibles de se maintenir dans les lacs de l'Eau d'Heure, de s'y reproduire et d'utiliser les frayères artificielles et radeaux végétalisés. D'autre part, l'eutrophisation va aussi impacter les opérations de suivi rendues plus nombreuses en raison du développement d'algues et du colmatage des substrats artificiels disposés dans les lacs comme support de pontes.

Le bassin versant dans lequel s'inscrit le lac exerce une grande influence sur ce dernier. L'eau qui circule dans le bassin s'imprègne du milieu qu'elle traverse en se chargeant de substances dissoutes et de matière en suspension. La nature de celles-ci va dépendre de nombreux

paramètres tels que la composition des roches présentes au sein du bassin versant, le type d'occupation des sols, la nature des activités anthropiques qui y sont pratiquées... (BROWN, 2000) Ces matières aboutissent dans le lac, y forme des dépôts, enrichissent le stock de matières nutritives et agissent sur l'équilibre physico-chimique de l'eau.

L'eutrophisation d'un lac est un processus naturel engendrant une augmentation de la charge en matière organique et inorganique à un rythme suffisamment rapide pour augmenter sa production biologique et par voie de conséquence diminuer son volume. En d'autres termes, l'enrichissement d'un lac en nutriments accélère la prolifération et la dégradation des végétaux aquatiques qui en s'accumulant diminuent la profondeur du plan d'eau.

La séquence classique de successions des états trophiques d'un lac suit une progression unidirectionnelle, à savoir

- **Oligotrophe** : Le milieu est pauvre en nutriments et biologiquement improductif. L'eau est riche en oxygène.
- **Mésotrophe** : Etat de transition entre oligotrophe et eutrophe. Déficit relatif en oxygène.
- **Eutrophe** : Le milieu est riche en nutriments et biologiquement très productif. Déficit en oxygène en profondeur.
- **Hyper-eutrophe** : Conditions extrêmes du stade eutrophe. Déficit en oxygène dans toute la colonne d'eau.

L'évolution entre ces classes se fait, bien entendu, graduellement et l'on peut retrouver des états intermédiaires.

Le processus de vieillissement ou d'eutrophisation d'un lac à l'état naturel est un processus extrêmement lent. De ce fait, le passage de la condition oligotrophe à mésotrophe peut prendre plusieurs milliers d'années. Lorsque le lac atteint le stade mésotrophe, mis en évidence par des signes de désoxygénation, le processus de vieillissement s'accélère considérablement. Alors qu'il a fallu plusieurs milliers d'années pour passer du stade oligotrophe à mésotrophe, on parle de centaines d'années pour passer du stade eutrophe à hyper-eutrophe.

Cet enrichissement peut-être accéléré par des facteurs anthropiques, à titre d'exemple nous pourrions citer les apports allochtones d'origine urbaine et agricole. Ce phénomène provoque le dérèglement et la modification du biotope dominant conduisant à la diminution de la biodiversité et au développement de conditions d'anoxies.

Une eutrophisation accélérée par des impacts anthropiques (engrais, effluents de station d'épuration, modification du milieu physique) induira des perturbations. Le peuplement piscicole n'échappe pas à ces perturbations et la composition de l'ichtyofaune du lac évoluera concomitamment (WILLEMSSEN, 1980).

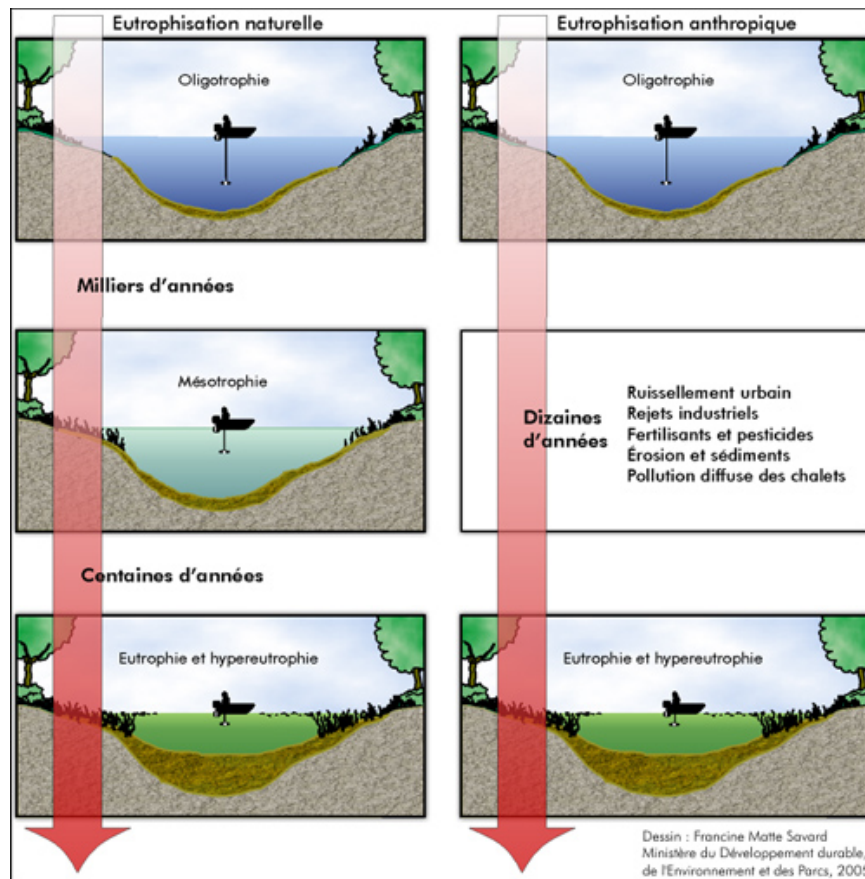


Figure 9 : Processus d'eutrophisation du milieu lacustre. Comparaison entre l'évolution naturelle et l'évolution d'un lac subissant une influence anthropique (Source : Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, 2005).

2.5.2. Mesure et évolution de l'eutrophisation

La qualité de l'eau des plans d'eau de l'Eau d'Heure, sous-entendu l'enrichissement de ceux-ci en matière organique, à des conséquences directes sur les aménagements mis en place dans le cadre du projet. Quatre facteurs clés permettent de déterminer la classification trophique d'un plan d'eau : le maximum et la moyenne annuelle de biomasse algale ($\mu\text{g Cha/l}$), le phosphore total (mg P/l) et la transparence de l'eau (Disque de Secchi).

Tableau 2 : Classes des niveaux trophiques des lacs avec les valeurs moyennes correspondantes de phosphore total, de chlorophylle a et de transparence de l'eau

Classes trophiques	Phosphore total (µg/l)	Chlorophylle a (µg/l)	Transparence (m)
Ultra-oligotrophe	< 4	< 1	> 12
Oligotrophe	4 - 10	1 - 3	12 - 5
Oligo- mésotrophe (Transition)	7 - 13	2,5 - 3,5	6 - 4
Mésotrophe	10 - 30	3 - 8	5 - 2,5
Méso-eutrophe (Transition)	20 - 35	6,5 - 10	3 - 2
Eutrophe	30 - 100	8 - 25	2,5 - 1
Hyper-eutrophe	> 100	> 25	< 1

2.5.2.1. Maximum et moyenne annuelle de biomasse algale

Un suivi régulier étant opéré par les Facultés Universitaires Notre Dame de la Paix de Namur sur le lac de la Plate Taille, les mesures des teneurs en chlorophylle a n'ont pas été réalisées dans le cadre du projet. D'après les mesures réalisées en 2002-2003 (IGRETEC, 2004), on note des valeurs faibles de biomasse planctonique de l'ordre de 3,2 µg Chl a l⁻¹ pratiquement durant toute l'année avec une dominance de diatomées. En début de saison, celles-ci représentent 80 % de la biomasse algale.

2.5.2.2. Le phosphore total

Le phosphore total n'a pas été mesuré dans le cadre du projet mais des mesures régulières de phosphates ont été réalisées et sont détaillée à la rubrique relative aux analyses de l'eau.

2.5.2.3. La transparence de l'eau

La transparence de l'eau est mesurée à l'aide d'un disque de Secchi, du nom de son inventeur. Ce disque mesure une vingtaine de centimètre de diamètre et est divisé en quatre quarts. Les quartiers sont, alternativement, noirs et blancs. Le disque est lesté et fixé au bout d'une corde.

La mesure consiste à descendre le disque jusqu'à sa disparition. L'opérateur relève la longueur de la corde. Ensuite, le disque est remonté et la longueur de la corde est notée lors de la réapparition du disque. L'indicateur de la transparence de l'eau est la mesure médiane entre ces deux mesures.

Afin de limiter l'erreur de mesure, plusieurs itérations sont réalisées et la moyenne des mesures est retenue.

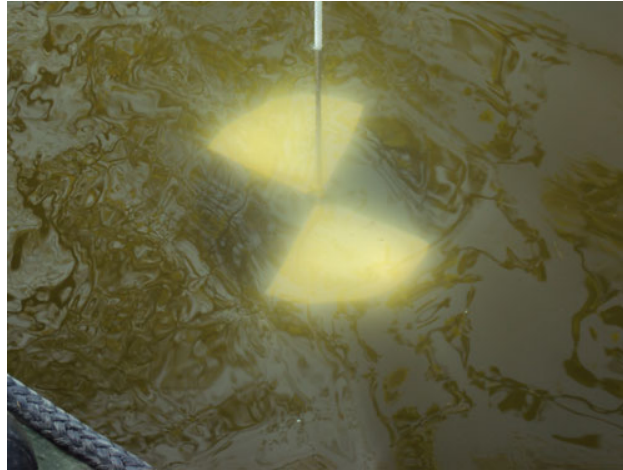


Figure 10 : Evaluation de la profondeur de Secchi (40 cm) dans le lac de Féronval en avril 2011.

La mesure de la transparence est une mesure de l'épaisseur de lame l'eau au sein de laquelle la lumière pénètre. Elle varie suivant la quantité de substances qui colorent ou troublent l'eau et constitue un reflet de la charge sédimentaire en suspension, de la biomasse algale, la quantité de planctons et microorganismes ainsi que l'importance des substances humiques colorées. Il s'agit donc d'une mesure indirecte de ces paramètres. La transparence permet d'estimer l'état trophique du lac.

Néanmoins, ce paramètre seul n'est pas suffisant. Dans certaines conditions particulières, la présence excessive de matières nutritives n'induit pas une diminution de la transparence. A titre d'exemple, la présence de mollusques s'alimentant du plancton contrecarre le bloom planctonique et masque la dégradation des conditions vers un état eutrophe. Dans le cas présent, la présence de populations de mollusques invasifs dans le lac de la Plate Taille exerce une forte pression sur le plancton limitant donc le développement de celui-ci qui pourrait influencer sur la transparence des eaux. Par conséquent, la transparence seule ne permet pas d'identifier l'état trophique du lac de la Plate Taille.

Des mesures ont été réalisées à l'aide d'un disque de Secchi. Ces mesures montrent des transparences dans les anses du lac de la Plate Taille de l'ordre de 4,5 à 5 mètres à quelques exceptions. Ces valeurs sont relativement proche de celles observées dans l'étude d'IGRETEC (2004) où des valeurs de 5,4 m de profondeur de Secchi sont citées. La zone photique estimée était de 11,3 m. On peut donc supposer que le développement de macrophytes est possible jusqu'à ces profondeurs. Des valeurs plus faibles de 2,5 à 3 mètres ont été relevé le 13 avril et le 1^{er} juin 2012. En comparant, ces valeurs avec le graphique de la pluviométrie, on constate que des précipitations plus importantes sont tombées dans les jours précédant la mesure.

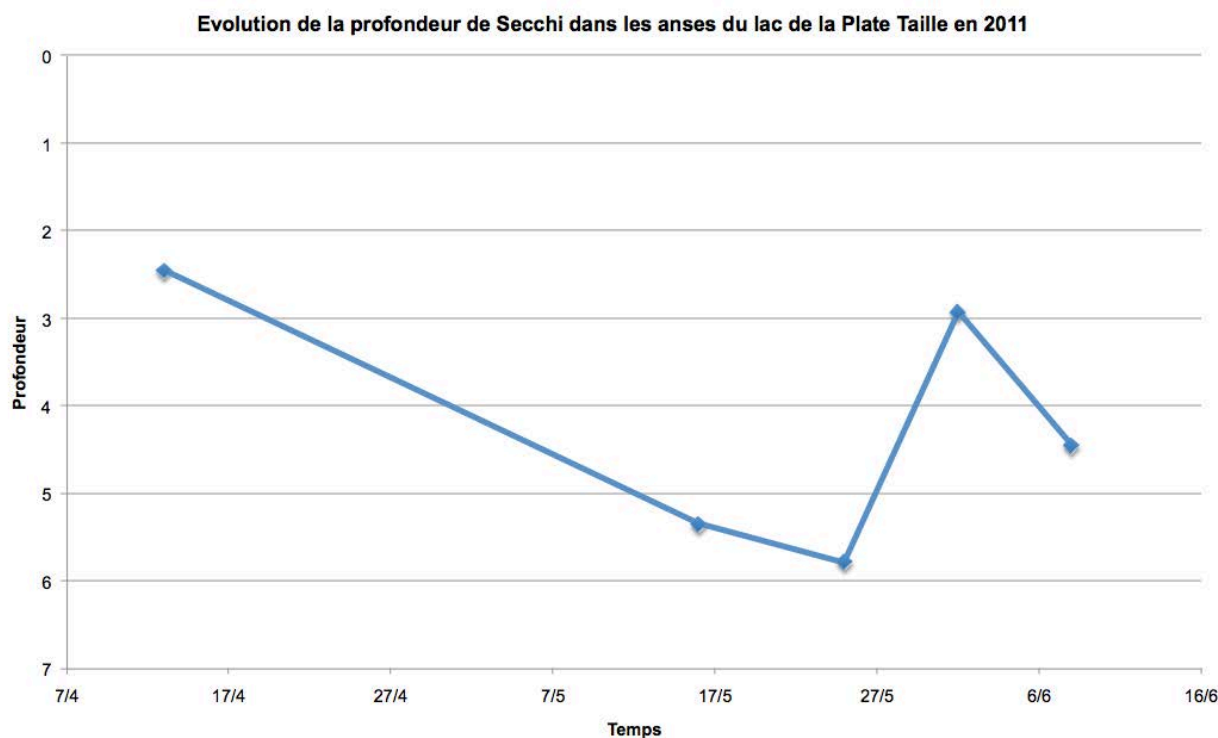


Figure 11 : Evolution de la transparence de l'eau (profondeur de Secchi) au lac de la Plate Taille en 2011.

2.5.3. Situation actuelle des lacs du complexe

Les lacs de l'Eau d'Heure font partie des masses d'eau les plus concernées par le phénomène d'eutrophisation en Wallonie. Ces derniers ont fait l'objet d'une étude approfondie en 2002-2004 destinée à définir un plan d'assainissement intégré des cinq plans d'eau. Il ressort de cette étude que le niveau d'eutrophisation le plus préoccupant concerne les pré-barrages de Féronval et de Falemprise. Les trois paramètres majeurs : la transparence de l'eau, la teneur en phosphore total et en chlorophylle a des plans d'eau ont été étudiés pour évaluer leur degré d'eutrophisation.

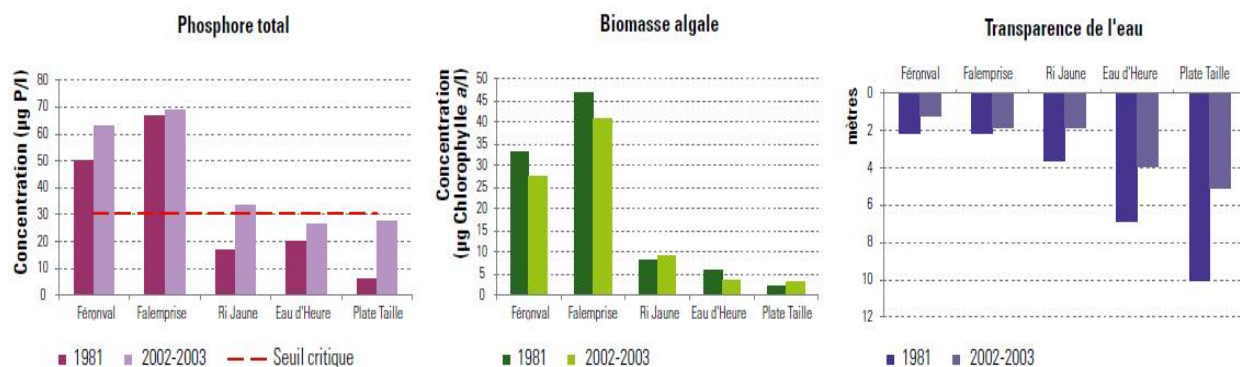


Figure 12 : Indicateurs d'eutrophisation des lacs de l'Eau d'Heure. Comparaisons entre 1981 et 2002-2003. (Sources FUNDP-URBO-GIREA ; ULg - Centre environnement)

L'accélération du phénomène d'eutrophisation des lacs du complexe de l'Eau d'Heure est due à un apport excessif de nutriments causé par les activités anthropiques dans les bassins versants. Ce phénomène est en partie enrayé par la mise en place de deux stations d'épuration, la station de Soumoy pouvant traiter 1.000 EH et celle de Cerfontaine de 5.000 EH mais une part des nutriments qui aboutissent dans les lacs est due aux apports diffus d'origine agricole qu'il est très difficile d'évaluer (IGRETEC, 2004).

Le stade d'eutrophisation des lacs du complexe de l'Eau d'Heure diffère d'un plan d'eau à l'autre et s'explique par l'accumulation de différents paramètres (occupation du sol des bassins versants, morphométries...) mais surtout par une disposition particulière des plans d'eau en cascade expliquant des états trophiques s'étalant du stade oligo-mésotrophe au stade eutrophe.

2.5.3.1. Eau d'Heure

Le lac de l'Eau d'Heure est principalement alimenté par les pré-barrages et ponctuellement par quelques petits ruisseaux. Les pré-barrages servant de décanteurs, l'eau du lac de l'Eau d'Heure a une qualité acceptable. Néanmoins, cette disposition des lacs a pour conséquence qu'un changement de qualité au niveau des pré-barrages aura inévitablement une répercussion sur le lac de l'Eau d'Heure. Le temps de renouvellement de l'eau est très court, le marnage étant plus conséquent sur le lac de l'Eau d'Heure en raison d'un volume moins important que le lac de la Plate Taille.

2.5.3.2. Plate Taille

Le lac de la Plate Taille présente la meilleure qualité d'eau des barrages de l'Eau d'Heure, celui-ci est classé comme oligo-mésotrophe. La qualité de ce milieu est due à l'accumulation de plusieurs phénomènes :

- Alimentation en eau exclusivement par pompage ce qui limite les apports extérieurs en matière organique
- Echange constant entre les deux barrages (cycle journalier de pompage turbinage de la centrale hydroélectrique) engendrant une bonne oxygénation et une homogénéisation de la colonne d'eau.

2.5.3.3. Pré-barrages

De manière générale, les pré-barrages situés en amont du barrage de l'Eau d'Heure jouent un rôle de "bassin de décantation". Les eaux issues des différents cours d'eau subissent donc une sédimentation provoquant une accumulation de la matière organique au niveau des lacs de pré-

barrages. On relève des taux de phosphore totaux très importants pouvant être supérieurs à une centaine de microgrammes par litre ou plus, une biomasse en phytoplancton ainsi que des développements de cyanobactéries potentiellement dangereuses à la santé. D'un point de vue piscicole, ces conditions sont susceptibles de conduire à des anoxies temporaires lors des périodes chaudes pouvant induire des mortalités parmi les poissons les plus sensibles (WILLEMSSEN, 1980).

2.6. Végétation aquatique

Les végétaux aquatiques en tant que producteurs primaires de la chaîne trophique constituent un maillon essentiel de l'écosystème. Associés aux conditions stationnelles locales, ceux-ci structurent les habitats qui leur sont associés. En intégrant de multiples facteurs et en réagissant finement aux conditions du milieu et à leurs variations, les espèces végétales constituent d'excellents descripteurs biologiques du fonctionnement des hydrosystèmes (JEPPESEN, 1998)

De plus, de nombreuses relations existent entre la végétation aquatique et les poissons dont, notamment, le brochet (*Esox Lucius*) (GRIMM & BACKX, 1990 ; GRIMM & KLINGE, 1996). Tout d'abord, la végétation représente une composante structurale de l'habitat qui joue un rôle dans la distribution des poissons en constituant des abris ou des refuges pour les poissons-proies mais également dans certains cas des sites de frayères où les œufs peuvent être fixés et les alevins protégés après l'éclosion. Par contre, la structure dense de certains appareils végétatifs peut représenter des milieux hostiles, du fait de la difficulté pour les poissons d'entrer dans les herbiers. Enfin, les poissons peuvent aussi influencer sur le développement du phytoplancton en ingérant, à titre d'exemple, le zooplacton réduisant de ce fait la prédation exercée par ce dernier et favorisant le développement phytoplanctonique (JEPPESEN et al., 2000).

Le suivi de la végétation hydrophitique du barrage de la Plate Taille a pour but de décrire la végétation immergée du barrage de la Plate Taille du point de vue qualitatif (nombre d'espèces présentes, répartition) et quantitatif (abondance relative des différentes espèces, surface colonisée et abondance de la végétation macrophytique) ainsi que d'analyser l'évolution de la composition spécifique et des stades phénologiques pour évaluer la disponibilité de la végétation macrophytique aux différentes périodes de reproduction des espèces phytophiles peuplant les lacs.

La répartition des plantes au sein des écosystèmes aquatiques n'est pas le fruit du hasard mais résulte de l'association de différentes espèces présentant les mêmes exigences écologiques. Dès

lors, l'association végétale qui constitue l'unité de base en phytosociologie reflète l'expression d'un ensemble de caractéristiques écologiques.

Dans les écosystèmes d'eau dormante, trois zones se différencient nettement par la nature et la taille des peuplements végétaux :

- La zone littorale colonisée par des peuplements macrophytiques disposés en ceintures plus ou moins nettes,
- La zone pélagique, exposée à l'ensoleillement, elle est le domaine de développement du phytoplancton,
- La zone profonde, obscure, il n'y subsiste qu'une flore achlorique (bactéries et champignon) et quelques cyanophycées.

La zone littorale, faisant l'objet du suivi de végétation, abrite différents types biologiques de végétaux définis suivant leur position par rapport à la surface et répartis en une distribution plus ou moins concentrique (ceintures végétales) en fonction de la profondeur.

On distingue quatre groupes biologiques majeurs au sein des macrophytes. Les caractéristiques de chaque groupe sont reprises ci-dessous.

Les amphiphytes ou hélrophytes : ces plantes amphibies se développent avec leur base immergée et le développement des parties reproductrices nécessite le contact avec l'atmosphère (sous forme aquatique, elles sont stériles). Parmi ces espèces, on distingue communément de l'extérieur vers l'intérieur du plan d'eau : *Phragmites communis*, *Typha sp.*, *Equisetum limosum*, *Scirpus lacustris*. C'est parmi ces hélrophytes qu'une sélection a été réalisée pour végétaliser les radeaux.



Figure 13 : Quelques exemples d'hélrophytes implantés sur un radeau végétalisé.

Les hydrophytes fixées à feuilles flottantes affleurantes : ces plantes possèdent un appareil racinaire, leurs parties végétatives traversent la colonne d'eau par les tiges ou les pétioles et viennent s'étaler en surface de l'eau (feuilles). Parmi ces espèces, on distingue : *Nuphar lutea*, *Nymphaea alba*, *Potamogeton natans*, *Polygonum amphibium*...

Les hydrophytes fixées radicants : ces plantes sont totalement immergées et développent leurs parties végétatives au sein de la masse d'eau sans contact avec l'atmosphère. Parmi ce groupe, certaines espèces forment de véritables prairies sur le fond des plans d'eau : *Elodea canadensis*, *Potamogeton densus*, *Hippuris vulgaris*...



Figure 14 : Exemple d'hydrophytes fixées radicants, herbier de potamot luisant (*Potamogeton lucens*) dans le lac de la Plate Taille.

Les hydrophytes libres ou pleustophytes : ces plantes ne possèdent aucun système de fixation sur le substrat et peuvent être soit flottantes comme les lemnacées (*Salvinia natans*, *Azolla sp.*), soit nageantes en plein eau comme *Utricularia sp.*

2.6.1. Impact du marnage sur la végétation aquatique (TOMSON & al. 2009)

Les plantes aquatiques sont des végétaux dont les parties utiles pour la photosynthèse se trouvent en permanence ou au moins durant plusieurs mois de l'année sous l'eau, à moins qu'elles ne flottent à la surface. Elles n'appartiennent pas à un groupe taxonomique distinct mais forment plutôt une collection de plusieurs taxons de plantes. Le terme de « macrophytes aquatiques » est communément employé pour toutes les formes macroscopiques de la végétation aquatique. Il inclut les algues macroscopiques, quelques fougères et mousses et beaucoup de plantes à fleurs (angiospermes) (WETZEL, 1973).

La végétation aquatique, quelle que soit les formes et les dimensions qu'elle revêt, est un élément indispensable dans tout écosystème aquatique. A ce titre, elle remplit de nombreux rôles.

2.6.1.1. Rôle physico-chimique

Les macrophytes affectent fortement l'environnement physique de l'eau. A l'intérieur de massifs de plantes aquatiques, l'intensité de la lumière décroît rapidement avec la profondeur, bien que

de grandes différences existent dans le degré d'atténuation de la lumière entre les espèces (TITUS & ADAMS, 1979). La température diffère également entre ces zones couvertes de plantes et les sites d'eau libre. Le gradient vertical de température au sein de la végétation peut être très prononcé, si bien qu'il y a de grandes différences entre la température de surface et la couche d'eau juste au-dessus des sédiments (CARPENTER & LODGE, 1986).

Les macrophytes aquatiques changent les propriétés minérales de l'eau. Par le fait que les plantes vertes produisent de l'oxygène, elles contribuent à la régulation de la concentration en oxygène de l'eau. POKORNY & REJMANKOVA (1983) ont mesuré une production nette d'oxygène jusqu'à 5.7 mg/l/jour dans de petits étangs à poissons avec des couvertures denses de *Ceratophyllum demersum*.

D'un autre côté, les macrophytes aquatiques peuvent indirectement causer une déplétion en oxygène. La respiration, non compensée par la production d'oxygène durant la nuit, et la mort des macrophytes, consomment directement l'oxygène de l'eau. Habituellement, la majorité des sénescences se produit en automne, lorsque la température de l'eau est basse et que la demande en oxygène des invertébrés et des poissons est faible. Cependant, dans des circonstances anormales, spécialement dans des eaux eutrophes, chaudes, peu profondes et stagnantes, de grandes quantités d'oxygène sont soustraites à la colonne d'eau (CARPENTER & GREENLEE, 1981).

Les teneurs en gaz carbonique et en bicarbonates dans l'eau sont affectées par la fixation du carbone par les végétaux aquatiques. Il en résulte une élévation du pH. Des cycles journaliers importants de l'oxygène, du pH, des carbonates et bicarbonates sont ainsi observés lors des périodes de végétation importante. Les concentrations en oxygène sont maximales en fin de journée (19 h) et minimales en fin de nuit (6 h), pouvant varier de 25 mg/l à 3 mg/l sur un cycle de 24 heures dans des milieux très chargés en phytoplancton.

Les macrophytes enracinés, submergés et ceux présentant des feuilles flottantes forment un lien vivant entre les sédiments et la colonne d'eau. Les nutriments peuvent être transportés depuis les sédiments jusqu'à l'eau : les plantes à feuilles flottantes comme *Nymphaea spp* et *Nuphar lutea* peuvent potentiellement fonctionner comme une importante pompe à azote et phosphore (BROCK et al., 1983). De plus, tous les macrophytes aquatiques peuvent aussi agir comme un puits et immobiliser les nutriments (HOWARD-WILLIAMS, 1981). Ainsi, ces macrophytes ont une position centrale dans le processus de recyclage des nutriments dans les écosystèmes aquatiques. Selon

divers auteurs (SYMOENS et al., 1982), les populations de végétaux vasculaires peuvent contenir 0,2 à 16 % de l'azote et 1 à 37 % du phosphore des apports annuels.

2.6.1.2. Rôle biologique

Les végétaux constituent l'élément de base des chaînes alimentaires des biocénoses aquatiques. La production de matière première organique à partir de substances dissoutes dans l'eau est l'expression de la synthèse du vivant à partir des composés élémentaires.

Les animaux sont intimement liés à la présence de peuplements végétaux au sein du milieu aquatique. Les plantes leur procurent non seulement de la nourriture mais également des supports et des abris.

La densité des peuplements de macro-invertébrés augmente considérablement en présence de végétaux. GAUDET (1974) signale en Angleterre que dans les rivières à fond caillouteux la densité des organismes est de 3 à $4 \cdot 10^3/m^2$ alors que dans les mousses et autres végétaux elle peut atteindre $40 \cdot 10^4/m^2$.

La présence de plantes contribue à l'augmentation de la surface d'accueil potentielle du milieu pour la faune benthique : à 1 m² de sédiment peuvent, selon la nature de la végétation, correspondre plus de 20 m² de surface foliaire. Les végétaux servent en outre de lieux de ponte et de frayère pour invertébrés et poissons. Ils sont utilisés également en tant que matériaux de construction pour les fourreaux larvaires de certains trichoptères ou les cocons de nymphoses de certains lépidoptères.

Les végétaux peuvent être consommés directement par les organismes phytophages ou indirectement par des prédateurs du deuxième ou troisième ordre. Les algues planctoniques ou benthiques servent de nourriture à tous les alevins et à quelques poissons adultes (hotu, gardon, corégone). Leurs principaux consommateurs sont les petits invertébrés (rotifères, cladocères, copépodes) qui constituent la masse essentielle de la chaîne alimentaire des poissons. Certaines espèces de poissons (brèmes, carpes, cyprinidés asiatiques) sont herbivores et consomment feuilles ou tiges de phanérogames. Les mollusques, les crustacés et les larves d'insectes se nourrissent des plantes aquatiques.

2.6.1.3. Rôle mécanique

La végétation dense favorise la sédimentation des particules en suspension. (DAWSON et al., 1978). Les sédiments déposés peuvent être ultérieurement fixés, les plantes s'y installent et les stabilisent. Racines et rhizomes consolident efficacement des bancs de matériaux fins qui, dans des conditions normales d'écoulement, seraient entraînés vers l'aval.

En bordure des eaux stagnantes, les hélophytes s'opposent à l'action érosive des vagues à la fois en les affaiblissant et en fixant les éléments du substrat (WETZEL & HOUGH, 1973).

Les variations du niveau de l'eau constituent une force dominante qui influence grandement la distribution, la composition et la biomasse des zones humides riveraines (HUDON et al., 2005). D'un point de vue purement végétal, les variations du niveau d'eau représentent un facteur dommageable pour la dynamique de colonisation des zones de retenue, tant au point de vue de la diversité que de l'abondance des végétaux. Ainsi, la végétation peut avoir difficile à s'implanter et à former une couverture homogène et protectrice, ce qui augmente la sensibilité des berges à l'érosion et les rend inhospitalières vis-à-vis de la faune (FRAISSE, 1999). De plus, un fort marnage provoque en période hivernale, l'émergence des rhizomes de plantes d'herbiers tels que *Polygonum amphibium*, *Nuphar variegatum*, *Brasenia schreberi* et *Sparganium sp.* Ces derniers, non protégés par la couche d'eau, gèlent et voient leur croissance ralentie au printemps. Le mécanisme de création de grands herbiers est ainsi altéré. Les jeunes pousses sont particulièrement vulnérables aux changements de niveau d'eau qui peuvent les placer en eaux trop profondes ou boueuses, ce qui les empêche donc d'avoir accès à une quantité suffisante de lumière. Elles peuvent aussi se retrouver en eaux peu profondes et ainsi être exposées à la turbulence, la dessiccation ou encore à l'enfouissement sous les sédiments (SMART et DICK 1999).

Une des conséquences majeures du marnage sur la flore semble se situer au niveau de la composition des communautés. Selon une étude française, le développement végétal serait freiné lorsque la période d'émergence coïncide avec la période hivernale. En effet, cela obligerait parfois les végétaux à boucler leur cycle phénologique à contre-saison, c'est-à-dire en hiver (FRAISSE, 1999). De ce fait, une sélection des espèces capables de subsister et de boucler leur cycle vital dans de telles conditions est inévitable, aux dépens d'autres espèces végétales moins adaptées à ces changements de niveau de l'eau. Par exemple, le marnage imposerait, pour la portion la plus immergée des berges, une pression sélective importante favorisant les espèces fortement tolérantes et résilientes, comme *Polygonum spp.*, *Leersia* et les algues filamenteuses

(HUDON, 1997). Dans l'éventualité où aucune espèce fortement tolérante ne se retrouve à proximité, une berge soumise à un marnage sévère se dénudera et deviendra stérile. Il en résultera une destruction des biotopes amphibies et pérennes, soit les zones de frayères pour le poisson, ainsi que les zones de couvert et de nourriture pour l'avifaune et la faune terrestre (FRAISSE, 1999).

Cependant, il est important de mentionner que des changements dans le niveau d'eau n'ont pas seulement des effets négatifs. Il est normal que le niveau d'un lac varie légèrement selon la période de l'année et les conditions climatiques. Un niveau d'eau trop stable pourrait réduire l'hétérogénéité du milieu, diminuant ainsi la biodiversité en plus d'augmenter les chances que des plantes terrestres envahissent l'espace (HAWES, 2003). En fait, il semble que la biodiversité en général soit corrélée avec un niveau de perturbation modéré. Un niveau de perturbation « intermédiaire » correspond à un maximum de biodiversité alors que l'absence ou de trop fortes perturbations correspondent à une faible biodiversité. Le niveau optimal de perturbation est variable et dépend de plusieurs facteurs, comme de sa nature (vague, courant, vent, température, etc.), de la géomorphologie du milieu (lac, marais, montagnes, etc), mais surtout des espèces animales et végétales présentes.

2.6.2. Inventaire des hydrophytes, matériel et méthode

Dans son rapport, TOMSON et al. (2009) détaille précisément la végétation présente en zone littorale. L'inventaire est exhaustif mais pour des raisons pratiques liées au projet, ce dernier a été mené durant six journées en juillet et en août après la saison de reproduction des principales espèces présentes dans le lac. En effet, faute de temps, les observations s'étaient essentiellement focalisées sur les frayères artificielles flottantes. Dans ce contexte, il a été imaginé de réaliser un inventaire portant sur l'évolution temporelle de la disponibilité des macrophytes comme support de ponte.

Pour réaliser cet inventaire, la zone littorale du barrage de la Plate Taille a été parcourue en bateau afin de répertorier les zones colonisées par la végétation hydrophytique et déterminer les espèces présentes, soit depuis la surface par observation directe, soit par prélèvement de la végétation au moyen d'un grappin.

Néanmoins, les niveaux d'eau observés en 2011 sont fort différents de ceux de 2009 impliquant des changements visibles dans les populations de macrophytes. A titre d'exemple, les herbiers de potamots étaient exondés rendant problématique l'inventaire et l'identification des plants.



Figure 15 : Herbier de potamot luisant mis à sec sur le lac de la Plate Taille.



Figure 16 : Elodées mises à sec sur le lac de la Plate Taille.

La détermination des espèces prélevées a été réalisée à la Maison wallonne de la pêche asbl en s'appuyant sur deux ouvrages (LAMBINON et al., 2004 ; DETHIOUX, 1989).

2.6.3. Résultats

Le paragraphe suivant résume les observations réalisées lors du suivi de croissance de la végétation macrophytique immergée dans la zone d'étude. Celle-ci couvre l'ensemble du périmètre du lac de la Plate Taille à l'exception de la rive est formée par le barrage et exempte de végétation.

Sur les zones littorales exondées par le marnage, la reprise la plus précoce concerne les plants de *Potamogeton lucens* que l'on retrouve dès le 27 avril 2011. Le développement de cette espèce de potamot est très localisé sur quelques spots au sein du lac de la Plate Taille. Le principal herbier se situe à la pointe de la crique des Cabiniers. D'autres herbiers de moins grande ampleur ont été recensés au niveau de la anse de la Fontaine aux Planes. Une autre espèce de potamot est aussi présente le potamot pectiné (*Potamogeton pectinatus*). Cette espèce est présente dans de nombreux sites principalement localisés sur la partie Est de la rive Nord du lac. Cette espèce a été observée plus tardivement mais le stade de croissance étant plus avancé, on peut supposer que le début du développement est survenu approximativement à la même période que le *Potamogeton lucens*. Le potamot pectiné est systématiquement en compétition avec *Elodea nuttallii*. Seul quelques plants généralement groupés arrivent localement à supplanter le tapis d'élodées.



Figure 17 : Herbier de potamot pectiné.



Figure 18 : Alevins de perches dans un herbier de potamot luisant.

Au niveau chronologique, les pontes de brochets ont été observées entre le 12 et le 20 avril 2011 et les pontes de gardons ont débutées le 24 mai 2011. Il apparaît donc que les hydrophytes ne sont pas encore présentes dans le lac de la Plate Taille pour servir de supports de pontes pour les géniteurs de brochets. Par contre, les gardons se reproduisent près d'un mois après l'apparition des *Potamogeton lucens* que l'on retrouve dans le lac à partir du 27 avril 2011. Au niveau chronologique, ces herbiers sont vraisemblablement disponibles pour accueillir les pontes de gardons. Cette hypothèse a été confirmée par l'observation d'œufs de gardons déposés dans un herbiers de potamots pectinés (*Potamogeton pectinatus*) le 9 juin 2011. Cette herbier est localisé à l'ouest de la anse de la Fontaine aux Planes le long de la berge sud du lac (Figure 8).



Figure 19 & 20 : Présence d'œufs de gardon sur dans un herbier de potamot pectiné (*Potamogeton pectinatus*) situé au niveau de la anse de la Fontaine aux Planes dans le lac de la Plate Taille le 9 juin 2011.

D'autres espèces tels que l'*Elodea nutalii* se développent plus tardivement dans le lac. On observe les premiers plants d'*Elodea sp.* à partir du 23 juin 2011. Ces plantes ne sont donc pas disponibles pour assurer un support de pontes aux brochets ni aux gardons. En outre, ces espèces

ayant un caractère invasif tentent à supplanter les espèces indigènes. Or ces dernières sont les seules qui, grâce à leur développement davantage précoce au cours de la saison, pourraient être utilisées comme support de pontes par certaines espèces phytophiles. On assiste à une véritable colonisation du lac par les élodées. *Elodea canadensis* et *Elodea nuttallii* forme de vastes herbiers qui ceignent véritablement le lac de la Plate Taille. Ces espèces sont largement dominantes et couvrent presque la totalité de la zone littorale entre les cotes DNG ($\pm 245 - 242$ m), hormis dans certaines anses de la rive sud où elles sont présentes de manière plus aléatoire (anse des Oupia et crique des Cabiniers).



Figure 21 : Herbier d'élodées envahissant la zone littorale du lac de la Plate Taille et formant une véritable ceinture.

Les autres hydrophytes rencontrées telles que le *Myriophyllum spicatum*, *Callitriche hamulata* et *Callitriche palustris* sont présentes de manière localisée sur le lac de la Plate Taille. TOMSON et al. (2009) signalait aussi la présence de *Potamogeton crispus*, *Potamogeton perfoliatus*, *Potamogeton obtusifolius*, *Ranunculus circinatus* et *Zannichellia palustris* subsp. *palustris*.



Figure 22 : *Myriophyllum spicatum* prélevé dans le lac de la Plate Taille.

Le *Myriophyllum spicatum* a été uniquement observé dans la partie est du lac. Celui-ci se trouve systématiquement en compétition avec *Elodea nuttallii*. Les relevés ont permis d'identifier les Callitriches dans le fond de la anse de la Fontaine aux Planes.

Les conditions exceptionnelles de 2011, une pluviométrie extrêmement faible au printemps et la diminution du niveau du lac pour la réalisation d'aménagements touristiques, pourraient expliquer que certaines espèces identifiées en 2009 n'aient pas été observées en 2011. En effet, le maintien du niveau d'eau du lac à une côte inférieure induit la mise à sec d'une frange importante de la berge alors que ces zones étaient immergées en 2009 permettant ainsi la croissance des hydrophytes. Ces conditions particulières ont permis d'observer aisément des zones rarement exondées durant le printemps mais a vraisemblablement provoqué des mortalités ou l'absence de croissance parmi certaines populations d'hydrophytes.



Figure 23 : Zone exondée dans la crique des Cabiniers sur le lac de la Plate Taille.



Figure 24 : Zone exondée de la anse de la Fontaine aux Planes.

L'inventaire de la zone photique réalisé sur le lac de la Plate Taille a permis d'observer sept espèces d'hydrophytes en 2011. Les seules espèces disponibles pour la reproduction de certaines espèces de poissons phytophiles semblent être le *Potamogeton lucens* et le *Potamogeton pectinatus*. Au vu de l'envahissement des potamots par les élodées, il serait intéressant, d'un point de vue piscicole, de mettre en place une gestion de ces élodées de manière à permettre le développement et d'améliorer la distribution des herbiers de potamots.

Certaines algues ont aussi été identifiées lors des inventaires menés sur le lac à savoir *Chara sp.* et *Spirogira sp.*

Une monographie des espèces d'hydrophytes observées est disponible à l'ANNEXE A.

2.7. Les macro-invertébrés

2.7.1. Impact du marnage sur les macro-invertébrés (TOMSON et al., 2009)

Visibles à l'œil nu, les macro-invertébrés regroupent tous les animaux qui n'ont pas de squelette d'os ou de cartilage. Les macro-invertébrés benthiques vivent au fond des ruisseaux, rivières, lacs ou marais. Ils englobent les insectes, crustacés, mollusques, sangsues, vers, acariens et autres. Ces groupes sont d'une importance capitale dans l'écosystème d'un lac puisqu'ils dégradent la matière organique, mangent des algues et surtout, sont la base de l'alimentation pour une multitude d'espèces de poissons. Plusieurs études démontrent que la biodiversité des macro-invertébrés est un bon indicateur de la santé d'un lac ou d'une rivière. Cet indicateur est utilisé notamment dans le cadre de la Directive Cadre Eau dans l'évaluation de la qualité des écosystèmes aquatiques. Pour évaluer la qualité de l'eau, la richesse spécifique en groupes d'éphémères (éphéméroptères), de perles (plécoptères) et de phryganes (trichoptères) est souvent utilisée comme critère de qualité de l'habitat : plus un cours d'eau est riche en espèces correspondantes, meilleur est son état (GÖGGLE, 2006).

Les organismes benthiques de la zone littorale sont évidemment grandement influencés par les changements du niveau d'eau. En fait, le maintien des communautés prolifiques de macro-invertébrés dépend non seulement de la bonne qualité de l'eau, mais aussi des caractéristiques morphologiques naturelles du plan d'eau. Une baisse importante du niveau d'eau expose de larges zones de sédiments littoraux à l'action des vagues et du vent, ce qui peut entraîner une augmentation de l'érosion des sédiments, une perte de matières organiques, une perte de macrophytes et une dégradation de la qualité et de la structure de l'habitat. Par exemple, la réduction des lits de macrophytes dans les zones de bas niveau d'eau pourrait réduire la complexité de l'habitat (i.e., aire de surface, accessibilité de la niche) et donc l'abondance des macro-invertébrés benthiques pourrait y être plus réduite que dans les zones naturelles, où les densités de macrophytes sont importantes (FUREY et al., 2006). Les stades de développement de beaucoup d'espèces sont, par exemple, liés à la présence d'interstices dans le substrat. Si, à cause du marnage, l'érosion des berges dénudées s'accroît, ces interstices seront vraisemblablement colmatés, ce qui peut provoquer la perte de biotopes pour certaines espèces.

Pour passer du stade larvaire au stade adulte, plusieurs espèces ont besoin de structures bien ancrées sur les rives comme des plantes, des souches d'arbres morts ou encore des blocs rocheux (GÖGGLE, 2006). La variation du niveau de l'eau, en plus de nuire au développement d'une de ces structures (soit les plantes), peut réduire leur accessibilité et donc nuire au développement

des macro-invertébrés. De plus, comme les macro-invertébrés sont sensibles au gel et à la dessiccation par l'air, une baisse subite du niveau de l'eau peut avoir de sérieux impacts sur la survie des larves d'insectes et des autres invertébrés pendant la saison hivernale. Enfin, une baisse du niveau d'eau peut entraîner un manque d'oxygène dissous dans l'eau et des problèmes d'abrasion des berges, favorisant ainsi l'eutrophisation du lac.

Enfin, les invertébrés benthiques tendent à être sensibles à la diminution du niveau de l'eau car ils sont sessiles ou lents à se déplacer et donc vulnérables à la dessiccation si le niveau d'eau décline rapidement (BAIN & MILLS, 2004).

2.7.2. Inventaire qualitatif des macro-invertébrés, matériel et méthode

Après maturation et éclosion des œufs, afin d'éviter de provoquer des mortalités au sein des alevins lors des entretiens et décolmatages des substrats artificiels, un troubleau en inox d'un diamètre de 300 mm et équipé d'un filet de 500 microns et d'une profondeur de 600 mm est passé sur les frayères pour vérifier la présence ou l'absence d'alevins. En présence d'alevins, aucune action de décolmatage n'est entreprise. Ce système a permis de mettre en évidence la présence et la croissance des alevins mais aussi de récolter diverses espèces de macro-invertébrés. Il ne s'agit donc pas ici d'un inventaire exhaustif visant à définir une classe de qualité pour le plan d'eau mais de relevés ponctuels permettant, d'une part, de se rendre compte que le substrat artificiel est véritablement colonisé par les macro-invertébrés et, d'autre part, du véritable rôle de création d'habitat que jouent les frayères et les radeaux et d'identifier des proies potentielles pour les poissons en devenir.



Figure 25 : Plancton se développant dans le chevelu racinaire sous les radeaux végétalisés.

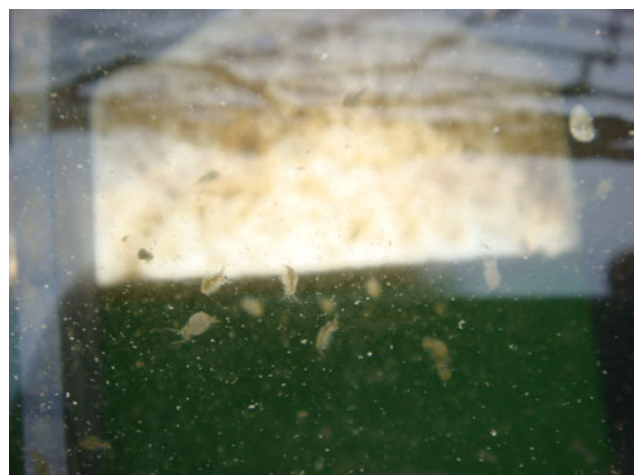


Figure 26 : Plancton présent sous les radeaux végétalisés.

Au niveau des radeaux végétalisés, les prélèvements ont été réalisés en périphérie des radeaux à l'aide du même troubleau que celui décrit précédemment dans la partie située juste sous le radeau où se développent les systèmes racinaires des plantes installées sur le radeau. Outre les alevins et macro-invertébrés observés, ces prélèvements ont permis de mettre en évidence la colonisation du chevelu racinaire par le zooplancton (daphnies, etc.) comme le montre les illustrations ci-dessus (Figure 25 & Figure 26).

Enfin, dans les zones littorales, les observations de macro-invertébrés sont le fruit d'opportunités rendues possibles par une présence régulière sur les plans d'eau. A titre d'exemple, des éclosions d'éphémères ont pu être observées en grand nombre sur le lac de la Plate Taille à l'occasion d'une journée de suivi des frayères artificielles et des radeaux végétalisés.

2.7.3. Résultats de l'inventaire des macro-invertébrés

Au sein même des fibres des frayères artificielles flottantes ont été identifiés plusieurs espèces d'insectes et de crustacés. Celles-ci sont présentées succinctement dans les paragraphes suivants. Il est important de signaler aussi la présence massive de deux mollusques invasifs : *Corbicula fluminea* et *Dreissena polymorpha*. Cette dernière espèce imposant notamment de nouvelles contraintes dans le cadre du projet en colonisant rapidement les radeaux végétalisés compliquant la bonne flottaison de ceux-ci.

2.7.3.1. Les insectes



Figure 27 : Larve d'éphémère (*Ephemera vulgata*)



Figure 28 : Ephémère adulte capturée à l'occasion de l'éclosion observée sur le lac de la Plate Taille le 6 juin 2011.

L'éphémère *Ephemera vulgata* est une espèce à large distribution inféodée aux lacs et aux rivières à fond limoneux. Elle peut être localement très abondante (GREENHALGH et al., 2009).


Cette espèce a été observée en grand nombre le 6 juin 2011 lors des éclosions qui se sont déroulées en masse durant la première semaine de juin dans la crique des Cabiniers du lac de la Plate Taille. Les populations d'éphémères régressent avec l'artificialisation du milieu et la pollution. Cette espèce sensible semble donc être une bonne indication de la qualité des eaux du lac.



Figure 29 : Ecllosion d'éphémères dans la anse aux bateaux le 6 juin 2011.



Figure 30 : Ecllosion d'éphémères dans la crique des Cabiniers le 6 juin 2011.

	Famille : Ephéméridés
	Nom scientifique : <i>Ephemera vulgata</i>
	Nom vernaculaire : Ephémère
BIOLOGIE	ÉCOLOGIE
Larves aquatiques, adultes aériens – petite taille, ne dépassant pas 25 mm – thorax : trois segments visibles, fourreau allaire, trois paires de pattes à un article et une seule griffe au niveau du tarse – quatre ailes transparentes réticulées – abdomen : 10 segments, trois cerques caractéristiques pourvues de soies (larve et imago), branchies mobiles sur les bords latéraux des 7 premiers segments.	Espèce inféodée aux milieux stagnants et rivières lentes à fond limoneux – généralement phytophages – début d'accouplement en vol, fin au sol – ponte des œufs un à un en volant au dessus de l'eau – les larves vivent de quelques semaines à plus de 2 ans avant de donner un sub-imago – éclosions massives vers la mi-juillet, l'essaim peut couvrir le sol sur plusieurs centimètres d'épaisseur près des grands fleuves.

Notons aussi la présence de larves d'odonates ainsi que des taxons de coléoptères (Halipidae) et d'hétéroptères (Corixidae). Les groupes systématiques des coléoptères et des hétéroptères ayant déjà été observés en 2002 (IGRETEC, 2004).

Des trichoptères à fourreau ont été prélevés dans les fibres synthétiques des frayères flottantes. Ces macro-invertébrés présentent aussi une bonne sensibilité à la qualité de l'eau appuyant les observations réalisées dans les zones littorales du lac, sites d'observations des éphémères.



Figure 31 : Trichoptères récoltés sur les frayères artificielles flottantes.

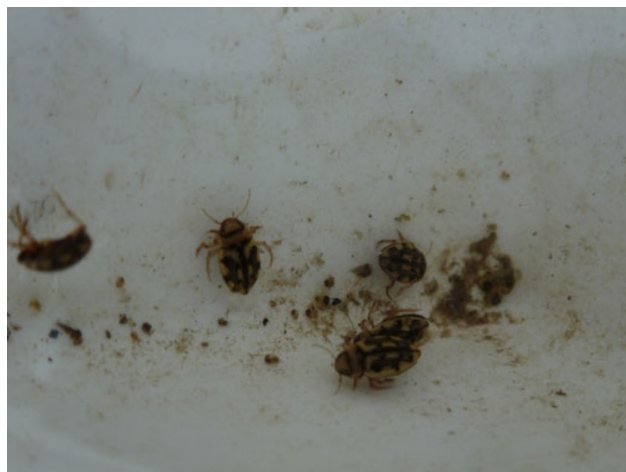


Figure 32 : Taxon de coléoptères (Halipidae) observés au niveau des frayères et radeaux végétalisés.



Figure 33 : Notonectes (Corixidae) observés au niveau des frayères et radeaux.

2.7.3.2. Les crustacés

Des gammarides sont présents en très grands nombres dans les fibres synthétiques des frayères, proies potentielles pour les alevins ayant atteint un stade de développement plus avancé. On note la présence de Gammaridae alors qu'ils ne sont pas repris dans l'inventaire d'IGRETEC (2004).

2.7.3.3. Espèces invasives

Parmi les espèces invasives observées, citons, parmi les mollusques, *Corbicula fluminea*, *Dreissena polymorpha* et, parmi les crustacés, la petite écrevisse américaine *Orconectes limosus*. Chacune de ces espèces a un impact sur le milieu, en l'occurrence le lac, et les communautés piscicoles qui y vivent (STRAYER, 2010). Sans digresser du sujet de l'étude, il importe de mettre en avant le rôle des mollusques invasifs dans la perte de productivité des plans d'eau. En effet, la

consommation, par filtration, du zooplancton notamment par les moules zébrées (JACK J. et al, 2000 ; HAKENKAMP C. et al, 2001 ; DESCY et al., 2003) impacte l'ensemble de la pyramide alimentaire. Au niveau des populations piscicoles, les populations de poissons se nourrissant de plancton pourraient régresser avec pour conséquence une diminution des proies potentielles pour les poissons prédateurs.



Figure 34 : Présence de corbicules dans le lac de la Plate Taille.



Figure 35 : Invasion de Dreissen sur les supports des radeaux dans le lac de la Plate Taille.



Figure 36 : Petite écrevisse américaine (*Orconectes limosus*) présente dans le lac.



Figure 37 : Femelle écrevisse avec sa ponte.



Figure 38 : Mise à sec de Dreissen en raison du phénomène de marnage.

La petite écrevisse américaine exerce une prédation sur les alevins. Celle-ci a notamment été observée au niveau des frayères artificielles où des écrevisses ont été identifiées. Néanmoins, l'écrevisse passe du statut de prédateur à celui de proie aux stades jeunes ou face à certaines espèces de poissons adultes tels que les perches communes.

2.7.3.4. Synthèse

Même incomplets, ces relevés mettent en évidence la bonne qualité de l'eau du lac de la Plate Taille. En effet, on y trouve en nombre des espèces sensibles à la qualité de l'eau telles que des éphéméroptères, des trichoptères et dans une moindre mesure des odonates. Cette affirmation est appuyée par la présence de peuplement non négligeable de macro-invertébrés sensibles, il ne s'agit pas uniquement d'individus isolés comme l'illustre les nombreuses éclosions d'éphémères observées en 2011.

En outre, si l'on compare les relevés de 2011 avec l'inventaire réalisé en mai-juin 2002 dans le cadre de l'étude d'IGRETEC (2004), on note l'apparition de nouveaux groupes systématiques parmi les odonates, les éphéméroptères sensible à la qualité de l'eau, les crustacés (Gammaridae). Ces observations pourraient montrer un certain enrichissement taxonomique du lac de la Plate Taille.

3. CARACTERISATION DE LA POPULATION PISCICOLE

3.1. Généralités

La population piscicole d'un lac suscite un intérêt particulier pour l'évaluation écologique du milieu aquatique. Le nombre limité d'espèces et leur taxonomie relativement simple comparativement aux algues planctoniques, par exemple, facilite leur identification. De plus, la durée de vie des poissons est suffisamment longue pour que les effets environnementaux et les éventuelles perturbations se marquent au niveau de la structure de leur population. Enfin, grâce à la variété des niches écologiques occupées, les différentes espèces présentes sont représentatives des habitats et des ressources disponibles dans le milieu, et de leur évolution dans le temps (SCHLUMBERGER, 2005).

Les divers facteurs environnementaux opèrent une sélection sur la population piscicole d'un lac en y appliquant une série de filtres écologiques. On peut notamment citer :

- La qualité de l'eau (minéralisation, eutrophisation...)
- La morphologie de la cuvette lacustre (bathymétrie, envasement...)
- Les habitats disponibles (blocs, gravier, végétation, vase...)
- Les relations entre espèces (compétition, prédation)
- L'effet de l'introduction d'espèces par l'homme

HONDZON et STEFAN (1996) ont notamment montré que le peuplement piscicole des lacs est lié à des facteurs du milieu telle que la morphométrie du plan d'eau. Ainsi la surface, la bathymétrie et la diversité des habitats influencent les espèces qui seront présentes au sein de la population. D'autre part, l'influence de la bathymétrie sur la présence ou l'absence d'espèces laisse présumer que la gestion hydraulique des retenues artificielles va induire une sélection parmi les espèces. Comme nous le montrerons au paragraphe consacré à l'impact du marnage sur les populations piscicoles, la gestion hydraulique a un impact sur la reproduction et n'est pas sans conséquence sur la productivité piscicole. La connaissance des spécificités de la gestion hydraulique d'une retenue est un pré requis indispensable pour élaborer une gestion piscicole adaptée permettant de tirer le meilleur parti d'un milieu artificiel colonisé par les poissons, mais qui n'a pas été créé initialement pour eux.

3.1.1. *Evaluation de la qualité piscicole*

Le peuplement piscicole est composé d'un assemblage d'espèces indicatrices, d'espèces accompagnatrices et d'espèces ubiquistes (PRONIER, 2000). Les espèces indicatrices caractérisent la qualité globale de l'écosystème lacustre et en assure le bon fonctionnement. A titre d'exemple, les salmonidés, l'ablette, le brochet, la perche ou le sandre peuvent, généralement, être considéré comme des espèces indicatrices. D'autres espèces tels le goujon ou la loche sont des espèces accompagnatrices, de plus petites tailles, leur présence peut localement faire défaut et est liée à la présence ou non d'habitats spécifiques. Enfin, les espèces ubiquistes sont peu exigeantes et sont capables de coloniser le milieu lacustre si elles y trouvent de la nourriture et des zones de frai. Il s'agit d'espèces eurybiotes¹ telles que la carpe, le gardon ou encore la brème. L'étude des relations qui existent entre des communautés vivantes et leur environnement permet de comprendre les phénomènes biotiques et abiotiques qui régissent leur organisation.

L'évaluation de la qualité piscicole typique peut s'évaluer à l'échelle de l'espèce. Un critère de présence /absence est retenu en se basant sur des espèces indicatrices servant de référence. Les espèces indicatrices sont choisies en raison de leurs exigences particulières vis-à-vis des caractéristiques du milieu qui permettent de synthétiser et refléter les variations et perturbations que l'ensemble de la communauté subit.

La qualité piscicole peut aussi s'évaluer à l'échelle des populations que constituent les espèces par l'intermédiaire de critères démographiques ou encore à l'échelle du peuplement, sa structure et son organisation : la richesse ou diversité spécifique, l'abondance relative des populations, les biomasses, ainsi que les groupes d'espèces assurant des fonctions identiques dans la biocénose.

3.1.2. *Les populations piscicoles des milieux lacustres*

La population piscicole de base des retenues artificielles est constituée au départ par les espèces qui peuplaient l'ancien cours d'eau ou des plans d'eau qui ont été englobés par les aménagements. Le passage d'un milieu d'eaux courantes à un milieu d'eaux calmes provoque une modification profonde des populations originelles. En effet, certaines espèces disparaissent totalement alors que d'autres se maintiennent ou se développent dans les nouveaux milieux. En outre, l'évolution des conditions trophiques du plan d'eau va aussi avoir un impact sur les populations présentes au sein du lac.

¹ Organisme présentant une tolérance étendue à un facteur écologique donné.

A l'aide de pêche d'échantillonnage réalisées dans vingt lacs naturels français d'altitude, SCHLUMBERGER (2001) a identifié des assemblages taxonomiques type de peuplements piscicoles en lac correspondant à des niveaux d'eutrophisation.

Il ressort des analyses statistiques trois assemblages taxonomiques piscicoles :

- Ablette (*Alburnus alburnus*), Goujon (*Gobio gobio*), Truite commune (*Salmo trutta*), Omble chevalier (*Salvelinus alpinus*) accompagné par le Chevaine (*Leuciscus cephalus*). Cet assemblage regroupe deux salmonidés carnivores-invertivores pélagiques et deux espèces de petite taille dont un cyprinidé benthophage littoral sur fond sableux (Goujon) et un cyprinidé omnivore-zooplanctonophage pélagique (Ablette). Le Chevaine espèce accompagnatrice du groupe est un omnivore opportuniste.
- Brochet (*Esox Lucius*), Rotengle (*Scardinius erythrophthalmus*), Tanche (*Tinca tinca*), Perche (*Perca fluviatilis*). Dans cet assemblage, on retrouve le brochet, piscivore territorial littoral (zones de macrophytes) (DIANA et al., 1997), un carnivore-invertivore (Perche) et deux grands cyprinidés à forte fécondité : le Rotengle omnivore opportuniste et la Tanche benthophage sur sédiment organique.
- Sandre (*Sander lucioperca*), Grémille (*Gymnocephalus cernuus*) accompagnés par la Carpe (*Cyprinus carpio*), Brème (*Abramis brama*). Cet assemblage regroupe deux percidés : la Grémille, carnivore benthophage de petite taille et le Sandre, piscivore pélagique de grande taille. Deux grands cyprinidés sont aussi repris dans ce groupe.

En cherchant à mettre en liaison ces assemblages et des descripteurs, il est apparu que la présence d'un groupe d'espèces (Salmonidés, Ablette, Goujon, Chevaine) était fortement corrélée avec la profondeur du plan d'eau. On constate aussi que la présence des Salmonidés, du Brochet et de la Tanche est corrélée négativement avec l'indice trophique. A l'inverse, il existe une corrélation positive entre l'indice trophique et la présence du Sandre. Outre ces aspects trophiques, d'autres critères entrent en jeu pour déterminer le peuplement piscicole d'un plan d'eau. A titre d'exemple, on peut citer les exigences écologiques de chaque espèce (MUSS & DOLHSTRØM, 2003), la synécologie des espèces (compétition, prédation...). Dans le cas d'un lac de barrage artificiel, d'autres éléments viennent vraisemblablement influencer la population de poissons, le phénomène de marnage n'en est qu'un exemple.

Bien que la Plate Taille ne soit pas un lac naturel, les espèces piscicoles mentionnées dans les relevés de pêches d'échantillonnage permettraient le classement du lac dans la catégorie lac mésotrophe. En effet, on retrouve des éléments des deux derniers assemblages caractéristiques des lacs naturels mésotrophes. Le brochet, le rotengle et la tanche sont les espèces caractéristiques des lacs mésotrophes et sont favorisés par la présence dense de macrophytes submergés (SCHLUMBERGER, 2001 ; BRY, 1996 ; CHAPMAN, 1984 ; DIANA et al., 1977). Comme détaillé dans le chapitre consacré au peuplement de macrophyte dans le lac, on note la présence d'herbiers de potamots mais surtout la présence massive d'élodées (*Elodea sp.*) dans la zone littorale du lac. L'assemblage (Sandre – Grémille) est aussi présent et favorisé par les plans d'eau à fond dur, à faible épaisseur de sédiment fin et relativement peu profonds (SCHLUMBERGER, 2001) en présence de ressources alimentaires abondantes. Le lac de la Plate Taille répond aux deux premiers critères. Les espèces des deux assemblages vont donc se répartir en fonction des habitats adaptés à leurs exigences.

3.2. Effet du marnage sur la population piscicole (TOMSON et al., 2009)

Pendant la période de reproduction, beaucoup d'espèces de la zone tempérée ont besoin de sites avec des zones couvertes de macrophytes pour y déposer leurs œufs. Ainsi, MAJOR et al. (2001), dans un rapport sur l'état de la population de doré jaune (*Stizostedion vitreum*) dans un lac canadien soumis à un marnage important, ont établi une relation significative entre le recrutement de cette espèce et le niveau d'eau du lac lors de sa reproduction. En effet, l'abondance de dorés a diminué de façon importante et systématique lors des années présentant un faible niveau d'eau pendant la période de frai et d'alevinage. A l'inverse, lors des années où le niveau d'eau est plus important, ces mêmes auteurs ont observé un recrutement normal chez cette espèce. Ils imputent l'étroite relation entre le recrutement et le niveau d'eau à une perte d'habitats d'alevinage sur le pourtour du lac, ou encore à l'accessibilité restreinte à certaines frayères en périodes de niveaux d'eau très bas. GABOURY & PATALAS (1983) ont de leur côté observé des brochets et des dorés jaunes incapables d'accéder à leurs sites de frai dans des plans d'eau soumis à un marnage important.

De plus, pour que l'incubation se déroule avec succès, la concentration en oxygène doit être suffisante. De même, lors de l'éclosion, les larves ont besoin d'un substrat et d'oxygène (SIEFERT et al., 1973). La fourniture en oxygène pour les larves est maximale près de la surface des feuilles. Les jeunes poissons ont également besoin de plantes pour se protéger de la prédation par les espèces piscivores (HOSN & DOWNING, 1994) ou pour éviter le cannibalisme (GRIMM, 1981). En réduisant l'habitat disponible pour les poissons, la baisse du niveau de l'eau tend à les

concentrer, changeant de cette manière la dynamique des interactions entre les organismes aquatiques. OLDEN & JACKSON (2001) ont d'ailleurs démontré qu'une diminution du niveau d'eau augmentait significativement la prédation. En effet, lorsque le niveau d'eau est très bas, les proies sont beaucoup plus accessibles pour les prédateurs. Dès lors, une augmentation de la croissance de ces derniers est observable. Par contre, la croissance des prédateurs peut tendre à diminuer si cette situation de basses eaux persiste, car à un certain point, la densité de proies, ainsi que la production des macro-invertébrés et des petits poissons, diminuent (BRYAN et al., 1995). Chez les adultes, plusieurs espèces comme la tanche (*Tinca tinca*), le rotengle (*Scardinius erythrophthalmus*) et le brochet (*Esox lucius*) vivent parmi la végétation aquatique émergente et à feuilles flottantes. La végétation aquatique submergée forme des habitats importants pour la recherche de nourriture du gardon (*Rutilus rutilus*), de la perche (*Perca fluviatilis*), de l'ablette (*Alburnus alburnus*) et de l'anguille (*Anguilla anguilla*). Quelques espèces ont besoin de plantes submergées pour se nourrir, et spécialement le gardon qui consomme des quantités importantes de macrophytes. De petites quantités de matériel végétal ont également été retrouvées dans le régime alimentaire de la tanche, de la brème (*Abramis brama*), de la carpe (*Cyprinus carpio*), du goujon (*Gobio gobio*), du chevesne (*Leuciscus cephalus*) et de l'épinoche (*Gasterosteus aculeatus*) (PREJS, 1984). Les fluctuations de niveaux peuvent ainsi affecter le succès et le régime alimentaire de ces espèces. La température de l'eau et la grandeur de l'habitat disponible, mais surtout l'accessibilité aux zones d'alimentation, représentent des facteurs qui influenceront l'alimentation des individus. Par exemple, l'alimentation des juvéniles de nombreuses espèces se compose principalement de petits invertébrés. Une réduction de ceux-ci ou de leur accessibilité peut entraîner une difficulté d'alimentation pour les juvéniles et éventuellement une réduction du recrutement. La disposition des macrophytes et la morphologie du substrat sont deux autres facteurs qui influencent le succès alimentaire des poissons et qui sont affectés par le marnage.

Les espèces fauniques aquatiques peuvent être vulnérables aux changements du niveau d'eau de façon directe, par l'effet de la profondeur de l'eau ou par les variations de la qualité de l'eau à leur niveau. Elles peuvent aussi être affectées de façon indirecte par l'effet de l'hydrologie sur l'accessibilité aux zones humides herbacées. L'accès à ces zones est un paramètre critique pour l'accomplissement des différents stades leur vie (HUDON et al., 2005). Il est aussi particulièrement intéressant de noter que KITCHELL & KOSHINSKY (1996) n'ont observé aucun signe d'adaptation compensatoire dans les stratégies de vie et de reproduction des communautés de poissons des lacs réservoirs Namakan et Rainy et cela, même après des dizaines d'années consécutives de marnage.



Tableau 3 : Zones occupées préférentiellement par des poissons adultes dans des lacs d'Allemagne du Nord. 1: Eulittoral (zone avec des macrophytes aquatiques émergents). 2: Littoral (zone avec des macrophytes aquatiques submergés et à feuilles flottantes). 3: Littoral inférieur (zone avec des lits de characées dispersés). 4: Littoral profond (pas ou très peu de macrophytes aquatiques vivants). 5: Pélagique (zone d'eau libre) (d'après GROSCH, 1978 in DE NIE, 1987)

Espèce	Zone dans le lac				
	Eulittoral	Littoral	Littoral inférieur	Littoral profond	Pélagique
Anguilla anguilla (anguille)	✗	✓	✓	✓	✗
Esox lucius (brochet)	✗	✓	✗	✗	✗
Abramis brama (brème)	✗	✗	✗	✓	✗
Alburnus-alburnus (ablette)	✗	✗	✗	✗	✓
Blicca bjoerkna (brème bordelière)	✗	✓	✗	✗	✗
Carassius carassius (carassin)	✗	✓	✗	✗	✗
Cyprinus carpio (carpe)	✗	✓	✗	✗	✗
Gobio gobio (goujon)	✓	✗	✗	✗	✗
Leuciscus cephalus (vandoise)	✗	✗	✗	✓	✗
Rhodeus sericeus (bouvière)	✗	✓	✗	✗	✗
Rutilus rutilus (gardon)	✗	✓	✗	✗	✗
Scardinius erythrophthalmus (rotengle)	✗	✓	✗	✗	✗
Tinca tinca (tanche)	✗	✓	✗	✗	✗
Misgurnus fossilis (loche d'étang)	✗	✓	✗	✗	✗
Silurus glanis (silure glane)	✗	✓	✗	✓	✗
Lota lota (lotte)	✗	✗	✗	✗	✗
Gasterosteus aculeatus (épineche)	✓	✗	✗	✗	✗
Perca fluviatilis (perche)	✓	✓	✓	✓	✓
Sander lucioperca (sandre)	✗	✗	✗	✗	✓

Tableau 4 : Liste des espèces de poisson dans le lac Constance (Allemagne), vivant temporairement dans la zone de végétation émergente. 1. Aire de nourrissage; 2. Aire de reproduction. (DEUFEL, 1978 in DE NIE, 1987)

Espèce	Rôle de la végétation émergente	
	Aire de nourrissage	Aire de reproduction
Anguilla anguilla (anguille)	✓	✗
Esox lucius (brochet)	✗	✓
Abramis brama (brème)	✗	✓
Blicca bjoerkna (brème bordelière)	✗	✓
Cyprinus carpio (carpe)	✗	✓
Gobio gobio (goujon)	✓	✓
Leuciscus cephalus (chevaine)	✗	✓
Leuciscus leuciscus (vandoise)	✗	✓
Phoxinus phoxinus (vairon)	✓	✗
Rhodeus sericeus (bouvière)	✗	✓
Rutilus rutilus (gardon)	✓	✓
Scardinius erythrophthalmus (rotengle)	✓	✓
Tinca tinca (tanche)	✓	✓
Misgurnus-fossilis (loche d'étang)	✓	✓
Silurus glanis (silure glane)	✗	✓
Cottus gobio (chabot)	✓	✗

MOSS (1979) a mentionné un déclin des prises dans le Norfolk Broads and Rivers après une diminution dramatique de la végétation aquatique. Les perches (*Perca fluviatilis*) et les goujons (*Gobio gobio*) sont devenus moins abondants, probablement à cause de l'érosion de la diversité des habitats.

GROSCH (1980) a étudié l'évolution de la composition piscicole dans les lacs Havel (Allemagne). Au début du 20^{ème} siècle, 28 espèces indigènes étaient présentes. En 1965, ces espèces étaient toujours présentes ; cependant, en 1979, six espèces ont commencé à disparaître parmi lesquelles le barbeau (*Barbus barbus*), la vandoise (*Leuciscus leuciscus*) et la loche d'étang (*Misgurnis fossilis*). Près de neuf espèces étaient pratiquement éteintes ou trouvées sporadiquement, dont l'éperlan (*Osmerus eperlanus*), le chevesne (*Leuciscus cephalus*), l'épinoche (*Scardinius erythrophthalmus*), le goujon (*Gobio gobio*), le silure (*Silurus glanis*) et la lotte (*Lota lota*). Parmi les cinq espèces qui sont devenues rares, le brochet (*Esox lucius*), le carassin (*Carassius carassius*) et la tanche (*Tinca tinca*) ont été mentionnés. Ces changements ont été probablement liés à la diminution des plantes aquatiques (voir correspondance avec le Tableau 4). D'un autre côté, la brème (*Abramis brama*), la brème bordelière (*Blicca bjoerkna*), la perche (*Perca fluviatilis*), la grémille (*Gymnocephalus cernua*) et le sandre (*Sander lucioperca*) ont vu leur population augmenter. Seule l'anguille, du fait d'un repeuplement intense, et l'ablette (*Alburnus alburnus*) sont restées stables depuis 1965. Les prises de sandre ont augmenté considérablement. Cette espèce reste habituellement dans la zone pélagique et nécessite des sédiments nus pour le frai.

3.3. Population piscicole du lac de la Plate Taille

Dans le cadre de l'étude d'IGRETEC (2004), le Service extérieur de la pêche a mené une pêche les 24 et 25 septembre 2002. Les pêches ont eu lieu :

- en zone littorale dans l'anse du Bois du Four,
- en surface le long de la berge est du Grand Oupia
- en zone pélagique en face du Club de Voile

Les pêches ont permis de mettre en évidence une dominance en abondance relative des perches (36,8 %), des sandres (27,8 %) et des gardons (18,8 %) en zone pélagique. Au niveau de la zone littorale, les espèces dominantes sont les gardons (52,4 %) et les perches (26,7 %).

Au total, 8 espèces sont recensées (brème commune et bordelière, brochet, gardon, grémille, perche, rotengle, sandre), c'est le gardon qui représente l'essentiel du poids (42 %) devant les



perches (27 %) et les sandres (12 %). Selon SCHLUMBERGER (2001), la présence de gardons, espèce très ubiquiste, n'apporte aucune information sur la qualité du milieu quelque soit les abondances relatives. La présence du brochet, du rotengle, de sandre et de grémille donne une bonne indication de l'état trophique du plan d'eau (mésotrophe). De même, l'abondance de sandres en zone pélagique est cohérente avec la présence de deux assemblages taxonomiques piscicoles (SCHLUMBERGER, 2001), « brochet – rotengle – tanche » et « sandre – grémille », et une répartition des espèces suivant leurs habitats préférentiels.

Disposant des données de repeuplement, une comparaison a été possible entre les relevés d'inventaires et les espèces ayant fait l'objet de repeuplement. L'étude d'IGRETEC (2004) met en avant l'absence de la truite fario et du goujon au sein des prélèvements. Une explication plausible pour le goujon est l'absence de zones littorales sableuses qui semble induire une régression chez cette espèce (SCHLUMBERGER, 1998 in SCHLUMBERGER et al, 2001 ; SCHLUMBERGER et al., 1999 in SCHLUMBERGER et al, 2001).

Par définition, ces échantillonnages ne sont pas exhaustifs. D'autres espèces ne sont pas reprises dans ces échantillonnages mais ont été observées. La présence de chabot (*Cottus gobio*) au sein du plan d'eau est intéressante à signaler.



Figure 39 : Chabot prélevé en zone littorale sur le lac de la Plate Taille.

3.4.Habitats et besoins biologiques du sandre

Bien que le sandre européen ne soit pas une espèce phytophile, nous avons voulu consacrer une étude bibliographique sur le sujet dans le cadre du projet afin de tenter de comprendre l'intérêt de cette espèce pour les frayères artificielles flottantes. En effet, en 2011, deux « nids » ont été observés à la fin du mois d'avril 2011, sur les frayères des lacs de l'Eau d'Heure et de la Plate Taille.

3.4.1. Taxonomie et description

La famille des percidés comporte 9 genres pour 159 espèces présents en eau douce voir en eau saumâtre (proche de la mer Baltique). Le genre *Sander* (anciennement *Stizostedion*) comporte cinq espèces dont le *Sander lucioperca* L. ou sandre doré européen.

Le plus commun en Europe est le *Sander lucioperca* L. Ce poisson possède une aire de distribution assez large, il a colonisé une grande partie de l'Europe centrale au départ, selon les sources, du lac Balaton situé en Hongrie ou du Danube. Depuis, l'homme a joué un rôle important dans sa progression en Europe occidentale, notamment par le biais de la pisciculture, responsable de son introduction au 18^{ème} siècle en Tchécoslovaquie (LOUISY et al, 2001)

Le sandre supporte une palette importante de température, allant de 0 à 26°C. Toutefois, il est exigeant en ce qui concerne la concentration en oxygène dissous, celle-ci doit être supérieure à 3,5 - 4,5 mg/l. Ce poisson se retrouve dans le cours inférieur relativement lents des rivières, dans les lacs ou les étangs. Il affectionne particulièrement les zones d'affouillements que l'on retrouve en cas de brusque rupture de pente ainsi que les fosses profondes de sable ou de limon. De la même manière, le sandre peut supporter des eaux légèrement saumâtres (12 ‰).

Le sandre possède un corps allongé, recouvert d'écailles de type cténoïdes, la taille d'un adulte dépasse rarement un mètre pour approximativement quinze kilogrammes (LOUISY et al, 2001). Le dos est de couleur vert olive et son ventre doré ou argenté (CIHAR, 1976). Celui-ci se teinte de marbrures plus foncées chez le mâle pendant la période de reproduction, c'est le seul dimorphisme sexuel observable chez cette espèce permettant une distinction fiable. La première nageoire dorsale est composée de rayons épineux alors que la deuxième est constituée de rayons mous (FILLEUL, 2003). Les yeux sont noirs cerclés de doré, ce qui est spécifique à cette espèce.

3.4.2. Reproduction

Le frai a lieu d'avril à mai, lorsque la température de l'eau atteint 10 - 12°C, à ce moment les sandres se dirigent vers les frayères, celles-ci sont généralement peu profondes (1 à 3 mètres), un nid est créé soit sur substrat végétal (KOTTELAT & FREYHOF, 2007) soit sur des graviers. Sur ce point, le sandre semble faire preuve d'une grande capacité d'adaptation, il va choisir le substrat qui lui convient le mieux en fonction de ce dont il dispose. Le sandre est considéré comme phyto-lithophile. La femelle possède une fécondité élevée. D'après LOUISY (2001), le nombre d'ovules peut atteindre 200 000 par kg de femelle. Un œuf fait environ 1,5 mm de diamètre.

Au moment de la reproduction, le mâle va construire un nid circulaire, en nettoyant toute la zone de la vase présente, à l'aide de sa nageoire caudale, le nid créé fait généralement 50 cm de diamètre (CIHAR, 1976). La femelle vient ensuite déposer ses ovules en petits paquets dans le nid. Elle quitte le nid pour se nourrir dès que la ponte est terminée. Après cette période de reproduction, une forte mortalité est à constater chez les femelles, probablement due à la dépense importante d'énergie (FILLEUL, 2003). Le mâle féconde immédiatement les ovules expulsés par la femelle et assure la surveillance de l'incubation des œufs qui dure approximativement 10 - 15 jours (entre 70 et 110 degrés-jour). Durant cette période, le mâle va garder le nid, oxygénant et nettoyant les œufs par des mouvements de sa nageoire caudale. Il se montre très agressif envers les intrus et attaque systématiquement ceux qui approchent trop près du nid. Le fait que la fécondité soit élevée et qu'il y ait une défense parentale importante permet d'obtenir un bon taux de survie. Cependant, durant la période de frai, il est très facile de pêcher le sandre en raison de son agressivité. Cette pêche peut être intense et contribuer localement à la raréfaction du sandre dans certains cours d'eau.

A l'éclosion, les alevins mesurent 3 à 3,5 mm et se nourrissent de phytoplancton pendant les premières semaines puis deviennent zooplanctonophage. Dès que les alevins atteignent quelques centimètres, ils vont devenir ichtyophages.

3.4.3. *Éthologie du sandre*

Le sandre est un carnassier qui chasse principalement la nuit. A cet effet, il dispose d'une très bonne vue ainsi qu'un excellent odorat. Sa vue est particulièrement perçante, il possède un grand nombre de cellules visuelles, les bâtonnets. Ces cellules sensibles à l'intensité lumineuse assurent une vision spécialement efficace la nuit. Au niveau de l'odorat, cette particularité en fait un meilleur chasseur que le brochet dans les eaux troubles. Cependant, comparé au brochet qui est capable de consommer des proies de tailles importantes, le sandre s'attaque principalement aux poissons de 7 à 8 cm car son gosier est étroit et il ne peut donc pas avaler de grandes proies (LOUSY, 2001).

Cette espèce a un comportement grégaire surtout quand l'individu est jeune, par la suite plus l'individu vieillit plus le groupe auquel il appartient est restreint (VOSTRADOVSKY, 1973). En ce qui concerne la croissance, celle-ci est plus rapide chez la femelle que chez le mâle.

Le sandre est une espèce lucifuge, durant la journée elle est dans les profondeurs, il remonte en fin de journée pour chasser. Contrairement au brochet, le sandre va préférer les eaux libres aux herbiers.



4. AMELIORATION DE L'EFFICIENCE DES FRAYÈRES ARTIFICIELLES FLOTTANTES.

4.1. Rappel des objectifs

Les frayères artificielles sont mises en place pour favoriser la reproduction des poissons. Dans le cas présent, elles sont employées pour remédier au manque de substrat naturel de pontes pour les espèces phytophiles et pour éviter l'émersion des œufs pondus dans la végétation présente en bordure des lacs. En effet, en raison du marnage quotidien, les œufs pondus dans la végétation de bordure peuvent rapidement être mis à sec par la baisse du niveau de l'eau.

Il existe plusieurs types de frayères artificielles qui sont généralement classées selon le mode de fixation : les frayères fixes et les frayères flottantes. Les différents modèles de frayères, leur mode de fixation et les espèces ciblées ont été largement détaillés dans les précédents rapports consacrés à l'optimisation des frayères sur les lacs de l'Eau d'Heure (NEMRY, 2007 ; TOMSON, 2009). Dans le contexte des lacs de la Plate Taille et de l'Eau d'Heure, en raison du marnage, les frayères artificielles flottantes sont les seuls modèles efficaces. La présente étude se focalisera donc sur les modèles flottants et plus spécifiquement sur les frayères artificielles flottantes de type SOVB qui sont mises en place annuellement depuis 2007 sur le lac de la Plate Taille.

4.2. Description du matériel

4.2.1. Nature et structure du substrat

Le modèle de frayères utilisé est de type " SOVB " du nom de la firme française qui les commercialise. Les frayères sont composées de deux cadres d'un mètre sur deux. Sur les cadres, quinze lattes en plastique noir portant les faisceaux de fibres synthétiques vertes de polypropylène (L : 15 cm ; f : 0,3 mm) sont vissées. Ces fibres synthétiques présentent l'avantage de limiter la propagation des maladies. Les fibres synthétiques des frayères viennent se substituer à la végétation aquatique rivulaire immergée comme support de ponte pour les espèces phytophiles. Comme préconisé par NEMRY *et al.* (2007), ces structures ont été complétées par une double couche d'Enkamat ® noir. Cette natte géosynthétique en polyamide à structure tridimensionnelle permettrait d'augmenter le taux de survie des œufs. En effet, la structure particulière de cette natte permet de retenir les œufs qui sont susceptibles de se décrocher sous l'action des vagues générées par le vent et le passage des bateaux tout en garantissant l'oxygénation de l'œuf. En 2012, pour la première fois, des observations qualitatives ont permis de mettre en évidence l'intérêt de l'Enkamat ® pour l'optimisation des frayères. En effet, les gardons ayant littéralement inondés d'œufs les frayères artificielles flottantes, des observations

ont permis de montrer qu'une quantité impressionnante d'œufs avait été retenue par les deux couches d'Enkamat ® assurant la survie de ceux-ci.



Figure 40 : Enkamat ®, natte géosynthétique en polyamide à structure tridimensionnelle



Figure 41 : Enkamat ® fixé sous une frayère et couvert d'œufs de gardon.

Une fois les unités de frayères assemblées deux par deux (4 m²), elles sont reliées entre elles pour constituer un train de frayères. L'ensemble du dispositif étant relativement lourd, il est complété par quatre bouées par unité de frayères permettant à la structure de garder une profondeur d'immersion constante. Chaque train de frayères est lesté sur le site de reproduction sélectionné. Les lests constitués de plots de béton d'une dizaine de kilogrammes ont une double fonction : assurer le maintien du train de frayères en position et assurer une traction suffisante pour éviter aux frayères de se chevaucher.



Figure 42 : Module de frayères artificielles de type SOVB.



Figure 43 : Frayère artificielle assemblée.



Figure 44 : Positionnement d'un train de frayères.



Figure 45 : Train de frayères flottantes immergé.

4.2.2. *Installation des frayères*

Les frayères artificielles flottantes ont été mises à l'eau le 9 mars 2011 avec le soutien de la société de pêche locale, l'ADPPLEH. La mise à l'eau des frayères est réalisée avant la période de reproduction des espèces les plus précoces afin de garantir que chacune des espèces ciblées puisse utiliser les substrats artificiels pour déposer leurs pontes. Ainsi 76 m² de supports de pontes artificiels ont été disposés dans les anses du barrage de la Plate Taille et de l'Eau d'Heure.

L'installation des frayères se déroule en deux temps. Premièrement, les cadres sont assemblés, en bordure du lac, par groupe de deux. Quatre bouées sont attachées à la structure qui est ensuite immergée. Les trains de frayères sont assemblés en accrochant deux à trois unités de frayères à l'aide de cordes en fibres synthétiques. Ces trains de frayères sont ensuite tractés par un zodiac et positionnée sur le site choisi préalablement. Dans un second temps, dès que les frayères sont positionnées, les lests sont accrochés aux extrémités du train de frayères à l'aide d'une corde en fibres synthétiques. La longueur de la corde est déterminée par la profondeur d'eau à l'emplacement de la frayère. La longueur de cordage doit être suffisante pour permettre aux frayères de suivre le niveau d'eau mais sans excès afin de garder une tension destinée à éviter aux unités d'un même train de frayères de se chevaucher.

Lors de la mise à l'eau, le 9 mars 2011, la température de l'eau du lac de la Plate Taille était de 6°C et le lac était à la côte de 247,36 m. Au niveau du lac de l'Eau d'Heure, la température de l'eau était de 6°C et le lac était à la côte de 204,77 m. D'après l'expérience acquise, à cette date, la ponte du brochet n'est pas encore intervenue et la mise en place des frayères offrait la garantie d'une disponibilité des substrats pour la période de reproduction du brochet.

4.3. Localisation des frayères

4.3.1. Choix des emplacements sur le lac de la Plate Taille

La disposition des frayères est déterminée grâce aux résultats obtenus lors des projets précédents menés par l'association. L'objectif est de maximiser les chances d'utilisation des substrats par les espèces phytophiles. De plus, lors de l'installation des frayères, la bathymétrie des anses des lacs est prise en compte à l'aide d'un échosondeur de manière à assurer l'immersion constante des supports de pontes. Pour garantir cette immersion constante, les sites choisis présentent un fond plat à une profondeur approximative de trois à quatre mètres.

Le schéma d'implantation des frayères artificielles flottantes préconisé par NEMRY *et al.* (2007) et confirmé empiriquement lors des projets ultérieurs est basé sur la bathymétrie, la vitesse et l'intensité du colmatage des substrats artificiels, les observations de pontes avérés...

Lors de l'implantation des frayères, sept sites ont été choisis pour accueillir des frayères artificielles flottantes (60 m²). Le schéma d'installation est le suivant : une frayère dans la anse de la Fontaine aux Planes (8 m²), une dans le fond de la anse à proximité du centre ADEPS « Le Cierneau » (12 m²), une à l'entrée de la anse de l'ADEPS (4 m²), deux dans la anse de « Oupia » (deux frayères de 8 m² chacune), une frayère dans la anse aux bateaux (8m²) et enfin une frayère dans la Crique des Cabiniers (12 m²). La photographie aérienne de la Figure 46 illustre les schémas d'installation de 2007 à 2011 sur le lac de la Plate Taille.

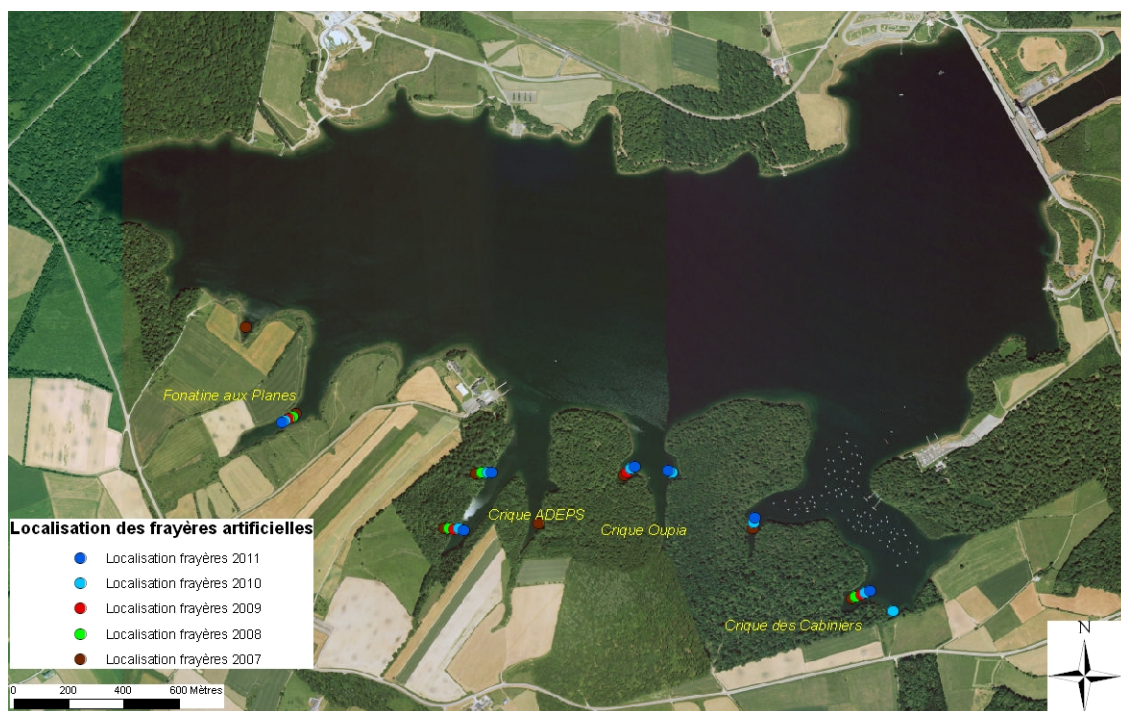


Figure 46 : Localisation des frayères artificielles flottantes sur le lac de la Plate Taille.

4.3.2. Choix des emplacements sur le lac de l'Eau d'Heure

Comparativement aux informations disponibles sur le fonctionnement des frayères artificielles sur le lac de la Plate Taille, les données relatives au lac de l'Eau d'Heure sont bien moins nombreuses, l'expérience n'ayant été tentée qu'en 2007. En effet, les observations relatives au colmatage avaient montré des conditions nettement moins favorables pour l'implantation des frayères flottantes sur le lac de l'Eau d'Heure. Dans ce contexte, le choix des emplacements s'est uniquement basé sur les préconisations réalisées par NEMRY *et al.* (2007). Le nombre de frayères disponibles étant limité, seuls les sites ayant fait l'objet de résultats intéressants en 2007 ont été équipés de structures. D'autres sites potentiellement intéressants avaient été mis en avant dans le rapport de 2007 et pourraient utilement être testés dans le futur.

En 2011, le schéma d'installation est le suivant : une frayère dans la anse du « Grand Badon » (8 m^2) et une frayère dans la anse du « Petit Badon » (8 m^2). Le schéma d'installation est illustré à la Figure 47 ci-dessous. Comparativement à la superficie du lac, l'implantation d'une superficie de 16 m^2 de frayères flottantes paraît fort dérisoire mais, néanmoins, utile comme le montre les résultats obtenus.

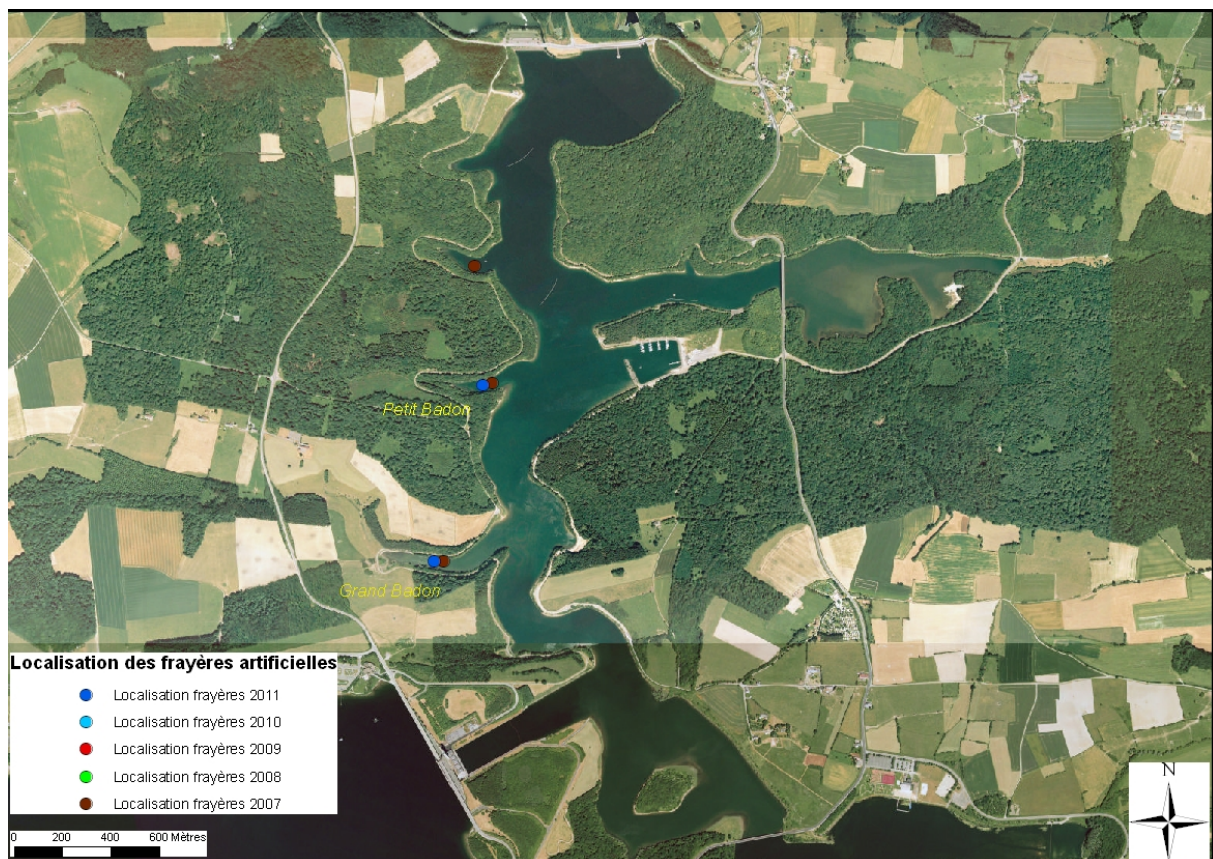


Figure 47 : Localisation des frayères artificielles flottantes (2007, 2011) sur le lac de l'Eau d'Heure.

Bien que de bons résultats aient été obtenus au niveau des pontes sur les frayères installées sur le lac de l'Eau d'Heure, l'entretien des structures sur ce lac est problématique. Outre une installation rendue difficile par les ampleurs du marnage, l'intensité du colmatage nécessite des visites très régulières. Malgré un lestage plus important des infrastructures, le marnage et les courants créés par le pompage et turbinage provoquent le mouvement des frayères. Il est donc nécessaire de repositionner systématiquement les frayères implantées sur le lac lors du suivi réalisé pour l'entretien des structures.

4.4. Matériel et méthode

4.4.1. Observation des pontes

Avant toute intervention sur les frayères artificielles, celles-ci sont méticuleusement observées afin de détecter la présence éventuelle de pontes ou d'alevins. En présence de pontes, un échantillon représentatif est détaché de la frayère. En pratique, quelques faisceaux de fibres synthétiques sont détachés afin de permettre l'identification et le comptage des œufs. Une estimation de la couverture des frayères et un comptage des œufs in situ sont réalisés afin de pouvoir extrapoler le nombre d'œufs dénombrés sur quelques faisceaux de fibres à l'entièreté de la surface de frayères recouvertes d'œufs.

Les œufs extraits des frayères pour le comptage sont maintenus en aquarium jusqu'à l'éclosion. La température de l'eau du lac est relevée systématiquement afin de permettre une estimation de la date de la ponte à partir des dates d'éclosions. De même, le nombre de degré jours de l'incubation en aquarium est relevé pour permettre, par comparaison avec la littérature, de déterminer une date de ponte approximative. Le maintien des larves permet de confirmer l'identification de l'espèce et d'estimer le taux d'éclosion par simple comptage des œufs restant dans l'aquarium après les éclosions. Les larves sont déterminées par observation au binoculaire sur base de l'ouvrage de A. PINDER (2001) présentant une clé de détermination des larves et juvéniles des poissons d'eau douce.

Signalons que d'autres observations sont réalisées lors de cette étape de suivi. Ainsi, ces observations ont permis de détecter la présence de macroinvertébrés et autres larves sur les structures.

Des prélèvements d'eau sont effectués en vue de réaliser des analyses physico-chimiques de l'eau et évaluer, très localement, au niveau des frayères, les conditions environnementales et les éventuels paramètres problématiques pour l'incubation des œufs et les développement des larves.

4.4.2. *Observation des larves et alevins*

La préoccupation du devenir des alevins issus des œufs pondus sur les frayères avait déjà conduit à la mise en place des radeaux végétalisés en complément aux frayères afin de mettre à disposition de ceux-ci des habitats pour leur développement et leur protection contre les prédateurs. Néanmoins, le devenir des larves et alevins est encore relativement méconnu.

Jusqu'à présent, des observations de présence/absence des alevins étaient réalisées. Plusieurs semaines après les éclosions, des larves et alevins persistaient dans les fibres synthétiques des frayères. Il semblait opportun de développer ce volet afin de pouvoir évaluer le développement et estimer la survie des alevins.

Diverses solutions ont été envisagées afin d'effectuer un inventaire quantitatif des larves et alevins au sein des frayères et des radeaux végétalisés mais aucune n'apportait satisfaction.

Des systèmes récents de détection des poissons au sonar (type Simrad) ont l'avantage de permettre un inventaire à distance des individus présents et de la biomasse de poissons. Cette méthode d'inventaire permettait d'observer la situation sous les radeaux sans interférer avec les individus présents. Néanmoins, les larves et alevins étant cachés par les systèmes racinaires des plantes présentes sur le radeau, le système ne permet pas d'obtenir des résultats probants dans ce cas de figure. En effet, la présence de racines crée un bruit de fond qui empêche de discriminer les alevins de leur environnement.

Les technologies de pêche électriques ne sont pas adaptées à des individus de petites tailles tels que les larves et alevins.

Des systèmes de filets ont aussi été envisagés pour permettre de capturer les poissons présents sous le radeau mais on se heurtait à la nécessité d'approcher le radeau pour remonter le filet induisant un biais dans les observations. De plus, une fois le filet remonté, il s'avère complexe d'un point de vue pratique de le vider de son contenu vu que les racines des plantes palustres sont aussi englobées dans le filet.

Une dernière solution basée sur des technologies utilisées pour l'aquaculture en mer a été étudiée et pourrait répondre à nos exigences pour l'observation des alevins sous le radeau. Il s'agit de caméras subaquatiques sphériques qui peuvent filmer sur 360°. Cette solution n'est, bien entendu, envisageable que dans des eaux suffisamment transparentes pour disposer d'image

exploitable. En outre, une évaluation quantitative nécessiterait un travail de traitement des images pour dénombrer le nombre d'alevins présents et, éventuellement, identifier les espèces.

Cette solution n'ayant pu être mise en place en 2011, les inventaires des alevins présents sur les frayères et sous les radeaux végétalisés ont été réalisées à l'aide d'un troubleau en inox d'un diamètre de 300 mm et équipé d'un filet de 500 microns et d'une profondeur de 600 mm. Le troubleau est passé sur les frayères et permet de capturer les individus présents dans les fibres synthétiques. Cette démarche a permis de suivre l'évolution de la croissance des brochetons après l'éclosion des larves mais de manière qualitative vu qu'il n'est pas possible avec cette technique de dénombrer le nombre d'alevins présents sur les frayères.

4.4.3. Analyses d'eau

Les prélèvements sont réalisés avant l'entretien des frayères afin d'éviter les biais qui pourraient être induits sur les mesures par la mise en suspension, lors du nettoyage, de sédiments, algues et autres micro-organismes qui se sont déposés sur les frayères artificielles flottantes. Les mesures physico-chimiques sont réalisées hebdomadairement à chaque localisation.






Différents paramètres sont relevés sur place tels que la température, l'oxygène dissous, le pH et la turbidité. Des échantillons d'eau sont aussi prélevés, à la profondeur des frayères artificielles, afin de déterminer par spectrophotométrie les taux de nitrates, nitrites, phosphates et ammoniac. Toutes les données sont encodées dans un tableur au cours du projet. Ce dernier reprend aussi les données de suivi du colmatage des frayères artificielles flottantes.

Ces relevés apportent des informations utiles sur le milieu mais peuvent aussi s'avérer intéressantes pour l'interprétation des observations réalisées sur le terrain : mortalités éventuelles, taux d'éclosion des œufs, degré de colmatage des frayères...

4.4.4. Suivi du colmatage et entretien des frayères

Les étapes d'observations des pontes éventuelles, de mesures et de prélèvements achevées, une estimation du colmatage est effectuée sur chaque frayère. Pour estimer l'ampleur du colmatage une échelle numérique avait été mise en place par NEMRY et al. (2007).

Tableau 5 : Echelle de colmatage employée pour le projet (NEMRY *et al.*, 2007)

Echelle	Nom	Illustration	Description
0	Colmatage absent		Le substrat est clairement visible et sa couleur n'est pas altérée. L'apparence est identique à celle du substrat après un nettoyage à l'eau sous pression.
1	Colmatage léger		Les dépôts sont peu importants et localisés. La couleur du substrat n'est pas altérée (vert).
2	Colmatage moyen		Le colmatage est généralisé à toute la frayère. La structure du substrat est toujours clairement visible mais sa couleur est modifiée (brun-vert).
3	Colmatage		Le colmatage est généralisé à toute la frayère. La structure du substrat est entièrement recouverte et plus difficile à distinguer.
4	Colmatage fort		Le colmatage est généralisé à toute la frayère. La structure du substrat est totalement recouverte et à peine visible.

En l'absence d'œufs ou d'alevins, les frayères sont nettoyées à l'aide d'une brosse afin de limiter le colmatage. Cet entretien régulier est nécessaire pour garantir la disponibilité du substrat pour

les pontes et éviter des mortalités d'œufs ou d'alevins en raison d'un développement trop intense d'algues et d'organismes susceptibles de consommer de l'oxygène et d'accroître la mortalité des œufs et alevins.

4.5. Résultats

4.5.1. Analyses de l'eau

4.5.1.1. Température

La température de l'eau est un facteur essentiel qui influence les fonctions de l'organisme, le métabolisme, le développement, la reproduction (GILLET & QUENTIN, 2006)... Chaque espèce présente des exigences différentes. Les fonctions de l'organisme nécessitent des intervalles thermiques précis pour chacune des espèces. Dans le cadre du projet, ces exigences vont influencer sur la période d'observations des reproductions. Une bonne connaissance de ces éléments permet de mettre à disposition les substrats de pontes artificiels en temps opportun pour chacune des espèces. En outre, les exigences thermiques provoquent une sélection dans les espèces potentiellement présentes dans les lacs en influençant la distribution géographique des espèces (BILLARD, 2005).

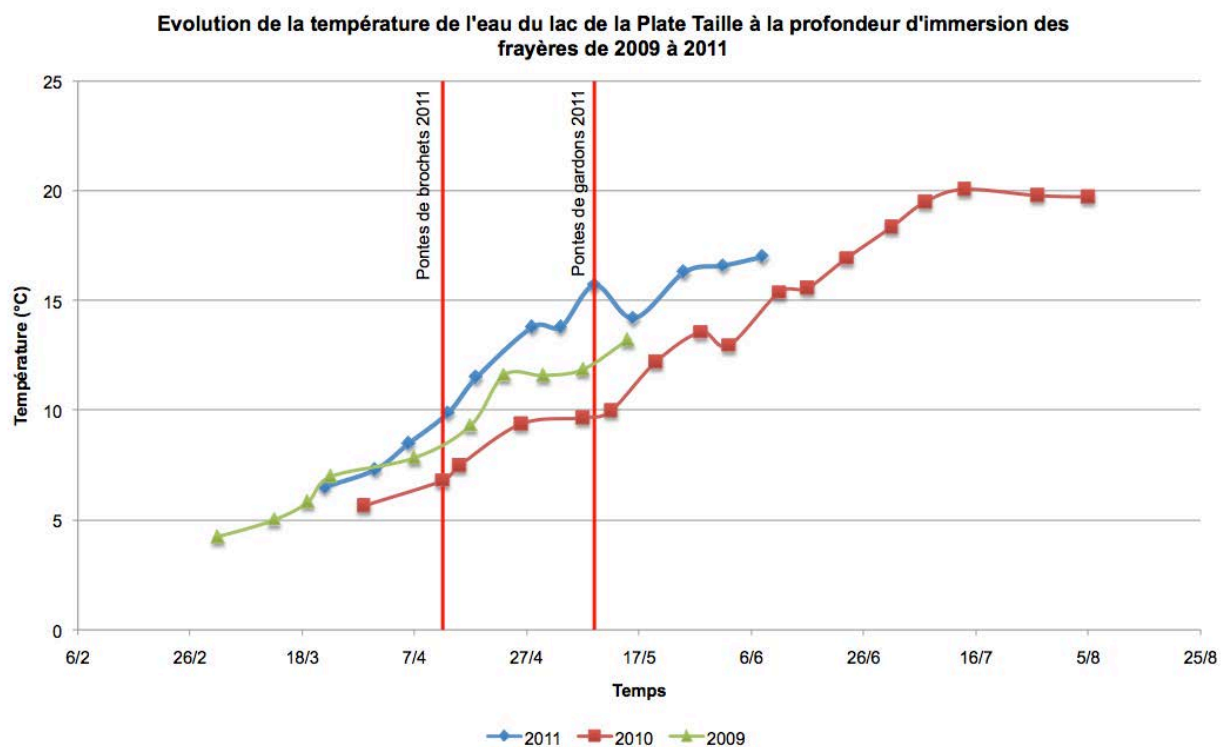


Figure 48 : Evolution des températures de l'eau du lac de la Plate Taille à la profondeur d'immersion des frayères artificielles de 2009 à 2011.

Comme le montre le graphique ci-dessus, en 2011, bien que l'eau soit restée fraîche jusqu'à la fin du mois de mars, on observe une élévation rapide de la température de l'eau à partir du mois d'avril. Alors que les pontes de brochet avaient été observées le 30 avril en 2009, cette espèce s'est reproduite à la mi-avril 2011.

4.5.1.2. Oxygène

La dissolution de l'oxygène dans l'eau répond, comme les autres gaz, à la loi de Henry. La concentration d'oxygène dissous dans l'eau dépendra de la concentration du gaz dans l'atmosphère et de la constante de dissolution.

La dissolution de l'oxygène dans l'eau est une fonction inverse de la température de l'eau : au plus l'eau est froide au plus elle pourra contenir de l'oxygène (ARRIGNON, 1998).

L'oxygène est peu soluble dans l'eau et sa concentration va être déterminée par plusieurs facteurs. Le flux de réaération (transfert d'O₂ vers l'eau) va dépendre de l'écart à la saturation mais aussi du milieu physique. Dans les eaux stagnantes ne bénéficiant pas de turbulence, le coefficient de réaération sera faible. Une autre source d'oxygène provient de la photosynthèse réalisée par les algues microscopiques et les macrophytes présentes dans le lac.

En 2009, le suivi de la concentration en oxygène dissous au niveau des frayères a été suivi durant la période de reproduction en raison de son importance pour le développement des œufs et des larves (SIEFERT et al., 1973). Ce suivi n'avait pas mis en évidence de déficit en oxygène au niveau des frayères. Les concentrations étaient largement supérieures à 6 mg/L, limite inférieure de concentration en oxygène pour des eaux salmonicoles.

Ce suivi n'ayant permis de mettre en évidence qu'une évolution inverse à celle de la température, ce paramètre a été suivi en 2011 pour mettre en évidence un éventuel déficit mais les taux en oxygène sont restés supérieurs au minimum requis pour la survie des poissons.

4.5.1.3. pH

Le pH exprime l'acidité ou l'alcalinité d'une eau. Les valeurs de pH varient théoriquement dans une fourchette de 0 à 14 mais les valeurs de pH extrêmes rencontrées dans les milieux aquatiques et tolérées par la plupart des espèces sont comprises entre 5 et 9. Au sein de cet intervalle, la reproduction se déroule de manière optimale dans une eau comprise entre des pH de 6 et de 7,2.

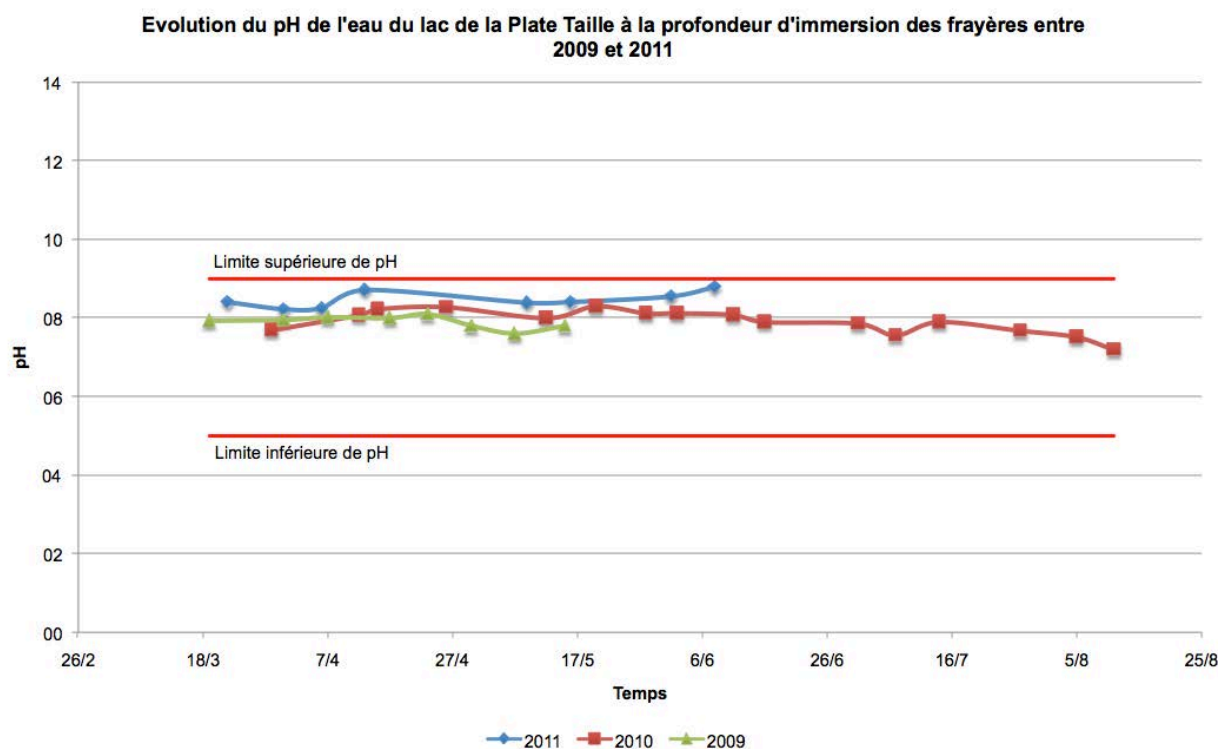


Figure 49 : Evolution du pH de l'eau du lac de la Plate Taille à la profondeur d'immersion des frayères entre 2009 et 2011.

Les relevés de pH réalisés entre 2009 et 2011 sur le lac de la Plate Taille montre une eau à tendance basique. La moyenne des pH mesurée en 2009 et 2010 est de 7,9 soit plus acide que la valeur avancée par IGRETEC pour la campagne de relevés réalisée en 2002 et 2003. En 2011, la moyenne des mesures donne une valeur de pH plus basique, à savoir 8,5. Bien que l'on note de légères variations, les valeurs de pH mesurées durant les trois années montre la même tendance.

4.5.1.4. Turbidité

La turbidité influence le comportement des poissons et joue notamment un rôle significatif dans la distribution des ceux-ci (VAN DONK, 1998) et dans les comportements alimentaires (PECKAN-HEKIM, 2007). Certaines espèces utilisent la turbidité de l'eau comme un élément de refuge. Ce sont les particules en suspension dans la colonne d'eau qui causent la turbidité. Ces particules peuvent être de nature minérale (argile) ou de nature organique (phyto- zooplancton). Les événements climatiques (précipitations), les changements de saisons, les blooms algaux, l'érosion hydrique mais aussi éolienne vont avoir un impact sur la turbidité du lac. Les activités anthropiques ont, bien entendu, un impact notamment par l'accroissement général de l'érosion ou encore par l'apport de nouvelles espèces exotiques telles que les palourdes asiatiques (*Corbicula fluminea*) ou les moules zébrées (*Dreissena polymorpha*). Pour se nourrir, ces mollusques filtrent l'eau et retiennent le plancton. Ces espèces invasives pullulent désormais sur

les fonds du lac de la Plate Taille et impacte logiquement la quantité de plancton présent dans la colonne d'eau.



Figure 50 : La présence de mollusque filtreur en grand nombre influence la densité de plancton dans la colonne d'eau.

La turbidité se mesure à l'aide d'une unité standard le NTU ou FNU en anglais pour Formazin Nephelometric Unit. Des classes ont été définies de manière à distinguer une eau claire d'une eau trouble :

- NTU < 5 : eau claire
- 5 < NTU < 30 : eau légèrement trouble
- NTU > 50 : eau trouble

Les mesures réalisées entre 2009 et 2011 montrent des variations mais sont systématiquement inférieures à 5 NTU correspondant à une eau claire. Les pics de turbidité ponctuels correspondent vraisemblablement à des épisodes pluvieux.

4.5.1.5. Composés azotés et phosphatés

L'azote est présent sous diverses formes dans les milieux dulçaquicoles. Les composés azotés proviennent, pour une partie d'entre eux, du bassin versant et, pour une autre partie, de l'écosystème aquatique en lui-même (métabolites). L'azote ammoniacale revêt deux formes différentes. La première forme, toxique pour les poissons, est une forme non ionisée NH_3 . La seconde forme ionisée NH_4^+ est peu toxique. Au sein du milieu lacustre, la proportion de chacune de ces formes dépend des caractéristiques physiques du milieu à savoir la température de l'eau, le pH et la salinité. La forme toxique NH_3 augmente proportionnellement à l'élévation de température et de pH. La sensibilité des poissons est variable d'une espèce à l'autre et selon la taille de l'individu. Pour garantir la survie des populations piscicole, la concentration doit être voisine de zéro ou ne pas excéder 1 $\mu\text{g/l}$ et 5 $\mu\text{g/l}$ NH_3 respectivement pour les larves et les poissons plus âgés élevés en pisciculture (BILLARD, 2005).

La dégradation aérobie de l'ammoniaque est réalisée en deux temps par des bactéries nitrifiantes qui produisent des nitrites (bactéries nitreuses) puis des nitrates (bactéries nitriques). Les nitrites présentent aussi une toxicité principalement dans des eaux à faible alcalinité. Les teneurs admissibles sont de 0,05-0,2 mg/l. La tolérance aux nitrates est beaucoup plus élevée (BILLARD, 2005).

Dans les environnements naturels dulçaquicoles, le phosphore constitue la substance nutritive limitante pour le développement végétal qu'il s'agisse du phytoplancton ou de macrophytes. Sa concentration dans ces milieux est naturellement très faible, de l'ordre de quelques microgrammes par litre. Si des apports naturels (érosion de roches naturellement riches en phosphore dans le bassin versant) ou anthropiques (épandages, etc.) augmentent la quantité de phosphore disponible, on assiste à un dérèglement du fonctionnement de l'écosystème dont un développement végétal exubérant et anarchique : prolifération d'algues, développement excessif de phytoplancton et/ou de macrophytes... Cette prolifération végétale peut mener à des situations d'anaérobiose dans les eaux stagnantes (BARROIN, 1999) comme expliqué dans le paragraphe relatif à l'eutrophisation du milieu lacustre.

Le phosphore est présent sous différentes formes dans les milieux dulçaquicoles. Deux formes anioniques de l'acide orthophosphorique (H_3PO_4) : $H_2PO_4^-$ et HPO_4^{2-} prédominent dans les gammes de pH rencontrées habituellement dans les milieux aquatiques ($6,5 < pH < 8,5$). Dans les eaux souterraines non contaminées, on retrouve peu de phosphore sous des formes libres. Celui-ci est principalement présent dans les eaux de surface et souvent d'origine anthropique : activités agricoles, égouttage... (OUELLET, 1998).

Les valeurs ont été mesurées pour chaque station entre 2009 et 2011. Des moyennes journalières ont été calculées pour les différents composants analysés :

- *Nitrite* : La concentration en nitrite est nulle ou très faible. La concentration maximale moyenne calculée est de 0,04 mg/l en 2009 et de 0,03 mg/l en 2010.
- *Ammoniac* : La concentration en ammoniac est très faible. La concentration maximale moyenne calculée est de 0,22 mg/l en 2009 et sous le seuil de détection de l'appareil en 2010 et 2011. L'azote ammoniacal est inférieure aux limites acceptables mentionnées par l'Arrêté du Gouvernement Wallon du 2 mars 2005, soit 2 mg/l.

- *Phosphate* : En 2009, on observe de fortes fluctuations du taux de phosphate au cours de la période estivale, avec des pics majeurs début juin (2,4 mg/l) et début août. En 2010, le taux de phosphates reste plus stable, on n'observe pas de pic comme en 2009. La concentration maximale moyenne calculée est de 1,0 mg/l soit la valeur de concentration maximale fixée par l'arrêté du Gouvernement wallon cité ci-dessus. En 2011, un pic de concentration (2,3 mg/l) se marque en début de saison (début avril). C'est le seul dépassement de la norme observé en 2011.

De manière générale, les concentrations sont inférieures à la norme maximale fixée par arrêté (1 mg/l). Cependant, on enregistre quatre dépassements en 2009 (fin avril-début mai, début juin, début août), aucun dépassement n'est observé en 2010 et un seul dépassement en mars 2011. Les dépassements observés sont substantiels, les concentrations de phosphates dépassent de plus de deux fois la valeur normative.

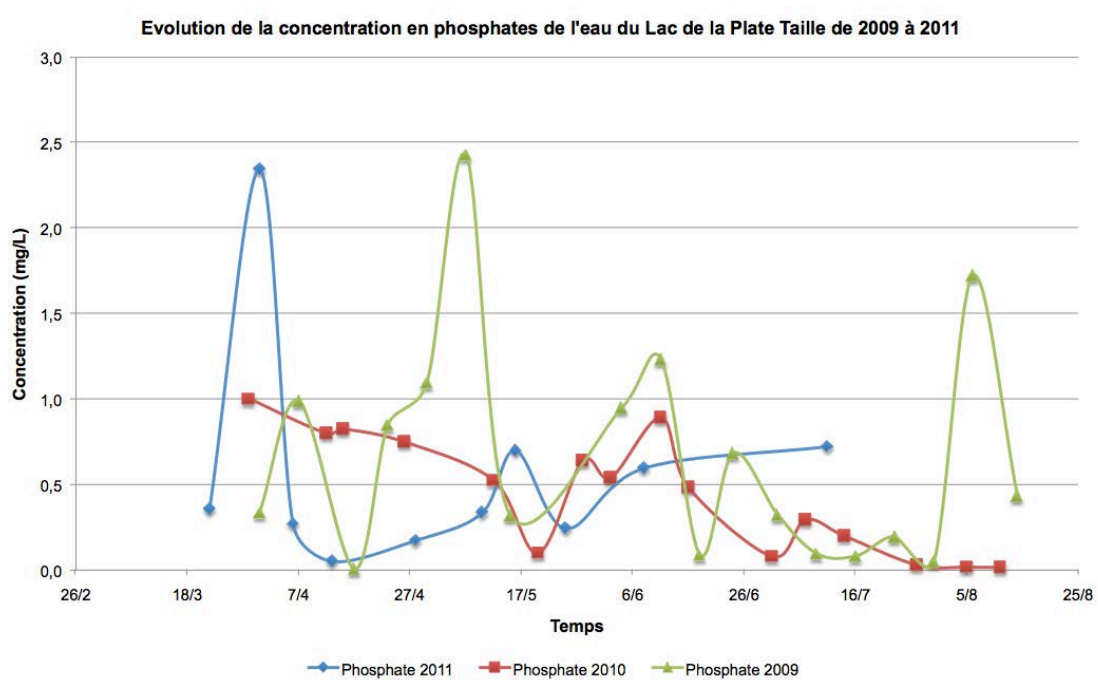


Figure 51 : Evolution de la concentration en phosphates de l'eau du Lac de la Plate Taille de 2009 à 2011.

- *Nitrate* : On note une présence continue de nitrate avec une moyenne de 3,09 mg/l en 2009, de 1,90 mg/l en 2010 et 0,71 mg/l en 2011. Certaines valeurs extrêmes influencent fortement la moyenne réalisée sur la saison. En outre, les concentrations proches de 0 mg/l mesurées en 2011 semblent peu vraisemblables. En supprimant, les valeurs extrêmes du jeu de données, on obtient les valeurs de concentrations moyennes suivantes respectivement pour les années 2009, 2010 et 2011 : 1,47 mg/l, 1,90 mg/l et 1,05 mg/l.

En comparaison avec les résultats obtenus par IGRETEC en 2002/2003 (0,92 mg/l) sur le lac de la Plate Taille (IGRETEC, 2004), la concentration en nitrate s'avère plus élevée en 2009 et 2010 mais reste d'un même ordre de grandeur. En outre, ces valeurs sont inférieures aux normes règlementaires relative à la qualité des eaux de surface. L'Arrêté du Gouvernement Wallon du 2 mars 2005 recommande une valeur maximale de 5 mg/l, soit bien au-dessus des valeurs observées au lac de la Plate Taille.

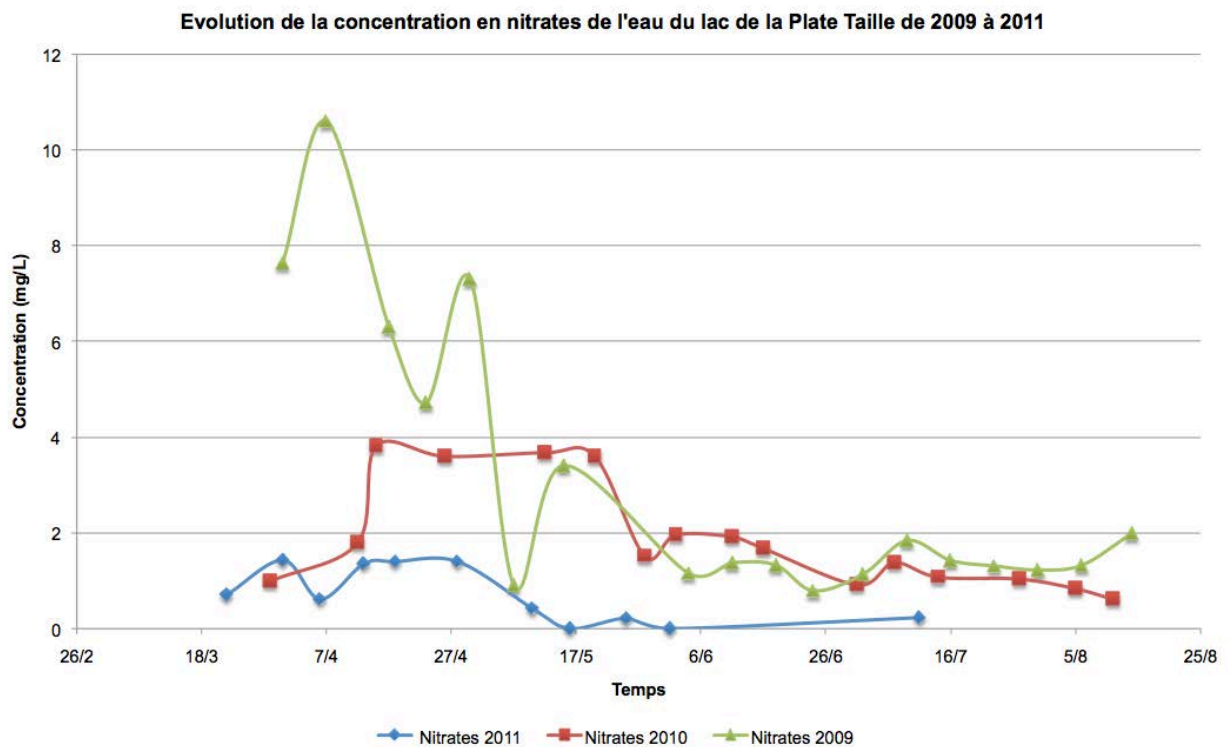


Figure 52 : Evolution de la concentration en nitrates de l'eau du lac de la Plate Taille de 2009 à 2011.

4.5.2. Observation des pontes, larves et alevins

4.5.2.1. Brochet (Esox lucius)

Les premières pontes de brochets ont été observées le 12 avril 2011 à une température de l'eau de 10°C. De nouvelles pontes sont survenues jusqu'au 20 avril 2011 ($T_{\text{eau}} = 12^{\circ}\text{C}$). Au total, des pontes ont été observées sur 40 m² de frayères disposées sur le barrage de la Plate Taille. La Figure 53 représente les frayères artificielles flottantes ayant accueilli des pontes de brochet durant la saison de reproduction de l'année 2011. Aucune ponte de brochet n'a été observée sur les frayères installées sur le lac de l'Eau d'Heure. Seuls deux groupes de frayères, ceux de la anse de la Fontaine au Plane et de la anse de l'ADEPS n'ont pas été utilisés par les géniteurs de brochets.

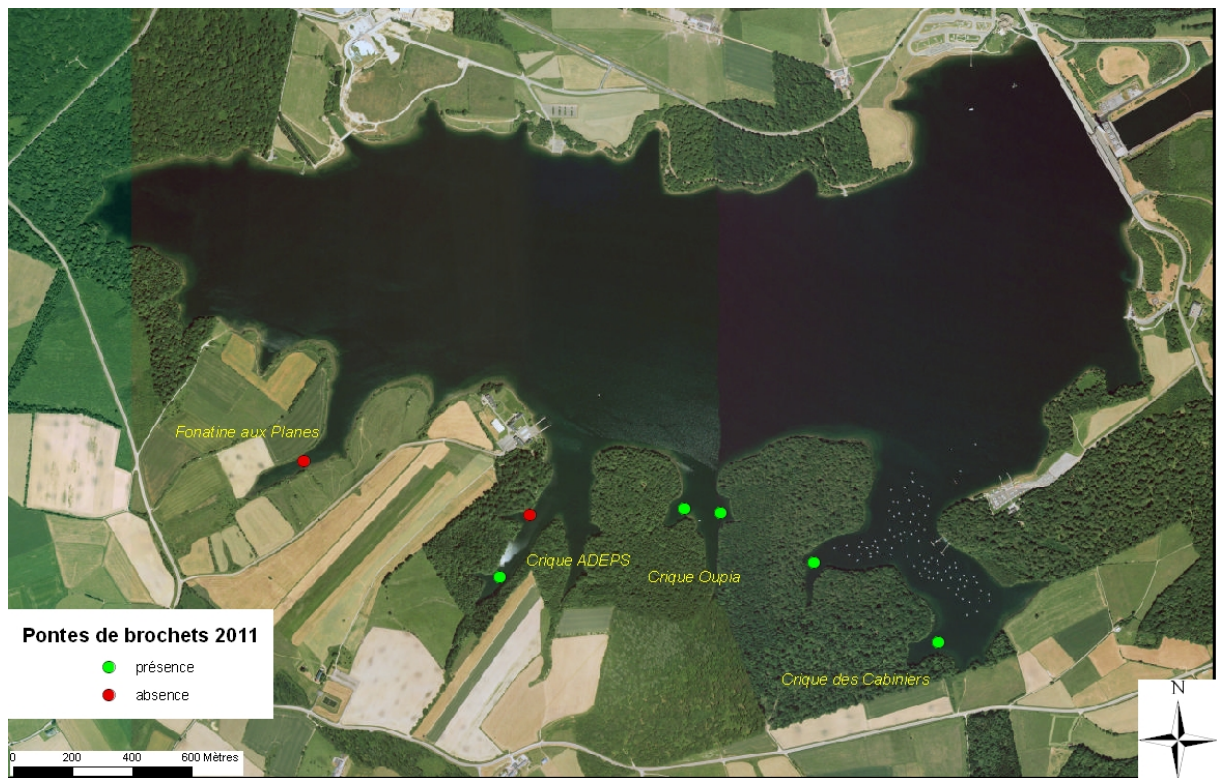


Figure 53 : Localisation des pontes de brochets observées sur les frayères artificielles flottantes du lac de la Plate Taille en 2011.

Afin de réaliser une évaluation quantitative in situ, les œufs sont dénombrés sur des surfaces de 400 cm². Les comptages ont permis d’estimer la densité moyenne des œufs à une valeur de 1 000 œufs/m².



Figure 54 : Géniteur observé à proximité des frayères artificielle.

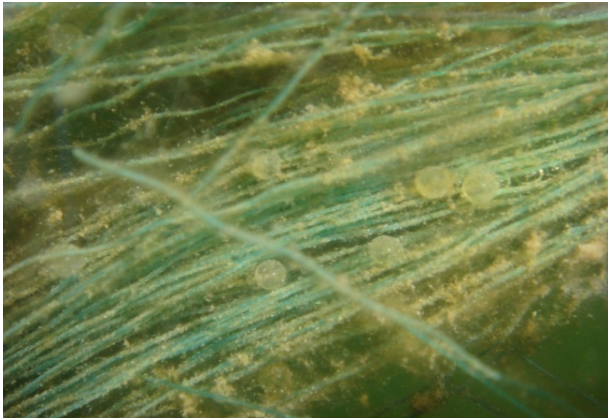


Figure 55 : Ponte de brochets sur une frayère durant la période du frai.



Figure 56 : Œufs de brochet fixés sur une fibre.

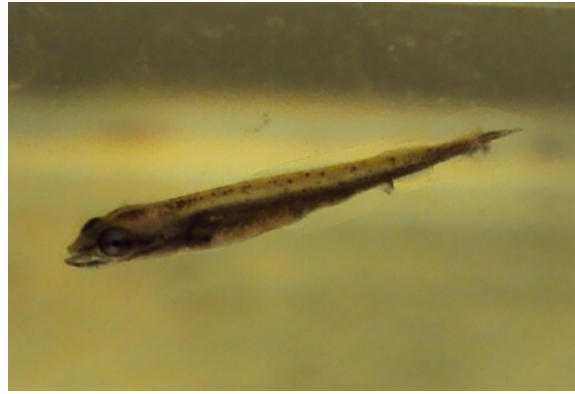


Figure 57 : Larve résorbée de brochet.

L'identification de l'espèce a été réalisée selon deux méthodes :

In situ, grâce à l'observation des œufs. Ceux-ci se présentent sous la forme de sphère jaunâtre d'un diamètre de 2 à 3 mm. Les œufs sont dispersés sur les fibres synthétiques et, plus généralement, au niveau de la frayère. La date de la ponte ainsi que les températures de l'eau à l'époque de la reproduction sont aussi des indices qui contribuent à l'identification de l'espèce concernée et dans le cas présent, le brochet.

L'observation de trois géniteurs ($\pm 60 - 70$ cm) à proximité immédiate des frayères (Figure 54) lors des visites antérieures aux dates précitées permet de déduire l'espèce ayant vraisemblablement déposé des œufs sur les frayères artificielles.

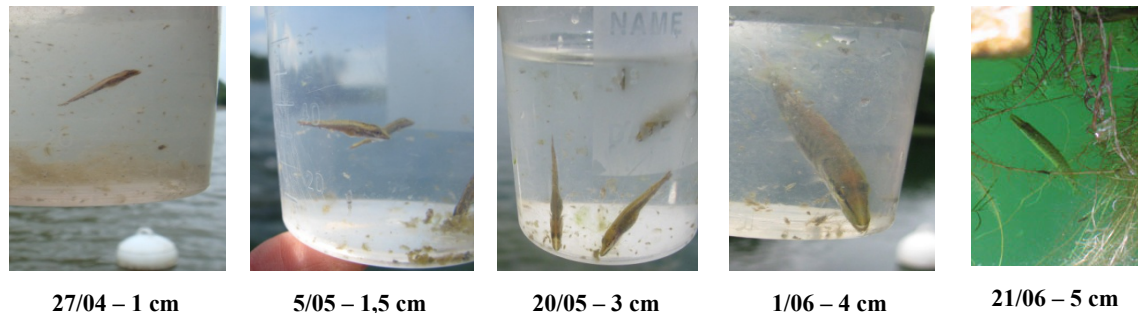
Afin de valider cette identification in situ, une seconde identification est réalisée ex situ grâce aux œufs prélevés sur les frayères. Les œufs prélevés sont conservés en stabulation à la Maison wallonne de la pêche dans un aquarium muni d'une pompe et sont identifiés à plusieurs stades larvaires. Plusieurs critères convergents ont permis d'identifier les larves de brochet avec une grande certitude. La longueur de la larve proche de 1 mm à l'émergence, le ratio « longueur totale – queue » compris dans une fourchette comprise entre 0,41 et 0,48 [-] et la pigmentation de la partie dorsale de la larve sont autant de critères cités dans l'ouvrage de A. PINDER (2001) qui accrédite l'identification réalisée sur les frayères.

Régulièrement lors du suivi des frayères, un troubleau en inox d'un diamètre de 300 mm et équipé d'un filet de 500 microns et d'une profondeur de 600 mm est passé sur les supports de ponte avant d'assurer le décolmatage éventuel des frayères. Bien que la méthode ne soit pas d'une précision suffisante pour permettre de quantifier le nombre d'alevins présents sur les frayères, elle permet d'observer la présence d'alevins et de suivre leur évolution au fil de la saison. En outre, la présence de larves ou d'alevins nécessite des précautions particulières avant

de procéder éventuellement au nettoyage pour éviter de provoquer des mortalités lors du brossage des structures.

Les figures suivantes montrent l'évolution de la croissance des larves de brochets depuis l'éclosion (fin avril) jusqu'à fin juin où les alevins mesurés dépassaient la taille de 5 cm.

Tableau 6 : Evolution de la croissance des alevins observés sur les frayères au fil de l'année 2011.



En 2012, des pontes de brochets n'ont pas été observées sur les frayères artificielles. Néanmoins, au cours du suivi réalisé, on note la présence de nombreux alevins dans les fibres synthétiques. Deux explications plausibles pourraient être avancées, premièrement, en raison des températures clémentes, la ponte et l'éclosion des œufs se sont succédés rapidement et pourraient s'être déroulés entre deux visites de suivi sur le lac de la Plate Taille. Deuxième possibilité, la mise à sec d'une frange importante de la zone littorale en 2011 a permis la croissance d'une végétation herbacée dense. En période hivernale, la cote du lac est remontée et cette végétation herbacée s'est retrouvée immergée créant un substrat propice pour accueillir les pontes de brochet. Les observations réalisées par MAJOR et al. (2001) concernant une meilleure efficacité de la reproduction du Doré jaune lorsque le niveau du lac est élevé pourrait étayer cette hypothèse. Dans le cas présent, les conditions semblaient particulièrement favorables à la reproduction du brochet.

4.5.2.2. Sandre (*Sander lucioperca*)

Des pontes de sandres ont été observées sur un élément d'un train de frayères (4 m²) disposé sur le lac de la Plate Taille le 22 avril 2011 et sur un train de frayères (12 m²) disposé sur le lac de l'Eau d'Heure le 28 avril 2011. La localisation des frayères est reprise à la Figure 58.

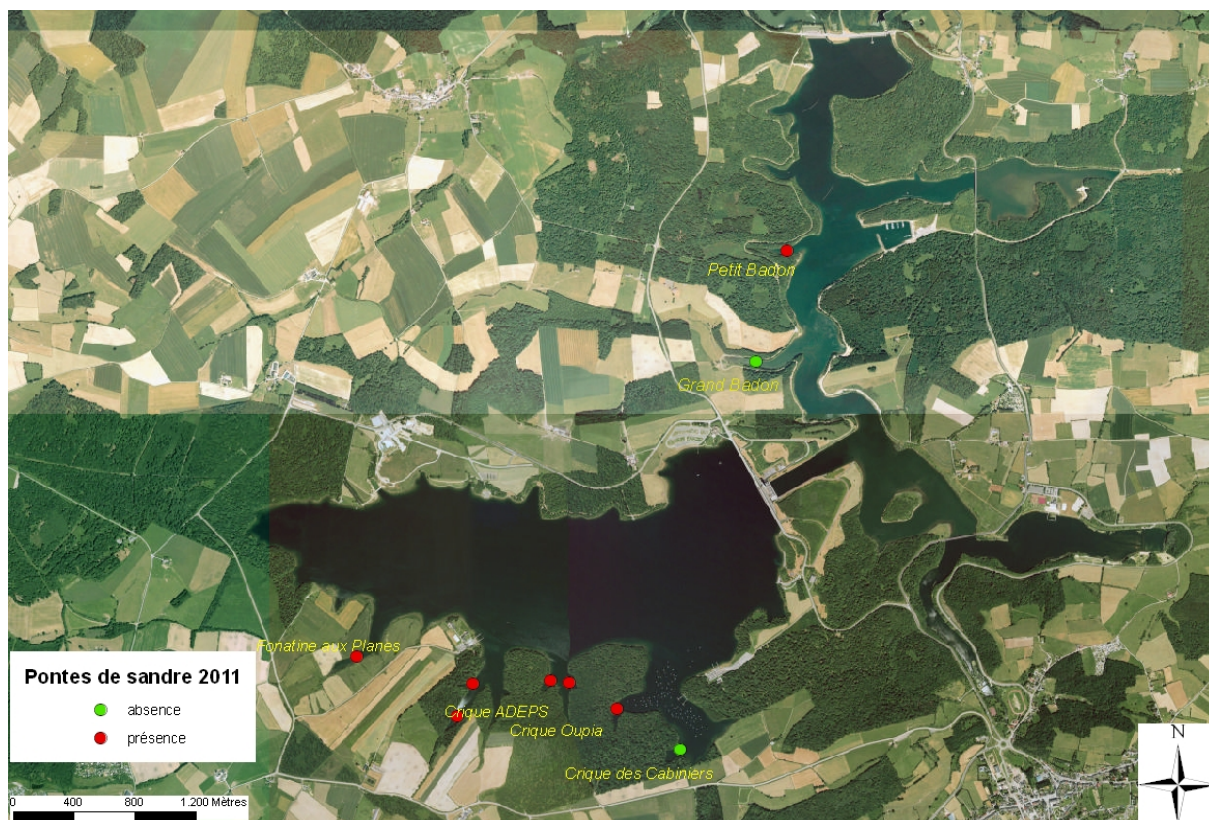


Figure 58 : Localisation des pontes de sandre observées sur les frayères artificielles flottantes.

L'évaluation quantitative n'a pas pu être réalisée in situ en raison de la taille réduite des œufs (1,5 mm) qui ne permettait pas de réaliser un comptage aisément sans instrument d'optique et une zone de ponte fort hétérogène qui rendait hasardeuse toute extrapolation. La première zone de frai observée était réduite et localisée sur la frayère et présentait des amas d'œufs. La seconde ponte était, au contraire, très dispersée au niveau de la frayère artificielle.



Figure 59 : Sandre protégeant la ponte.



Figure 60 : Ponte de Sandre sur une frayère.



Figure 61 : Oeuf de sandre fixé à une fibre.

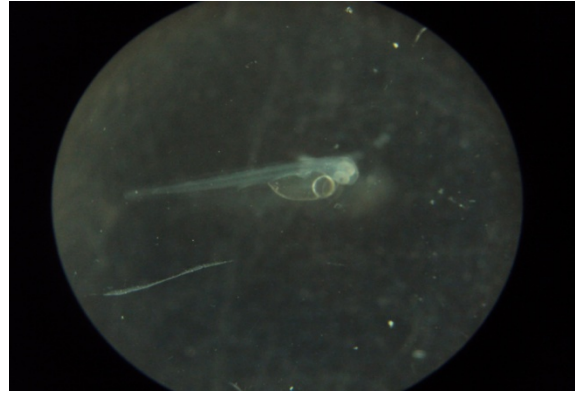


Figure 62 : Larve vésiculée de sandre

L'identification des œufs a été possible in situ grâce à l'identification sur place d'un couple de géniteurs sous un train de frayères le 18 avril 2011, la présence d'un nid de ponte et la protection parentale identifiées le 22 avril 2011 ainsi que les dates d'éclosions observées le 27 avril 2011 après une centaine de degrés jours. Les dates de pontes et la durée d'incubation des œufs sont cohérentes avec les données de la littérature sur la biologie du sandre.

En outre, un prélèvement des larves issues de la ponte a été réalisée afin d'être observée et identifiée ex situ. La clé de détermination développée dans l'ouvrage de A. PINDER (2001) a permis d'identifier avec certitude les larves de sandres (*Sander lucioperca*). Plusieurs critères ont été utilisés pour cette identification :

- La longueur de la larve à l'émergence de l'ordre de 3,5 mm
- La présence de gouttelettes huileuses au sein du sac vitellin
- Le rapport « longueur totale – queue » supérieur à la valeur de 0,60 [-]

Depuis le début du projet en 2007, aucune ponte de sandre n'avait été observée sur les frayères artificielles flottantes. Dans ce contexte, une attention toute particulière a été portée aux observations relatives à ces deux pontes. Ces observations ont permis de mettre en évidence la protection parentale du « nid » où l'ensemble des œufs est concentré sur une surface relativement restreinte sur la frayère artificielle. Le choix des frayères comme substrat de ponte est plus étonnant mais la littérature signale que le sandre fait preuve d'opportunisme concernant le choix de ses substrats de pontes : végétaux, gravier, sable grossier... Rappelons qu'une ponte de perche (*Perca fluviatilis*) avait aussi été observée le 30 avril 2009 sur les frayères artificielles flottantes alors que cette espèce est connue pour déposer ces rubans d'œufs autour de supports végétaux morts. Bien que cette ponte puisse être considérée comme anecdotique sur l'ensemble des pontes observées à ce jour, une seconde ponte de sandre a été relevée sur les frayères artificielles

installée dans la anse de Grand Badon sur les lacs de l'Eau d'Heure. La présence d'œufs non éclos épars sur la frayère semble confirmer la présence d'un nid dont les œufs ont majoritairement éclos avant la date des observations.

4.5.2.3. Gardon (*Rutilus rutilus*)

En 2009, des pontes de gardon avaient été observées sur une seule frayère du lac de la Plate Taille (Fontaine aux Planes). En 2011, aucune ponte n'a été observée sur les frayères artificielles du lac de la Plate Taille. En revanche, des pontes de gardon ont été identifiées entre le 24 et le 28 mai 2012 sur 12 m² de frayères situées dans la Crique des Cabiniers sur le lac de la Plate Taille. La température de l'eau à ces dates était de 18,1 °C. Au niveau du lac de l'Eau d'Heure, des pontes ont été observées sur un train de trois frayères (12 m²) disposées dans la anse du Grand Badon le 9 mai 2011 (16 °C) (Figure 63).

Suivant la méthodologie établie, les œufs sont dénombrés, in situ, sur des surfaces représentatives de 100 cm² et une estimation du taux de couverture des frayères est réalisée afin d'estimer la quantité d'œufs pondus sur le substrat artificiel. Une densité moyenne approximative de 100 – 150 œufs/100 cm² a été observée en 2011 sur les frayères artificielles du lac de l'Eau d'Heure. Par extrapolation, ce sont près de 15 000 œufs par m² qui ont recouverts 12 m² de frayères artificielles, soit près de 180 000 œufs. En 2012, une évaluation quantitative des œufs a aussi été réalisée sur les frayères artificielles du lac de la Plate Taille. Plus de 125.000 œufs/m² ont été dénombrés sur les frayères. En 2007, le nombre d'œufs obtenus avait été estimé à 95 000 œufs. Concernant le gardon, la littérature renseigne un nombre d'œufs pondus par femelle compris entre 150 000 et 200 000 œufs (BRUSLE et QUIGNARD, 2001 ; GILLET 1989a ; DIAMOND, 1985). Sur cette base, l'hypothèse qu'une à deux femelles aient utilisé le substrat artificiel est posée.

Le gardon est une espèce phyto-litophile qui ne dédaigne pas les rochers, graviers, bois morts... pour déposer ses œufs. Cette grande plasticité lui permet de frayer sur différents substrats (EVERARD, 2006 ; KOZLAVSKY, 1991) et pourrait expliquer le succès mitigé rencontré avec cette espèce au niveau des structures artificielles flottantes.

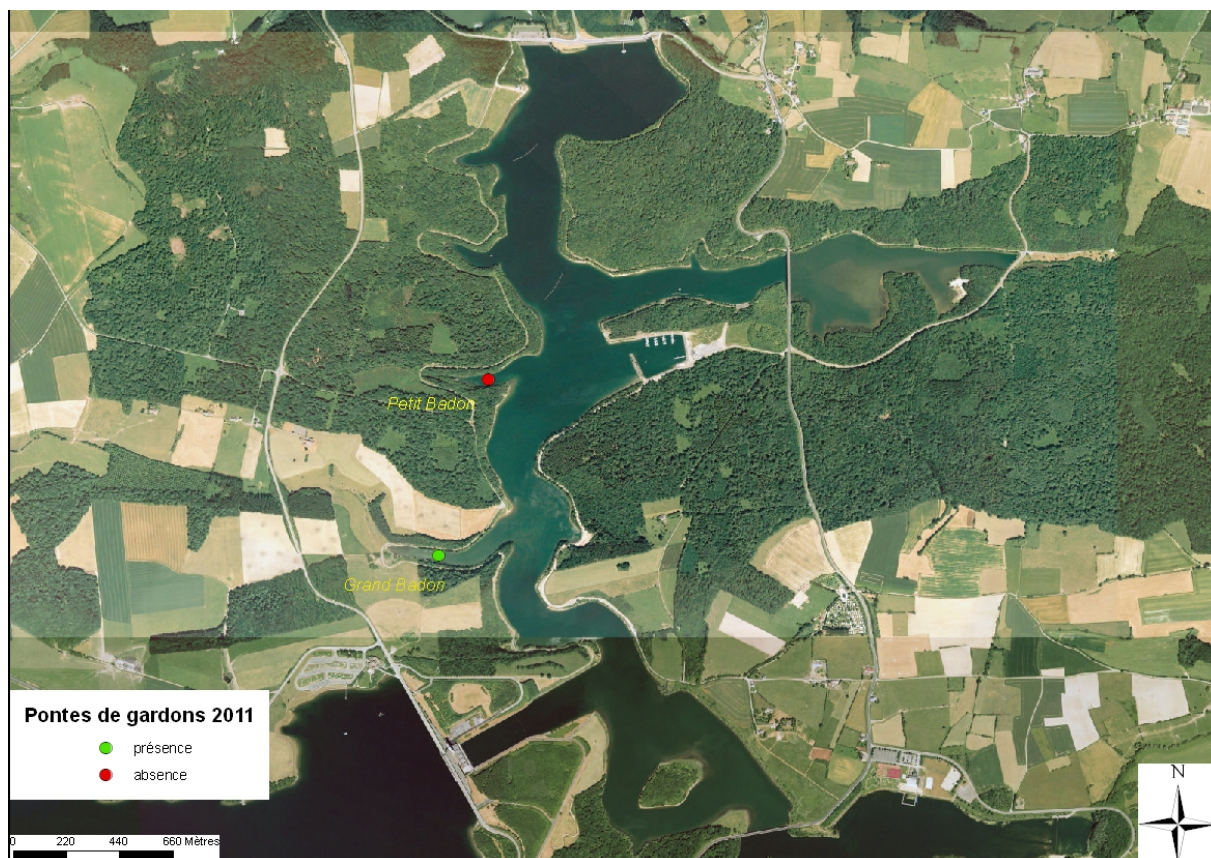


Figure 63 : Localisation des pontes de gardons observées sur les frayères artificielles flottantes en 2011.

La littérature nous signale que les pontes de gardons se déroulent d’avril à juin (BRUSLE et QUIGNARD, 2011 ; GILLET 1989a) à une température de l’eau comprise entre 14°C et 16°C (HUET, 1983). Les pontes ont été observées sur le lac de l’Eau d’Heure le 16 mai 2011 dans une eau à 16°C et entre le 24 et le 28 mai 2012 dans une eau à 18,1°C. Celles-ci étaient concentrées en grand nombre sur les frayères, autre caractéristique de la ponte du gardon. En outre, l’observation de couples de géniteurs regroupés au fond de la anse du Grand Badon (Lac de l’Eau d’Heure) le 10 mai 2011 permet de confirmer l’identification. De même, dans le courant du mois de mai 2012, plusieurs individus ont été observés à proximité des frayères dans les anses de la Fontaine aux Planes et de la Crique des Cabiniers (Lac de la Plate Taille).

En 2012, la température de l’eau à laquelle a débuté la reproduction est plus élevée que la fourchette de température renseignée dans la littérature. L’augmentation rapide des températures dans le courant du mois de mai constitue probablement une explication plausible à ce phénomène. La température de l’eau était de 9,2 °C le 18 avril 2012 et de 18,1 °C le 28 mai 2012.



Figure 64 : Génitrice de gardon morte près des frayères.

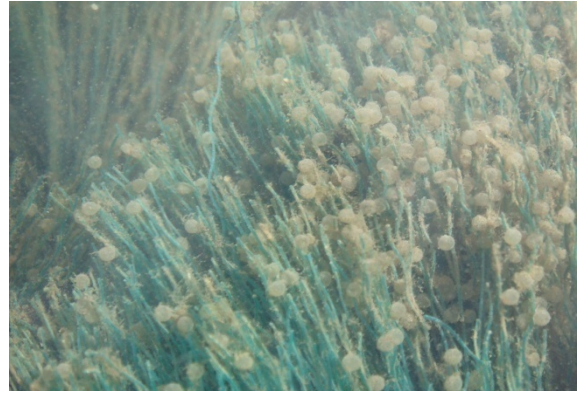


Figure 65 : Ponte de gardons sur les frayères.

Des œufs ont été prélevés et incubés dans un aquarium muni d'une pompe dans les locaux de la Maison wallonne de la pêche. Après la résorption de leur vésicule vitelline, les larves ont été identifiées au binoculaire conduisant à la même détermination que celle réalisée sur le terrain à savoir le gardon.



Figure 66 : Oeufs de gardons fixés aux fibres.



Figure 67 : Larve de gardons à vésicule résorbée.

4.5.2.4. Brème commune (Abramis brama)

La littérature présente la brème commune comme une espèce phyto-lithophile qui pond dans des herbiers ou sur des supports minéraux (galets et graviers) en l'absence de macrophytes (HLADIK & KUBECKA, 2004). En 2009, TOMSON *et al.* (2009) signalait déjà la reproduction de brèmes communes sur le lac de la Plate Taille au niveau des jonchaies des anses de la Fontaine aux Planes et de la Crique des Cabiniers. Les observations convergent avec la description du frai de la brème repris dans la littérature (DZCEKONZKA, 1956). Le frai a lieu à proximité immédiate des berges dans des eaux peu profondes, inférieures à 50 cm, (PONCIN *et al.*, 1996 ; KAFEMANN *et al.*, 1998 ; HLADIK & KUBECKA, 2004). Ce comportement induit inévitablement la mortalité des pontes sur les lacs de l'Eau d'Heure et de la Plate Taille compte tenu du marnage journalier dont l'amplitude dépasse les 50 cm. Par conséquent, la grande majorité des œufs pondus sont exondés et meurent.

Il est légitime de penser que ce comportement reproductif particulier explique l'absence d'utilisation des frayères artificielles flottantes par cette espèce. En effet, les frayères ne sont jamais situées à proximité immédiate des berges afin de garantir l'immersion du substrat en tout temps comme expliqué dans la rubrique consacré à l'installation des structures.

Cet aspect est abordé plus en détail dans le chapitre consacré aux structures expérimentales pour la reproduction des brèmes.

4.5.2.5. Carpe (*Cyprinus carpio*)

A partir du 15 mai 2012, les carpes ont commencé à fréquenter les anses de la Fontaine aux Planes et de la crique des Cabiniers. La température de l'eau s'élevait à 13,5°C à cette époque de l'année.

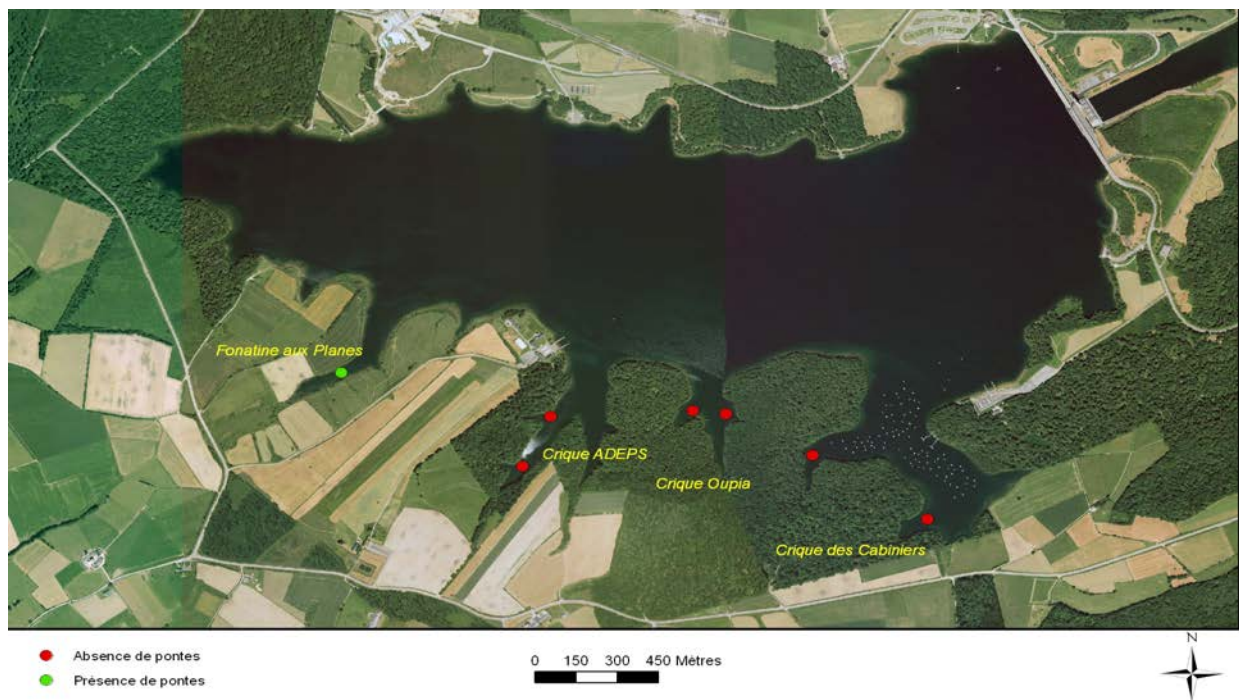


Figure 68 : Localisation des pontes de carpes observées en 2012 sur les frayères du lac de la Plate Taille.

Entre le 24 mai et le 28 mai 2012, des pontes de carpes ont été observées sur 12 m² de frayères disposées dans la anse dite « Fontaine aux planes ». A cette période, la température de l'eau était de 17,8 °C. Afin de réaliser une évaluation quantitative in situ, les œufs ont été dénombrés sur une surface de 0,01 m². Les comptages ont permis d'estimer une densité moyenne d'environ 5 000 œufs/m².



Figure 69 : Géniteurs observés à proximité des frayères artificielles flottantes.



Figure 70 : Pontes de carpes sur les frayères artificielles flottantes.



Figure 71 : Larve de carpe à vésicule résorbée éclos en aquarium.

L'identification des œufs a été guidée par l'observation de géniteurs en train de se rassembler au fond de la anse de la Fontaine aux Planes (Plate Taille). Les informations recueillies sur les conditions environnementales lors de la reproduction sont cohérentes avec le comportement reproductif de la carpe commune. Relevons notamment, une température de l'eau proche de 18°C, température à laquelle l'espèce commence à se reproduire.

Des prélèvements ont été effectués sur les pontes afin de confirmer ce diagnostic par une reconnaissance des larves au stade de jeunes larves après résorption de la vésicule vitelline grâce à l'ouvrage de A. PINDER (2001). La pigmentation de la surface dorsale et de la tête de même que le nombre de myomères (au moins vingt-deux myomères antérieurs à l'anus et au moins onze myomères postérieurs à l'anus) sont les critères décisifs ayant permis l'identification de la carpe commune et la différenciation avec le carassin (*Carassius carassius*) et le poisson rouge (*Carassius auratus*). Cette détermination a été confirmée par les observations réalisées au binoculaire pour les stades de larves intermédiaire et de vieilles larves.

4.5.2.6. Synthèse

En 2011, les frayères artificielles ont accueilli, chronologiquement, des pontes de brochet, de sandre et de gardon. Le tableau ci-dessous propose un récapitulatif des pontes observées (× : absence ; ✓ : présence) pour chacune des frayères sur les lacs de la Plate Taille (en bleu dans le tableau) et de l'Eau d'Heure (en vert dans le tableau) en 2011 :

Localisation	Surface [m ²]	Dates			
		12/04/2011	22/04/2011	28/04/2011	9/05/2011
Fontaine aux Planes	8	×	×	×	×
ADEPS	4	×	×	×	×
ADEPS	12	✓	×	×	×
Oupia	8	✓	×	×	×
Oupia	8	✓	×	×	×
Crique des Cabiniers	8	✓	×	×	×
Crique des Cabiniers	12	✓	✓	×	×
Petit Badon	8	×	×	×	×
Grand Badon	8	×	×	✓	✓

En 2012, les frayères artificielles ont accueilli des pontes de gardon et de carpe. Le tableau ci-dessous propose un récapitulatif des pontes observées (× : absence ; ✓ : présence) pour chacune des frayères sur les lacs de la Plate Taille :

Localisation	Surface [m ²]	Dates
		24-28/05/2012
Fontaine aux Planes	12	✓
ADEPS	8	×
ADEPS	16	×
Oupia	8	×
Oupia	8	×
Crique des Cabiniers	12	×
Crique des Cabiniers	12	✓

Les frayères artificielles flottantes ont permis d'obtenir des pontes de plusieurs espèces phytophiles ou partiellement phytophiles. Les observations réalisées ont permis de mettre en avant de bons taux d'éclosion et la présence de nombreuses larves et alevins. Néanmoins, la question du devenir de ces alevins avait été posée dès 2007 (NEMRY et al., 2007). Ceux-ci se retrouvent confrontés à la problématique d'un manque d'habitats et, par conséquent, d'espaces de protection, d'alimentation et de développement. A titre d'exemple, cette année, le suivi des frayères artificielles a permis d'observer la présence d'alevins de brochet, de sandre, de perche et de gardon au sein des substrats artificiels. Ces alevins sont exposés à une prédation accrue par l'espace limité et la localisation des frayères en pleine eau.

4.5.3. Suivi du colmatage

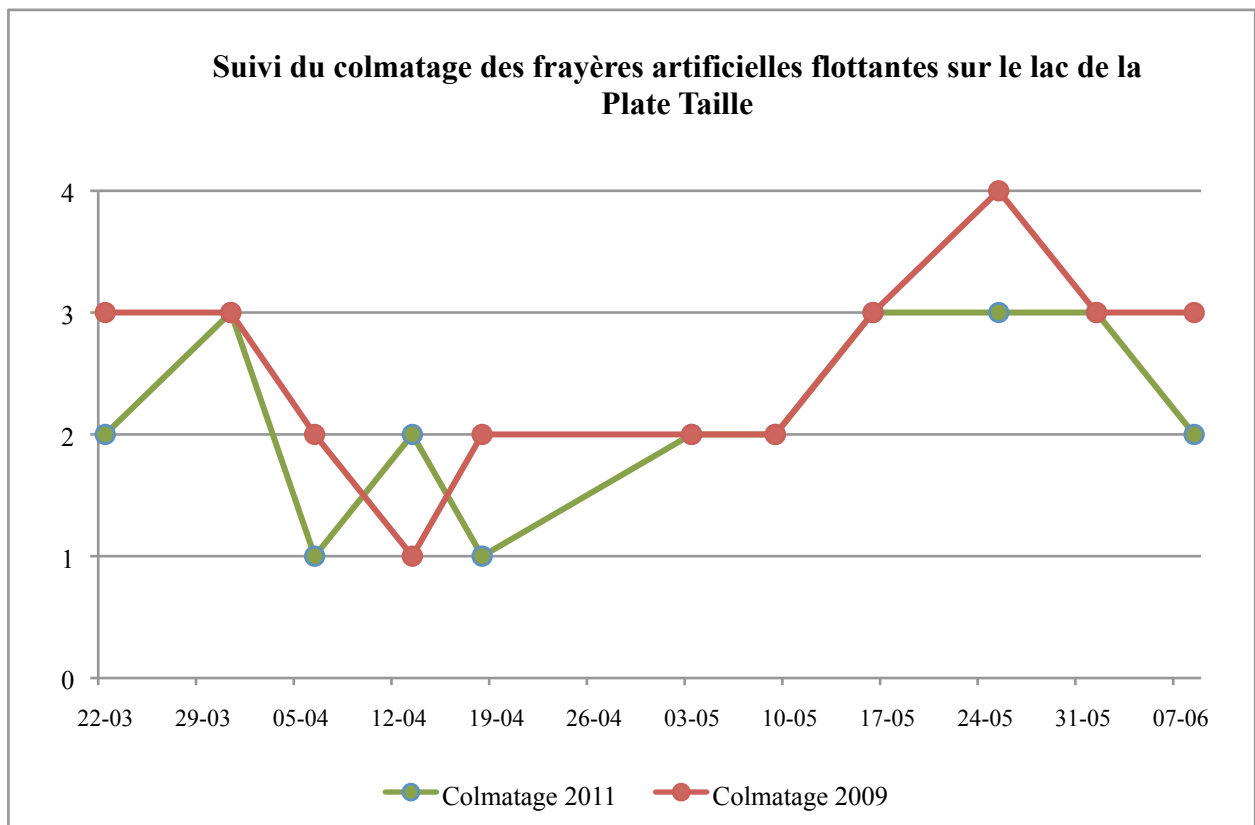


Figure 72 : Evaluation du colmatage des frayères disposées sur la Plate Taille en 2009 et 2011.

La comparaison de l'évolution du colmatage entre les années 2009 et 2011 indique une tendance générale assez similaire. Le phénomène est présent au cours de la période d'immersion des frayères avec un élévation de degré de colmatage avec le développement des populations de phytoplanctons au cours de la saison (IGRETEC, 2004).

Les mesures de colmatage sont effectuées sur chacune des frayères artificielles avant d'assurer le suivi et l'entretien de celle-ci. Les données récoltées sur le colmatage des substrats artificiels laissent apparaître une variabilité spatiale du phénomène. En raison de leur position proche de la surface et leur exposition, les supports de pontes artificielles sont des milieux privilégiés pour le développement de « biofilm » identifié comme la cause majeure du colmatage de ce type de substrat. Au niveau spatial, les frayères disposées au fond des anses alimentées par des écoulements de surface enrichis en composés minéraux et organiques sont davantage soumises au colmatage des supports de ponte (Anse de Oupia).

4.5.4. Conclusions partielles

Depuis plusieurs années, les frayères artificielles flottantes ont montré leur efficacité en terme de support de ponte pour le brochet et le gardon. Suite aux observations destinées à suivre l'évolution des alevins, il est apparu que ces structures artificielles constituaient aussi des milieux de vie pour toute une faune. On retrouve au sein des frayères des macro-invertébrés, les alevins issus des pontes, etc. De ce fait, ces supports constituent un lieu privilégié où s'exerce une prédation de la part des alevins mais aussi de poissons adultes. Dans ce contexte, les radeaux végétalisés disposés à proximité immédiate des frayères artificielles jouent un rôle important en offrant des caches et des ressources alimentaires pour les alevins.

Initialement utilisées par les brochets et les gardons, on constate aussi une diversification des espèces qui usent de ces supports artificiels pour déposer leurs pontes : sandre et carpe sont deux espèces dont des pontes n'avaient pas encore été observées à ce jour sur les frayères flottantes.

D'un point de vue bathymétrique, après six années d'observations, l'utilité des frayères n'est plus à démontrer. En effet, des pontes ont été observées chaque année, l'abondance ainsi que les espèces concernées peuvent varier mais les supports montrent leur utilité quelque soit le degré de remplissage du lac.

5. FAVORISE LE POTENTIEL DES LACS DE PREBARRAGES

5.1. Rappel des objectifs

Les lacs de pré-barrages ne sont pas soumis aux fluctuations du niveau d'eau responsable des problématiques rencontrées au niveau de la reproduction des poissons et de la survie de leurs œufs dans les lacs de la Plate Taille et de l'Eau d'Heure. Dans ce contexte, une solution envisagée dans le cadre du projet consistait à favoriser les reproductions des espèces phytophiles au niveau des pré-barrages et d'assurer un transfert des œufs ou des alevins dans les lacs de l'Eau d'Heure et de la Plate Taille.

Cette alternative proposée par NEMRY et al. (2007) nécessitait, notamment, de vérifier que des reproductions avaient bien lieu dans les pré-barrages, qu'il était possible de récolter un nombre significatif d'œufs viables malgré l'importance du colmatage et, finalement, que les œufs ou les larves survivent au transfert.

A ce jour aucune observation n'avait été réalisée dans le cadre du projet sur les pré-barrages. En 2011, afin d'approfondir cette alternative et d'étudier la faisabilité de ces transferts, des essais ont été réalisés dans le pré-barrage de Féronval.

5.2. Matériel et méthode

5.2.1. Immersion de houppiers



Figure 73 : Mise en place de houppier comme supports de ponte et d'habitat.

La société de pêche des lacs de l'Eau d'Heure (ADPPLEH) assure le débroussaillage des rives et assure l'abattage de quelques bouleaux en bordure des lacs. Ces abattages réalisés en concertation avec le gestionnaire des lacs et le Département de la Nature et des Forêts permettent d'immerger les houppiers des arbres abattus afin d'augmenter les sites potentiels de reproduction mais aussi les habitats disponibles pour les poissons présents dans le lac. L'abatage est intervenu le 25 février 2011. La mise en place des houppiers se réalise en période hivernale afin d'éviter un apport supplémentaire de matières organiques (feuilles) dans le lac déjà affecté par des problèmes d'eutrophisation.

5.2.2. Placement de frayères artificielles fixes

Afin de tester le potentiel du lac en terme de reproduction, des structures pilotes ont été implantées après l'immersion des houppiers. Le niveau d'eau étant constant dans le lac de Féronval, en l'absence de marnage, notre choix s'est porté sur des frayères fixes attachées aux grumes des arbres abattus. Ces structures sont constituées d'un cadre en bois sur lequel est fixé un substrat naturel. Le choix s'est porté sur des branchages d'épicéa, des expériences antérieures ayant déterminé que ce substrat cumulait plusieurs avantages, une bonne attractivité pour les poissons et une structure complexe permettant de retenir les oeufs (GILLET, 1989 ; HERMAN, 1993 ; GILLET & DUBOIS, 1995 ; NASH et al., 1999). Le choix du substrat naturel se justifie par la durée d'immersion courte (CAZIN, 1994), l'immersion des structures sur le lac de Féronval n'étant prévue que pour la saison de reproduction. Cette solution avait le mérite de fournir un substrat présentant un réseau dense tout en garantissant une circulation de l'eau ainsi qu'une dégradation restreinte durant la période d'immersion

Ces structures ont été mises sous eau le 17 mars 2011 peu de temps après l'immersion des houppiers. La réalisation de ces structures est illustrée ci-dessous.



Figure 74 : Frayère constituée de branches d'épicéa fixées sur un cadre de bois.



Figure 75 : Fixation de la frayère à l'arbre abattu dans le lac de Féronval.

5.2.3. Suivi des frayères et houppiers

Des observations régulières ont été menées sur le lac de Féronval afin de visualiser l'évolution des structures, d'identifier le potentiel du lac de Féronval en terme de production d'oeufs et d'analyser les adaptations et améliorations à apporter afin d'optimiser le rôle de « nurserie » qui pourrait être joué par les pré-barrages.

5.3.Résultats

Très rapidement, la totalité des frayères installées sur le lac de Féronval ont été recouvertes par le colmatage. L'importance de ce dernier laisse présager une faible viabilité de la reproduction des œufs pondus sur les substrats mis à disposition des géniteurs. Les œufs pondus sur les supports seraient vraisemblablement rapidement recouverts par ce colmatage et asphyxier. Il semblerait que le colmatage hypothéquerait la survie des œufs. En effet, la respiration des végétaux en l'absence de lumière, l'oxygène consommé par la dégradation de la matière organique par les microorganismes sont autant d'éléments qui consomment de l'oxygène limitant la disponibilité de celui-ci pour le développement des œufs ou des larves.



Figure 76 : Frayère d'Épicéa juste après son immersion (17/03/2011).



Figure 77 : Cette même frayère d'Épicéa trois semaines plus tard (8/04/2011).

Comme le montre les illustrations ci-dessus, que ce soit la frayère ou le houppier, la totalité du substrat de ponte potentiel est complètement colmaté par un agglomérat d'algues, de planctons et d'une charge sédimentaire minérale (argile, sol...).



Figure 78 : Etat de colmatage des houppiers mis sous eau fin février (8/04/2011).

Bien que les observations réalisées soient essentiellement qualitatives, les conditions pour la reproduction sont loin d'être optimale et il est légitime de supposer que les espèces phytophiles et lithophiles doivent rencontrer des difficultés dans le cadre de leur reproduction. La production en œufs des pré-barrages semble donc ne pas être optimale et, dans l'état actuel, ne peut pas être raisonnablement considérée comme une nurserie potentielle pour alimenter les lacs de barrages en larves et alevins dans le but de combler le déficit de reproduction de ces plans d'eau. Il semblerait même que la reproduction puisse être déficitaire aussi dans ces lacs de pré-barrages. Bien que leur efficacité semble limitée dans la reproduction des poissons phytophiles, les houpriers immergés permettent de créer et de diversifier les habitats disponibles pour les poissons.

Il semble donc opportun de solutionner prioritairement les problèmes d'enrichissement en nutriments de ces lacs. MOSS et al. (1997) émet des solutions à ces problèmes d'eutrophisation dans les lacs peu profonds afin de les restaurer.

Une autre alternative serait de mettre en place des structures moins sensibles au colmatage que les frayères artificielles flottantes ou fixes. Dans ce contexte, des radeaux végétalisés pourraient être installés à titre expérimental sur les lacs de pré-barrages de Féronval ou de Falemprise afin d'évaluer le fonctionnement des radeaux et leur potentiel en terme de support de ponte. Cette proposition est détaillée dans le chapitre consacré aux perspectives ouvertes par le projet mené en 2011.

6. DEVELOPPEMENT ET SUIVI DE STRUCTURES PILOTES POUR LA BREME

6.1. Rappel des objectifs

Suite aux projets menés par la Maison wallonne de la pêche sur les lacs de l'Eau d'Heure, il est apparu que les structures artificielles mises en place pour accueillir et préserver les œufs n'étaient pas utilisées par les brèmes. Le comportement reproductif spécifique de cette espèce pourrait expliquer ce fait. En effet, bien que la profondeur d'immersion des frayères ne dépasse jamais les 50 cm, celles-ci ne sont pas localisées à proximité immédiate des berges où TOMSON et al. (2009) observe dès 2009 des reproductions de brèmes communes sur le lac de la Plate Taille. Les géniteurs semblent se réunir près des jonchaies de la anse de la Fontaine aux Planes et de la Crique des Cabiniers pour y pondre.

Face à ce constat, il semblait opportun de mettre en place une structure artificielle adaptée spécifiquement aux exigences de cette espèce.

6.2. Description du matériel

6.2.1. Montage et installation

Une des contraintes majeures pour la conception et l'installation de ces structures est la proximité de la structure avec la berge qui augmente les risques d'exondation de la structure lors du marnage. Dans cette perspective, la structure doit suivre le niveau de l'eau verticalement mais celle-ci doit aussi se déplacer horizontalement afin de suivre le retrait des eaux et ne pas se déposer sur la berge. De nombreux modèles de structures artificielles flottantes avaient été identifiés dans le rapport de NEMRY *et al.* (2007). Un système d'amarrage utilisé par les frayères artificielles flottantes (GILLET, 1989b) semblait pouvoir répondre aux exigences de la structure pilote à mettre en place. Néanmoins, pour préserver le matériel, un amarrage en bordure du lac n'était pas envisageable. En outre, un tel système semble assez délicat à mettre en place sans aucune garantie de succès pour ces structures.

Compte tenu des nombreuses contraintes, dans un premier temps, il a été décidé de réaliser des structures pilotes qui seraient disposées à proximité des frayères pour évaluer l'attrait des substrats, le comportement des structures immergées et l'évolution de la végétation immergée sur les structures.

Ces structures sont construites à l'aide des mêmes modules en polyéthylène basse densité recyclée que ceux constitutifs des radeaux végétalisés. Une partie des tubes PVC attachés aux

modules est ôtée de la structure afin de diminuer la portance et permettre une immersion partielle de l'ensemble.

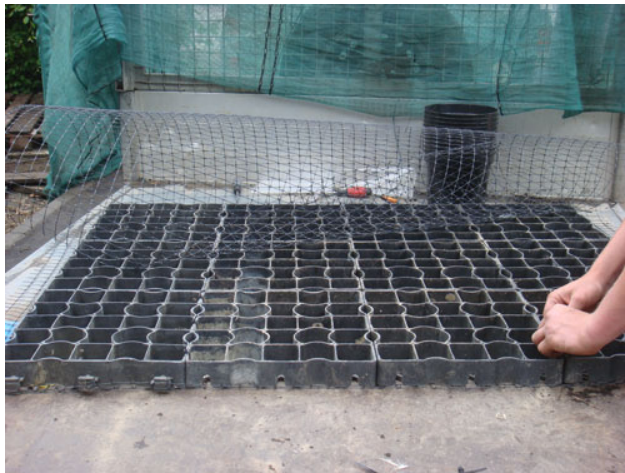


Figure 79 : Dalles de polyéthylène recouvert d'un treillis. Figure 80 : Pose d'un géotextile sous les modules.

La face supérieure des modules est garnie d'un treillis destiné à assurer le maintien vertical des plants. Un géotextile est posé à la face inférieure des modules pour maintenir les plants en place durant la reprise. Lors de cet essai, les parties aériennes étant ciblées comme substrat de ponte, l'utilisation d'un géotextile qui masque les racines n'est pas limitant.



Figure 81 Plantation des iris dans les modules

Figure 82 : Coupe des racines pour améliorer la reprise.

Les modules sont recouverts pour moitié par des iris (*Iris pseudoacorus*) et pour moitié par des roseaux communs (*Phragmites australis*) à une densité de 6 plants/m².

La plantation a été effectuée le 3 mai 2011 à la pépinière DNF de Marche-les-Dames. Une fois garnis, les modules sont conservés en pépinière 12 jours afin d'assurer la reprise des plantes et un ancrage aux modules avant d'être disposés sur les lacs pour assurer leur rôle de substrat de pontes.



Figure 83 : Reprise des plantes en pépinière avant l'installation dans le lac.

Pour éviter qu'une surcharge éventuelle vienne compromettre l'équilibre de la structure, le dispositif a été complété par des bouées. En effet, afin d'immerger la structure, il a été nécessaire de diminuer le nombre de flotteurs rendant l'équilibre de la frayère au sein de la colonne d'eau précaire. Le dispositif est aussi lesté afin d'éviter la dérive de la frayère à brème dans les lacs.

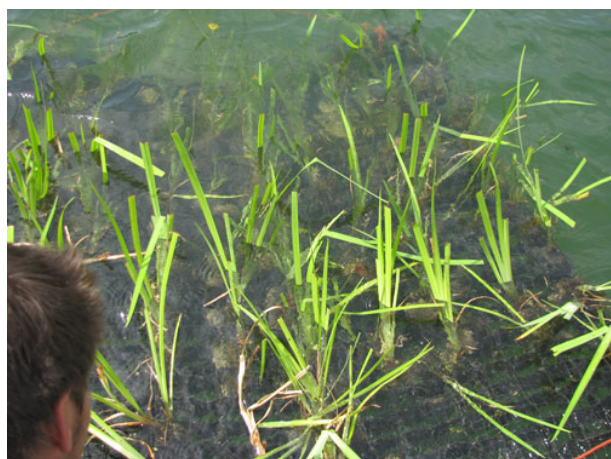


Figure 84 : Mise à l'eau des structures pilotes.



Figure 85 : Module planté d'iris après immersion.



Figure 86 : Structure plantée de roseaux communs.



Figure 87 : Brochet sur une structure plantée d'iris.

6.2.2. Espèces végétales utilisées

Les frayères ont été plantées d'iris (*Iris pseudoacorus*) et de roseaux communs (*Phragmites australis*). Le choix s'est porté sur ces espèces en raison d'une certaine résistance de celles-ci aux conditions d'immersion et de la disponibilité de plants en suffisance pour permettre le garnissage des radeaux. Le choix des espèces végétales ne correspond pas à ce qui avait été préconisé par TOMSON *et al.* (2009) sur base des observations réalisées sur les sites de frai des brèmes. Connaissant les conditions d'immersion, le choix s'est porté sur des espèces végétales dont l'écologie laissait supposer qu'elles étaient susceptibles de mieux supporter une immersion d'une trentaine de centimètres. Néanmoins, le test a dû être écourté en raison d'une sénescence des plantes fixées sur les structures.

6.3. Localisation des structures

6.3.1. Choix des emplacements

Les structures ont été installées par unité de 2 m² le 11 mai 2011 sur le lac de la Plate Taille. Celles-ci ont été disposées dans trois anses : la Fontaine aux Planes (2 m²) le fond de la anse de l'ADEPS (2 m²) ainsi que dans la crique des Cabiniers (2 m²). Le schéma d'implantation est repris à la Figure 88. Aucune structure n'a été installée sur le lac de l'Eau d'Heure, l'objectif actuel étant de tester le système avant de mettre en place un dispositif productif sur les lacs de la Plate Taille et de l'Eau d'Heure, il ne semblait pas opportun de multiplier excessivement les structures au risque de faire un travail considérable pour la conception et la mise en place de ces structures pour des résultats hypothétiques.



Figure 88 : Schéma d'implantation des frayères à brèmes expérimentales.

6.4. Résultats

6.4.1. Suivi des dispositifs

Dès leurs mises à l'eau, les dispositifs ont fait l'objet d'un suivi hebdomadaire afin d'évaluer l'évolution des structures lors de leur immersion ainsi que le maintien et le développement des espèces hélophytes ancrées dans les structures. En outre, le suivi avait aussi pour objectif de vérifier l'utilisation des structures par les brèmes et de détecter la présence éventuelle d'œufs et de larves de brèmes sur les substrats naturels implantés sur le dispositif.

Comme expliqué précédemment, les structures ont été adaptées afin de permettre l'immersion de structures initialement prévues pour flotter à la surface des lacs. Dans ce contexte, des tubes PVC fermés assurant la flottaison de l'ensemble ont été supprimés du dispositif diminuant d'autant la portance de l'ensemble. La mise en place des bouées et la suppression d'une partie des flotteurs a provoqué l'affaissement de la structure en son centre. En effet, cette dernière est moins bien soutenue par le nombre réduit de flotteur et les extrémités du dispositif sont tirées vers la surface par les bouées déformant la structure modulaire.

Dans ce contexte, le dispositif de flottaison sera revu afin d'assurer une bonne tenue des frayères à brème tout en garantissant une immersion sous vingt à trente centimètres d'eau.

Au niveau de la plantation, les plants arrimés aux structures se sont correctement maintenus mais un ralentissement voir un arrêt du développement a été observé aussi bien pour les roseaux communs (*Phragmites australis*) que pour les iris des marais (*Iris pseudoacorus*). La profondeur d'immersion des végétaux se situait à proximité de la limite écologique des deux espèces.

Bien que des reproductions de brèmes aient été observés sur le lac de la Plate Taille, aucune structure ne semble avoir été utilisée par les géniteurs. Les observations n'ont pas permis de déceler la présence d'œufs ou de larves de brèmes sur les dispositifs. Après la période de reproduction de la brème, en l'absence de résultats, les plants enracinés sur les structures dépérissant, il a été décidé de retirer et de les utiliser pour compléter le garnissage des radeaux végétalisés.

6.5. Amélioration des frayères à brèmes expérimentales

Au vu des résultats obtenus cette année et des différents essais réalisés, de nouvelles perspectives se dégagent afin d'offrir un substrat de ponte efficace pour la brème.

Un nouveau dispositif sera imaginé afin de permettre une profondeur d'immersion de 20 à 30 cm avec un dispositif de flottaison homogène n'induisant pas de tractions trop importantes au niveau des modules. Deux solutions sont envisageables, soit s'orienter vers un support rigide d'un seul tenant qui est moins modulaire mais permet d'assurer la bonne tenue de l'ensemble soit de garder les modules mais en supprimant les bouées qui génèrent une traction localement trop importante et mal répartie sur la structure modulaire induisant un affaissement local du dispositif.

L'emplacement des structures doit être revu afin de s'adapter aux sites de reproduction de la brème qui ont été identifiés à plusieurs occasions (TOMSON et al., 2009). Les sites de reproduction semblent être conservés année après année. Dans ce contexte, il semble pertinent d'implanter des structures sur ces lieux de pontes afin d'éviter l'exondation des œufs pondus.

En outre, comme décrit dans le rapport de TOMSON et al. (2009) un dispositif devrait permettre à la frayère de se maintenir le plus près possible de la berge tout en assurant le recul de la frayère lors de la baisse du niveau d'eau afin d'éviter que la structure ne s'échoue sur la berge.



Figure 89 : Emplacement préconisé pour les frayères à brèmes.

Enfin, bien que l'adéquation des espèces végétales choisie n'ait pu être évaluée, il semble que l'utilisation de plants de joncs serait à préconiser. En effet, d'après les observations, sur les sites où les brèmes ont été observées lors du frai, les pontes étaient déposées sur ces plantes (TOMSON et al., 2009).



Figure 90 : Géniteur de brème commune avec sa parure nuptiale sur une frayère potentielle.

7. IMPLANTATION DE RADEAUX VEGETALISES SUR LES LACS DE L'EAU D'HEURE ET LA PLATE TAILLE

7.1.Objectifs

L'implantation des frayères artificielles flottantes a permis de favoriser la reproduction des espèces phytophiles. Depuis 2007, de nombreuses pontes d'espèces diverses (brochet, sandre, perche, gardon) ont été observées sur les frayères. Il est rapidement apparu que la protection et le développement des larves et alevins issus des frayères passaient par la création d'habitats. Dans ce contexte, des structures innovantes, les radeaux végétalisés, ont été installés sur le lac de la Plate Taille afin de recréer des habitats. La mise en place de ces radeaux avait pour objectifs de fournir des substrats de pontes potentiels supplémentaires, de fournir des habitats, sources d'alimentation pour les larves et alevins tout en assurant leur protection et leur développement.

Les racines des plantes se développant sur les radeaux fournissent un habitat pour les larves et alevins. Elles constituent aussi des zones refuges pour les poissons adultes.

7.2.Remise en contexte

Les premières structures ont été implantées en juillet 2009 sur le lac de la Plate Taille. Quatre radeaux de vingt mètres carré chacun ont été montés, immergés et installés dans quatre anses du lac : dans l'anse de la Fontaine aux Planes, au fond de l'anse de l'ADEPS, dans l'anse de Oupia et dans la crique des Cabiniers. Le choix de ces emplacements est en lien direct avec la localisation des frayères artificielles flottantes lors de la saison de reproduction de 2009.

Un suivi scientifique a été assuré dès la mise à l'eau des structures afin de suivre, principalement, le développement de la végétation. En effet, à la période de la mise à l'eau, la période de reproduction de l'ensemble des espèces visées était dépassée. En outre, les racines n'étaient pas suffisamment développées pour offrir un substrat de ponte ou un habitat susceptible de permettre la protection et le développement des alevins.

En raison de la mise en place des radeaux assez tardivement dans la saison, ceux-ci ont été paillés avant l'hiver de manière à protéger les plants. Cette opération n'a pas été reconduite par la suite, les plants étant suffisamment développés et l'utilité et la pertinence du paillage n'étant pas avéré.

La tempête Xynthia survenue le 28 février 2010 n'a pas été sans conséquences sur les radeaux. Deux des radeaux ont dérivés et se sont retrouvés dans la partie nord du lac. L'un deux, échoué

sur le bord, a fait l'objet d'actes de vandalisme alors que le second a été récupéré en bon état. Néanmoins en raison de l'enchevêtrement de la géonatte, des grilles de protection pour les canards et de la bâche présente en sous couche, le radeau a été démantelé et ramené à la Maison wallonne de la pêche asbl. Suite à cette tempête, deux radeaux sont restés en place et ont continué à faire l'objet d'un suivi au niveau de la reprise et du développement de la végétation.

7.3. Description du matériel

7.3.1. Montage et installation

Les radeaux végétalisés installés sur les lacs sont fournis par la firme française, Aquaterra Solutions. La base des radeaux est constituée de structures modulaires en polyéthylène basse densité recyclé et recyclable. Ces modules sont solidaires entre eux grâce à un système de tenons et mortaises. Un système de mousse fixé aux modules grâce à des colsons (colliers de câblages) assure la flottaison de l'ensemble du dispositif.



Figure 91 : Assemblage des modules pour constituer un radeau d'environ 20 m².



Figure 92 : Radeau définitif après assemblage.

Une natte de coco dans laquelle sont implantés les végétaux palustres et les héliophytes est déroulée sur les modules et fixée à ceux-ci. L'utilisation d'une natte de coco suffisamment lâche permet le développement racinaire des héliophytes. En l'absence totale de substrat, les racines puisent leurs ressources uniquement dans l'eau.



Figure 93 : Quatre géonattes de fibres de coco prévégétalisées sont déroulées sur les modules.

Une bâche en matière synthétique est fixée sous le radeau afin de favoriser la multiplication des plants par drageonnement à partir des rhizomes.

Afin d'assurer la fonction de zones refuges pour les poissons adultes, le dispositif est complété par des filets sur une profondeur de 50 cm limitant les possibilités de prédation du grand cormoran. Une grille est apposée sur tout le périmètre de la face supérieure du radeau afin de limiter l'intrusion de canards nageurs sur les structures. Ce dispositif a pour objectif de limiter la consommation des jeunes plants par les canards ce qui risquerait de mettre en péril la reprise des plantes présentes sur les radeaux.



Figure 94 : Fixation de chevron pour fixer un treillis autour du radeau.



Figure 95 : Mise en place du filet et des cordes pour le lestage du dispositif.

Le radeau est tracté jusqu'à l'emplacement défini préalablement en fonction de la localisation des frayères. Pour éviter la dérive du dispositif, celui-ci est lesté par des sacs remplis de pierres issues des berges du lac.

En 2011, grâce à l'expérience acquise à la suite de l'implantation des radeaux en 2009, certaines modifications ont été apportées lors du montage des radeaux afin que ceux-ci répondent davantage aux objectifs piscicoles spécifiques.



Figure 96 : Radeau finalisé mis à l'eau en 2011 sur le lac de la Plate Taille.



Figure 97 : Radeau végétalisés quelques mois après sa réalisation.

7.4. Localisation des radeaux

7.4.1. Choix des emplacements sur le lac de la Plate Taille

Les emplacements des radeaux végétalisés sont déterminés sur base de la localisation des frayères artificielles flottantes. Compte tenu de l'objectif visé lors de l'implantation des radeaux, il semblait pertinent de disposer les radeaux à proximité immédiate des frayères afin que les larves et alevins issus des frayères puissent trouver refuge et se développer sous les radeaux.

Sur les quatre radeaux implantés en 2009, deux radeaux se sont maintenus au niveau de la Crique des Cabiniers et dans le fond de la anse de l'ADEPS (Cierneau). En 2011, ce sont deux nouveaux radeaux de 20 m² chacun qui ont été installés sur le lac de la Plate Taille. Ceux-ci ont été placés sur les anses de la Fontaine aux Planes et la anse aux bateaux.

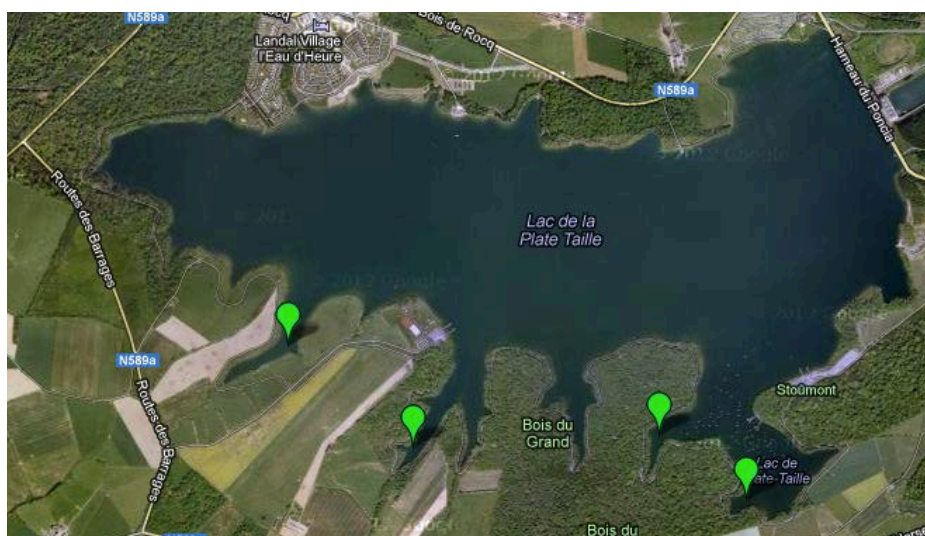


Figure 98 : Localisation des radeaux végétalisés sur le lac de la Plate Taille.

7.4.2. Choix des emplacements sur le lac de l'Eau d'Heure

Deux radeaux de 20 m² chacun ont été installés sur le lac de l'Eau d'Heure en 2011. A l'image de ce qui a été effectué sur le lac de la Plate Taille, les radeaux ont été installés conjointement aux frayères artificielles flottantes à savoir dans la anse du Petit et du Grand Badon.

Les deux radeaux ont été retirés du lac de l'Eau d'Heure dans le courant de l'année 2012. Le radeau situé dans la anse de Grand Badon subissait l'influence du pompage au niveau du barrage. Même avec un lestage adapté, le radeau bougeait au sein du lac et avait tendance à progresser vers l'intérieur du plan d'eau.

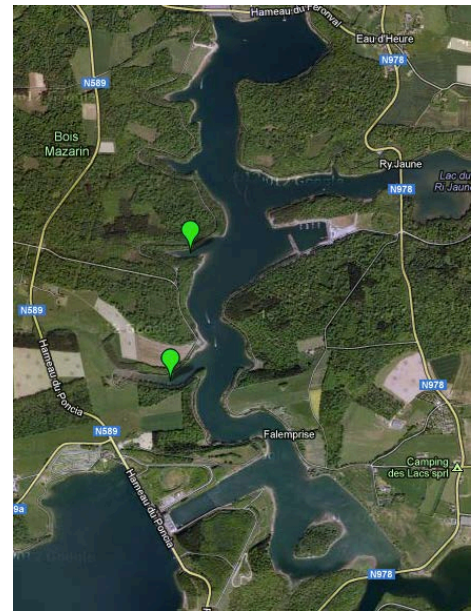


Figure 99 : Localisation des radeaux végétalisés sur le lac de l'Eau d'Heure.

Le second radeau situé dans la anse du Petit Badon ne subissait qu'une influence du marnage et du pompage de moindre ampleur. Le radeau correctement lesté ne rencontrait pas les problèmes de déplacements intempestifs du radeau du Grand Badon. Néanmoins, il est rapidement apparu que le développement des plantes posait problème. Des brunissements et des sénescences précoces ont été observées. D'importantes mortalités sont survenues parmi les plantes sans explication logique. Il est apparu que le radeau était utilisé comme chicane par les utilisateurs de jet-ski. Les structures absorbaient la force des vagues de manière tout à fait satisfaisante mais l'éclaboussement régulier des parties aériennes des plantes parfois dans des conditions d'ensoleillement intense et les chocs causés par les vagues ont progressivement détruit l'ensemble de la végétation présente sur le radeau. Le radeau a été enlevé du lac de l'Eau d'Heure et transféré sur le lac de la Plate Taille pour y être revegétalisé et remplir ses objectifs.

Suite aux expériences de 2007 et de 2011, il semble que le cumul des contraintes engendrées par les conditions de marnage et les activités récréatives menées sur le lac de l'Eau d'Heure rendent l'installation de radeaux excessivement problématique.

7.5. Suivi des radeaux végétalisés

Les premiers radeaux ont été mis en place en 2009 sur le lac de la Plate Taille. Ces deux années ont été mises à profit pour suivre l'évolution des radeaux. Un bilan de l'état des structures a été réalisé le 18 novembre 2010 afin de capitaliser l'expérience acquise précédemment et faire évoluer les structures polyvalentes proposées vers des structures répondant davantage aux objectifs de gestion piscicole.

7.5.1. Bilan de l'état des radeaux implantés en 2009

7.5.1.1. La structure des radeaux

La structure des radeaux est bien préservée malgré les aléas climatiques. Les radeaux ont été pris dans la glace durant les hivers 2009 et 2010 et restent en excellent état. Les flotteurs en polyuréthane rigide et les modules de polyéthylène recyclé sont indemnes.

Suite à la tempête Xynthia survenue en février 2010, il est apparu que la structure modulaire des radeaux permettait une bonne résistance aux vagues, la souplesse de la structure permettant d'absorber une partie de la force des vagues. Celles-ci n'ont provoqué que des dégâts minimes au niveau des structures. Les dégâts observés sur les deux radeaux abîmés sont liés à des ruptures locales au niveau des attaches par tenons et mortaises.

Au niveau des flotteurs, le polyuréthane rigide utilisé pour assurer la flottaison du dispositif se révèle cassant et, lors d'événements climatiques extrêmes tels que la tempête précitée, des fragments des lattes de polyuréthane se détachent et risquent d'engendrer une pollution de l'environnement. D'autres solutions tels que des tubes en PVC bouchés ou des lattes en mousse de polyéthylène ont été imaginées et testées dans le cadre du projet FEP – RAVMeuse.

7.5.1.2. Les accessoires de protection

Des grilles d'une dizaine de centimètre de hauteur sont proposées par le fournisseur pour limiter l'intrusion des canards sur les radeaux. Celles-ci empêchent les oiseaux qui nageraient à proximité du radeau de monter sur ce dernier mais n'entrave pas les oiseaux de plus petites tailles de se hisser sur le radeau. Au vu de l'importance de la population de foulque macroule présente sur les lacs et suite aux dégâts observés sur les jeunes plants, il a été décidé de recouvrir complètement les radeaux d'un filet. Ceci afin d'éviter la consommation des pousses et la coupe des feuilles destinées à garnir les nids implantés à proximité ou sur le radeau. Malgré la mise en place de ce dispositif, des dégâts ont, à nouveau, été observés sur les radeaux. Il s'est avéré que

les mailles des grilles étaient trop larges pour empêcher le passage des foulques et poules d'eau. Les grilles ont été remplacées par une clôture classique et le radeau a été couvert par un filet. Ce dispositif protège complètement le radeau et s'adapte mieux aux contraintes locales rencontrées sur les lacs de l'Eau d'Heure.



Figure 100 : Exceptionnellement, les filets ne sont pas arrivés à bout des foulques les plus persévérants.



Figure 101 : Toute la partie du radeau à l'avant plan de la photo est complètement immergé en raison du développement de Dreissen.

L'enfoncement des radeaux observé sur le lac de la Plate Taille trouve son origine dans le développement d'un mollusque bivalve (*Dreissena polymorpha*) sur les modules des radeaux mais aussi sur les filets immergés destinés à assurer une protection des poissons contre les espèces piscivores envahissantes. Ce développement pose problème car il induit un alourdissement localisé des radeaux induisant une déformation du radeau et une immersion localisée des plantes présentes sur la face supérieure des modules.



Figure 102 : Filet de protection recouvert de Dreissen



Figure 103 : Modules d'un radeaux colonisé par *Dreissena sp.*

Les tableaux ci-dessous dressent un récapitulatif synthétique de la situation pour les deux radeaux installés en juillet 2009.

Tableau 7 : Bilan de l'état du radeau de la anse de l'ADEPS.

Eléments	Etat	Commentaires
Modules en polyéthylène	Bon état	
Flotteurs en polyuréthane	Bon état	
Système d'amarrage	Bon état	Ajout de lests pour éviter la dérive du dispositif
Filets immergés	Bon état	Envahis par les Dreissena sp.
Grilles de protection	Dégradé	Modèle d'origine, la fixation n'est pas idéale
Filet de couverture	Dégradé	Couché sur le radeau en raison des supports du filet peu résistant.

Tableau 8 : Bilan de l'état du radeau implanté dans la crique des Cabiniers.

Eléments	Etat	Commentaires
Modules en polyéthylène	Bon état	
Flotteurs en polyuréthane	Bon état	
Système d'amarrage	Bon état	Ajout de lests pour éviter la dérive du dispositif
Filets immergés	Bon état	Pas d'invasion de Dreissena sp. constatée.
Grilles de protection	Bon état	Modèle d'origine, la fixation n'est pas idéale
Filet de couverture	Bon état	Couché sur le radeau en raison des supports du filet peu résistant.

7.5.1.3. Développement végétal

Les parties de la natte prévégétalisée restées dégarnies en raison d'une mauvaise reprise de certaines espèces d'hélophytes s'est rapidement dégradée. Il semble que des problèmes en terme de reprise des plants se posent au niveau de nattes complètes. Avec la décomposition progressive des fibres de coco, les modules sont devenus complètement apparents sur les secteurs dégarnis. Une intervention s'imposait donc pour regarnir les radeaux car en l'absence de natte ou d'un quelconque substrat, il semblait peu vraisemblable d'obtenir une colonisation de la surface autrement que par expansion des plantes présentes. Néanmoins, la colonisation des espaces vides risquait de se prolonger sur plusieurs saisons de végétation, ce qui n'était pas souhaitable dans le cadre du projet actuel.



Figure 104 : Radeaux situé dans la anse de l'ADEPS.



Figure 105 : Radeau situé dans la crique des Cabiniers.

Suite à ces différentes observations, il a été décidé d'aménager les radeaux végétalisés pour optimiser leur fonctionnement dans le cadre du présent projet. Les différentes modifications sont détaillées au point suivant.

7.5.2. *Adaptation des radeaux végétalisés*

Grâce à l'expérience acquise depuis 2009, des adaptations ont déjà pu être effectuée lors de l'installation des radeaux en avril 2011.

Afin d'assurer une bonne fonctionnalité des radeaux, une opération de regarnissage a été réalisée sur les radeaux de 2009. Cette action est détaillée dans la section relative à l'évolution du couvert végétal.

La reprise des plants inclus dans les géonattes s'est avérée fort variable. Comme le montre la Figure 106, il est clairement visible que certaines nattes ont bien repris (extrême gauche du radeau) et d'autres présentent un taux de reprise extrêmement faible (milieu du radeau). Les causes peuvent être multiples : stockage, transport, mise en place, adéquation des espèces...



Figure 106 : Reprise variable des géonattes de fibres de coco prévégétalisées.

La composition floristique des nattes ne semble pas parfaitement adaptée aux conditions oligo-mésotrophes du milieu d'étude. Dans ce contexte, les configurations standardisées des nattes végétalisées représentent une contrainte car cela ne laisse pas la possibilité de sélectionner les hélrophytes et plantes lacustres qui répondent davantage aux critères d'exigence du projet. Le développement d'une collaboration étroite avec le DNF par l'intermédiaire de Monsieur Philippe NIVELLE en charge de la pépinière de MARCHE-LES-DAMES a permis de donner une autre dimension au projet en retravaillant le garnissage des radeaux à l'aide de plants autochtones conditionnés en pots.

Dans le contexte d'utilisation des radeaux, il est apparu que la bâche présente à la face inférieure du radeau constituait une véritable barrière physique au développement d'un chevelu racinaire dense susceptible d'offrir un habitat accueillant pour le développement des larves et alevins. En effet, cette bâche maintient la majorité du chevelu racinaire entre les modules et la bâche. L'avantage de ce dispositif est de favoriser la densification des plantes sur le radeau grâce aux rejets sur les rhizomes mais limite fortement le volume d'habitat disponible sous le radeau. Les bâches présentes sur les radeaux de 2009 ont aussi été ôtées suite au constat d'un développement racinaire plus intéressant sur les radeaux dépourvus de bâches.



Figure 107 : Après plus de deux années, peu de racines sont présentes sous le radeau.



Figure 108 : Une fois la bâche détachée, apparaît le chevelu racinaire maintenu par la bâche et indisponible comme habitat et support de ponte.



Figure 109 : Racines présentes après seulement deux mois sur les radeaux installés sans bâche.

Le lestage des radeaux a été renforcé. Compte tenu de la taille des radeaux, quatre lests ont été utilisés pour ancrer chacun des radeaux. Bien que ces blocs de béton limitent déjà fortement les mouvements du radeau, il semblait nécessaire de renforcer localement l'ancrage pour éviter toute dérive.

Les filets destinés à limiter les dégâts aux plantules sont en bon état mais leur système de fixation n'optimise pas le volume de protection. Une uniformisation des lattes de soutien sera effectuée afin d'éviter un affaissement du filet au centre du radeau.

Le développement des mollusques bivalves (*Dreissena polymorpha*) sur les filets visant à protéger les poissons réfugiés sous le radeau de la prédation des oiseaux piscivores pose un problème d'alourdissement du radeau et de flottaison. En outre, grâce à la suppression de la bâche, le chevelu racinaire se développe davantage en profondeur. Certaines plantes présentant un chevelu racinaire extrêmement dense, semble assurer une protection du même ordre que celle du filet. Dans ces conditions, il a été décidé de supprimer le filet immergés de protection contre le Grand Cormoran.

7.6. Evolution du couvert végétal

La présence sur le lac des radeaux implantés en 2009 et l'installation de nouvelles structures en 2011 a permis une étude comparative de la composition floristique des radeaux. La méthode utilisée consiste, d'un part, à suivre l'évolution du développement des parties aériennes et racinaires des différentes espèces de plantes sur les nouveaux radeaux installés sur les lacs en 2011. D'autre part, les deux radeaux installés en 2009 ont fait l'objet d'un relevé floristique complet afin de comparer les espèces implantées initialement et les espèces présentes sur les radeaux après deux années.

7.6.1. Couvert végétal initial

Les radeaux sont initialement livrés avec une natte prévégétalisée dont la composition est fixée par le fabricant. Celui-ci propose différentes compositions types en fonction du climat (méditerranéen, continental...), des conditions environnementales (ombragées, ensoleillées, venteuses...) et/ou les objectifs du radeau (aspects esthétiques, fonctionnels...).

Dans ce contexte, le choix s'est porté sur deux compositions standard qui semblaient répondre à nos attentes :

- Le schéma *Amsterdam* offrant une très bonne résistance à l'herbivorie et au piétinement des canards

Carex gracilis 10%	Lythrum salicaria 5%	Scirpus sylvaticus 15%	Lysimachia tyrsoflora 5%	Carex acutiformis 15%
Acorus calamus 20%		Iris pseudacorus 30%		

- Le schéma *Eindhoven* axé sur des espèces adaptées aux faibles vitesses de courant

Iris pseudacorus 10%	Mentha aquatica 5%	Scirpus sylvaticus 10%	Lysimachia tyrsoflora 5%	Carex acutiformis 15%	Veronica beccabunga 5%
Glyceria maxima 25%			Carex acutiformis u. Sparganium erectum 25%		

La combinaison des deux schémas d'implantations d'espèces végétales assurait une bonne adaptation aux courants faibles et une résistance au piétinement et à la consommation par les canards. La proportion des différentes espèces est indiquée sur les schémas ci-dessus. Les nattes ont une dimension standard de 5 m de long sur 1 m de large et sont plantées à une densité de 18/20 plants du mètre carré.

Les mêmes configurations ont été choisies en 2009 et 2011 pour les radeaux installés sur les lacs de la Plate Taille et de l'Eau d'Heure.

7.6.2. Sélection des espèces adaptées

Les deux radeaux implantés sur le lac de la Plate Taille depuis juillet 2009 ont fait l'objet d'un relevé floristique complet en date du 18 novembre 2010. Les plantes présentaient un début de sénescence mais étaient toujours bien présentes sur le radeau. Chaque radeau de 20 m² a été subdivisé en quatre parties identiques. Chaque partie a fait l'objet d'un relevé complet, d'une

<pre> X X X O X X X X X X O X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X X XXXX XX </pre>	<pre> I I I Je I I I I I I Ro O </pre>
<pre> O X X X X X I I X I Pp Ma I Pp </pre>	<pre> O I Y Y Y X Y Y Y Je Ro Pp Pp O </pre>

Figure 111 : Schéma présentant le relevé floristique réalisé sur le radeau végétalisé situé dans la crique des Cabiniers en date du 18/11/2012.

Comme illustré sur les photographies ci-dessous, la densité de plantes est très hétérogène à la surface du radeau. Alors que certaines parties sont fort dégarnies, certaines espèces ont gardé une bonne densité et sont majoritairement représentée au sein du radeau.



Figure 112 : Tache d'iris bien implantés sur le radeau.



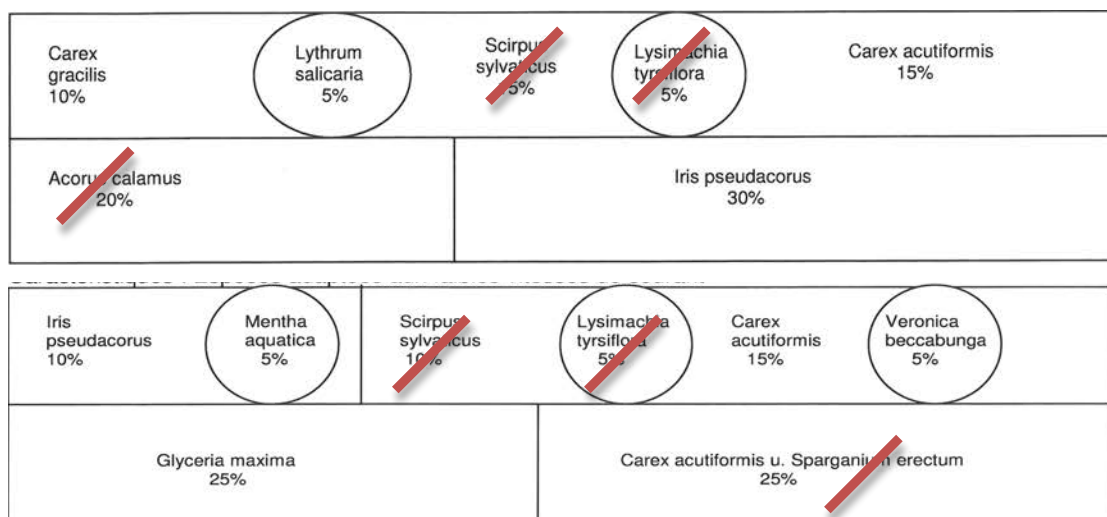
Figure 113 : Sur le radeau installé en 2009, les carex sont bien présents.

La liste des espèces observées a été dressée. Au sein de celle-ci, trois groupes sont distingués :

- les espèces renseignés dans la composition initiale et qui ne sont plus présentes sur le radeau en 2011
- les espèces présentes dans la composition initiale et qui ont été observées lors du relevé floristique de 2011
- les espèces qui initialement n'étaient pas sur les radeaux et qui ont colonisé celui-ci

Le premier groupe est constitué des espèces présentes dans la composition initiale du mélange et qui ont partiellement ou complètement disparus et n'ont pas été observée lors du relevé floristique de 2011. C'est le cas de *Lysimachia tyrsoflora*, *Scirpus sylvaticus*, *Acorus Calamus* et *Sparganium erectum*. Pour rappel, la liste ci-dessous reprend les proportions de ces espèces au sein de la composition des nattes végétalisées :

Espèces	Schéma Amsterdam	Schéma Eindhoven
<i>Lysimachia tyrsoflora</i>	5 %	5 %
<i>Scirpus sylvaticus</i>	15 %	10 %
<i>Acorus Calamus</i>	20 %	0 %
<i>Sparganium erectum</i>	0 %	25 %



Uniquement sur base de deux radeaux, il semble difficile de déterminer si l'absence de ces espèces provient d'une mauvaise reprise liée à la mise en place des radeaux ou aux conditions environnementales qui ne conviennent pas aux espèces absentes.

Certaines espèces végétales se sont bien maintenues et développées. Le peuplement des deux radeaux est largement dominé par les carex (*Carex gracilis*, *Carex acutiformis*) et les iris (*Iris pseudoacorus*). En moindre quantité, les salicaires (*Lythrum salicaria*) sont observées dans des proportions identiques sur les deux radeaux (environ 5 plants). Enfin, trois espèces reprises dans le peuplement de départ (*Veronica bécabunga*, *Glyceria maxima* et *Mentha aquatica*) ont été observées de manière anecdotique. En regard des objectifs du projet, l'absence d'espèces telle que *Veronica bécabunga* ne semble pas capitale, le volume racinaire de cette espèce ne fournissant guère d'habitats à la face inférieure du radeau. Ces observations permettent de définir deux à trois espèces qui se sont particulièrement bien développées sur les radeaux, semblent s'acclimater sur les radeaux du lac de la Plate Taille et dont l'utilisation pourrait être préconisée si des observations ultérieures similaires venaient conforter cette hypothèse.



Figure 114 : Pieds de salicaire (*Lythrum salicaria*) et de menthe aquatique (*Mentha aquatica*) présent sur les radeaux offrant un intérêt paysager certain.

Le troisième groupe est constitué des espèces qui n'étaient pas présentes initialement et qui se sont implantées sur les radeaux. Six espèces herbacées ont été observées : *Ranunculus scleratus*, *Juncus effusus*, *Phalaris arundinacea*, *Myosotis scorpioides*, *Ajuga reptans* et *Epilobium sp.*, *Poa pratensis* et *Rumex obtusifolius*. Les trois premières espèces sont particulièrement intéressantes car il s'agit d'hélophytes, vraisemblablement présentes sur le site et bien adaptées aux conditions compte tenu de leur implantation « naturelle » sur les structures flottantes. Le bon développement de ces espèces pourrait venir combler les espaces dégarnis des radeaux. Au niveau des *Poa* et *Rumex* observés, ceux-ci entrent davantage dans une catégorie de plantes à spectre plus large, répandues et pionnières. La bugle rampante (*Ajuga reptans*) quant à elle se propageant principalement à l'aide de rhizomes, on peut supposer qu'elle se trouvait dans la

matte lors de la pose de celles-ci sur les radeaux. Enfin les épilobes sont des plantes colonisatrices qui se disséminent facilement grâce aux akènes emportés par le vent.



Figure 115 : Bugle rampant présent sur les radeaux.



Figure 116 : Développement d'épilobes.

Les cinq dernières espèces présentent moins d'intérêt dans le cadre du projet car peu compétitive face à des plantes mieux adaptées au milieu et seraient supplantées dans un peuplement plus homogène et dense d'hélophytes et de végétaux palustres.

Suite à ces observations, un premier essai de revégétalisation a été réalisé sur les radeaux implantés sur les lacs en 2009. Quatre espèces ont été retenues le *Carex acutiformis*, la Canche cespiteuse (*Deschampsia cespitosa*), l'*Iris pseudacorus* et *Phalaris arundinacea*. Ce choix se base sur les relevés floristiques effectués fin 2010 et l'importance du développement des *Carex* et des *Iris* des marais au sein des radeaux. Ces plantes se sont particulièrement bien maintenue au sein des radeaux et ont été privilégiées afin d'améliorer la densité de plants au sein des radeaux.



Figure 117 & 118 : Opération de regarnissage des radeaux réalisées le 27 juillet 2011.



Figure 119 & 120 : Radeaux après les opérations de regarnissage.

7.6.3. Croissance et développement des plants

Les radeaux implantés en 2011 ont fait l'objet d'un suivi comparatif de la reprise et de la croissance des différentes espèces de plantes. Dans le cadre du projet, ce suivi permet d'estimer le volume d'habitat et les supports de ponte potentiels au travers du suivi de la croissance et de la densification des systèmes racinaires des héliophytes et plantes lacustres installées sur le radeau.

Outre l'évaluation comparative des systèmes racinaires immergés des différentes espèces, un plant représentatif de chacune des espèces a été mesuré toutes les deux semaines afin d'estimer la croissance.

Le tableau ci-dessous reprend la longueur des parties aériennes et racinaires de chaque espèce d'héliophyte présente sur le radeau. Les lysimaques et les véroniques n'ayant pas été observées sur le radeau, aucune mesure n'a pu être réalisée pour ces espèces.

Tableau 9 : Moyenne des mesures de croissance des héliophytes implantés sur les radeaux installés en 2011.

Espèces	29/04/2011		19/05/2011		1/06/2011		15/06/2011		11/07/2011		20/07/2011	
	SA [cm]	SR [cm]	SA [cm]	SR [cm]	SA [cm]	SR [cm]	SA [cm]	SR [cm]	SA [cm]	SR [cm]	SA [cm]	SR [cm]
Carex gracilis	30	6	40	20	45	25	55	35	80	42	80	43
Carex acutiformis	25	5	30	10	40	15	48	22	60	40	60	45
Lythrum salicaria	20	5	55	20	65	30	50	25	75	30	75	32
Scirpus sylvaticus	20	5	30	16	40	22	30	25	50	30	50	30
Iris pseudacorus	34	7	50	25	60	20	60	25	60	35	60	38
Acorus calamus	40	8	55	22	70	40	60	35	60	40	62	40
Mentha aquatica	3	0	7	0	14	5	20	10	32	20	32	23
Glyceria maxima	30	17	45	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Sparganium erectum	10	18	30	30	30	30	30	30	40	30	42	33
Caltha palustris	25	10	30	15	35	20	33	30	35	33	35	35

SA : système aérien ; SR : système racinaire

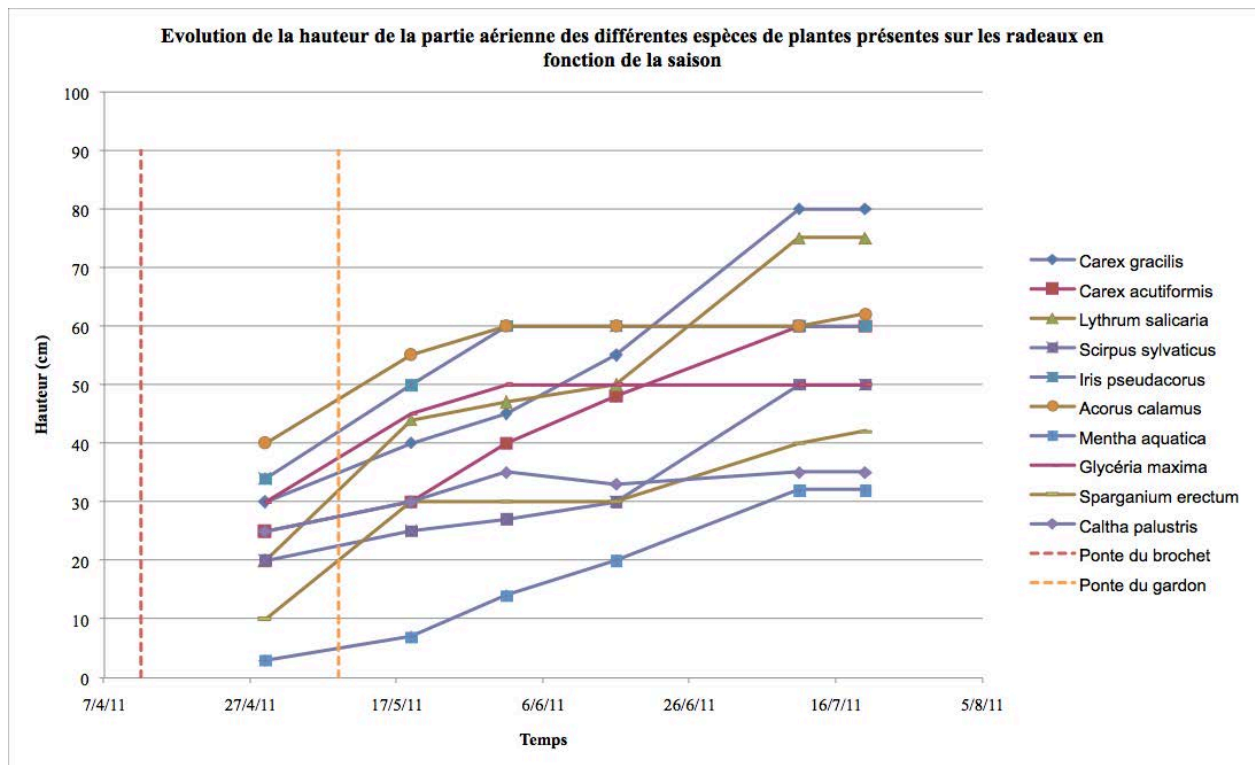


Figure 121 : Evolution de la hauteur des parties aériennes des espèces d'hélophytes présentes sur les radeaux en 2011 en comparaison avec les dates de ponte du brochet et du gardon.

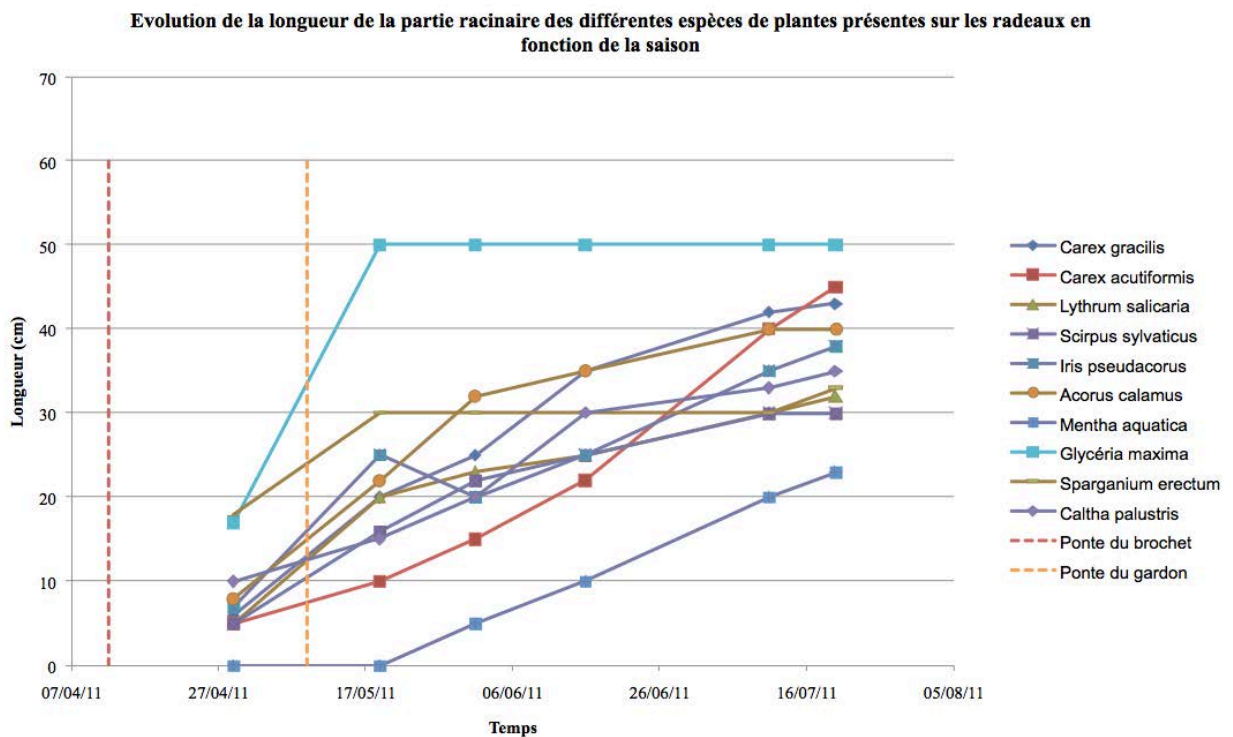


Figure 122 : Evolution de la profondeur du système racinaire des espèces d'hélophytes présentes sur les radeaux au fil de la saison en comparaison avec les dates de ponte du brochet et du gardon.

Dans le cadre du projet FEP – RAVMeuse, un descriptif de la structure des systèmes racinaires de chaque espèce a été établi (PLÖN, 2012). En effet, la description des systèmes racinaires se limite habituellement aux grands classes définies dans la littérature (pivotant, fasciculé...). Cette description s’est avérée totalement insuffisante pour mettre en évidence les différences entre les systèmes racinaires des hélophytes ainsi que leur adéquation comme support de pontes. En outre, il s’agit d’un cas particulier où le système racinaire se développe exclusivement dans un milieu aquatique.

Le système de classement imaginé se base sur l’appartenance du système racinaire à une classe de densité et une classe de rigidité. La classe de densité caractérise le volume de racines, leur quantité et la ramification de celles-ci. La classe de rigidité caractérise la tenue individuelle des racines, si celle-ci sont plutôt rigide ou au contraire extrêmement souple.

Tableau 10 : Classe de densité des systèmes racinaires (PLÖN, 2012)

Classe	Densité	Définition
I	Très faible	Peu ou pas de racines secondaires. Pour les systèmes racinaires fasciculés, présence de différentes racines principales uniquement. La main passe aisément à travers le système racinaire.
II	Faible	Racines secondaires développées. Pas de racines tertiaires. La main passe aisément à travers le système racinaire.
III	Moyenne	Présence de racines tertiaires. La main passe relativement aisément à travers le système racinaire.
IV	Forte	Présence de racines tertiaires et de niveaux supérieurs. La main passe difficilement à travers le système racinaire, seuls les doigts peuvent s’enfoncer.
V	Très forte	Présence de racines tertiaires et de niveaux supérieurs. Les doigts passent difficilement à travers le système racinaire.

Tableau 11 : Classe de rigidité des systèmes racinaires (PLÖN, 2012)

Classe	Densité	Définition
I	Faible	Les racines forment des amas semblables à des algues filamenteuses. Toutes les racines se collent les unes aux autres lorsqu'elles sont émergées
II	Moyenne	Les racines d'ordre supérieur tendent à se replier sur les racines d'ordre inférieur. La structure de l'ensemble du système racinaire reste assez aérée lors de son émergence.
III	Forte	Le système racinaire bouge peu sous l'effet d'un courant. Les racines secondaires ou tertiaires gardent approximativement la même disposition lorsqu'elles sont immergées et émergées.

D'après les observations menées, le système racinaire idéal présente une classe de densité moyenne. Celui-ci a l'avantage de cumuler les avantages d'une bonne disponibilité racinaire pour la ponte et d'un espace suffisamment aéré pour que le poisson puisse s'immiscer entre les racines. En terme de rigidité, ce sont les classes de rigidité plus élevée qui assurent le meilleur support de ponte en offrant une surface plus grande et évitent que les racines se collent à l'œuf réduisant l'oxygénation de ce dernier durant la période d'incubation.

7.7. Résultats

7.7.1. Journal des sorties

Le paragraphe suivant résume les actions majeures entreprises lors de la mise en place et du suivi des radeaux végétalisés installés sur le lac de la Plate Taille et de l'Eau d'Heure.

18 novembre 2010

Première visite sur le lac de la Plate Taille destinée à réaliser un bilan de l'état des radeaux végétalisés (40 m²) mis en place le 1/07/2009 dans la anse de l'ADEPS et la crique des Cabiniers. Un état des lieux complet des radeaux a été établi et un relevé floristique a été réalisé.

5 avril 2011

Mise en place de 40 m² supplémentaires de radeaux végétalisés répartis en deux unités de 20 m² sur le barrage de la Plate Taille dans les anses de la Fontaine aux Planes et dans la anse aux bateaux.

15 avril 2011

Mise en place de 40 m² de radeaux végétalisés répartis en deux unités de 20 m² sur le barrage de l'Eau d'Heure sur les anses de Grand et Petit Badon.

20 avril 2011

Les bâches fixées sous les nouveaux radeaux disposés le 5 avril 2011 ont été ôtées.

29 avril 2011

Premier suivi de croissance des nouveaux radeaux végétalisés sur le lac de l'Eau d'Heure et de la Plate Taille. Réalisation d'un suivi bihebdomadaire des nouveaux radeaux végétalisés.

27 juillet 2011

Revégétalisation, en collaboration avec la pépinière de Marches les Dames, des anciens radeaux disposés le 1/07/2009 sur le barrage de la Plate Taille.

7.7.2. Observation des pontes

L'absence de pontes au niveau des radeaux, en 2011, peut s'expliquer par le manque de disponibilité des systèmes racinaires. La bâche contraignant le système racinaire à se développer horizontalement sous les radeaux implantés en 2009 était toujours en place et n'a été éliminée qu'en cours de saison. Comme cela est expliqué dans les chapitres précédents, la présence de cette bâche rend la grande majorité du système racinaire indisponible pour la ponte et la protection des poissons. Les nouveaux radeaux ont été implantés dans le courant du mois d'avril 2011 n'offrant qu'un système racinaire faiblement développé lors des périodes de reproduction des cyprins phytophiles (gardon, brème...)

De nouvelles observations ont été réalisées en 2012. C'est la première fois, depuis l'installation des premiers radeaux en 2009, que des pontes ont lieu sur ces structures. Entre le 24 et le 28 mai 2012, des œufs de gardons ont été observés sur les racines d'hélophytes implantées sur les radeaux. Ces pontes ont eu lieu à la même période que celles observées sur les frayères artificielles situées à proximité immédiate. La quantité d'œufs était inférieure à celle présente sur les frayères. Néanmoins, le nombre d'œufs est difficilement quantifiable car l'accès au centre du radeau est impossible pour observer des pontes éventuelles.



Figure 123 : Observations d'œufs de gardons sur les racines des hélophytes présentes sur les radeaux végétalisés.

L'identification des larves a été réalisée ex situ à partir d'échantillons conservés en stabulation en aquarium. L'identification a été réalisée à différents stades de croissance grâce à une clé d'identification des larves et alevins (PINDER, 2001) et a permis de conclure à des pontes de gardon.

Il ne semble pas que les géniteurs privilégient les racines de certaines espèces de plantes pour déposer leur ponte. Les œufs sont projetés sur le substrat disponible. La rétention des œufs au niveau des racines ou leur chute dépend de l'adéquation des racines à cet usage. Comme signalé précédemment, ce sont les racines présentant une densité moyenne et une bonne rigidité qui permettent un meilleur accrochage des œufs et, par conséquent, un meilleur taux de survie.

7.7.3. Observation des larves et alevins

En 2011, bien qu'aucune ponte n'ait été observée sur les systèmes racinaires des végétaux présents sur les radeaux, de nombreuses larves et alevins ont été observés sous le radeau et à proximité de celui-ci. La réalisation d'un relevé quantitatif des alevins est extrêmement malaisée. En effet, les radeaux remplissent pleinement leur rôle de protection et rendent difficile toute tentative d'échantillonnage des larves et alevins présents sous les radeaux. Dans ce contexte, les observations réalisées sont essentiellement qualitatives.



Figure 124 : Alevin de brochet sous le radeau végétalisé.

Ces observations sont réalisées à l'aide d'un troubleau en inox de 300 mm de diamètre équipé d'un filet d'une profondeur de 600 mm et dont les mailles mesurent 500 microns. Le manche télescopique permet de passer sous les radeaux pour y récolter la faune présente. Les racines offrent de multiples caches et autant d'obstacles au prélèvement qui affectent inévitablement l'estimation des espèces présentes.

7.8. Usages marginaux des radeaux

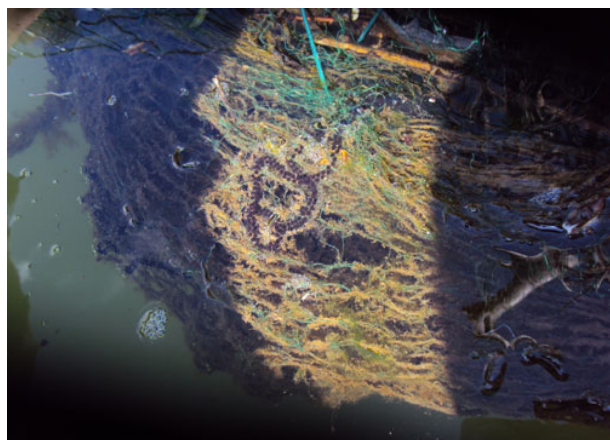


Figure 125 : Ponte de crapaud accrochée aux filets de protection contre les cormorans.



Figure 126 : Bergeronnette des ruisseaux.



Figure 127 : Nidification de Foulque macroule.

8. CREATION DE PARCELLES PILOTES DE VEGETALISATION DANS LES ZONES DE MARNAGE

8.1. Rappel des objectifs

Les lacs de la Plate Taille et de l'Eau d'Heure présentent une carence généralisée de la végétation rivulaire héliophyte. Cette végétation inféodée aux zones humides constitue généralement la zone de frai privilégiée pour de nombreuses espèces de poissons phytophiles. Sur les lacs précités, ces végétaux sont confrontés à deux contraintes majeures :

- Les fluctuations de niveau des eaux engendrées par le cycle de pompage - turbinage
- L'absence de transition entre le milieu forestier et les plans d'eau induisant un ombrage significatif.

Dans l'étude menée en 2009, TOMSON *et al.* (2009) notaient la présence d'herbier aquatique et d'une végétation amphibie susceptible de fournir des habitats pour le frai et le développement des larves et alevins. L'importance de la végétation du bord de l'eau était mise en avant comme une source d'habitat pour l'ichtyofaune. Néanmoins, cette végétation est assez restreinte et limitée à certains secteurs.

Dans ce contexte, il semblait opportun de contribuer à la création d'habitats sur les berges du plan d'eau, en complément au travail réalisé au niveau des radeaux végétalisés. L'objectif de cette végétalisation est d'accélérer la colonisation naturelle des zones de marnage par des espèces végétales indigènes adaptées à ces conditions environnementales et déjà localement présentes sur les berges du lac.

Bien qu'il s'agisse d'espèce adaptée aux conditions environnementales, le cumul des contraintes freine l'extension de la végétation. De nombreuses espèces d'héliophytes se propagent principalement par multiplication végétative (rhizomes, stolons) plutôt que par reproduction sexuée. Cette stratégie aboutit à une propagation locale à partir d'un pied « mère ». Compte tenu de la longueur totale de berges des lacs de l'Eau d'Heure et de la Plate Taille et de la présence excessivement restreinte des héliophytes sur les berges, une colonisation naturelle prendrait vraisemblablement énormément de temps.

Dans son étude bibliographique, TOMSON *et al.* (2009) relèvent dans les contraintes d'installation de la végétation, le marnage qui remanie continuellement la topographie des berges et limite la colonisation végétale. De même, la gestion hydraulique du site peut avoir des conséquences sur

la réalisation du cycle phénologique des espèces ne garantissant pas l'implantation pérenne de la végétation. Il montre notamment que la gestion hydraulique du lac de la Plate Taille risque de provoquer un développement de la végétation à contre saison.

Néanmoins, la végétalisation des berges apporte deux avantages majeurs en terme d'augmentation des potentialités écologiques et paysagères du plan d'eau

Afin de contribuer au développement de ces habitats, des placettes pilotes ont été créées sur les zones de marnage des lacs.

8.2. Description du matériel

8.2.1. Espèces végétales utilisées

Pour ces premiers essais de culture, le roseau commun (*Phragmite australis*) a été retenu. Cette espèce est présente sur le site d'étude et a été observée sur les zones littorales du lac de la Plate Taille. Le roseau commun dispose de certains atouts qui sont appréciables dans le cadre du projet :

- C'est une espèce à croissance rapide
- Elle dispose de rhizomes traçants atteignant plusieurs mètres par an
- Le roseau présente une bonne résistance aux conditions environnementales difficiles

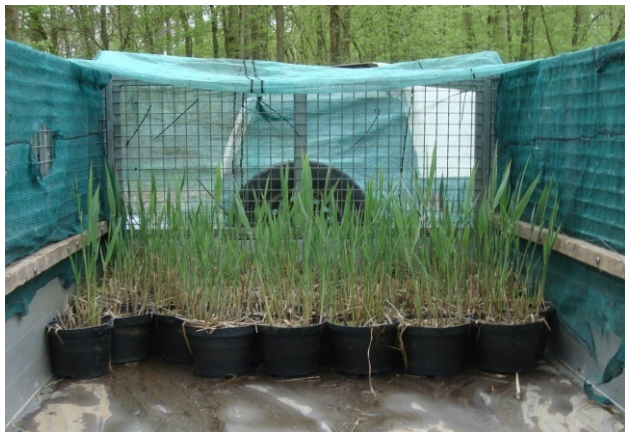


Figure 128 : Plants de roseaux communs conditionnés en conteneur de 5 litres.



Figure 129 : Délimitation de placettes et disposition des plants.

8.2.2. Méthode de plantations

Les plantations ont été réalisées le 13 avril 2011 à partir de plants matures de deux ans contenus dans des conteneurs de cinq litres. Les roseaux ont été plantés sur trois parcelles de $\pm 50 \text{ m}^2$ avec des espacements d'un mètre entre les lignes ainsi qu'entre les plants d'une même ligne. La limite

supérieure des placettes correspond à la cote de remplissage maximum du barrage et s'étend en suivant la pente de la zone littorale sur sept mètres, n'excédant pas la zone de marnage habituelle du barrage.



Figure 130 & 131 : Repiquage des plants avec un espacement d'un mètre entre chaque plants.



Figure 132 & 133 : Placettes de végétalisation après la plantation.

8.3. Localisation des parcelles

Le relevé floristique de la végétation héliophyte réalisé en 2009 a permis de mettre en évidence la carence de végétation héliophytiques mais aussi de localiser les rares sites où une végétation de ce type était présente. Cinq placettes de végétalisation ont été définies sur les berges des anses du lac de la Plate Taille. Le choix des placettes a été arrêté sur base de critères objectifs visant à favoriser au maximum la reprise de la végétation et de préserver les héliophytes et plantes palustres présentes sur les berges du lac. Les sites de plantation ont été sélectionnés sur base de :

- Une exposition dégagée permettant un ensoleillement maximum
- Une prédation limitée (absence de rats musqués)

- Une disponibilité d'un substrat meuble permettant la plantation et favorisant une reprise rapide de la végétation
- Une absence d'espèce hélophyte ou de toute autre espèce soumise à de mesure de protection

Les parcelles de végétalisation n'ont volontairement pas été délimitée sur le terrain afin d'éviter les éventuels actes de malveillance. Trois placettes ont été implantées dans la crique des Cabiniers avec trois orientations différentes et la dernière placette est localisée dans le fond de la anse de l'ADEPS.



Figure 134 : Placette de végétalisation du fond de la anse de l'ADEPS.



Figure 135 : Une des trois placettes de végétalisation de la crique des Cabiniers.

Les emplacements respectifs des placettes de végétalisation sont localisés sur la photo aérienne du lac de la Plate Taille ci-dessous (Figure 136)

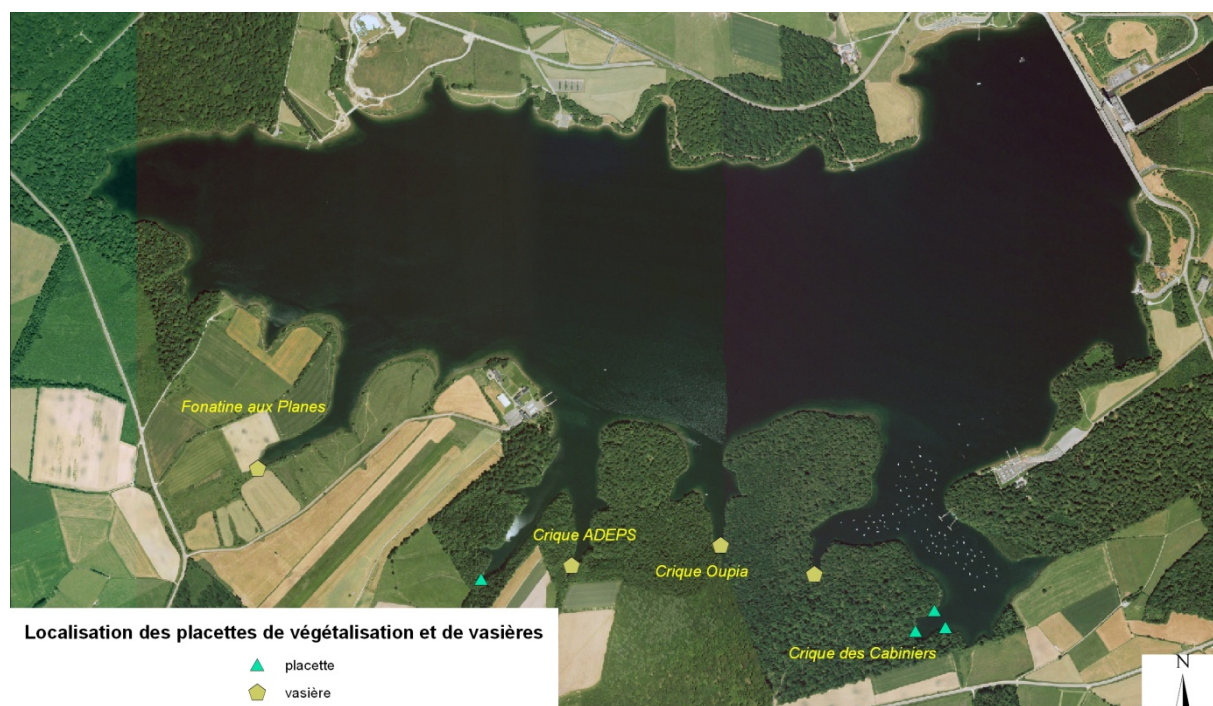


Figure 136 : Localisation des placettes de végétalisation.

8.4. Evolution du couvert végétal

8.4.1. Méthode

Chaque placette fait l'objet d'un suivi permettant d'évaluer la reprise et le développement d'un échantillon d'individus déterminé en fonction de leur position. Au sein de chaque placette, les individus de trois lignes sont retenus : ceux situés à la cote la plus haute et la plus basse ainsi que les individus situés au milieu de la placette. L'objectif de ce choix était de tester l'hypothèse de l'existence d'une corrélation entre le taux de reprise et le développement des plants et le gradient hydrique, facteur considéré comme limitant pour la croissance des héliophytes dans le cadre du projet.

Néanmoins, suite au climat exceptionnellement de 2011, les lacs ont été mis à contribution afin de soutenir le débit d'étiage de la Sambre. Les niveaux d'eau ont considérablement baissé laissant à sec l'entièreté de la parcelle de végétalisation. L'effet du gradient hydrique sur la reprise et le développement de la végétation n'a donc pu être analysé en 2011.



Figure 137 : Placette de végétalisation de la anse aux bateaux après la plantation (04/2012).



Figure 138 : Placette de la anse aux bateaux deux mois plus tard (06/2012).

Deux facteurs sont retenus pour évaluer le développement des plants : la hauteur moyenne des tiges d'un individu et le nombre de tiges par individu.

Figure 139 : Mesure de la hauteur moyenne des tiges d'un individu.



8.4.2. Résultats

Malgré les conditions climatiques sévères et la mise à sec complète de l'ensemble des plants de la crique des Cabiniers, les plants de roseaux communs se sont bien développés en 2011. Les résultats présentés dans le tableau ci-dessous correspondent aux mesures des hauteurs moyennes des tiges de tous les individus au sein de leur placette respective. Ils reflètent la bonne reprise de végétation.

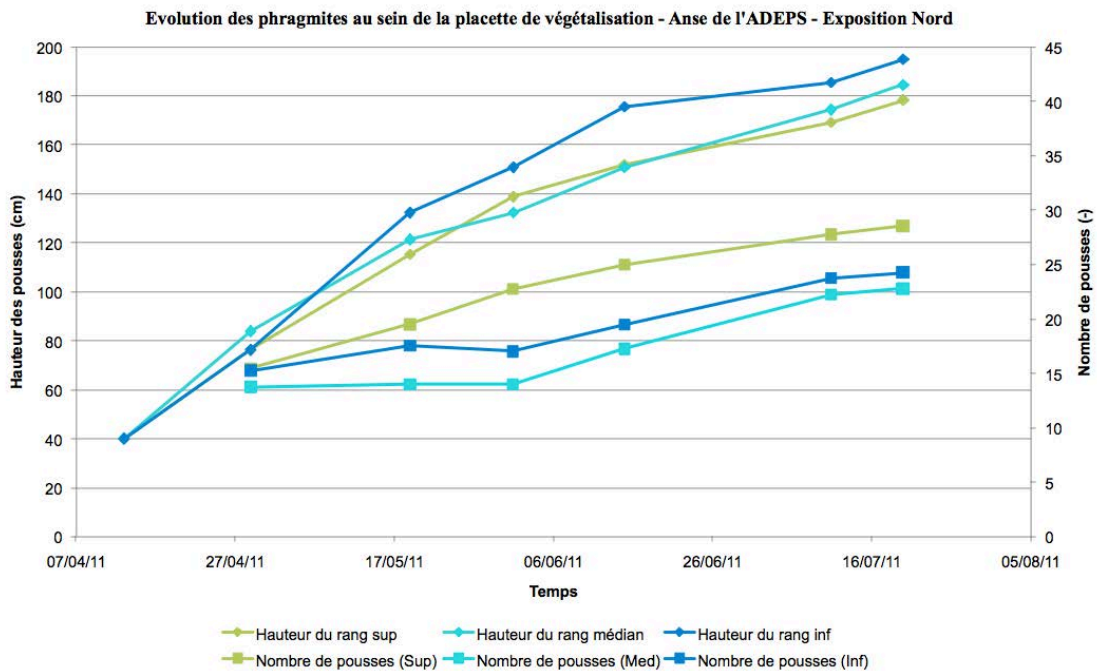


Figure 140 : Evolution de la hauteur moyenne des tiges de roseaux (*Phragmites australis*) et du nombre de pousses au sein de la placette de végétalisation située au fond de la anse de l'ADEPS.

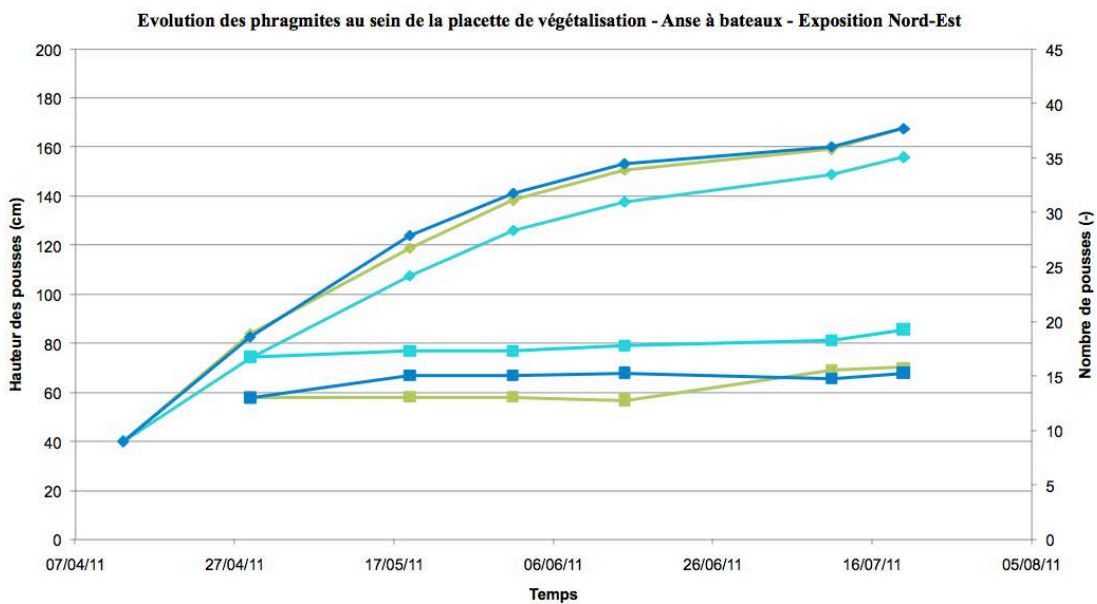


Figure 141 : Evolution de la hauteur moyenne des tiges de roseaux (*Phragmites australis*) et du nombre de pousses au sein de la placette de végétalisation située au fond de la anse à bateaux – exposition Nord-Est.

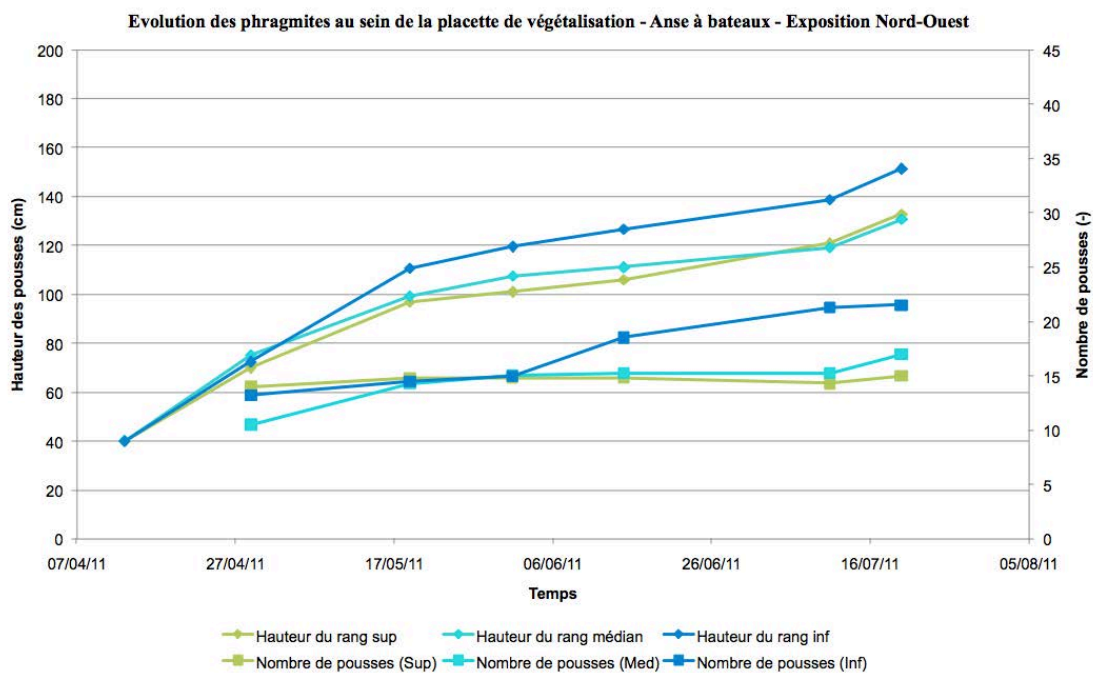


Figure 142 : Evolution de la hauteur moyenne des tiges de roseaux (*Phragmites australis*) et du nombre de poussettes au sein de la placette de végétalisation située au fond de l'anse à bateaux – exposition Nord-Ouest.

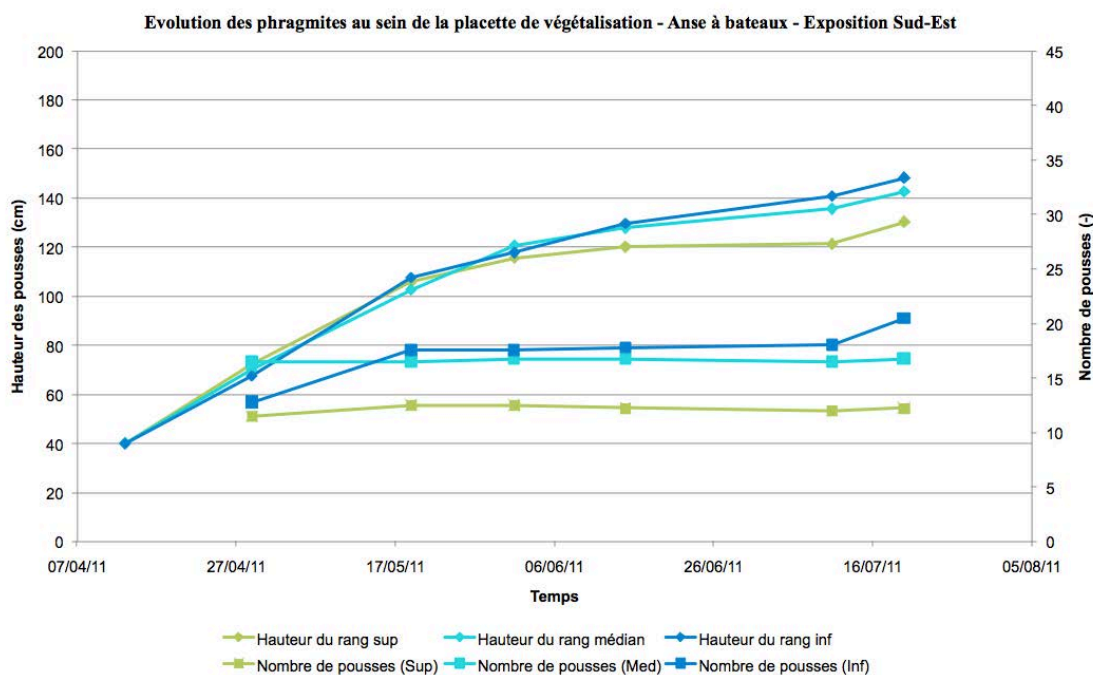


Figure 143 : Evolution de la hauteur moyenne des tiges de roseaux (*Phragmites australis*) et du nombre de poussettes au sein de la placette de végétalisation située au fond de l'anse à bateaux – exposition Sud-Est.

Une comparaison de la croissance des individus au sein des placettes a été réalisée afin d'évaluer l'impact du gradient hydrique sur le développement des plants. Néanmoins, vu l'évolution de la hauteur du lac de la Plate Taille durant l'année 2011, il est vraisemblable qu'un important biais fausse les mesures. En effet, l'ensemble des plants ont été soumis à des contraintes hydriques vu

la différence de niveau apparue entre la période de plantation (avril 2011) et la période de végétation qui s'en suit (Figure 137 et Figure 138).

Il faut préciser que les roseaux se sont donc développés dans des conditions peu favorables, les plantes étant totalement émergées. Néanmoins, les plants ont atteint des tailles acceptables supérieure à 120 cm pour l'ensemble des placettes et proche de 200 cm pour la placette de la anse de l'ADEPS. Pour cette dernière placette, la Figure 134 illustre la situation particulière de développement des roseaux. Un filet d'eau arrosant en continu la placette durant toute la saison, les plants ont moins souffert des conditions hydriques défavorables et ont pu se développer avec plus d'efficacité.

Lors de l'installation des placettes, la crainte était de voir disparaître les plantes en raison des assèchements successifs liés au marnage. L'année 2012 a mis en évidence un autre risque, celui de voir les plantes noyées sous des lames d'eau incompatibles avec le développement des hélrophytes. En effet, les plants immergés sous plus d'un mètre d'eau n'ont eu qu'un faible développement sur les rangs supérieurs et, en raison des conditions d'immersion, n'ont développés que quelques feuilles au sommet des tiges. Dans ce contexte, l'avenir nous montrera si, malgré les mauvaises conditions, les rhizomes peuvent reprendre et assurer le développement des roseaux lorsque de meilleures conditions se présentent.

9. PERSPECTIVES

Depuis les pêches réalisées en 2002 dans le cadre de l'étude destinée à mettre en place le schéma directeur des lacs (IGRETEC, 2004), il n'y a plus eu de pêche d'inventaire sur les lacs de l'Eau d'Heure. Certains changements pouvant survenir sur une décennie, il serait intéressant de réaliser, en collaboration avec le Service extérieur de la pêche, un inventaire piscicole sur les lacs du complexe. Cet inventaire permettrait de suivre l'évolution des populations au sein des lacs et, par ce biais, évaluer les modifications de l'état trophique des lacs. D'autre part, une bonne connaissance des populations en place permettrait de cibler des espèces spécifiques et proposer des supports artificiels adaptés aux exigences des espèces présentes.

Les frayères artificielles flottantes disposées sur le lac de la Plate Taille ont montré leur intérêt en terme de substrat de ponte pour diverses espèces. Depuis 2007, les frayères sont installées chaque année sur les lacs pour les périodes de reproduction. Les structures proposées sont utilisées par un certain nombre d'espèces (brochet, gardon, sandre, carpe). Néanmoins, à l'échelle du lac de la Plate Taille, les superficies installées sont assez réduites et n'offrent pas un potentiel suffisant en terme de superficies disponibles pour le frai. A cet égard, les radeaux végétalisés offrent des possibilités supplémentaires mais qui restent insuffisantes. A l'échelle du lac de la Plate Taille, les superficies installées représentent 0,05 ‰ de la superficie totale du lac ou 0,15 m²/ha en eau. En comparaison, le Conseil Supérieur de la Pêche en France conseille pour le brochet (*Esox Lucius*) une superficie de frayères-nurseries comprise entre 500 et 2000 m²/ha couverte à 60 % par la végétation (CHANCEREL, 2000 ; CHANCEREL, 2003). Des superficies inférieures de l'ordre de 200 m²/ha sont nécessaires sur les sites nord-américains (KELSO, J.M.R. et MINNS, 1996). D'autres auteurs proposent une relation entre la taille des femelles et la superficie de frayères-nurseries nécessaires : Surface de frayères (m²) = [L moy. des femelles (cm)] x 50 à 80 (MINNS et al., 1996b). Bien que des frayères soient aussi présentes naturellement sur les lacs, il semble peu probable que la superficie de celles-ci additionnée aux superficies de structures artificielles offrent des espaces de frayères de cet ordre de grandeur pour la population de brochet en place. Dans ce contexte, il pourrait s'avérer intéressant d'augmenter les superficies de frayères et/ou radeaux présents sur le lac.

D'autre part, habituellement, les frayères sont fixées deux à deux pour concevoir des modules de 4 m² (2 x 2 m). En fonction des opportunités et des observations des années antérieures, ces modules sont groupés par deux ou trois suivant la quantité d'œufs espérés. Les frayères artificielles laissant la possibilité d'être fixées d'une autre façon, cela laisse la possibilité de tester différentes dispositions : un nombre plus important de frayères de petite taille ou des

frayères en nombre restreint mais de plus grande taille afin d'évaluer l'attractivité des différents dispositifs.

Les dispositifs seraient remis en place sur les lacs de la Plate Taille et de l'Eau d'Heure. Ce dernier est plus problématique en raison des marnages de plus grande amplitude et des activités nautiques mais les frayères étant placées tôt dans la saison, peu d'activités nautiques se déroulent sur le plan d'eau à cette période.

Au niveau des lacs de pré-barrages, il a été mis en évidence des problèmes d'eutrophisation (IGRETEC, 2004) induisant des colmatages rapides des frayères artificielles expérimentales mis en évidence sur le lac de Falemprise par NEMRY et al. (2007) et sur le lac de Féronval lors des observations effectuées en 2010-2011 dans la cadre du présent projet. Vu le colmatage des supports de ponts immergés lors du projet, il est légitime de supposer que les substrats de ponts naturellement présents dans les lacs sont dans un état similaire. L'idée d'utiliser les lacs de pré-barrages comme nurserie ne peut être concrétisée en raison de l'état trophique de ceux-ci. D'un point de vue piscicole, les radeaux végétalisés pourraient éventuellement constituer une alternative aux frayères artificielles. En effet, notamment en raison de l'ombre projetée par la structure et l'absence de surface horizontale immergée pouvant se couvrir d'algues, sédiments, etc., le radeau végétalisé est moins sensible au colmatage. Il serait intéressant de tester ces installations sur un lac de pré-barrage pour en évaluer l'efficacité. D'autre part, les radeaux végétalisés pourraient aussi contribuer, suivant les superficies implantées, au prélèvement des substances nutritives excédentaires par export de la biomasse végétale (compostage).

Les frayères à brèmes expérimentales n'ayant pas apporté satisfaction lors des tests menés en 2011, l'expérience acquise en la matière lors de cette année de test permettrait d'envisager de nouvelles structures et de nouvelles dispositions susceptibles de contribuer à améliorer l'efficacité des reproductions de brèmes. La structure modulaire ne semble pas adaptée à ce type de structure immergée car elle est déformée par les systèmes de lests et de flotteurs destinés à la maintenir à une profondeur d'immersion constante. En outre, les espèces végétales choisies, bien que sélectionnées pour leur résistance à l'immersion, ont rapidement présenté des signes de sénescence précoce entravant le bon fonctionnement de la structure expérimentale. Face à ces différents éléments, on envisagerait de nouvelles structures rigides plantées de juncs en alternance avec des substrats artificiels pour en tester l'efficacité. Ces structures seront localisées sur les sites avérés de reproduction de brèmes pour maximiser les chances de réussite du projet.

Les radeaux végétalisés présentent divers aspects intéressants : les racines servent de supports de pontes, les radeaux sont des espaces de refuges pour les alevins et les poissons adultes contre les prédateurs et des espaces d'alimentation grâce au développement et à la colonisation des racines par du plancton, des macro-invertébrés... Néanmoins, ces structures ont été ôtées du lac de l'Eau d'Heure en raison de l'amplitude des marnages qui, malgré un lestage supplémentaire, induisait toujours des mouvements au niveau des radeaux en place. En outre, les radeaux utilisés comme chicanes ont bien résisté et amorti les vagues mais les plantes présentes sur les radeaux n'ont pas survécu aux pulvérisations d'eau sur les parties aériennes et aux mouvements d'eau réguliers, les espèces sélectionnées n'étant pas des espèces se développant en eaux « courantes ». Disposant désormais d'une bonne expérience en matière de radeaux végétalisés, certains nouveaux éléments pourraient être étudiés. Suite aux observations réalisées sur les pré-barrages, une structure pourrait y être implantée pour évaluer le comportement de la structure dans un lac d'état trophique différent et vérifier si des radeaux pourraient être une alternative aux frayères artificielles qui se colmatent inévitablement.

Le suivi des placettes de végétalisation réalisé sur une seule année n'apporte pas d'éléments en suffisance pour permettre d'évaluer l'évolution à moyen terme des roseaux communs plantés dans la zone de marnage. Le suivi devrait s'étendre sur plusieurs années avec une bathymétrie variable pour pouvoir étudier le développement des plantes au sein des placettes en relation avec les conditions rencontrées. D'autre part, NEMRY et al. (2007) et TOMSON et al. (2009) avaient établi une sélection d'espèces végétales présentes sur le site et résistantes aux phénomènes de marnage. Des placettes de végétalisation pourraient être constituées avec ces espèces voir un mélange des espèces sélectionnées afin d'évaluer la reprise et le développement des différents plants.

En parallèle, un inventaire exhaustif des herbiers du lac de la Plate Taille et du lac de l'Eau d'Heure permettrait de déterminer le potentiel réel que constituent les hydrophytes en terme de support de pontes pour les poissons phytophiles. Cette action prévue en 2011 n'a pu être finalisée en raison des conditions bathymétriques particulières et la mise à sec d'une bonne part des herbiers habituellement localisés en zone littorale. Les espèces végétales présentes seraient identifiées et localisées par relevés GPS. Une estimation des superficies couvertes par des herbiers permettrait d'obtenir des informations plus précises sur les superficies réelles de frayères potentielles.

10. CONCLUSIONS

L'objectif premier des lacs de l'Eau d'Heure était de soutenir le **débit d'étiage** de la Sambre. Le soutien de la Sambre permettait de garantir l'alimentation du canal Charleroi-Bruxelles par pompage à partir de la Sambre. Les barrages ont été valorisés pour produire de l'hydroélectricité et, rapidement, se sont développés autour des plans d'eau des activités récréatives et touristiques. La gestion hydraulique des barrages entraîne des phénomènes de marnage qui perturbent les zones rivulaires particulièrement fragiles indispensables à la reproduction de nombreuses espèces de poissons. Ces milieux, à l'origine, totalement artificiels ont progressivement été colonisés par la flore et la faune mais ces perturbations quotidiennes et saisonnières entravent la colonisation des milieux. D'un point de vue piscicole, le déficit de végétation rivulaire pérenne est problématique pour les espèces de poissons phytophiles dont la reproduction est conditionnée par ces substrats végétaux. Les pontes déposées sur les plantes dans les zones littorales sont invariablement mises à sec en raison des fluctuations de niveau.

Ce constat a conduit à la mise en place de solutions concrètes telles que les **frayères artificielles flottantes** disposées sur les lacs dans le but de favoriser la reproduction des poissons partiellement ou strictement phytophiles. Le suivi scientifique assuré durant la période de reproduction 2011 et 2012 montre, à nouveau, l'intérêt de ces structures. Des œufs de brochets, gardons, de sandres et de carpes ont été observés et identifiés. Les alevins issus de ces pontes ont fait l'objet d'un suivi pour étudier leur développement, récolter des informations sur leur comportement après l'éclosion et suivre l'utilisation des frayères artificielles flottantes se transformant pour l'occasion en nurseries. Des œufs et des alevins ont aussi été observés sur les **radeaux végétalisés**. Ces structures mises en place en 2009 ont été inventoriées et un bilan a été établi en novembre 2010 afin d'identifier les avantages et les faiblesses des radeaux. Grâce à ce bilan, des adaptations ont été effectuées au niveau des structures pour adapter le matériel aux besoins spécifiques du projet. Ces adaptations se sont révélées utiles car, pour la première fois en 2012, des pontes ont été observées sur les racines des plantes. Le projet a pu mettre en évidence l'intérêt des radeaux en terme d'habitat, de zone de caches, de développement et d'alimentation pour les alevins.

Au vu des spécificités du comportement reproducteur de la brème, un volet du projet était consacré à la conception de structures expérimentales adaptées aux exigences de cette espèce. Les bases fournies par la littérature ne s'adaptant pas aux contraintes rencontrées, une structure expérimentale s'apparentant à un radeau végétalisé submergé a été testé. Ce dernier a rapidement

montré ses limites tant au niveau de la structure en elle-même que des plantes utilisées pour le garnir. Néanmoins, cette première expérience offre des perspectives en terme de conception d'une structure adaptée à la reproduction de la brème.

Lors des projets antérieurs, l'idée avait été émise d'utiliser les lacs de pré-barrages comme source d'œufs ou d'alevins pour les lacs de l'Eau d'Heure et de la Plate Taille. L'absence de marnage laissait supposer une meilleure efficacité des reproductions des poissons sans cette contrainte. Les actions mises en place en 2010-2011 ont permis de montrer qu'une autre contrainte majeure avait une influence néfaste sur la reproduction dans les pré-barrages, le colmatage. En raison de l'eutrophisation de ces lacs, la quantité de plancton, de sédiments, d'algues... se déposant sur les frayères artificielles ou les houppiers de bouleaux est impressionnante et recouvre la totalité des structures. Dans ces conditions, la reproduction de l'ensemble des poissons semble problématique. En effet, le colmatage est susceptible d'asphyxier les œufs. Les radeaux végétalisés constitue une alternative aux frayères qui pourrait être mise en place afin d'évaluer les possibilités offertes par ceux-ci pour la reproduction des poissons.

Suite aux inventaires de la végétation rivulaire aquatique et semi-aquatique, une sélection a été opérée afin d'établir des placettes de végétalisation sur les berges du lac de la Plate Taille. La croissance et le développement des plants de roseaux communs ont été étudiés dans le but de mettre en évidence les éléments indispensables à la reprise de cette espèce sur les zones littorales subissant un marnage régulier. Le niveau exceptionnellement bas des lacs n'a pas permis de mener à bien ce volet du projet mais a dégagé plusieurs pistes concernant les sites d'implantation ainsi que les espèces utilisées. Néanmoins, un suivi pluriannuel se révèle indispensable pour appréhender l'évolution des placettes de roseaux à moyen terme en raison des changements de conditions d'immersion chaque année.

11.COMMUNICATION - SENSIBILISATION

Afin de présenter le projet aux pêcheurs et au public, une brochure retraçant les grandes lignes du projet est diffusée lors des foires et salons auxquels participe la Maison wallonne de la pêche. D'autre part, deux roll up ont été conçus pour sensibiliser le public au projet de frayères artificielles et de radeaux végétalisés mis en place sur les lacs de l'Eau d'Heure.

Le contexte
Le complexe des lacs de l'Eau d'Heure constitue une réserve d'eau destinée au soutien d'éage de la Sambre. La gestion hydraulique des lacs de l'Eau d'Heure entraîne des variations quotidiennes et saisonnières du niveau d'eau. Ces variations entraînent le développement de la végétation aquatique rivulaire limitant les habitats et les possibilités de reproduction pour les poissons tels que le brochet et la tanche qui ont besoin de cette végétation pour déposer leurs œufs. En outre, lorsque des pontes surviennent, leur qualité est compromise voire la totalité des œufs est perdue lors de la hausse du niveau d'eau.

Les espèces ciblées
De nombreuses espèces de poissons sont susceptibles d'utiliser les frayères artificielles flottantes ou les radeaux végétalisés pour leur reproduction. Les espèces ciblées sont principalement les poissons phytophiles (qui posent leurs œufs sur des plantes) tels que le brochet, la labène, le rotengle, le gardon et la tanche. Néanmoins, il est rapidement apparu que d'autres espèces qui ne sont pas strictement phytophiles ne négligent pas les substrats de pontes supplémentaires mis à leur disposition. La mise en œuvre des frayères artificielles flottantes et des radeaux végétalisés dans les lacs de l'Eau d'Heure est rendue possible grâce au soutien de la Direction des Cours d'eau non navigables et de la collaboration du Département de la Nature et des Forêts, des gestionnaires des lacs et de la société de pêche des lacs (ADPPLEH).

Adresses et informations utiles
Maison wallonne de la pêche asbl
Rue Lucien Nanteche, 10
B-5000 Niameur
Tél. +32 (0)81 411 570
Fax +32 (0)81 411 590
info@maisondelapeche.be
http://www.maisondelapeche.be

Les Lacs de l'Eau d'Heure asbl
Centre d'accueil de la Plate Taille
Route de la Plate Taille, 99
6540 Bouasse-sur-Walcourt
Tél. +32 (0)71 / 50 92 92
http://www.lacsdeleauheure.be

Association de Défense et de Promotion de la Pêche dans les Lacs de l'Eau d'Heure (ADPPLEH)
Tél. +32 (0)71 / 58 91 73 (secrétariat)

SPW - D'GARNE
Direction des Cours d'eau non navigables
Avenue Prince de Liège, 15 B-5100 Jambes
Tél. +32 (0)81 / 33 63 64
http://environnement.wallonie.be

Département de la Nature et des Forêts
Direction de la Chasse et de la Pêche
Avenue Prince de Liège, 15 B-5100 Jambes
Tél. +32 (0)81 33 58 50

Service de la pêche
Tél. +32 (0)81 33 59 00

S.O.S. Environnement - Nature
Tél. +32 (0)70 23 30 01 (intervention contre le brocarnage)

Téléphone vert
Numéro gratuit : 0800 1101

© Maison wallonne de la pêche - 2012
Imprimé sur papier recyclé

Des frayères et des radeaux végétalisés sur les lacs de l'Eau d'Heure
La Maison wallonne de la pêche regroupe toutes les associations de pêche de Wallonie. Elle a pour but d'assurer le professionnalisme de la pêche et la protection des milieux aquatiques en Wallonie.

Les frayères artificielles flottantes
Une solution au marnage
Les frayères artificielles sont mises en place pour favoriser la reproduction des poissons. Elles consistent à recréer au maximum de substrat naturel de pontes pour les espèces phytophiles. Elles évitent ainsi la mise à sec des œufs pondus dans la végétation en bordure des lacs lors de la hausse du niveau d'eau. Les frayères sont composées de cadres métalliques sur lesquels sont fixées des brosses de fibres synthétiques. L'équipement suit le niveau de l'eau grâce aux bouées qui maintiennent les frayères à une profondeur constante.

Plus de 80 m² de frayères artificielles flottantes sont placées régulièrement dans les lacs de l'Eau d'Heure et de la Plate Taille depuis 2007 pour offrir un substrat de ponte alternatif aux poissons qui ont besoin de végétaux pour déposer leurs œufs.

De nombreuses pontes et des millions d'alevins
Depuis 2007, les frayères ont accueilli des œufs de gardon, des pontes de brochets, de perches et de sandres. Afin de vérifier la bonne qualité de ces reproductions, des échantillons d'œufs ont été placés en aquarium afin de mesurer le taux d'éclosion. La proportion d'œufs éclos très élevée témoigne de l'excellente qualité des reproductions.

Les radeaux végétalisés
La création de milieux de vie
Les radeaux sont constitués de structures modulaires en polyéthylène haute densité recyclé et recyclable. Les modules solitaires des modules assurent la flottaison. L'ensemble est ancré au fond par l'intermédiaire de liens en béton. Des filets et des grilles protègent les plantes de charcadis lors de leur implantation.

Des plantes adaptées aux conditions
Les végétaux palustres et héliophytes, possédant leurs racines uniquement dans l'eau, sont implantés sur le radeau. Les carex, iris, salicaïres, glycyrrhes et menthes aquatiques en sont quelques exemples. Les racines se développent sous le radeau et constituent un milieu de développement et une protection idéale pour les larves et alevins.

Plus de 80 m² de radeaux végétalisés ont été installés sur le lac de la Plate Taille et 40 m² ont été implantés sur le lac de l'Eau d'Heure.

Des œufs, des larves, des alevins...
Le développement racinaire des diverses espèces végétales implantées forme un enchevêtrement de racines sous les radeaux où les géniteurs peuvent pondre leurs œufs. Au niveau de l'habitat, les radeaux offrent des abris à ces larves qui donneront de multiples alevins et poissons adultes au grand bénéfice de l'écosystème des lacs et des pêcheurs.

Les placettes de végétalisation
Une absence remarquée
Les lacs de la Plate Taille et de l'Eau d'Heure présentent une certaine généralisation de la végétation rivulaire héliophile. Cette végétation des zones humides constitue généralement la zone de fraie privilégiée pour de nombreuses espèces de poissons phytophiles. Sur les lacs, les végétaux sont confrontés à deux contraintes, les fluctuations de niveau des eaux et l'absence de transition entre le milieu forestier et les plans d'eau provoquant un ombrage peu propice au développement des héliophytes.

Un coup de pouce à la nature
Plusieurs placettes pilotes ont été plantées de roseaux communs (*Phragmites australis*) afin de favoriser le développement de roseoliers en bordure du lac. Malgré les conditions difficiles, un niveau d'eau fort bas et des conditions assez sèches, la végétation a bien repris et offre désormais des habitats supplémentaires pour les poissons sur les lacs.

Figure 144 : Brochure de sensibilisation éditée dans le cadre du projet.

Les frayères artificielles flottantes



Les lacs de barrage

La gestion hydraulique des lacs de l'Eau d'Heure entraîne des variations quotidiennes et saisonnières du niveau de l'eau. Ces variations entravent le développement de la végétation aquatique limitant les habitats et les possibilités de reproduction pour les poissons phytophiles qui ont besoin de cette végétation pour déposer leurs œufs.



Une solution au marnage

Les frayères artificielles flottantes sont mises en place pour favoriser la reproduction des poissons. Elles contribuent à remédier au manque de substrat naturel de pontes pour les espèces phytophiles (poissons qui déposent leurs œufs sur les plantes). Elles évitent aussi la mise à sec des œufs pondus dans la végétation de bordure des lacs lors des baisses quotidiennes de niveau d'eau.



Plus de 80 m² de frayères artificielles flottantes sont placées dans les lacs de l'Eau d'Heure et de la Plate Taille pour offrir un substrat de ponte alternatif aux poissons.



Les frayères sont composées de cadres métalliques sur lesquels sont fixés des brosses de fibres synthétiques. L'équipement flotte au niveau de l'eau.

De nombreuses pontes et des millions d'alevins

Depuis 2007, les frayères ont accueilli des millions d'œufs de gardons, des pontes de brochets, de perches et de sandres. La proportion d'œufs éclos très élevée témoigne de l'excellente qualité des reproductions.



Les Radeaux végétalisés

La création de milieux de vie

Les radeaux sont constitués de structures modulaires en polyéthylène basse densité recyclé et recyclable. Les mousses attachés aux modules assurent la flottaison. L'ensemble est ancré au fond par l'intermédiaire de lests en béton. Des filets protègent les plantules.



Des plantes adaptées aux conditions

Des plantes palustres et héliophytes, puisant leurs nutriments dans l'eau, sont implantés sur le radeau tels que les carex, iris, salicaires, glycéries et menthes aquatiques. Les racines se développent sous le radeau et constituent un milieu de développement et de protection idéale pour les larves et alevins. Près de 80 m² de radeaux végétalisés sont installés sur le lac de la Plate Taille et 40 m² sont implantés sur le lac de l'Eau d'Heure.



De œufs, des larves, des alevins...

Le développement racinaire des diverses espèces végétales implantées forme un enchevêtrement de racines sous le radeau où les géniteurs peuvent pondre leurs œufs. Au niveau de l'habitat, les radeaux offrent des abris à ces larves qui donneront des alevins et des poissons adultes au grand bénéfice de l'écosystème des lacs et des pêcheurs.



Figure 145 : Roll up réalisés dans le cadre du projet.

12. BIBLIOGRAPHIE

- ARRIGNON J. (1998). Aménagement piscicole des eaux douces, 5e édition, Lavoisier TEC & DOC, 589 pp.
- BAIN M. & MILLS K. (2004). Modeling Hydroecological Relations for Assessing Impacts of Water Regulation Plans on Lake Ontario. Environmental Technical Working Group, International Joint Commission's Lake Ontario, St-Lawrence River Study Board.
- BARROIN G. In: GROSCLAUDE G. (1999). L'eau: usage et polluants, INRA Editions, tome II, 210 pp.
- BILLARD R. (2005). Introduction à l'aquaculture. Editions Tec & Doc, 234 pp.
- BROCK T.C.M., ARTS G.H.P, GOOSSEN I.L.M. & RUTENFRANS A.H.M. (1983). Structure and annual biomass production of *Nymphoides peltata* (Gmal.) O. Kuntze (Menyanthaceae). *Aquat. Bot.* **17**: 167-188.
- BROWN L.R. (2000). Fish communities and their associations with environmental variables, lower San Joaquin River drainage, California., *Environ. Biol. Fish.*, **57** : 251- 269.
- BRUSLE J. & QUIGNARD J-P. (2001). Biologie des poissons d'eau douce européens. Collection aquaculture-pisciculture. Lavoisier TEC & DOC, 625 pp.
- BRY C. (1996). Role of vegetation in the life cycle of pike. In Craig J. (ed) Pike: Biology and Exploitation. London: Chapman & Hall, p 45-67.
- BRYAN S.D., HILL T.D., LYNOTT S.T. & DUFFY W.G. (1995). The influence of changing water levels and temperatures on the food-habits of walleye in lake Oahe, South-Dakota. *J. FreshWater Eco.* **10** (1): 1-10.
- CARPENTER S. R. & LODGE D.M. (1986). Effects of submersed macrophytes on ecosystem processes. *Aquat. Bot.* **26**: 341-370.
- CARPENTER S.R. & GREENLEE J.K. (1981). Lake deoxygenation after herbicide use: a simulation model analysis. *Aquat. Bot.* **11**: 173-186.
- CAZIN B. (1994). Expérimentation de frayères artificielles à base de fibres synthétiques et de frayères artificielles à base de branches d'épicéa. Fédération Départementale de Pêche et de Protection des Milieux aquatiques de la Loire, France, 11 pp.
- CHANCEREL F. (2000). Comment restaurer des frayères à brochets. *Eaux libres* **27**, 28-31.
- CHANCEREL F. (2003). Le brochet biologie et gestion. Collection Mise au Point. Conseil Supérieur de la Pêche, 199 pp.
- CHAPMAN C. & MACKAY W. (1984a). Direct observation of habitat utilization by northern pike. *Copeia* **1984(1)**: 255-258.

CHAPMAN C. & MACKAY W. (1984b). Versatility in habitat use by a top aquatic predator, *Esox lucius*. *Journal of Fish Biology* **25**: 109-115.

CIHAR J. (1976). Les poissons d'eau douce. Ed. Marabout service. 187 pp.

DAWSON F.H. (1978). The seasonal effects of aquatic plant growth on the flow of water in a stream. EWRS 5th Symp. on Aquatic Weeds, 71-78.

DE NIE H.W. (1987). The decrease in aquatic vegetation in Europe and its consequences for fish populations. EIFAC/CECPI Occasional paper No.19, 52 pp.

DESCY J.-P., EVERBECQ E., GOSSELAIN V., VIROUX L. et SMITZ J. S. (2003). Modelling the impact of benthic filter-feeders on the composition and biomass of river plankton., *Freshwater Biology*, **48** : 404-417.

DETHIOUX M. (1989) Aménagement écologique des cours d'eau – Espèces aquatiques des eaux courantes – Ministère de la Région Wallonne, Service Promotion et Communication, 71 pp.

DIAMOND D. (1985). Some observations of spawning by roach *Rutilus rutilus* and bream *Abramis brama* and their implications for management. *Aquaculture and fisheries management* **16**: 359-367.

DIANA J., MACKAY W. & EHRMAN M. (1977). Movements and habitat preference of northern pike (*Esox lucius*) in Lac Ste. Anne, Alberta. *Transactions of the American Fisheries Society* **106**: 560-565.

DZIEKONSKA J. (1956). Studies on embryonic development of fish. Observations on the spawning and the embryonic development of bream in the Vistula Lagoon. *Polskie Archiwum Hydrobiologii* **3**: 291-305.

EVERARD M. (2006). The Complete Book of the Roach. Shropshire, England : The Medlar Press, 436 pp.

FILLEUL A. (2003). Poissons d'eau douce : Guide scientifique à l'usage des pêcheurs de France et d'ailleurs. Ed. Larivière. 221 pp.

FRAISSE T. (1999). Protection et végétalisation des zones de marnage des plans d'eau, guide méthodologique. *Les études des agences de l'Eau* **66**, 96pp.

FUREY P.C., NORDIN R. N. & MAZUMDER A. (2006). Littoral benthic macroinvertebrates under contrasting drawdown in a reservoir and a natural lake. *J. N. Am. Benthol. Soc.* **25(1)**: 19-31.

GABOURY M.N. & PATALAS W. (1984). Influence of water drawdown on the fish populations of cross Lake, Manitoba. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **41**: 118-125.

GAUDET J.J. (1974). The normal role of vegetation in water. In: Aquatic vegetation and its use and control. (ED. D.S. Mitchell). Unesco, Paris, 24-31.

GILLET C. & QUETIN P. (2006). Effect of temperature changes on the reproductive cycle of roach in Lake Geneva from 1983 to 2001. *Journal of Fish Biology* **69**: 518-534.



- GILLET C. & DUBOIS J.P. (1995). A survey of the spawning of perch (*Perca fluviatilis*), pike (*Esox lucius*) and roach (*Rutilus rutilus*), using artificial spawning substrates in lakes. *Hydrobiologica* **300/301**: 409-15.
- GILLET C. (1989). Réalisation de frayères artificielles flottantes pour les poissons lacustres (brochet, perche, cyprinidés). *Hydroecol. Appl.* **1**: 145–193.
- GÖGGLE W. (2006). EAWAG; système modulaire gradué; Méthodes pour l'appréciation des cours d'eau en Suisse. <http://www.modul-stufen-konzept.ch/seiten-f/mzb-f.htm>
- GRAVEL Y. & DUBE J. (1980). Les conditions hydriques et le rôle de la végétation dans une frayère à grands brochets, *Esox lucius* Linné. *Que d'Eau* **13**: 229-230.
- GREENHALGH M., OVENDEN D. (2009). Guide de la vie des eaux douces. Delachaux et Niestlé, Paris, 256 pp.
- GRIMM M. & BACKX J. (1990). The restoration of shallow eutrophic lakes, and the role of northern pike, aquatic vegetation and nutrient concentration. *Hydrobiologia* **200/201**: 557- 566.
- GRIMM M. & KLINGE M. (1996). Pike and some aspects of its dependence on vegetation. In Craig J. (ed) Pike: Biology and Exploitation. London: Chapman & Hall: 125-156.
- GRIMM, M.P. (1981). The composition of northern pike (*Esox lucius* L.) populations in four shallow waters in the Netherlands with special reference to factors influencing 0+ pike biomass. *Fish. Mgmt.* **12**: 61-77.
- GROSCH U.A. (1980). The significance of waterside vegetation for fish and fisheries. *Garten und Landschaft* **1**: 6-9.
- HAKENKAMP C. C., RIBBLETT S. G., PALMER M. A., SWAN C. M., REID J. W., GOODISON M. R. (2001). The impact of an introduced bivalve (*Corbicula fluminea*) on the benthos of a sandy Stream. *Freshwater Biology.*, **46** : 491-501.
- HAWES I. (2003). Water level fluctuations in Lake Rotoiti and their ecological implications. Report made by NIWA, 7pp.
- HERMAN D. (1993). Suivi du fonctionnement des frayères artificielles des lacs de Robertville et de Warfaaz. Rapport à la Commission Provinciale Piscicole de Liège : 6-40.
- HLADIK M. & KUBECKA J. (2004). The effect of water level fluctuation on tributary spawning migration of reservoir fish. *Ecohydrology & Hydrobiology* **4**: 449-457.
- HONDZON M., STEFAN G. (1996). Long-term lake water quality predictors. *J. Water Resour. Plann. Manage.*, **30** : 2835-2852.
- HOSN W.A. & DOWNING J.A. (1994). Influence of cover on the spatial distribution of littoral-zone fishes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **51**: 1832–8.

- HOWARD-WILLIAMS C. (1981). Studies on the availability of a *Potamogeton pectinatus* community to remove dissolved nitrogen and phosphorus compounds from lake water. *J. Appl. Ecol.* **18**: 619-637.
- HUDON C. (1997). Impact of water level fluctuations on St-Lawrence River aquatic vegetation. St. Lawrence Center, Environment Canada, 105 McGillST, 7th floor, Montréal, Qc H2Y 2E7, Canada.
- HUDON C., GAGNON P., AMYOT J., LETOURNEAU G., JEAN M., PLANTE C., RIOUX D. & DESCHENES M. (2005). Historical changes in herbaceous wetland distribution induced by hydrological conditions in Lake Saint-Pierre (St. Lawrence River, Quebec, Canada). *Hydrobiologia* **539**: 205–224.
- HUET M. (1983). Traité de pisciculture, 3e édition. Mundi-Prensa, 749p.
- IGRETEC (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, 262 p.
- JACK J. D., THORP J. H. (2000). Effects of the benthic suspension feeder *Dreissena polymorpha* on zooplankton in a large river., *Freshwater Biology.*, **44** :569-579
- JEPPESEN E., SØNDERGAARD M., SØNDERGAARD M. & CHRISTOFFERSEN K. (1998). The Structuring Role of Submerged Macrophytes in Lakes. Springer Verlag, New York., 423 pp.
- JEPPESEN, E., PEDER JENSEN, J., SØNDERGAARD, M., LAURIDSEN, T. and LANDKILDEHUS, F. (2000), Trophic structure, species richness and biodiversity in Danish lakes: changes along a phosphorus gradient. *Freshwater Biology*, **45**: 201–218.
- KAFEMANN R., THIEL R., FINN J.E. & NEUKAMM R. (1998). The role of freshwater habitats for the reproduction of common bream *Abramis brama* (L.) in a brackish water system. *Polskie Archiwum Hydrobiologii* **45**: 225-244.
- KEITH P., ALLARDI J. (2001). Atlas des poissons d'eau douce de France. Muséum d'histoire naturelle. 387 pp.
- KELSO, J.R.M. & MINNS C.K. (1996). Is fish species richness in the Canadian Great Lakes sites the result of local or regional factors? *Can. J. Fish. Aquat. Sci. Suppl.* **53**: 175-193.
- KITCHELL J.F. & KOSHINSKY, G.D. (1996). Review of Proposed Changes in Water Level Regulation for Rainy and Namakan Lakes: Their Consequent Ecological Effects on Fisheries and Related Aquatic Ressources. Independent assessments for the International Steering Committee.
- KOTELLAT M., FREYHOF M. and J. (2007). Handbook of European freshwater fishes, Kotellat, Cornal, Switzerland and Freyhaf, Berlin, German, 646 pp.
- KOZLOVSKIJ S.V. (1991). Observations of roach and bream spawning behaviour in the Saratov Reservoir. *Journal Ichthyol.* **31**: 876-878.

- LAMBINON J., DELVOSALLE L., DUVIGNEAUD J. (2004). Nouvelle flore de la Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du Nord de la France et des régions voisines – Cinquième édition – Editions du Patrimoine du Jardin botanique national de Belgique, 1167 pp.
- LOUISY P., MAITRE-ALLAIN T., MAGNAN D. (2001). Les poissons d'Europe. Ed. Artémis. 380 pp.
- MAJOR L., PETTIGREW P. & COLLIN P-Y. (2001). Caractérisation ichtyologique du lac Saint-François et état de la population de dorés jaunes (*Stizostedion vitreum*), 1998-2000. Société de la faune et des parcs du Québec ; Direction de l'aménagement de la faune de la Chaudière-Appalaches. 28pp.
- MET (1997). Quand les barrages prennent... l'Eau d'Heure. *Les cahiers du MET* 7, 68pp.
- MET (2007). La centrale hydroélectrique de la Plate Taille. *Les cahiers du MET* 25, 60pp.
- MINNS C.K., RANDALL R.G., MOORE J.E., & CAIRNS V.W. (1996). A model simulating the impact of habitat supply limits on northern pike, *Esox lucius*, in Hamilton Harbour, Lake Ontario. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **53 (Suppl 1)**: 20-34.
- MOSS B., MADGWICK J. & PHILLIPS G. (1997). A Guide to the Restoration of Nutrient-enriched shallow Lakes. Wetlands International Publications, Norfolk.
- MOSS B. (1979). Problems of the Norfolk Broads and their impact on freshwater fisheries. *Proc. 1st Brit. Freshw. Fish. Conf.*: 67-85.
- MUUS B.J. & DALHSTRØM P. (2003). Guide des poissons d'eau douce et de pêche. Delachaux et Niestlé, 224 pp.
- NASH K.T., Hendry K. & Cragg-Hine D. (1999). The use of brushwood bundles as fish spawning media. *Fisheries Management and Ecology* **6**: 349-355.
- NEMRY A., BES M. & ROLLIN X. (2007). Projet d'implantation de frayères artificielles flottantes dans les lacs de l'Eau d'Heure et de la Plate Taille pour favoriser la reproduction des poissons phytophiles – Rapport final. Maison wallonne de la pêche, 130 pp.
- OLDEN J. D. & JACKSON D. A. (2001). Fish-Habitat Relationships in Lakes : Gaining Predictive and Explanatory Insight by Using Artificial Neural Networks. *Am. Fisheri. Soc.* **130**: 878-897.
- OUELLET (1998). Caractérisation des effluents de stations piscicoles québécoises. MAPAQ, Innovation et technologies, Doc. Rech. 98/06.
- PECKAN-HEKIM Z. (2007). Effects of turbidity on feeding and distribution of fish. Thèse de doctorat - Department of Biological and Environmental Sciences University of Helsinki. Finland
- PINDER, A. C. (2001). Keys to larval and juvenile stages of coarse fishes from fresh waters in the british isles. Freshwater biological association scientific publication, 136 pp.

- PLÖN J. (2012). Protection des populations piscicoles par l'installation de radeaux végétalisés dans certaines noues et darses de la Meuse. Projet FEP – RAVMeuse – Rapport intermédiaire – Maison wallonne de la pêche. 48 pp.
- POKORNY J., REJMANKOVA E. (1983). Oxygen regime in a fish pond with duckweeds (lemnaceae) and ceratophyllum. *Aquatic Botany* **17**: 125-137.
- PONCIN P., PHILIPPART J. C. & RUWET J. C. (1996). Territorial and non-territorial spawning behaviour in the bream. *Journal of Fish Biology* **49**: 622-626.
- POULET N. (2004). Le sandre, biologie, comportement et dynamique des populations en Camargue. Cemagref, Thèse de l'Université de Toulouse. pp 285.
- PREJS A. (1984). Herbivory by temperate freshwater fishes and its consequences. *Environ. Biol. Fish. Soc.* **114**: 97-106.
- PRONIER O. (2000). Analyse des peuplements ichtyologiques des plans d'eau français et perspectives de gestion piscicole. Institut National Polytechnique (Science Agronomique), Toulouse. pp. 179.
- ROSAS L. & ODUM W. (1988). Occupation of submerged aquatic vegetation by fishes: testing the roles of food and refuge. *Oecologia* **77**: 101-106.
- SCHLUMBERGER O. & GOUY S. (1998). Valorisation des étangs de Dordogne. Rapport CEMAGREF, 27 pp.
- SCHLUMBERGER O., CADIC N., ARGILLIER C., PROTEAU J.-P. (2001). Les peuplements piscicoles en lacs : assemblage types et niveaux d'eutrophisation. *Ingénieries*, **28** : 23-35.
- SCHLUMBERGER O. (2005). L'état piscicole des lacs naturels de basse altitude – Espèces caractéristiques et critères d'évaluation du peuplement. *Ingénieries*, **42** : 3-13.
- SIEFERT R.E., SPOOR W.A. & SYRETT R.F. (1973). Effects of reduced oxygen concentrations on northern pike (*Esox lucius*) embryos and larvae. *J. Fish. Res. Board Can.* **30** : 849-852.
- SMART R.M. & DICK G.O. (1999). Propagation and establishment of aquatic plants: A handbook for ecosystem restoration projects. APCRP Technical Notes Collection (Tec. Report A-99-4). US. Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station. Vicksburg, MS. 26 pp.
- STRAYER D. L. (2010). Alien species in fresh waters : ecological effects, interactions with other stressors, and prospects for the future., *Freshwater Biology.*, **55** (Suppl.1) : 152-174.
- SYMOENS J. J., BURGIS M. & GAUDET J. J. (1982). Ecologie et utilisation des eaux continentales africaines. *Ser. tech. PNUE* (**1**), 212 pp.
- TITUS J. E. & ADAMS M.S. (1979). Comparative carbohydrate storage and utilization patterns in the submersed macrophytes, *Myriophyllum spicatum* and *Vallisneria americana*. *Amer. Midl. Nat.* **102**: 263-272.

TOMSON T., CALONNIER E., DUMONCEAU F. (2009). Projet d'optimisation de l'efficience des frayères artificielles flottantes et mise en place d'actions complémentaires visant à assurer le recrutement des poissons phytophiles dans les lacs de l'Eau d'Heure. Rapport final – Maison wallonne de la pêche. 157 pp.

VAN DONK E. (1998). Switches between clear and turbid water states in a biomanipulated lake (1986-1996): the role of herbivory on macrophytes. Pp. 290-297, *in* : JEPPESEN E., SØNDERGAARD M., SØNDERGAARD M. & CHRISTOFFERSEN K. (Eds). The Structuring Role of Submerged Macrophytes in Lakes. Springer Verlag, New York.

VOSTRADOVSKY (1973). Poissons d'eau douce. 256 pp.

WETZEL R.G. & HOUGH R.A. (1973). Productivity and role of aquatic macrophytes in lakes; An assesement. *Polskie Archiv. Hydrobiolo.* **20**: 9-19.


WILLEMSSEN J. (1980). Fishery aspects of eutrophication. *Hydrobiological Bulletin* **14**: 12-21.




13.ANNEXES

Annexe A : Monographie des différentes espèces d'hydrophytes


- Potamogeton lucens

	Famille : Potamogetonacées
	Nom scientifique : Potamogeton lucens
	Nom vernaculaire : Potamot luisant
BIOLOGIE	ÉCOLOGIE
Hydrophyte vivace et rhizomateuse pouvant atteindre 3 mètres de long – nombreuses feuilles submergées, subsessiles : le pétiole mesure 1 cm maximum – limbes oblongs à lancéolé de 7 à 20 cm muni au sommet d'une pointe rigide, à la base cunéiforme, avec 5-9 nervures, aux stipules convolutés – fleurs avec 4 carpèles groupées en épis axillaires cylindriques.	Répandu dans les eaux lentes à fonds vaseux. Présence dans les lacs, les mares et les canaux surtout en terrain calcaire.


- Potamogeton pectinatus

	Famille : Potamogetonacées
	Nom scientifique : Potamogeton pectinatus
	Nom vernaculaire : Potamot pectiné
BIOLOGIE	ÉCOLOGIE
Tige très ramifiée – feuilles alternes presque filiformes de 0.5 à 1 mm de large généralement pointue – ligule membraneuse formant un tube autour de la tige – 3 à 4 verticilles de fleurs	Très répandu également dans les eaux lentes sans exigences particulières

- Myriophyllum spicatum


	Famille : Haloragacées
	Nom scientifique : Myriophyllum spicatum
	Nom vernaculaire : Myriophille en épi
BIOLOGIE	ÉCOLOGIE
Plante submergée glabre aux tiges rameuse, radicante à la base garnie de 4 feuilles pennées (13-15 segments) et pectinée – épi floral allongé sortant de l'eau, multiflore, toujours droit, terminé par des fleurs – fleurs rosées peu visible toutes verticillées, placées à l'aisselle de bractées non divisées.	Plante vivace qui se développe dans les herbiers aquatiques. Peu devenir localement envahissante, il peut être difficile de contrôler sa prolifération notamment dans les lacs.

- Callitriche sp.


	Famille : Callitrichacées
	Nom scientifique : <i>Callitriche sp.</i>
	Nom vernaculaire : Callitriche
BIOLOGIE	ÉCOLOGIE
Plante herbacée de 0,5 à 1 m, annuelle ou vivace – tige grêle, généralement très ramifiée – racines adventives, blanches, filiformes – feuilles simples, opposées – les rameaux submergés sont souvent terminés par une rosette de feuilles rapprochées flottant à la surface de l'eau – fleurs solitaires ou peu nombreuses à l'aisselle des feuilles, généralement pourvues de 2 bractéoles caduques, réduites, nues, unisexuées,	Plante aquatique ou semi-terrestre : mares, fossés, étangs, cours d'eau, chemins inondés – floraison entre avril et octobre – la Callitriche à fruits plats est une espèce des plans d'eau peu profonds à forte fluctuation des niveaux d'eau, pouvant même résister à d'assez longues périodes d'assèchement, à condition que le sol, mésotrophe à eutrophe, reste mouillé (sol bourbeux).

dépourvues d'enveloppe florale — fruit peu visible le plus souvent comprimé latéralement, présentant en largeur deux faces opposées parallèles et montrant sur le côté les marges des loges, ailées ou non, se fragmentant en 4 akènes.

- Elodea nuttallii

	Famille : Hydrocharitacées
	Nom scientifique : <i>Elodea nuttallii</i>
	Nom vernaculaire : Elodée de Nutall
BIOLOGIE	ÉCOLOGIE
Plante vivace immergée garnie de petites feuilles coniques à pointe plus aiguë et parfois recourbées – feuilles sessiles, minces (2 à 3 mm de large), de couleur vert foncé, plus pâles à leur face inférieure – tige coriace, grêle et ramifiée pouvant faire plusieurs mètres garnies de verticilles de feuilles groupées par 3 - fleurs discrètes blanches composées de trois pétales et trois sépales.	Espèce originaire d'Amérique du Nord, envahissante hors de son aire d'origine en l'absence des prédateurs naturels qui en contrôlent la population. Elle supporte de courtes exondations, surtout si le temps est humide.

Annexe B

	<p>Famille : Corbiculidées</p>
	<p>Nom scientifique :</p> <p style="text-align: center;"><i>Corbicula fulminea</i></p>
	<p>Nom vernaculaire :</p> <p style="text-align: center;">Corbicule des fleuves</p>
BIOLOGIE	ÉCOLOGIE
<p>Mollusque bivalve hermaphrodite simultané – en général 3 cm de longueur maximum (dans certains cas, des individus atteignent voire dépassent les 5 cm) – coquille épaisse, triangulaire à bord ventral arrondi – coloration brune – stries de croissance fortement marquées, concentriques et régulièrement espacées – périostracum très brillant – larves incubées au niveau des hémibranchies des adultes jusqu'à une taille d'environ 250 µm.</p>	<p>Se nourrit d'algues planctoniques, de bactéries et de matières en suspension – adapté à la pauvreté du milieu écologique de la plupart des canaux – les substrats meubles lui permettent de s'enterrer mais on le retrouve également sur les plages de graviers et les substrats rocheux – préférence pour les granulométries fines – peut être limité par certains paramètres physicochimiques : température, faible ou très forte teneur en calcium, présence d'ammoniaque, etc.</p>
	<p>Famille : Dreissénidés</p>
	<p>Nom scientifique :</p> <p style="text-align: center;"><i>Dreissena polymorpha</i></p>
	<p>Nom vernaculaire :</p> <p style="text-align: center;">Moule zébrée</p>
BIOLOGIE	ÉCOLOGIE
<p>Mollusque bivalve – coquille couverte de zébrures d'où son nom vernaculaire – couleur vert jaunâtre avec des lignes brunes en zigzag – peut être seulement rayée de blanc ou de beige (cette ornementation est parfois discrète ou même absente) – longueur de 30 à 40 mm – deux siphons – une glande (le byssus) sécrète des filaments qui se solidifient dans l'eau et lui permettent de se fixer sur un substrat dur – peut vivre jusqu'à 5 ans en Europe.</p>	<p>Originaire de la mer Noire et de la mer Caspienne – trouvée dans l'eau douce stagnante (lacs et étangs) mais aussi présente dans les fleuves et rivières – en grappes d'individus serrés sur les pierres ou tout objet dur immergé, sur d'autres moules – présente jusqu'à 50 mètres de profondeur - indispensable dans le cycle de <i>Bucephalus polymorphus</i> (ver parasite du sandre notamment) – problème d'appauvrissement de l'eau en nutriments dû à la filtration.</p>

	<p>Famille : Cambaridés</p>
	<p>Nom scientifique :</p> <p style="text-align: center;"><i>Orconectes limosus</i></p>
	<p>Nom vernaculaire :</p> <p style="text-align: center;">Ecrevisse américaine</p>
BIOLOGIE	ECOLOGIE
<p>Longueur maximale de 12 cm – couleur brune avec des lignes rouges-brunes sur la queue, bout des pinces orange et bleu – corps segmenté, une paire d’appendices par segment – tête et thorax soudés constituant le céphalothorax – il présente une épine sur la seconde crête postorbitale, puis une série d’épines ; il se prolonge vers l’avant par un rostre à bords presque parallèles, à section en forme de gouttière, se terminant par un triangle net– la tête porte sur les 3 premiers des 6 segments une paire d’yeux pédonculés, une paire d’antennules et une paire d’antennes, les 3 autres portant respectivement mandibules, maxillules et maxilles – le thorax est composé de 8 segments et porte 3 paires de « pattes mâchoires » et 5 paires de « pattes marcheuses » – les 3 premières paires de « pattes marcheuses » sont terminées chacune par des pinces possédant un ergot acéré typique – l’abdomen comporte 6 segments mobiles, présente des taches marron rouge sur sa face dorsale et porte des appendices biramés.</p>	<p>Espèce nuisible originaire du Nord-est des Etats Unis et du Sud du Canada – eaux douces (cours d’eau et plans d’eau) – température de l’eau entre 1 et 30°C, optimum vers 20°C – supporte les pollutions organiques – omnivore, agressive envers les petits poissons – compétition avec les espèces locales – vecteur principal de l'<i>Aphanomyces astaci</i> (peste de l’écrevisse) et de la maladie de la porcelaine qui déciment les populations autochtones.</p>