



Lac de la Gruyère

Suivi de l'efficienne des frayères artificielles Investigations 2015



Rapport intermédiaire

Table des matières

1	Introduction	3
2	Périmètre et site d'étude	4
3	Généralités	5
3.1	Les espèces piscicoles du Lac de la Gruyère	5
3.2	Type de frayères	6
4	Méthodologie	9
4.1	Période du suivi des frayères et emplacement	9
4.2	Observation des pontes	9
4.3	Comptage des pontes	10
4.4	Prélèvements d'œufs	10
4.5	Détermination des œufs	10
4.6	Observation des poissons (alevins et adultes).....	10
4.7	Autres investigations	10
5	Résultats	12
5.1	Campagne du 22 avril 2015	12
5.2	Campagne du 30 avril 2015	15
5.3	Campagne du 12 mai 2015.....	20
5.4	Campagne du 2 juin 2015	24
5.5	Campagne du 16 juin 2015	28
5.6	Synthèse des observations	30
6	Proposition d'améliorations	32
6.1	Période de pose	32
6.2	Immersion des frayères.....	33
6.3	Optimisation de la frayère flottante.....	33
6.4	Mise en place d'autres types de frayère - îles flottantes	34
7	Conclusions et perspectives	35
7.1	Monitoring 2016.....	36
8	Bibliographie	38
9	Annexes	39

Annexes :

- Annexe A : Synthèse des mesures in situ
Annexe B : Echelle de colmatage
Annexe C : Résultats des analyses du laboratoire ECOGENICS

Abréviations

- ADN Acide désoxyribonucléique
FFSP Fédération fribourgeoise des sociétés de pêche
SFF Service des forêts et de la faune du canton de Fribourg
SOVB Société Ouest Vendée Balais (nom du fabricant des frayères flottantes)

Groupe de travail

Lauper Sébastien (SFF – direction du projet), Andreas Zurwerra (PRONAT), Pascal Mulattieri (PRONAT), Pierre Jordan (SFF), François Tiefnig (FFSP), Michael Josef (FFSP), Pierre-André Bapst (Sté de pêche « Basse-Gruyère »).

Remerciements

Nous tenons à remercier vivement la Fédération fribourgeoise des sociétés de pêche pour la mise en place des frayères artificielles indispensables à la réalisation de cette étude et pour leur très bonne organisation de la journée du 28 mars 2015.

Un grand merci aussi au collaborateurs du Service des forêts et de la faune présents sur le terrain à chaque sortie, Pierre Jordan & Sébastien Lauper, pour leur patience afin d'effectuer les observations subaquatiques et les prélèvements dans des conditions optimales en toute sécurité ainsi que pour la mise à disposition du bateau.

Schmitten, le 21 décembre 2015

Collaborateurs	Coordination & suivi du projet
Dr. Zurwerra Andreas (PRONAT) Mulattieri Pascal (PRONAT)	Dr. Zurwerra Andreas (PRONAT) 

Proposition de référence bibliographique :

SFF (2015). Etude PRONAT : Lac de la Gruyère – Suivi de l'efficiencia des frayères artificielles. Investigations 2015. Rapport intermédiaire, 39 pp.

1 Introduction

Contexte

Le Lac de la Gruyère comporte de nombreuses espèces de poissons (env. 17 espèces) dont certaines possèdent une abondance satisfaisante, telles que le brochet, la perche et le sandre. Bien que le Lac de la Gruyère soit une retenue artificielle, la reproduction des différentes espèces est naturelle. Plusieurs espèces (poissons phytophiles) ont cependant besoin de supports végétaux (macrophytes, bois mort, etc.) et d'eau peu profonde pour déposer leurs œufs. Ces habitats nécessaires au frai, généralement rivulaires et donc particulièrement sensibles aux variations du niveau des eaux, sont peu nombreux dans le Lac de la Gruyère en raison notamment de l'exploitation hydroélectrique entraînant un marnage important. En effet, les pontes qui sont déposées sur les rares plantes immergées en bordure du lac sont exondées partiellement ou totalement en fonction des fluctuations de niveaux. Cette limitation des sites de reproduction naturelle induit par conséquent un déséquilibre des classes d'âge au sein des populations piscicoles.

Dès lors, afin de palier à ce déficit et ainsi améliorer la reproduction des poissons phytophiles (brochet, perche & sandre), la Fédération fribourgeoise des sociétés de pêche (ci-après FFSP), en collaboration et financé par le Service des forêts et de la faune (ci-après SFF), dépose depuis plusieurs années des frayères artificielles dans ce lac dès la fin mars.

Les frayères ont pour objectifs de favoriser les brochets, les sandres, les perches et toutes les autres espèces nécessitant un support d'accroche pour leurs pontes. Elles sont de 2 types :

- Frayères artificielles flottantes avec fibres synthétiques et abris artificiels, situés à environ 0.5-1 mètre de profondeur et s'adaptant au marnage ;
- Frayères semi-artificielles faites de bois mort (sapins et autres), situés à différentes profondeurs mais pas plus profond que - 20 m.

Bien que les pêcheurs participant à la pose, à l'entretien et aux contrôles des frayères aient observé des pontes sur les différentes frayères artificielles (communication orale de la FFSP) les années précédentes, un suivi de leur efficacité est nécessaire pour documenter ces observations.

Objectifs

L'objectif de l'étude complète est de réaliser un suivi scientifique de ces frayères artificielles durant la période de reproduction sur 2 saisons en 2015 et en 2016.

Le 1^{er} volet de cette étude (suivi 2015) doit permettre d'établir le fonctionnement de ces frayères et leur utilisation respective en répondant aux questions suivantes:

- Ces frayères artificielles sont-elles utilisées ?
- Par quelles espèces sont-elles utilisées ?
- Combien d'œufs sont-ils déposés et à quelle période?

Un 2^{ème} volet en 2016 sera consacré à l'étude quantitative du succès des frayères.

Le bureau PRONAT Conseils SA a été mandaté le 25 mars 2015 pour le 1^{er} volet de cette étude sur l'efficacité des frayères artificielles.

2 Périmètre et site d'étude

Le périmètre de l'étude se situe sur la commune de Pont-en-Ogoz au lieu-dit « Vieux-Châtel », dans le secteur du radeau à Sterne (secteur interdit à la navigation). Ce périmètre englobe :

- Une frayère artificielle flottante type SOVB (env. 32 m²) ;
- Deux frayères semi-naturelles (cadres métalliques) ;
- 1 frayère naturelle soit un arbre immergé ;

Une illustration de l'emplacement des différentes frayères se trouve dans la figure ci-dessous.



Figure 1 : Emplacement des différentes frayères 2015.

3 Généralités

3.1 Les espèces piscicoles du Lac de la Gruyère

Le Lac de la Gruyère compte plusieurs espèces piscicoles potentiellement utilisatrices des frayères artificielles pour leurs pontes :

- Espèces dites phytophiles (selon O. Schlumberger & al., 2001), présentées dans le Tableau 1;
- Espèces dites phyto-lithophiles, présentées dans le Tableau 2.

Tableau 1 : Espèce phytophiles du Lac de la Gruyère (liste non exhaustive).

Espèce	Nom latin	Période de frai	Température du frai [°C]
Brochet	<i>Esox lucius</i>	Février - juin	8 - 12
Carpe	<i>Cyprinus carpio</i>	Mai - Juillet	18 - 24
Rotengle	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Mai - Juillet	18 - 27
Tanche	<i>Tinca tinca</i>	Mai - Juillet	18 - 26

Tableau 2 : Espèce phyto-lithophiles du Lac de la Gruyère (liste non exhaustive).

Espèce	Nom latin	Période de frai	Température du frai [°C]
Ablette	<i>Alburnus alburnus</i>	Avril - Juillet	12 - 16
Brème	<i>Abramis brama</i>	Mai - juin	12 - 16
Gardon	<i>Rutilus rutilus</i>	Avril - juin	10 - 16
Perche	<i>Perca fluviatilis</i>	Mars - juin	10 - 14
Sandre	<i>Sander lucioperca</i>	Avril – mai	10 - 12

La période de frai de la plupart de ces espèces est au printemps, dès le mois de février pour certaines et s'étale jusqu'au début de l'été (juillet) pour d'autres. Les périodes de frai variant fortement en fonction des températures et des conditions environnementales, elles sont données à titre indicatif dans les tableaux ci-dessus.

Le frai est déclenché par une température et des conditions favorables (substrat, etc.). Les températures sont données à titre indicatif dans les tableaux ci-dessus.

La plupart de ces espèces fraient principalement en eaux peu profondes (1 à 3 mètres).

Les périodes d'incubation des œufs varient aussi fortement en fonction des températures et s'exprime généralement en degré-jours comme par exemple pour :

- Brochet 120 degrés jours ;
- Sandre 70 -110 degrés jours ;

- Gardon 4 -10 jours ;
- Perche environ 15 jours.

La maturité sexuelle de la plupart de ces espèces est d'environ 2 à 4 ans.

3.2 Type de frayères

En 2015, 3 types de frayères artificielles ou semi-naturelles ont été posés :

- Une frayère flottante ;
- 2 cadres métalliques composés de branches de sapins;
- Un arbre immergé (sapin).

Frayère flottante

Les frayères flottantes sont des dispositifs qui permettent de suivre les variations du niveau d'eau, ce qui assure leur immersion continue et permet leur bon fonctionnement dans des milieux subissant un marnage important.

Le modèle de frayères flottantes utilisé actuellement par la FFSP est de type SOVB (nom du fabricant). Elles sont constituées de 2 cadres d'un mètre sur deux, contenant des lattes en plastique portant des faisceaux de fibres synthétiques de polypropylène (L : 15 cm ; \varnothing 0.3 mm) . Ces fibres viennent se substituer à la végétation aquatique rivulaire immergée comme support de ponte pour les espèces phytophiles ou phyto-lithophiles. La frayère actuellement utilisée se compose de plusieurs plaques de 4 m² pour un total de 32 m² comprenant des éléments de types « frayère » (12 modules de 2 m²) et « d'abris » (4 de 2 m² modules similaires aux frayères mais avec des fibres plus grandes et rigides).

La figure ci-dessous illustre ces frayères artificielles flottantes :

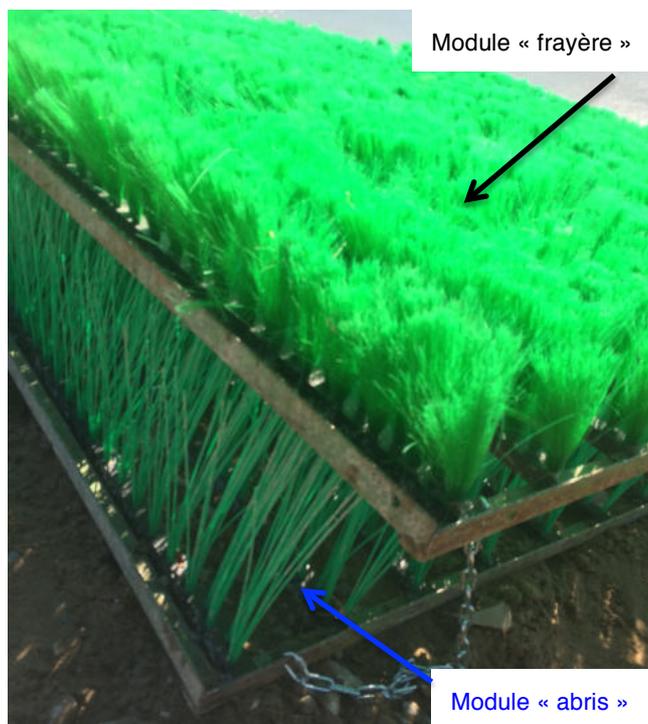


Figure 2 : Illustration des modules constituant la frayère flottante (en bas sur l'image un module « abris » et en haut un module « frayère » (PRONAT, 28.03.2015).

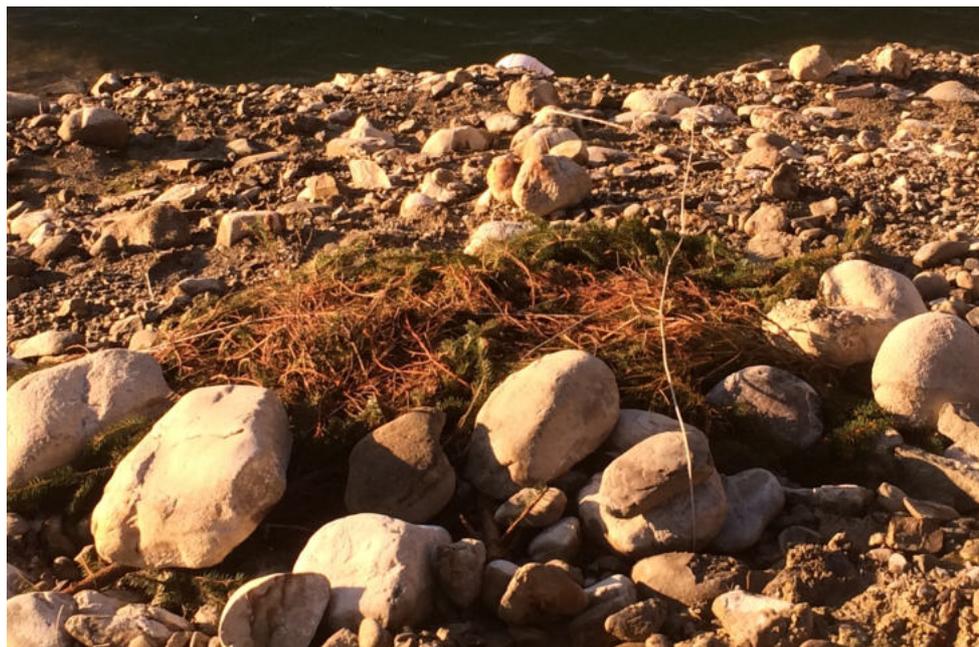


Figure 5 : Illustration d'une frayère type « cadre métallique » avec les branches de sapins qui la recouvre. La pose s'est effectuée à sec (PRONAT, 22.04.2015).

Arbre – bois mort

Le dernier type de frayère qui a été utilisé se compose tout simplement par l'immersion d'un arbre ou d'un sapin lesté (ou accroché) sur le fond.

Ces deux derniers types de frayère sont fixes à la surface du substrat et se retrouvent donc à différentes profondeurs (ou à sec) en fonction du niveau du lac.



Figure 6 : Illustration de la frayère type « sapin » posée à sec sur le fond (PRONAT, 28.03.2015).

4 Méthodologie

4.1 Période du suivi des frayères et emplacement

La pose des frayères artificielles (flottantes et fixes) par la FFSP, le SFF et PRONAT a été réalisée le 28 mars 2015.

Emplacements

Les positions des différentes frayères ont été relevées à l'aide d'un GPS équipé d'un récepteur Glonass à fin d'augmenter la précision (inférieure à 3 mètres). De plus, chaque frayère a été équipée d'une bouée de signalisation permettant de la localiser depuis la surface.

Les différents emplacements figurent dans le tableau ci-après et sur la Figure 1.

Tableau 3 : Emplacement géographique des frayères.

Type de frayère	Coordonnées
Flottante	574474 171098
Cadre N° 1	574497 171139
Cadre N° 2	574491 171143
Arbre	574468 171054

Contrôles

Depuis cette date, 5 contrôles ont été réalisés (chaque 2 semaine environ) par le bureau PRONAT accompagné d'une à 2 personnes du SFF:

- **22.04.2015**, seule la frayères flottante a pu être contrôlée car le niveau du lac était encore trop bas pour mettre en eaux les autres ;
- **30.04.2015**, à l'exception du cadre N° 2, toutes les frayères ont été contrôlées (le cadre N° 2 était encore à sec) ;
- **12.05.2015**, toutes les frayères ont été contrôlées ;
- **02.06.2015**, toutes les frayères ont été contrôlées ;
- **16.06.2015**, toutes les frayères ont été contrôlées.

4.2 Observation des pontes

Des contrôles réguliers et méticuleux ont été effectués par un biologiste plongeur en scaphandre autonome ou en PMT (palmes, masque et tuba) sur les différentes frayères. La présence de ponte a été reportée sur une feuille immergeable accompagnée d'un schéma. Une documentation photographique subaquatique a de plus été constituée afin de documenter l'évolution des frayères.

Afin d'assurer la sécurité du plongeur scientifique et de réaliser les différentes mesures de surface, un bateau avec 2 personnes du SFF suivait le plongeur lors de ces relevés pour les campagnes de mai et de juin 2015.

4.3 Comptage des pontes

En présence de pontes, une estimation de la couverture des frayères et un comptage des œufs a été réalisés in situ par le plongeur subaquatique.

En raison des difficultés techniques (les frayères fixes se trouvaient dans l'obscurité, dans la zone aphotique, selon les périodes de relevés) et de la présence très abondante d'œufs sur les frayères, seule des estimations grossières sur une surface de environ 20 cm x 20 cm (400 cm²) ont pu être réalisées sur la frayère flottante. Ces estimations ont ensuite permis de réaliser des extrapolations sur l'entier de la surface.

Le choix des secteurs de comptage a été réalisé par le plongeur en fonction de la facilité d'accès et de la bonne représentation de la couverture des œufs par rapport à l'entier de la frayère flotante.

4.4 Prélèvements d'œufs

Afin de permettre une détermination à l'espèce des œufs présents sur les différentes stations, des prélèvements ont été réalisés par le plongeur à l'aide d'une passoire fine et de tube d'échantillonnage en plastique.

Une fois les œufs prélevés, ils ont été fixés avec de l'éthanol 80 %.

En laboratoire, chaque échantillon a été lavé avec de l'éthanol 80 % et les différents restes organiques (branchages, etc.) ont été enlevés.

Les échantillons ont ensuite été replacé dans un tube plastique pour l'envoi au laboratoire d'analyse ADN.

4.5 Détermination des œufs

La détermination des œufs a été réalisée par le laboratoire ECOGENICS par analyse ADN à l'aide de la méthode suivante :

- Extraction ADN;
- Amplification de l'ADN mitochondrial (16S rRNA) par PCR et séquençage de l'ADN à l'aide d'amorce LCO-1490 et HCO-2198;
- Identification à l'aide de « BLAST » et comparaison avec la base de données NCBI database (www.ncbi.nlm.nih.gov).

4.6 Observation des poissons (alevins et adultes)

Lors des différentes immersions, le biologiste-plongeur a noté toutes les présences de poissons aux environs immédiats des frayères.

4.7 Autres investigations

Colmatage

Une estimation du colmatage des frayères artificielles permet d'apporter des informations supplémentaires quant à la qualité du site et aux chances de succès de la reproduction. Lors de chaque campagne, ponctuellement, par le plongeur une estimation du colmatage a été réalisée selon l'échelle suivante (selon Nemry & al. 2007 ; voir aussi annexe B) :

- 0 « colmatage absent » : le substrat est clairement visible et sa couleur n'est pas altérée (apparence après nettoyage avec un jet d'eau sous pression) ;
- 1 « colmatage léger » : dépôts peu importants et localisés, la couleur du substrat n'est pas altérée (vert) ;
- 2 « colmatage moyen » : généralisé à toute la frayère, la structure du substrat est toujours clairement visible, sa couleur est modifiée (brun-vert) ;
- 3 « colmatage fort » : généralisé à toute la frayère, la structure du substrat est entièrement recouverte et plus difficile à distinguer ;
- 4 « colmatage très fort » : généralisé à toute la frayère, la structure du substrat est totalement recouverte et à peine visible.

Analyses in-situ

Des relevés in-situ à l'aide d'une sonde multi-paramètre de type HACH (HQ 30d) ont complétés les observations lors de chaque campagne. Ils ont été effectués sur la colonne d'eau depuis la surface à différentes profondeurs:

- Température ;
- pH ;
- Oxygène dissout ;
- Conductivité.

Afin de compléter ces mesures, la transparence a aussi été relevée à l'aide d'un disque de Secchi.

5 Résultats

5.1 Campagne du 22 avril 2015

Observation et comptage des œufs

Des œufs ont été observés pour la première fois le 22 avril 2015 sur la frayère flottante avec une température de l'eau de 11.6 °C.

- Il s'agissait d'œufs de gardons – *Rutilus rutilus* (voir annexe C);
- Entre 30 et 40 % de la frayère flottante était recouverte par des œufs identiques de taille environ 1-1.5 mm (Figure 7);
- Les œufs étaient essentiellement localisés sur les bords extérieurs de la frayère (voir schéma raster en pointillé gris) ;
- Seuls les modules de type « frayères » ont été utilisés comme substrat de ponte.

Tableau 4 : Synthèse des observations du 22 avril 2015 (le signe + signifie une présence non identifiée).

22.04.2015	Frayère flottante	Cadre métallique 1	Cadre métallique 2	Arbre immergé
Pontes	Gardons	-	-	-
Alevins	+	-	-	-
Adultes	-	-	-	-

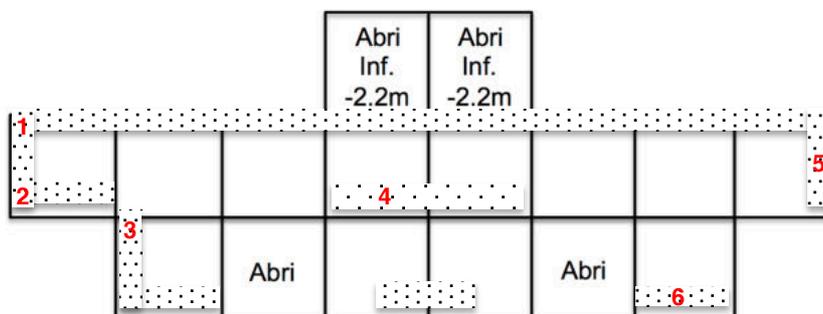


Figure 7 : Emplacement des œufs en pointillé et des secteurs où un comptage a été effectué en rouge.

Les comptages ont été réalisés in situ par le plongeur sur une surface de 20 cm par 20 cm à l'aide d'un double-mètre (voir Figure 7 & Figure 8).

Tableau 5 : Résultats des comptages lors de la campagne du 22 avril 2015.

Station comptage	Estimation du nombre d'œufs / 0.04 m ²	Estimation du nombre d'œufs / m ²
N° 1	200	5'000
N° 2	50	1'250
N° 3	50	1'250

Station comptage	Estimation du nombre d'œufs / 0.04 m ²	Estimation du nombre d'œufs / m ²
N° 4	8-10	200-250
N° 5	80	2'000
N° 6	100	2'500

En estimant que la surface de la frayère flottante était couverte à 30-40 % par environ 2'000 œufs de gardon en moyenne au m², cela représente environ 15'000 à 25'000 œufs au total sur la frayère flottante.

Sachant qu'un gardon femelle pond entre 5'000 et 100'000 œufs (Muus & Dahlstrøm, 2003), entre 1 et 5 femelles ont pu déposer leurs œufs.

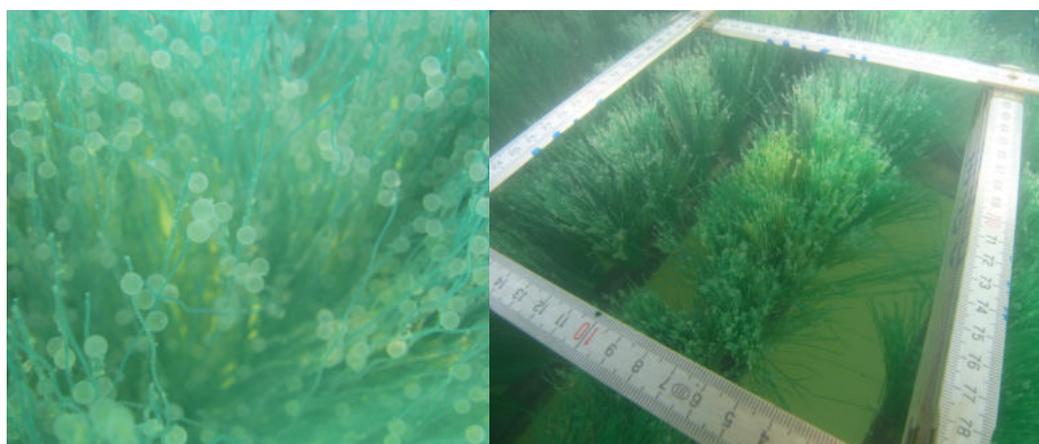


Figure 8 : Œufs de gardon et positionnement du double-mètre pour le système de comptage 20 x 20 cm.

Autres observations de poissons

Deux alevins non identifiables à l'œil nu ont été observés aux abords de la frayère flottante.

Relevés in situ

Les résultats des mesures in situ figurent dans le tableau suivant.

Tableau 6 : Résultats des mesures in situ lors de la campagne du 22 avril 2015.

Profondeur [m]	Temp. [°C]	Oxygène		pH	Cond. [µS/cm]	Transparence disque secchi [m]	Colmatage frayère
		[mg/l]	%				
0.5	11.6	10	98.5	8.47	386	1	Moyen

La température mesurée de 11.6 °C correspond aux valeurs données par la littérature pour la ponte des œufs de gardons soit entre 10 et 16° C.

La solubilité de l'**oxygène** dépend fortement de la température. Avec une valeur de 10 mg/l, soit de 98.5 % (saturation en oxygène), les teneurs en oxygène mettent en évidence une très bonne oxygénation de l'eau et une situation favorable au développement des oeufs.

Le pH est légèrement basique avec 8.47. Le pH d'une eau naturelle dépend essentiellement de son origine, de la nature des terrains traversés et des réactions chimiques s'y déroulant. Selon les essais réalisés par GILLET & ROUBAUD (1986), le seuil létal des œufs de gardons et de perches se situe proche de 9.6 de pH (survie embryonnaire). Le pH mesuré permet donc le développement normal des œufs.

La **conductivité** dépend de la composition chimique des eaux. Elle résulte de la nature géologique du bassin versant et des apports d'eau (ruissellement des eaux de pluie, fonte des neiges, etc.). Certains facteurs anthropiques influencent la conductivité électrique tels que nitrates, nitrites, ammonium et phosphates, ainsi que les sels issus d'échangeurs d'ions (exemple sel d'entretien des routes en hiver). Selon les études en étang notamment, il s'avère qu'une eau est propice au développement du poisson que si sa conductivité dépasse 50 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (Schlumberger & Elie, 2008). La conductivité étant supérieure à 300 $\mu\text{s}/\text{cm}$ semble donc propice au bon développement des œufs.

La **transparence** mesurée au disque de Secchi est de 1 mètre. Ce résultat met en évidence la forte présence de matière en suspension dans le Lac de la Gruyère. Malgré cela, la lumière pénètre jusqu'à 5-6 mètres selon les observations du plongeur et la frayère flottante se trouvait donc dans la zone photique.

Le **colmatage** et la turbidité de l'eau sont des facteurs pouvant influencé la pose des œufs sur le substrat mais aussi la survie des embryons (Nemry & al., 2007). Ce premier relevé a montré déjà un colmatage moyen puisque la structure de la frayère était bien visible mais sa couleur était modifiée.

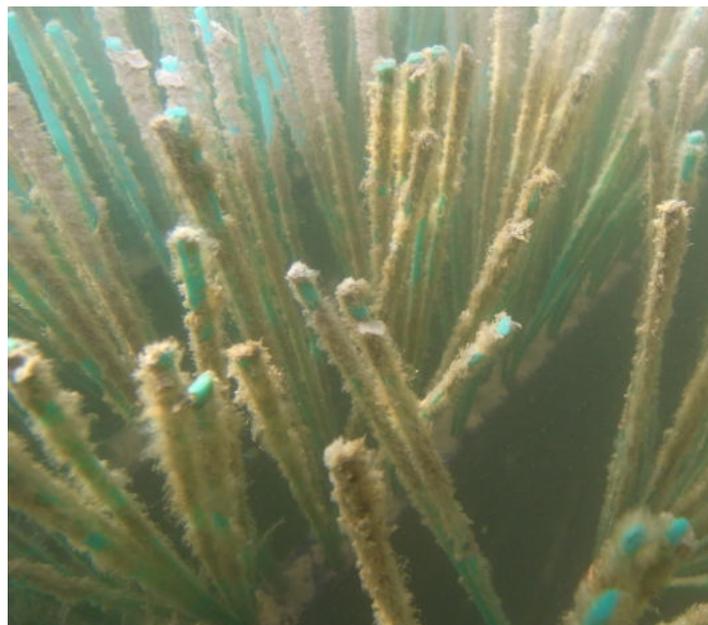


Figure 9 : Colmatage des modules abris (PRONAT, 22.04.2015).

5.2 Campagne du 30 avril 2015

Observation et comptage des oeufs

Lors de cette 2^{ème} campagne avec une température de l'eau, comprise entre 15.6 et 16.4° C, des oeufs de gardon ont été observés sur :

- la frayère flottante ;
- la frayère de type arbre.

Des œufs de perches (rubans) sur le cadre n° 1.

Aucune observation n'a pu être effectuée sur le cadre n° 2 puisqu'il était toujours à sec.

Tableau 7 : Résultats des observations du 30 avril 2015 (le signe + signifie une présence non identifiée).

30.04.2015	Frayère flottante	Cadre métallique 1	Cadre métallique 2	Arbre immergé
Pontes	Gardons	Perches	-	Gardons
Alevins	+	-	-	-
Adultes	-	-	-	+

5.2.1 Frayère flottante :

- Environ 80 - 90 % de la frayère flottante était recouverte par des œufs de gardon, identiques, de taille environ 1-1.5 mm;
- Les œufs étaient essentiellement localisés sur les modules « frayères », mais environ 3 % des modules « abris » comptaient aussi des oeufs ;

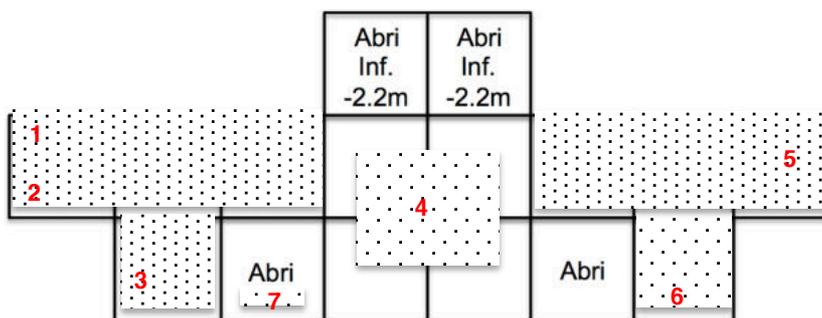


Figure 10 : Emplacement des œufs en pointillé et des secteurs où un comptage a été effectué en rouge (30 avril 2015).

Les résultats des comptages sont présentés à la figure Figure 10 et Tableau 8.

Tableau 8 : Résultats des comptages lors de la campagne du 30 avril 2015.

Station comptage200	Estimation du nombre d'œufs / 0.04 m ²	Estimation du nombre d'œufs / m ²
N° 1	200	5'000
N° 2	300	7'500
N° 3	200	5'000
N° 4	50-100	1'250 - 2500
N° 5	200	5'000
N° 6	8-10	250

En estimant que la surface de la frayère flottante était couverte à 80 - 90 % par environ 4'000 œufs en moyenne au m², cela représente environ 90'000 à 100'000 œufs au total.

Sachant qu'un gardon femelle pond entre 5'000 et 100'000 œufs (Muus & Dahlstrøm, 2003), entre 1 et 20 femelles ont pu déposer leurs œufs.

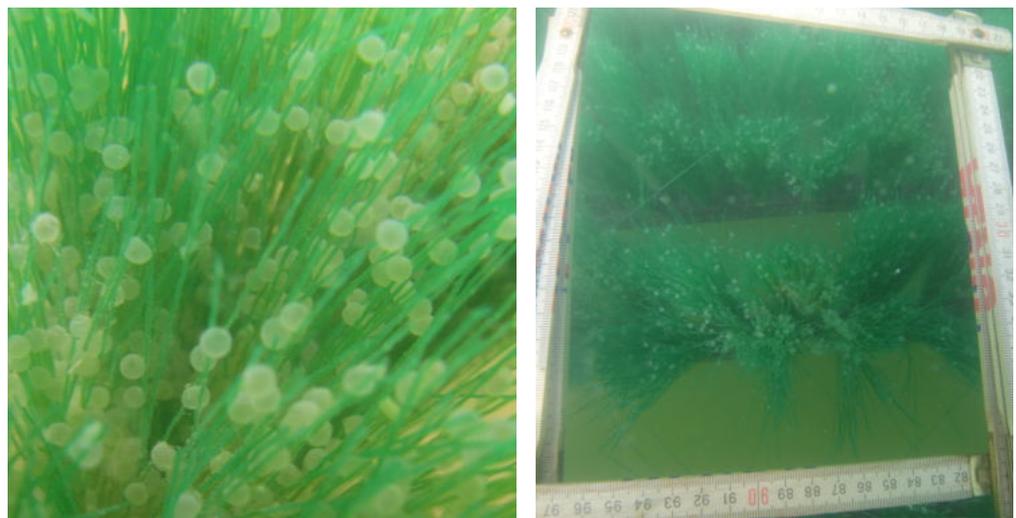


Figure 11 : Œufs de gardon sur la frayère flottante et positionnement du double-mètre pour le système de comptage 20 x 20 cm, le 30.04.2015.

5.2.2 Frayère « cadre métallique n° 1 » :

2 rubans (œufs entourés d'une gaine muqueuse) de ponte de perches ont été observés sur ce cadre. Ils mesuraient environ 50 - 70 cm de long (voir Figure 12). En raison des difficultés techniques, aucun comptage n'a été effectué.



Figure 12 : Œufs de perche sur le cadre le 30.04.2015.

5.2.3 Frayère « Arbre » :

L'arbre immergé était couvert d'œufs de gardon. En raison de la configuration des pontes et du nombre important d'œufs présents aucun comptage n'a pu être effectué. Selon les estimations du plongeur en moyenne environ 50-100 œufs étaient présents sur un linéaire de 10 cm. Une estimation globale n'est pas possible sur cette estimation (Figure 13).



Figure 13 : Œufs de gardon sur l'arbre immergé lors du contrôle du 30.04.2015.

5.2.4 Autres relevés

Autres observations de poissons

Aux abords de la frayère flottante, des alevins non identifiables ont été observés:

- Environ 30 de taille 2 à 3 cm ;
- 3 de taille 1-2 cm.

Proche de l'arbre immergé se trouvait un individu adulte non identifiable sur site.

Relevés in situ

Les résultats des mesures in situ figurent dans le tableau suivant. En raison des faibles variations entre les différents sites, seules sont présentées les valeurs mesurées sur la frayère flottante. En annexe A, figure un tableau avec l'ensemble des résultats par campagne.

Tableau 9 : Résultats des mesures in situ lors de la campagne du 30 avril 2015.

Profondeur [m]	Temp. [°C]	Oxygène		pH	Cond. [µS/cm]	Transparence disque secchi [m]	Colmatage frayère
		[mg/l]	%				
0.3	16.4	11.54	119.9	8.44	356	1	Moyen

La température mesurée de 16.4 °C correspond :

- à la limite supérieure pour le frai du gardon entre 10 et 16° C.
- est supérieur à celle donnée pour le frai de la perche entre 10-14 °C ;

Entre la 1^{ère} et la 2^{ème} campagne (8 jours) les températures ont augmenté rapidement passant de 11.6 à 16.4 °C et ont été vraisemblablement favorables au déclenchement du frai de ces 2 espèces.

Avec une valeur de 11.5 mg/l pour l'**oxygène dissous**, soit de 119.9 % (saturation en oxygène), les teneurs en oxygène mettent en évidence une très bonne oxygénation de l'eau et une situation favorable au développement des oeufs.

Le pH est légèrement basique avec 8.44 mais permet le développement normal des œufs.

La **conductivité** étant supérieure à 300 µs/cm semble donc propicie au bon développement des œufs.

La **transparence** mesurée au disque de Secchi est de 1 mètre. Ce résultat est identique à la dernière campagne et la frayère flottante, le cadre métallique et l'arbre se trouvaient dans la zone photique.

Le **colmatage** est toujours considéré comme moyen sur la frayère flottante puisque la structure de la frayère était bien visible mais sa couleur était modifiée. Le cadre n° 1 et l'arbre immergé ne présentait qu'un colmatage faible.

5.3 Campagne du 12 mai 2015

Observation et
comptage des oeufs

Lors de cette 3^{ème} campagne, aucune nouvelle ponte n'a été observée.

Tableau 10 : Résultats des observations du 12 mai 2015 (le signe + signifie une présence non identifiée).

12.05.2015	Frayère flottante	Cadre métallique 1	Cadre métallique 2	Arbre immergé
Pontes	Gardons*	Perches*	-	Gardons*
Alevins	-	-	-	-
Adultes	-	-	-	-

*Les pontes mentionnées sont celles déjà observées le 30 avril 2015.

5.3.1 Frayère flottante :

- Seuls environ 50 - 100 œufs étaient encore présents sur cette frayère ;
- Les restes des enveloppes des œufs étaient encore visible (albumine).



Figure 14 : Œufs et reste de ponte en date du 12 mai 2015.

5.3.2 Frayère « cadre n° 1 » :

En raison du niveau d'eau important à la suite de la crue de début mai 2015, le cadre n°1 se trouvait dans la zone aphotique à une profondeur de 8 mètres.

Les pontes de perches préalablement observées s'y trouvaient encore mais certains œufs ne semblaient pas pouvoir atteindre leur maturité en raison du fort colmatage et de leur état dégradé.



Figure 15 : Œufs de perche sur le cadre n° 1 le 12.05.2015.

5.3.3 Frayère « cadre n° 2 » :

En raison du niveau d'eau important à la suite de la crue de début mai 2015, le cadre n° 2 se trouvait dans la zone aphotique à une profondeur de 5.9 mètres. Aucune ponte n'a été observée.



Figure 16 : Cadre n°2 le 12.05.2015.

5.3.4 Frayère « Arbre » :

L'arbre immergé présentait encore des œufs de gardon lors de cette campagne. Certains étaient en stade œillet. La profondeur du bas de l'arbre était de 9 mètres et le haut à 5 mètres, soit en absence de lumière.



Figure 17 : Œufs de gardon en stade œillet le 12.05.2015.

5.3.5 Autres relevés

Autres observations de poissons

Aucun poisson n'a été observé lors de cette campagne.

Relevés in situ

Les résultats des mesures in situ sur la frayère flottante sont présentés dans le tableau suivant (voir aussi annexe A pour les autres relevés).

Tableau 11 : Résultats des mesures in situ lors de la campagne du 12 mai 2015.

Profondeur [m]	Temp. [°C]	Oxygène		pH	Cond. [µS/cm]	Transparence disque secchi [m]	Colmatage frayère
		[mg/l]	%				
0.4	16.2	12.04	142.5	8.89	340	1	Fort

La température mesurée de 16.2 °C est proche de celle observée lors de la 2^{ème} campagne.

Avec une valeur de 12.04 mg/l pour l'**oxygène dissous**, soit de 142.5 % (saturation en oxygène), les teneurs en oxygène mettent en évidence une très bonne oxygénation de l'eau et une situation favorable au développement des oeufs.

Le **pH** est basique avec 8.89 mais permet le développement normal des œufs.

La **conductivité** étant supérieure à 300 $\mu\text{s}/\text{cm}$ semble donc propicie au bon développement des œufs.

La **transparence** mesurée au disque de Secchi est de 1 mètre. Ce résultat est identique aux dernières campagnes et montre que la crue n'a pas eu d'influence sur la charge en particules fines sur les stations d'études (éloignées des apports de la Jogne et de la Sarine).

Seule la frayère flottante se trouvait encore dans la zone photique. Les cadres métalliques et l'arbre se trouvaient dans la zone aphotique (> 5 m).

Le **colmatage** est considéré comme fort sur la frayère flottante, les cadres n° 1 et 2 ainsi que sur l'arbre. La structure de la frayère était entièrement recouverte et plus difficile à distinguer.



Figure 18 : Colmatage sur la frayère flottante le 12.05.2015.

5.4 Campagne du 2 juin 2015

Observation et
comptage des oeufs

Lors de cette 4^{ème} campagne, aucune ponte n'a été observée sur la frayère flottante, le cadre n° 1 ni sur l'arbre immergé.

Tableau 12 : Résultats des observations du 2 juin 2015 (le signe + signifie une présence non identifiée).

2.06.2015	Frayère flottante	Cadre métallique 1	Cadre métallique 2	Arbre immergé
Pontes	-	-	Brèmes	-
Alevins	-	-	+	-
Adultes	Gardons Sandres	-	+	-

5.4.1 Frayère « cadre n°2 » :

Sur le cadre n° 2 se trouvaient, lors de ce relevé, 1 sandre adulte (60 cm) ainsi que des œufs :

- Environ 300 à 400 œufs ;
- Plus de 50 % des œufs étaient en stade œillet ;

L'analyse ADN n'a malheureusement pas permis une identification à l'espèce. En effet, le signal ADN était mélangé probablement en raison de la présence d'autres ADN collés sur les œufs tels que bactéries, champignons, qui ne sont pas partis après le nettoyage à l'éthanol.

Lors du nettoyage des œufs en laboratoire, des larves fraîchement écloses de taille 3 – 4 mm ont de plus été retrouvées, accrochées aux branches (Figure 21).

Une analyse ADN de ces larves a été réalisée ultérieurement et a permis de déterminer qu'il s'agissait d'alevins nouveau-nés de brème, *Abramis brama*.



Figure 19 : Cadre n° 2 avec ponte le 2.06.2015.

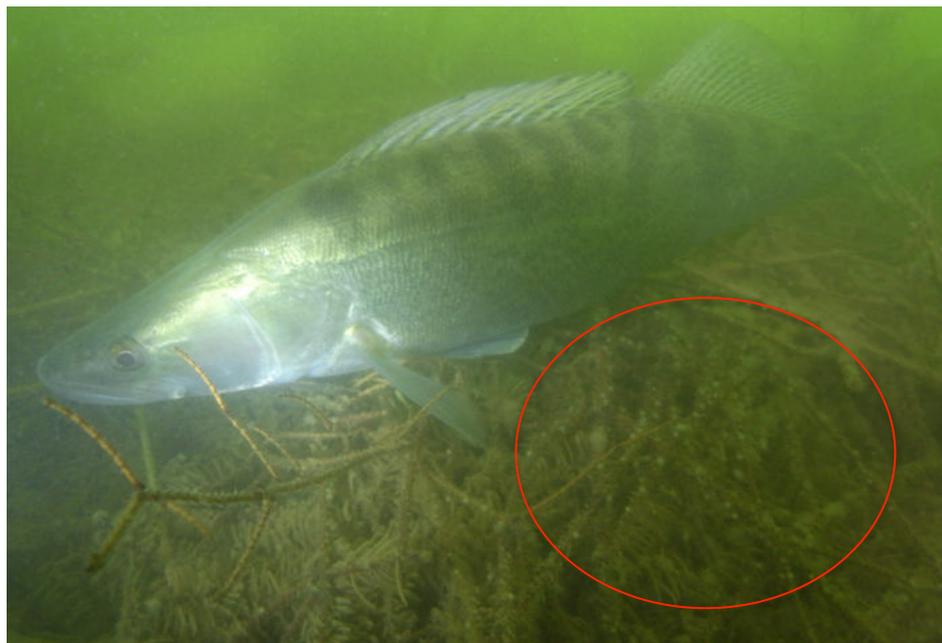


Figure 20 : Cadre n° 2 avec sandre adulte et des pontes concentrées sur une surface limitée (en rouge) le 2.06.2015.



Figure 21 : Alevins nouveau-nés de brème le 2.06.2015.

Suite à ce résultat plusieurs hypothèses sont possibles quant à la détermination des œufs observés :

- a) Ils s'agissaient d'œufs de sandre en raison du comportement des sandres qui effectuent une protection parentale et du fait que les œufs étaient concentrés sur une surface restreinte de la frayère semi-artificielle ;
- b) Le sandre présent et presque immobile s'apprêtait à frayer ;
- c) Ils s'agissaient d'œufs de brème proche de l'éclosion (les larves en témoinnant) et le sandre adulte était en train de se nourrir des alevins ;
- d) Des pontes de brèmes et de sandre se trouvaient sur cette station, avec un léger décalage dans le temps.

En raison de la température supérieure à 16° C relevée entre le 30 avril et le 02 juin et du fait que les larves ont pu être identifiées, nous sommes d'avis qu'il s'agissait uniquement de pontes de brème (hypothèse c).

5.4.2 Autres relevés

Autres observations de poissons

Six gardons de taille 15 cm ont été observés sur la frayère flottante (partie supérieure). Un sandre de 45 cm environ a été observé dans les abris situés sous la frayère flottante.

Relevés in situ

Les résultats des mesures in situ sur la frayère flottante sont présentés dans le tableau suivant (voir aussi annexe A pour les autres relevés).

Tableau 13 : Résultats des mesures in situ lors de la campagne du 2 juin 2015.

Profondeur [m]	Temp. [°C]	Oxygène		pH	Cond. [µS/cm]	Transparence disque secchi [m]	Colmatage frayère
		[mg/l]	%				
1	16.7	11.09	122.7	8.81	347	0.95	Fort

Comme mentionné ci-dessus, **la température** mesurée de 16.7 °C correspond plutôt aux valeurs données par la littérature pour le frai de la brème soit entre 12 et 16° C (température de frai du sandre généralement entre 10-12° C).

Avec une valeur de 11.09 mg/l pour **l'oxygène dissous**, soit de 122.7 % (saturation en oxygène), les teneurs en oxygène mettent en évidence une très bonne oxygénation de l'eau et une situation favorable au développement des oeufs.

Le pH est basique avec 8.81 mais permet le développement normal des œufs.

La **conductivité** étant supérieure à 300 µs/cm semble donc propicie au bon développement des œufs.

La **transparence** mesurée au disque de Secchi est de 0.95 mètre. Ce résultat est proches des dernières campagne et toutes les frayères se trouvaient dans la zone photique.

Le **colmatage** est considéré comme fort sur les différentes frayères.



Figure 22 : Colmatage fort sur la frayère type « arbre », le 2.06.2015.

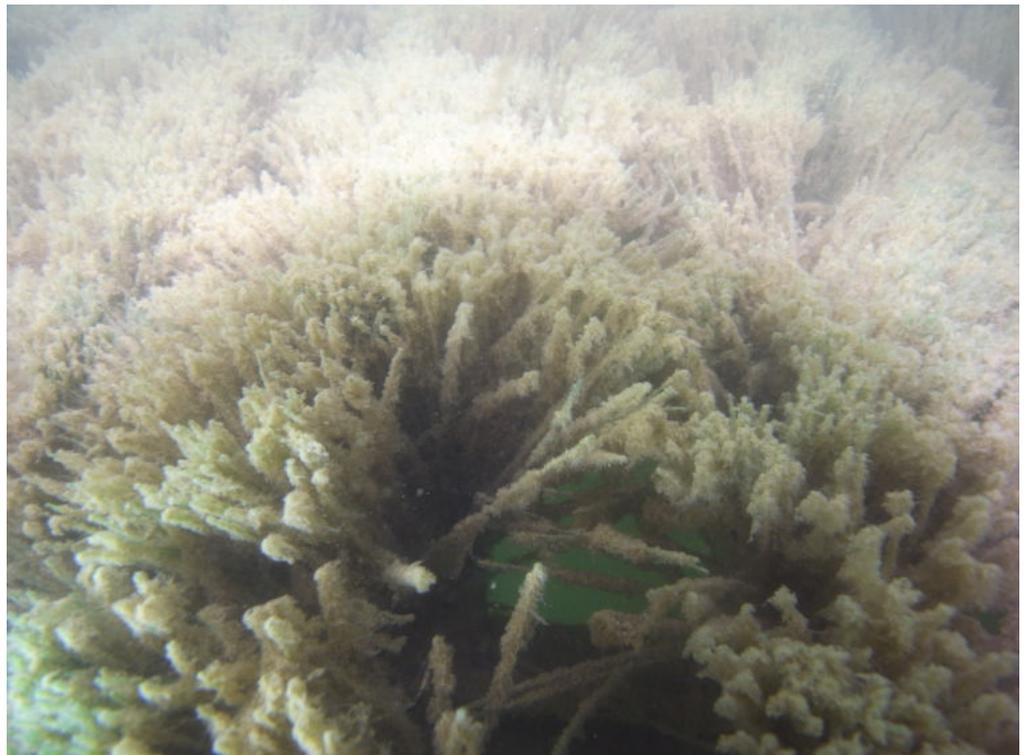


Figure 23 : Colmatage fort sur la frayère flottante, le 2.06.2015.

5.5 Campagne du 16 juin 2015

Observation et comptage des oeufs

Lors de cette dernière 5^{ième} campagne, aucune ponte n'a été observée ni sur la frayère flottante, ni sur les cadre n° 1 & n° 2, ni sur l'arbre immergé.

Tableau 14 : Résultats des observations du 16 juin mai 2015 (le signe + signifie une présence non identifiée).

16.06.2015	Frayère flottante	Cadre métallique 1	Cadre métallique 2	Arbre immergé
Pontes	-	-	-	-
Alevins	-	-	-	-
Adultes	Sandres	-	-	-

5.5.1 Autres relevés

Autres observations de poissons

2 sandres adultes de taille 40 - 60 cm ont été observés dans les abris situés sous la frayère flottante.

Relevés in situ

Les résultats des mesures in situ sur la frayère flottante sont présentés dans le tableau suivant (voir aussi annexe A pour les autres relevés).

Tableau 15 : Résultats des mesures in situ lors de la campagne du 16 juin 2015.

Profondeur [m]	Temp. [°C]	Oxygène		pH	Cond. [µS/cm]	Transparence disque secchi [m]	Colmatage frayère
		[mg/l]	%				
1	20	11.42	135.4	8.57	323	1	Moyen

Entre la campagne du 2 juin et celle du 16, la **température** a augmenté de presque 4 °C avec une valeur mesurée de 20 °C.

Avec une valeur de 11.42 mg/l pour l'**oxygène dissous**, soit de 135.4 % (saturation en oxygène), les teneurs en oxygène mettent en évidence une très bonne oxygénation de l'eau et une situation favorable au développement des œufs et des alevins.

Le **pH** est basique avec 8.57 mais permet le développement normal des œufs.

La **conductivité** étant supérieure à 300 µs/cm semble donc propicie au bon développement des œufs.

La **transparence** mesurée au disque de Secchi est de 1 mètre. Ce résultat est identique aux autres campagnes et toutes les frayères se trouvaient dans la zone photique.

Le **colmatage** est considéré comme moyen sur la frayère flottante. Le colmatage sur les autres sites (cadres n°1 et 2 ainsi que sur l'arbre) est considéré comme fort.



Figure 24 : Colmatage sur la frayère flottante, le 16.06.2015.

5.6 Synthèse des observations

Les différentes observations des pontes ont permis de mettre en évidence que (Tableau 16):

- 25 jours après la pose des frayères, la frayère flottante était déjà colonisée par des œufs de gardon;
- Entre le 22 avril et le 30 avril 2015, les frayères arbres et cadre n° 1 ont été recouverte par les eaux du lac. Dès leur immersion, elles ont été colonisées par de la perche (cadre n° 1) et par des gardons;
- Un 2^{ème} événement de ponte s'est déroulée entre le 22 avril et le 30 avril sur la frayère flottante par du gardon ;
- Les différents œufs de gardon ont atteints le stade œillet sur toutes les frayères ;
- Une nouvelle ponte, probablement de brème a été déposée entre le 12 mai et le 2 juin sur le cadre n° 2. Les œufs étaient en partie en stade œillet et des larves nouveau-nées de brème ont été retrouvées.

Tableau 16 : Synthèse des résultats des pontes entre avril et juin 2015.

	Frayère flottante	Cadre métallique 1	Cadre métallique 2	Arbre immergé
22.04.2015	Gardons	-**	-**	-**
30.04.2015	Gardons	Perches	-	Gardons
12.05.2015	Gardons*	Perches*	-	Gardons*
02.06.2015	-	-	Brèmes	-
16.06.2015	-	-	-	-

*Les pontes mentionnées sont celles déjà observées le 30 avril 2015.

**En date du 22 avril 2015, seule la frayère flottante était dans l'eau. Les cadres et l'arbre se trouvaient à sec sur la berge.

Ces résultats ne permettent pas de mettre en évidence un type préférentiel de frayère puisqu'elles ont toutes été utilisées:

- les gardons ont déposé leurs œufs aussi bien sur la frayère flottante que sur l'arbre immergé;
- Les branches de sapins (sur cadre métallique ou de l'arbre immergé) ont été utilisées par les 3 espèces observées.

Les observations sur le colmatage des différentes frayères ont montré que le colmatage augmente fortement en, à peine 1 mois et demi d'immersion, limitant par conséquent la disponibilité des frayères.

Bien qu'une crue soit survenue en mai 2015, il ne semble pas qu'elle ait beaucoup influencé les pontes sur les frayères artificielles :

- Des pontes avaient été déposées en avril;
- La transparence est restée stable à chaque campagne sur les stations étudiées ;
- Des pontes ont été déposées en juin soit 1 mois après la crue.

La crue a tout de même provoqué une montée importante du niveau des eaux et les frayères (cadres métalliques et arbres) se sont retrouvées sans lumière. Il est probable que cela ait influencé le développement des œufs.

Les paramètres abiotiques (pH, Oxygène, conductivité, transparence) ne montrent pas de variations majeures qui pourraient influencer fortement ou limiter les pontes.

Les périodes de frai dépendent des conditions du milieu et particulièrement de la température de l'eau. L'augmentation significative des températures entre le 16 avril et le 30 avril 2015 (passage de 11.6° C à 16.4° C) a vraisemblablement joué un rôle prépondérant dans le déclenchement du frai des gardons et des perches.

L'absence de frai de brochet ou de sandre est probablement à mettre en relation avec leur préférence écologique. En effet, le déclenchement du frai de ces espèces se produit plutôt lorsque les températures sont proches de 10° C (généralement inférieure à 12° C).

6 Proposition d'améliorations

Cette étude en 2015 a permis de montrer que les frayères artificielles flottantes, les arbres immergés ainsi que les cadres immergés étaient utilisés comme site de frai pour les espèces piscicoles suivantes du Lac de la Gruyère :

- Gardons,
- Perches,
- Brèmes.

D'autres espèces ne peuvent cependant pas utiliser ces frayères artificielles car ces dernières ne correspondent pas à leurs besoins spécifiques pour la reproduction (espèces lithophiles) ou sont probablement inutilisables lors de leur période de ponte en raison du colmatage important (p.ex. la tanche ou la carpe).

Afin d'augmenter les chances de reproduction pour les populations de gardon, perche, brème et éventuellement du sandre et du brochet, des améliorations quant à la pose et utilisation des frayères artificielles sont proposées ci-dessous.

6.1 Période de pose

Les périodes de frai dépendent des conditions du milieu et particulièrement de la température de l'eau ainsi que du niveau des eaux. En 2015, les frayères artificielles ont été placées à fin mars (28 mars 2015) :

- La température du lac était légèrement supérieure à 10 °C ;
- Le niveau du lac était très bas et seule la frayère flottante se trouvait dans l'eau ;
- Plus d'un mois a été nécessaire avant que l'ensemble des frayères ne soit immergé. Lors du contrôle du 12 mai toutes les frayères étaient sous l'eau. La température du lac était alors de 16 °C ;

En examinant les tableaux 1 et 2 (chapitre 1), la majorité des espèces présentes dans le Lac de la Gruyère possède une écologie caractérisée par une température pour le déclenchement du frai située entre 8 et 16 °C (à l'exception de la carpe, du rotengle et de la tanche).

Dès lors, afin de garantir que les frayères puissent être utilisées par une plus grande diversité d'espèce, une possibilité serait d'avancer la date de pose de ces frayères soit à fin février lorsque les températures sont inférieures à 10 °C.

6.2 Immersion des frayères

Etant donné que les perches, les gardons et les brèmes ont utilisé des branches de sapins comme substrat de ponte, une 1^{ère} amélioration serait d'augmenter leur présence, soit sous forme de cadre ou d'arbre immergé.

Des sapins de Noël, des arbres ou des arbustes lestés pourraient être immergés dans plusieurs secteurs. Bien que cette technique soit déjà mise en application par la FFSP à d'autres endroits, le nombre d'arbre pourrait facilement être augmenté.

Afin de garantir que les frayères semi-artificielles soient disponibles dès que le lac possède des températures proches des 10° C, leur pose pourrait être répartie à différentes profondeurs.

Cependant comme montré dans le chapitre précédent, le colmatage est rapidement important sur l'ensemble des frayères. Dès lors, pour limiter le colmatage et l'influence de la montée des eaux, différentes campagnes d'immersion des arbres pourraient être réalisées (par exemple 2 fois par mois, entre février et mars).

6.3 Optimisation de la frayère flottante

6.3.1 Séparation des modules de la frayère flottante

Bien que la majorité de la frayère flottante ait été utilisée par du gardon, afin d'augmenter les chances qu'elle soit colonisée par différentes espèces phytophiles, une variante serait de séparer en 2 ou en 3 la frayère flottante existante afin que plusieurs individus ou espèces frayent dessus. Lors des investigations menées en Belgique depuis 2007, les modules utilisés sont assemblés au maximum par 2 ou par 3 soit de 8 m² ou 12 m² (Dumonceau et Gilles, 2012).

Un test pourrait être réalisé en 2016 avec séparation des modules de frayères (actuellement un bloc de 24 m² de frayères) en modules de 8 m² soit 3 frayères flottantes séparées de quelques dizaines de mètres ou sur des emplacements différents.

6.3.2 Natte géosynthétique

Le suivi de 2015 n'a pas étudié le taux de survie des œufs présents sur les frayères. Il semble cependant que l'installation d'une natte géosynthétique, de type Enkamat, en polyamide à structure tridimensionnelle permet d'augmenter le taux de survie des œufs. La structure particulière de cette natte permettrait de retenir les œufs qui sont susceptibles de se décrocher sous l'action des vagues tout en garantissant l'oxygénation de l'œuf (Dumonceau et Gilles, 2012).



Figure 25 : Illustrations d'une natte d'Enkamat (source : Dumonceau et Gilles, 2012) .

6.4 Mise en place d'autres types de frayère - îles flottantes

D'autres types de frayère flottante adaptés aux espèces phytophiles ont été utilisée en Belgique et en France : les îles flottantes ou radeaux végétalisés.

La méthode consiste à faire pousser des végétaux sur une structure flottante ancrée au fond, les racines servant de support pour la ponte des poissons.

Contrairement aux frayères flottantes, le substrat de ponte se trouve en dessous de la structure, à l'abri des rayons lumineux. On peut donc supposer que le colmatage en sera substantiellement amoindri.

Ces frayères artificielles constituent, en plus d'être un substrat favorable au frai, un habitat potentiel pour le développement des alevins et des refuges pour les alevins.



Figure 26 : Illustrations d'un radeau végétalisé avec hélrophytes (source : Dumonceau et Gilles, 2012) .

7 Conclusions et perspectives

Le présent rapport intermédiaire a permis de synthétiser les observations de 2015 sur l'efficacité des frayères artificielles (flottantes et semi-naturelles) utilisées par la FFSP dans le Lac de la Gruyère.

Ces premières observations de 2015 ont ainsi permis de montrer l'intérêt de l'utilisation de ces substrats artificiels ou semi-naturels afin de favoriser la reproduction des poissons phytophiles (voir phyto-lithophiles).

Frayère flottante

La frayère flottante a été colonisée après 2 semaines par des pontes de gardons (entre 15'000 et 25'000 œufs). D'autres pontes de gardon se sont rajoutées entre le 22 avril et le 30 avril 2015 (environ 90'000-100'000 œufs au total). Aucune autre espèce que le gardon n'a déposé de ponte sur ce type de frayère en 2015.

Après le 22 avril 2015, les conditions de colmatage et la montée de la température n'ont pas été favorables à l'implantation d'autre ponte sur ce type de frayère.

Cadres immergés

Les cadres immergés avec des branches de sapin ont permis en 2015 la ponte de :

- Perche (observation des pontes dès le 30 avril);
- Brème (observation de larve le 2 juin 2015).

Arbre immergé

L'arbre immergé a été colonisé par de nombreuses pontes de gardon dès le 30 avril 2015.

Sandre

Malgré la présence de sandre adulte sur la frayère flottante ainsi que sur les cadres, aucune ponte de sandre n'a pu être identifiée de manière sûr (analyses ADN n'ont pas donné de signal pour le sandre).

Adaptations simples

Des adaptations simples pourraient être mise en place en 2016 afin d'augmenter le potentiel de ces frayères pour augmenter leur utilisation par une plus grande diversité d'espèce comme :

- Avancer la période de mise en place de ces structures (1^{ère} mise en place avec des températures inférieures à 10 °C ;
- Augmenter le nombre de frayères semi-naturelles (arbres immergés ou cadre)
- Répartir les différentes frayères semi-naturelles sur plusieurs gammes de profondeur ;
- Prévoir différentes campagnes d'immersion (pour les espèces précoces et plus tardives) afin d'éviter le colmatage et des trop grandes profondeurs ;
- Séparer les modules de la frayère flottante en 2 ou 3 blocs.

Autres améliorations

Selon les résultats futurs du suivi des pontes (prévu en 2016), d'autres améliorations ou d'autres substrats artificiels pourraient être mis en place tels que par exemple :

- Installation d'un natte géosynthétique sur les modules de la frayère flottante afin de mieux retenir les œufs ;
- Mise en place d'une île flottante avec des végétaux (hélrophytes).

7.1 Monitoring 2016

Rappel des objectifs

Le monitoring prévu pour 2016 a pour objectifs principaux de déterminer le succès de la reproduction dans le milieu aquatique et de compléter les investigations de 2015 sur l'utilisation des différents types de frayères artificielles ou semi-naturelles.

Afin de suivre l'évolution des œufs :

- un système de capture des larves devra être mis en place ;
- Une identification par analyse génétique des larves devra être réalisée (ou éventuellement une détermination à l'aide d'une clé d'identification des larves) ;
- un suivi plus fréquent devra être réalisé une fois les pontes déposées sur les frayères.

Larve nouveau-née

Comme observé en 2015, les larves nouveau-nées sont très petites (env. 4 mm pour les brèmes) et sont très difficiles à observer in situ par le plongeur en raison notamment de :

- la baisse de luminosité en profondeur ;
- des particules en suspensions et déposées sur les frayères ;
- la matière organique présente (petits morceaux de bois, feuilles, etc.) ;
- la longueur des larves de certaines espèces (entre 1 et 6 mm à l'émergence)
- les larves se réfugient dans les structures des frayères.

Dès lors, un système de piégeage (fixe ou mobile) pour assurer la capture des alevins, avec un filet à maille de 500 microns (voir aussi figure 27), devra être élaboré par PRONAT en discussion avec le SFF et la FFSP dans la prochaine étape du projet (fin 2015).

Comme présenté ci-dessus, le comptage des larves in situ ne sera vraisemblablement pas possible en raison des difficultés d'observation. Seule une estimation quantitative basée sur le résultat du piégeage pourra être réalisée, bien qu'elle ne pourra tenir compte de facteurs externes telles que la prédation ou le colmatage.



Figure 27 : Illustrations d'un système de piégeage en sac mousticaire (source : Nemry et al., 2007).

Autres investigations

D'autres investigations identiques à 2015 devront aussi être réalisées afin de compléter les 1^{ères} observations et d'identifier les changements éventuels d'espèces utilisant les frayères engendrées par des modifications de conditions abiotiques (climat) ou des modifications apportées sur les systèmes de frayères :

- Observations et comptages des pontes ;
- Echantillonnage et détermination des pontes
- Mesures des paramètres abiotiques (température, conductivité, oxygène dissous, etc.)
- Estimation du colmatage.

8 Bibliographie

DUMONCEAU F. & GILLES J. (2012). Projet d'optimisation de l'efficiencia 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, 140 pp.

GILLET Ch., ROUBAUD P. (1986). Survie embryonnaire précoce de 9 espèces de poissons d'eau douce après un choc de pH appliqué pendant la fécondation ou au cours des premiers stades du développement embryonnaire. *Reproduction Nutrition Développement*, 1986, 26 (6), pp.1319-1333.

MUUS B. & DAHLSTRØM P. (2003). Guide des poissons d'eau douce et de pêche. Delachaux et Niestlé. 224 pp.

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.

SCHLUMBERGER O., CADIC N., ARGILLIER C. & PROTEAU J.P. (2001). Les peuplements piscicoles en lacs : assemblages types et niveaux d'eutrophisation. *Ingénieries – E A T*, p.23 - p.35.

SCHLUMBERGER O., ÉLIE P. (2008). Poissons des lacs naturels français. Ecologie des espèces et évolution des peuplements. Edition Quae.

TOMSON T., CALONNIER E., DUMONCEAU F. (2010). Projet d'optimisation de l'efficiencia 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, 156 pp.

9 Annexes

3093 Frayère artificielle - Lac de la Gruyère
Annexe A - Synthèse des mesures in situ

Type frayère	Date	Coordonnées		Profondeur	Température	Oxygène	Oxygène	pH	Conductivité	Transparence	Colmatage
				[m]	[°C]	[mg/l]	%		[µS/cm]	disque secchi [m]	
Flottante	22.04.15	574486	171125	0.5	11.6	10	98.5	8.47	386	1	Moyen
Flottante	30.04.15	574486	171125	0.3	16.4	11.54	119.9	8.4	356	1	Moyen
				0.6	15.6	11.59	120.1	8.45	362	1	Moyen
Arbre		574468	171054	0.6	15.6	11.59	120.1	8.45	362	1	Faible
Cadre 1		574497	171139	0.6	15.6	11.59	120.1	8.45	362	1	Faible
Flottante	12.05.15	574486	171125	0.4	16.2	12.04	142.5	8.89	340	0.9	Fort
				3.5	11.4	10	98.7	8.63	328		
Arbre		574468	171054	0.4	16.5	13.22	146	8.94	339	1	Fort
				3.5	11.6	10	98.9	8.68	329		
Cadre 1		574497	171139	0.4	16.1	13.4	147.2	8.9	328	0.9	Fort
				3.5	11.2	10	98.2	8.7	335		
Cadre 2		574490	171141	0.4	16.1	13.4	147.2	8.9	328	0.9	Fort
				3.5	11.2	10	98.2	8.7	335		
Flottante	02.06.15	574486	171125	1	16.7	11.09	122.7	8.81	347	0.95	Fort
Arbre		574468	171054	1	16.8	11.19	124.2	8.79	346	1	Fort
				3	16.5	11.08	122.7	8.74	347		
Cadre 1		574497	171139	3	16.4	11.11	122.2	8.61	348	1	Fort
Cadre 2	574490	171141	1	16.7	11.17	124	8.73	346	1	Fort	
Flottante	16.06.15	574486	171125	1	20	11.42	135.4	8.57	323	1	Moyen
				3	17.4	11.06	125.2	8.48	344		
Arbre		574468	171054	1	20.1	11.65	139	8.6	321	0.9	Fort
				3	17.6	11.29	127.9	8.65	344		
Cadre 1		574497	171139	3	17.3	10.96	123.5	8.37	346	1.1	Fort
Cadre 2		574490	171141	1	19.8	11.65	138	8.48	323	1.1	Fort

Annexe B Echelle de colmatage (extrait tiré de Dumonceau et Gilles, 2012)

Echelle	Nom	Illustration	Description
0	Colmatage absent		<p>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.</p>
1	Colmatage léger		<p>Les dépôts sont peu importants et localisés. La couleur du substrat n'est pas altérée (vert).</p>
2	Colmatage moyen		<p>Le colmatage est généralisé à toute la frayère. La structure du substrat est toujours clairement visible mais sa couleur est modifiée (brun-vert).</p>
3	Colmatage		<p>Le colmatage est généralisé à toute la frayère. La structure du substrat est entièrement recouverte et plus difficile à distinguer.</p>
4	Colmatage fort		<p>Le colmatage est généralisé à toute la frayère. La structure du substrat est totalement recouverte et à peine visible.</p>

Species Identification Certificate

Organism Group	<i>Fish</i>
Organisation/Customers	Dominique Fasel PRONAT Conseils SA Kreuzmattstrasse 56 CH-3185 Schmitten
Sample type	Tissue
Sample ID	Species
1	Rutilus rutilus (100%)
2	Rutilus rutilus (100%)
4	Rutilus rutilus (100%)
5	mixed signal (no identification possible)
6	no match in database
7	Rutilus rutilus (100%)
11	mixed signal (no identification possible)

Comment: The analysis is based on a 16S rRNA fragment amplified and sequenced with the primers LCO-1490 and HCO-2198. The species identification was performed using the identification engine BLAST of the NCBI database (www.ncbi.nlm.nih.gov)

Species Identification Certificate

Organism Group	<i>Fish</i>
Organisation/Customers	Dominique Fasel PRONAT Conseils SA Kreuzmattstrasse 56 CH-3185 Schmitten
Sample type	Tissue
Sample ID	Species
11	Abramis brama (100%)

Comment: The analysis is based on the COI fragment amplified and sequenced with the primers LCO-1490 and HCO-2198. The species identification was performed using the identification engine BLAST of the NCBI database (www.ncbi.nlm.nih.gov)

3093 Frayère artificielle - Lac de la Gruyère
Annexe C - Tableau de concordances des échantillons

N° sample ID Laboratoire Ecogenics	Type de frayère	Date de prélèvement
1	Frayère flottante	22.04.15
2	Arbre immergé	30.04.15
4	Frayère flottante	30.04.15
5	Cadre métallique N° 1	30.04.15
6	Frayère flottante	12.05.15
7	Arbre immergé	12.05.15
11	Cadre métallique N° 2	02.06.15