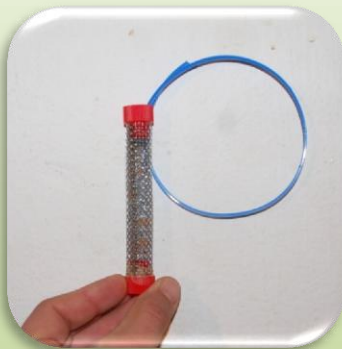


Test d'une étude d'évaluation de la fonctionnalité des frayères à salmonidés par suivi de la « Survie Sous Graviers »

Bassin de la Canche - Année 2016



REMERCIEMENTS

L'objectif de cette étude est d'améliorer notre connaissance et notre compréhension de la fonctionnalité des milieux aquatique pour la vie piscicole, notamment pour la reproduction des salmonidés. Elle n'aurait pu voir le jour sans les conseils et l'aide apporté par différents partenaires :

- La Fédération de Seine Maritime pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique et plus particulièrement la pisciculture Fédérale de Sainte Gertrude. La fourniture de géniteurs de souches Normandes puis d'œufs fécondés, ainsi que le maintien d'un lot témoin en incubation à la pisciculture est une condition indispensable à la mise en place du protocole utilisé dans le cadre de cette étude. Un grand merci pour l'aide et les conseils apportés par le personnel de la pisciculture.
- L'association Loire Grands Migrateurs, leurs conseils pour le choix et la préparation du matériel nécessaire à la réalisation du protocole nous a permis d'aborder cette étude de façon optimale. Merci aux chargés d'études de l'association pour leurs disponibilités et leurs conseils !
- Nous tenons également à remercier les propriétaires privés sur les sites de la Course et de la Ternoise ainsi que les Associations Agréées pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique de Beaurainville et de Saint Pol sur Ternoise, pour nous avoir autorisés à réaliser cette étude sur leurs linéaires de Pêche.
- Enfin, merci aux Gardes Fédéraux de la Fédération du Pas-de-Calais pour la Pêche et la Protection du Milieu aquatique qui ont réalisés des frayères artificielles dignes des plus belles truites de mer de la Canche...

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	1
1.1. Contexte	1
1.2. Mise en place d'une étude d'évaluation de la survie embryonnaire	3
2. MATERIEL ET METHODE	4
2.1. Choix des sites étudiés	4
2.2. Préparation des frayères	6
2.3. Mise en place des sticks hypoxies	8
2.4. Mise en incubation des œufs	9
2.5. Lecture des résultats	11
3. RESULTATS	12
3.1. Réalisation des frayères artificielles et mise en incubation	12
3.2. Conditions hydrologiques et thermiques	13
3.3. Survie à l'éclosion	16
3.4. Lecture des sticks hypoxies	20
4. DISCUSSION	22
4.1. Corrélation entre survie sous graviers et oxygénation du substrat	22
4.2. Maîtrise du protocole	23
5. CONCLUSION	25

1. INTRODUCTION

1.1. Contexte

Le Saumon atlantique (*Salmo salar*) et la Truite de mer (*Salmo trutta trutta*) sont des migrateurs potamotouques qui colonisent tous les ans le bassin de la Canche pour se reproduire. La Truite fario (*Salmo trutta*) est également présente sur l'ensemble du bassin, mais elle effectue l'ensemble de son cycle biologique en eau douce. Espèces lithophiles, ces salmonidés vont se reproduire sur des frayères typiques disponibles en amont des bassins versants, entre les mois de novembre et janvier, où la ponte sera enfouie sous le gravier.



► Figure 1 : A gauche, truite de mer et saumon atlantique. A droite, nid de Grands Salmonidés

L'incubation des œufs sous les graviers des frayères est l'une des phases les plus cruciales du cycle biologique des salmonidés. Les mortalités pendant cette incubation sont essentiellement dues au colmatage des interstices du substrat qui réduisent les apports d'oxygène et l'évacuation des déchets métaboliques, ainsi qu'à la destruction des frayères lors des crues. En effet l'eau circulant dans les interstices apporte l'oxygène nécessaire au développement des œufs. Parfois, ces zones souffrent d'un manque d'oxygène provoqué par la respiration des micro-organismes naturellement présents dans le milieu et associés aux particules fines originaires du bassin versant. Elles proviennent souvent des parcelles agricoles dont le sol reste nu après les récoltes car lors de fortes précipitations, le ruissellement entraîne dans la rivière ces matières fines. Ces dernières colmatent l'espace entre les graviers et entravent la circulation de l'eau, asphyxiant petit à petit les œufs en incubation (BURKHALTER et KAYA, 1977 ; CHAPMAN, 1988 ; LISLE et LEWIS, 1992 ; CRISP, 1993, 1996 ; RUBIN et GLIMSÄTER, 1996 ; INGENDAHL, 2001 ; GUERRIN et DUMAS, 2001 ; TREMBLAY, 2006).

Le bassin de la Canche est caractérisé par une couverture importante des sols agricoles (75%). L'activité agricole est orientée vers la culture des céréales et des plantes sarclées, avec ponctuellement des zones d'élevage. Les forêts occupent une part marginale du bassin, essentiellement sur les versants des collines. L'armature urbaine est constituée par quelques villes qui se sont implantées en bordure de la Canche et de la Ternoise et qui regroupent les quelques industries présentes sur le bassin (Syndicat Mixte de la Canche et de ses Affluents - SYMCEA).

La principale perturbation du bassin de la Canche identifiée par le Plan Départemental pour la Protection du Milieu Aquatique et la Gestion des Ressources Piscicole (FDPPMA 62) et par le Plan de Gestion de la Canche et ses Affluents (SYMCEA) est la dégradation de la qualité physique et chimique de l'eau provoquée par l'érosion des sols agricoles et le lessivage des surfaces imperméabilisées. Ces perturbations se traduisent par des flux massifs de particules fines (minérales et organiques) vers le lit mineur du cours d'eau dont le substrat se colmate (LEFEBVRE, 2007).

Cette problématique est un enjeu majeur du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux du bassin Artois-Picardie qui recommande dans ses orientations fondamentales d' « Adopter une gestion des sols et de l'espace agricole permettant de limiter les risques de ruissellement, d'érosion, et de transfert des polluants vers les cours d'eau, les eaux souterraines et la mer » (Orientation A.4 du SDAGE 2016-2021).



► Figure 2 : Facteurs de perturbations sur la capacité de production en salmonidés sur le bassin de la Canche et exemple d'érosion agricole (FDPPMA 62 et SYMCEA)

L'impact du colmatage sur la qualité des frayères semble se confirmer par les suivis biologiques menés sur le bassin. En effet, des pêches électriques sont réalisées tous les ans à la fin de l'été (Indices d'Abondances) sur des frayères localisées pendant l'hiver, sur lesquelles des nids de ponte de salmonidés sont comptabilisés (FDPPMA 62). Sur certaines frayères particulièrement soumises à ce colmatage, les résultats sont décevants (faibles densités de juvéniles de salmonidés), malgré l'observation de nids de ponte tous les ans.

1.2. Mise en place d'une étude d'évaluation de la survie embryonnaire

Plusieurs études de survie sous graviers d'œufs de truites et de saumons ont été mises en place sur différents bassins salmonicoles ces dernières années (Gave d'Oloron en 2010 et 2011, FDPPMA 64 ; Couesnon en 2010, FDPPMA 35 ; Bassin de l'Allier et de la Vienne depuis 2009, LOGRAMI). Les résultats de ces études ont permis de confirmer qu'un protocole spécifique pouvait être utilisé afin d'étudier les taux de survie d'œufs de salmonidés.

Le principe général consiste à utiliser des œufs de salmonidés fécondés en pisciculture, puis de les mettre en incubation dans des frayères artificielles préalablement préparées dans le cours d'eau étudié (DUMAS et al, 2007). La récupération puis la lecture des œufs au moment de l'éclosion et/ou de l'émergence permet de connaître le taux de survie pendant la phase de développement embryonnaire. Un suivi du niveau d'oxygénation de la frayère est également possible en utilisant la méthode des sticks hypoxies (TREMBLAY, 2006).

Les résultats de ces études ont confirmé l'importance de la bonne oxygénation des frayères pour la survie embryonnaire des salmonidés. Des variations dans les taux de survies peuvent apparaître sur différents secteurs et sur différents axes, notamment en fonction des conditions hydrologiques et thermiques et de la localisation des frayères sur le bassin (gradient amont/aval). Le protocole doit être maîtrisé de façon optimale pendant tout le déroulement de l'étude. En effet, de nombreux biais peuvent exister, depuis le choix des géniteurs qui permettent de féconder les œufs en pisciculture jusqu'au choix des sites pour la réalisation des frayères artificielles, en passant par la mise en incubation des œufs et par la lecture des œufs au bon moment.

La mise en place de ce protocole cette année sur le bassin de la Canche est donc une première année test afin de vérifier la faisabilité d'une telle étude sur les rivières du Pas-de-Calais. Le protocole utilisé est issu et inspiré des études réalisées par les FDPMA d'Ile et Vilaine et de Pyrénées Atlantique, par LOGRAMI et par l'INRA de St-Pée sur Nivelle.

2. MATERIEL ET METHODE

2.1. Choix des sites étudiés

Afin de tester le protocole, le bassin de la Canche est privilégié en raison de la présence d'affluents importants et en raison de sa fréquentation par les trois espèces de salmonidés (Saumon atlantique, Truite de mer et Truite fario).

Cinq sites sont retenus pour l'installation des frayères artificielles. Un site est sélectionné sur l'axe Canche alors que les quatre autres sont situés sur les deux principaux affluents (deux sites sur la Ternoise et deux sites sur la Course).



► Figure 3 : Localisation des sites retenus pour la création de frayère artificielle sur le bassin de la Canche

Des nids de ponte de salmonidés sont régulièrement observés chaque année sur chacun de ces sites et ils sont tous accessibles (plus ou moins difficilement en raison de la présence d'obstacles en aval) aux Grands Salmonidés migrateurs. Chaque site est suivi par une sonde thermique directement installée à proximité de la frayère artificielle. Une station hydrologique est localisée sur chaque axe et permet de connaître les débits pendant la durée de l'étude (Estrée sur la Course, Brimeux sur la Canche et Hesdin sur la Ternoise).



► *Figure 4 : Exemple de site retenu sur la Ternoise (Monchy Cayeux)*



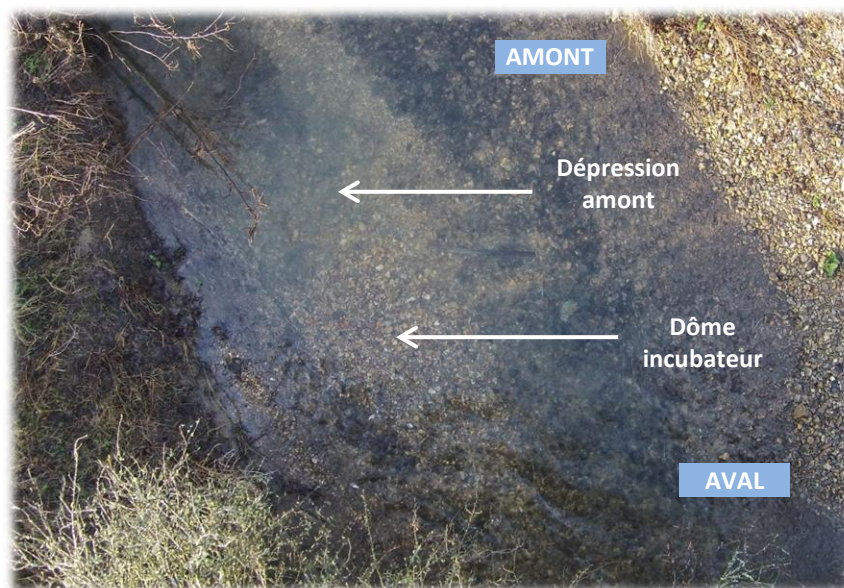
► *Figure 5 : Exemple de site retenu sur la Course (Recques sur Course)*

2.2. Préparation des frayères

Sur chaque site, une frayère artificielle de Grands Salmonidés est réalisée en reproduisant de manière la plus exhaustive possible, une frayère naturelle. Les œufs fécondés seront mis en incubation dans ces frayères artificielles, afin de reproduire de façon la plus naturelle possible cette phase du cycle biologique des salmonidés.

Une frayère naturelle de Grands Salmonidés est une zone d'un à quelques mètres carrés allongée dans l'axe du courant. Elle se situe le plus souvent dans quelques dizaines de centimètres d'eau à la limite amont d'un faciès d'écoulement rapide. Elle est constituée d'un dôme de graviers et de cailloux sous lequel se trouvent plusieurs poches d'œufs à une profondeur de 5 à 25 cm sous le substrat. Ces poches correspondent à autant de dépressions creusées par la femelle de l'aval vers l'amont, puis remblayées après chaque ponte. Le substrat de la frayère se trouve ainsi débarrassé d'une grande partie des éléments les plus fins (< 2 mm) pour une meilleure circulation de l'eau, véhiculant l'oxygène nécessaire au développement des œufs. Elle se termine en amont par une dépression non remblayée plus large que celles des poches d'œufs.

La morphologie caractéristique de la frayère (dépression suivie d'un dôme) ainsi que sa structure granulométrique favorisent la pénétration et la circulation de l'eau dans les interstices du substrat et donc l'apport d'oxygène nécessaire au développement des embryons puis des larves (LANGE et al, 2006).



► Figure 6 : Exemple de frayère naturelle de Grands Salmonidés observée pendant l'hiver 2016/2017

Les frayères artificielles sont réalisées à l'aide de crocs et de râteaux, en s'aidant du courant pour chasser les particules fines comme le ferait une femelle sur une frayère naturelle. Pour simuler une frayère de Grands Salmonidés, une première cavité d'environ 20 cm de profondeur est creusée en aval. Puis toujours en procédant de la même manière, on creuse vers l'amont, le substrat remué remblayant la cavité en aval et ce sur une distance d'environ 2 m. Elle se présente alors avec un creux en amont suivi d'un dôme en aval.



► Figure 7 : Préparation d'une frayère artificielle sur la Ternoise (Tilly Capelle)

Sur chaque frayère artificielle créée, 10 tubes PVC de 20 cm de long (destinés à recevoir des capsules contenant les œufs fécondés) sont implantés dans les dômes incubateurs. Ils sont placés au moyen d'une barre métallique pointue sur laquelle le tube PVC est enfilé et retenu par un anneau butoir. Une fois enfoncée dans le substrat à la profondeur souhaitée (jusqu'au butoir), la barre métallique est soigneusement retirée en prenant soin de ne pas déloger le tube implanté. Le tube est immédiatement bouché avec de la patte à fixe, afin d'éviter tout dépôt à l'intérieur avant la mise en place des capsules d'incubation (mise en place des capsules d'incubation le lendemain).



► Figure 8 : Mise en place des tubes PVC sur une frayère artificielle

Afin d'apprécier les caractéristiques granulométriques générales des frayères artificielles, une évaluation visuelle issue du protocole de détermination de MALAVOI & SOUCHON (1989) est réalisée sur chaque site. La granulométrie principale et secondaire est déterminée. La surface totale du dôme incubateur est également renseignée, ainsi que la profondeur d'eau moyenne à la surface du dôme.



► Figure 9 : Estimation visuelle de la composition granulométrique des frayères artificielles

2.3. Mise en place des sticks hypoxies

La présence d'oxygène dans le substrat des frayères est primordiale pour assurer le bon développement des œufs. Ce paramètre peut se mesurer avec une méthode simple qui consiste à enfoncer dans le sédiment une baguette en bois de 30 cm de longueur (« stick hypoxie »). L'utilisation du "stick hypoxie" est facile à mettre en œuvre et son prix de revient reste modeste (TREMBLAY, 2006).

Introduit perpendiculairement dans le sédiment, le stick hypoxie sert de support bactérien. La durée minimale d'exposition pour que les bactéries se développent sur le support est de trois semaines. Lorsque la concentration en oxygène dissous est en dessous de 2 mg/l, des bactéries anaérobies se développent et teintent le bois en gris. En effet, en l'absence d'oxygène, certaines bactéries oxydent des minéraux dissous, ce qui les fait précipiter tachant le bois. A l'inverse, en présence d'oxygène les bactéries respirent normalement laissant au bois sa couleur originelle. La profondeur de noircissement et/ou le nombre et l'importance de tâches permettent au bout de la période d'incubation, d'observer le niveau d'oxygénation de la frayère.

Les sticks hypoxies utilisés sont des baguettes en pin non traités de 30 cm de long et de 1 cm de côté. Ils sont confectionnés avec un fil électrique de repérage qui permet de retrouver facilement le stick le jour de la lecture.

5 sticks sont implantés directement dans le dôme incubateur des frayères artificielles, dans le périmètre qui a donc été décolmaté. 5 autres sticks sont implantés aux alentours de la frayère artificielle, dans la zone qui n'a pas été décolmatée. L'installation des sticks se fait à l'aide d'un tube guide de diamètre légèrement supérieur à celui de la barre à mine. L'ensemble barre à mine et tube guide est enfoncé dans le substrat avec une masse. La barre à mine est ensuite retirée du tube guide mais ce dernier est laissé en place. Le stick est alors introduit dans le tube guide et poussé au fond avec la barre à mine. Le tube peut alors être retiré et le stick hypoxie est alors implanté.



► Figure 10 : Mise en place des sticks hypoxies

2.4. Mise en incubation des œufs

Les œufs fécondés sont obtenus à partir de truites fario de souches Normandes, élevées à la pisciculture de Sainte-Gertrude (Pisciculture Fédérale de la Fédération de Seine-Maritime pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique). Les ovules et la laitance sont récupérés sur une femelle et deux mâles.

Après gonflement et durcissement (30 minutes après la fécondation), les œufs sont placés dans des capsules d'incubation. Les capsules d'incubation sont constituées de crépines en inox de 9 cm de long et de 1,4 cm de diamètre.

Des billes de verre de 0,5 cm de diamètre sont disposées entre les œufs, afin d'éviter une mobilité de ces derniers dans la capsule et leur agglomération. Les capsules sont fermées à chaque extrémité par un bouchon en plastique amovible. Un fil plastique de couleur est collé sur une des extrémités pour servir de repère dans la frayère et faciliter l'extraction des capsules à la fin de la période d'incubation.

Dix œufs sont placés par capsule d'incubation et dix capsules (soit 100 œufs) seront implantées dans chaque frayère artificielle. Les capsules sont ensuite disposées dans une glacière remplie d'eau fraîche puis transportées dans les heures qui suivent jusqu'aux frayères artificielles qui ont été réalisées la veille sur le bassin de la Canche. Une fois sur site, les capsules incubatrices contenant les œufs sont introduites dans les tubes PVC installés dans chacune des frayères artificielles. Le tube PVC est ensuite délicatement retiré. La phase d'incubation dans la frayère artificielle peut alors débuter.



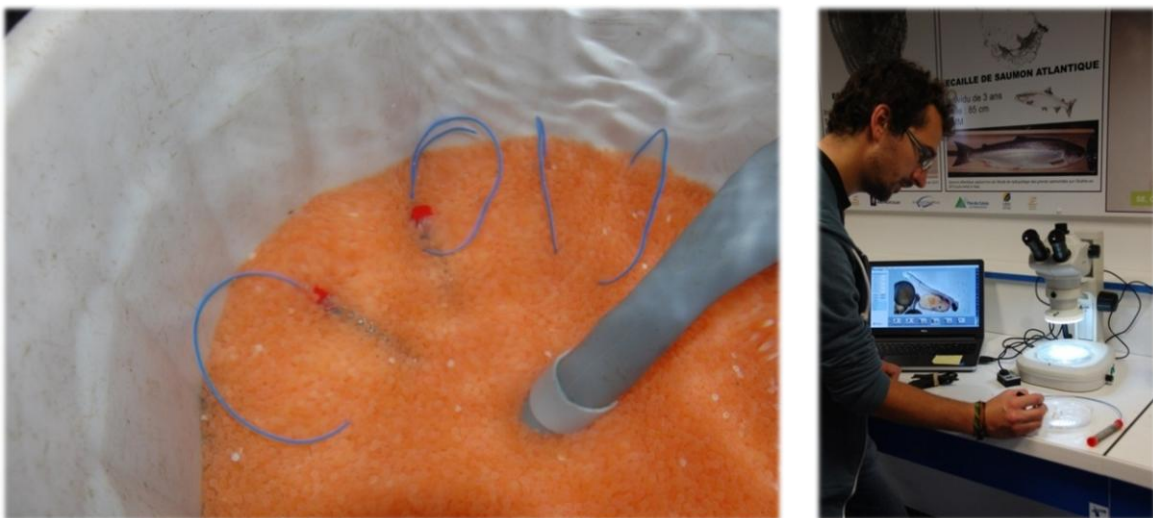
► Figure 11 : Photos du haut, mise en place des œufs fécondés dans les capsules
Photos du bas, transport en glacière et mise en incubation dans une frayère artificielle

2.5. Lecture des résultats

L'éclosion des œufs de truites intervient à approximativement 410 °J. Les degrés-jours (°J) sont calculés simplement par la température moyenne enregistrée pendant une journée. Les 410 °J correspondent par exemple à une eau de 10°C pendant 41 jours (10x41) ou à une eau de 5°C pendant 82 jours (5x82). La température de l'eau est un paramètre décisif pour le développement des œufs et doit rester comprise entre 1°C et 12°C, avec un optimum vers 6°C (ALABASTER et LLOYD, 1980 ; ELLIOTT, 1981).

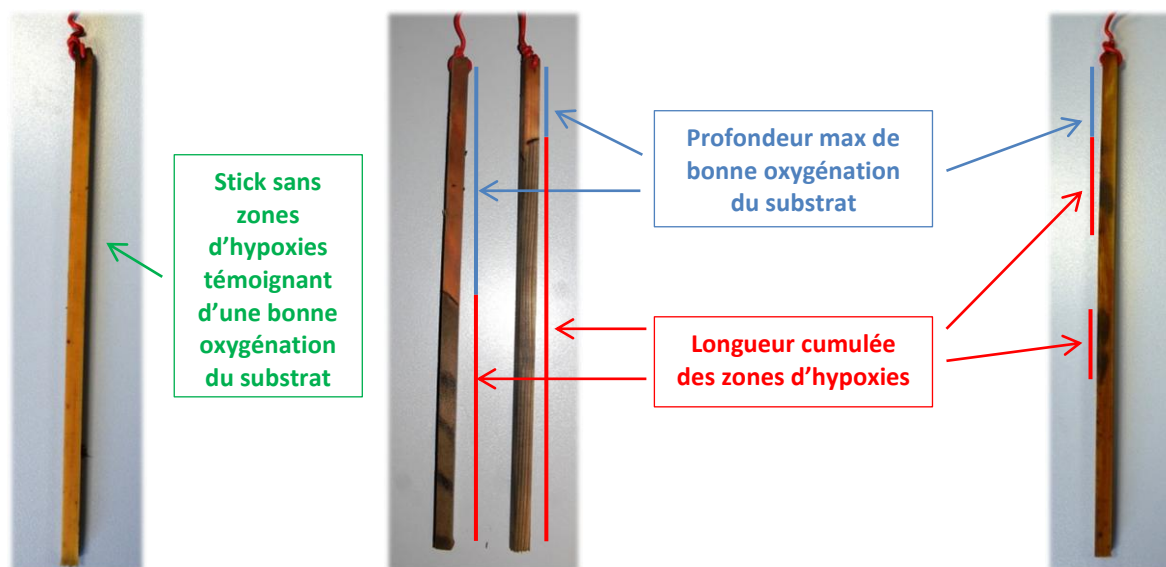
Afin de pouvoir observer le taux d'éclosion dans chaque capsule, un suivi rigoureux des sondes températures installées sur les frayères est mené pendant toute la durée d'incubation. Environ 2 ou 3 jours avant l'atteinte des 410°J après fécondation, les capsules sont retirées des frayères artificielles et transportées jusqu'au siège de la FDPPMA 62, pour une lecture sous loupe binoculaire. Le nombre d'œufs éclos (présence de larve) et d'œufs prêts à éclore (oeillage et développement apparent) sera comparé au nombre d'œufs non viables, « blancs » (œufs opaques) et en cours de décomposition.

Un lot témoin de 100 œufs (10 capsules) issus de la même ponte que celle utilisée pour les frayères artificielles, est maintenu en incubation à la pisciculture de Sainte- Gertrude. Ce lot va permettre d'observer le taux d'éclosion optimal espéré avec des conditions d'incubation parfaitement maîtrisées et à partir des mêmes géniteurs et donc du même potentiel génétique. Un taux de fécondation pourra ainsi être obtenu et les résultats dans les frayères artificielles seront corrigés par ce taux.



► Figure 12 : Lot témoin en incubation à la pisciculture Fédérale et lecture des œufs à l'éclosion

Les sticks hypoxies sont retirés le même jour que les capsules d'incubation et une lecture est directement effectuée en Fédération. Deux paramètres sont relevés pour chaque stick, la profondeur moyenne d'oxygénation du substrat (moyenne de la profondeur des 4 côtés du stick avec une couleur originelle du bois) et la longueur cumulée des zones d'hypoxies (moyenne de la longueur des tâches colorées des 4 côtés du stick).



► Figure 13 : Lecture des sticks hypoxies

3. RESULTATS

3.1. Réalisation des frayères artificielles et mise en incubation

Les frayères artificielles ont toutes été réalisées le 02 novembre 2016. En moyenne, les dômes ainsi créés pour l'incubation présentait une surface de 2,2 m² sous une profondeur d'eau d'environ 24 cm. La granulométrie était principalement constituée de cailloux (16 à 64 mm) et de graviers (2 à 16 mm).

► Tableau I : Caractéristiques des frayères artificielles

Site	Cours d'eau	Surface d'incubation	Granulométrie principale	Granulométrie secondaire	Profondeur d'eau moyenne sur le dôme incubateur
Beurainville	Canche	1,9 m ²	Caillou grossier	Caillou fin	25 cm
Recques sur Course	Course (aval)	2,2 m ²	Caillou grossier	Gravier fin	23 cm
Beussent	Course (amont)	2 m ²	Caillou grossier	Gravier grossier	11 cm
Tilly Capelle	Ternoise (aval)	2,6 m ²	Caillou fin	Gravier fin	38 cm
Monchy Cayeux	Ternoise (amont)	2,2 m ²	Caillou fin	Caillou grossier	25 cm
		MOY = 2,2 m ²			MOY = 24 cm

Lors de la création des frayères, cinq sticks hypoxies ont été disposés dans le dôme incubateur et cinq autres aux alentours du dôme, dans une zone non-décolmatée.

Les œufs ont été fécondés et disposés dans les capsules à la pisciculture le matin du 03 novembre 2016 et mis en incubation quelques heures plus tard dans les frayères artificielles préparées la veille (entre 3 et 6 heures après la fécondation).

Les paramètres physico-chimiques de l'eau ont été enregistrés sur chaque frayère lors de la mise en place des capsules d'incubation le 03 novembre 2016 :

- Température de l'eau : Entre 9,3 °C et 10,2 °C.
- Oxygène dissous (mg/l) : Entre 12,6 mg/l et 14,2 mg/l.
- Oxygène dissous (saturation en %) : Entre 113 % et 124 %.
- pH : Entre 7,5 et 7,9.

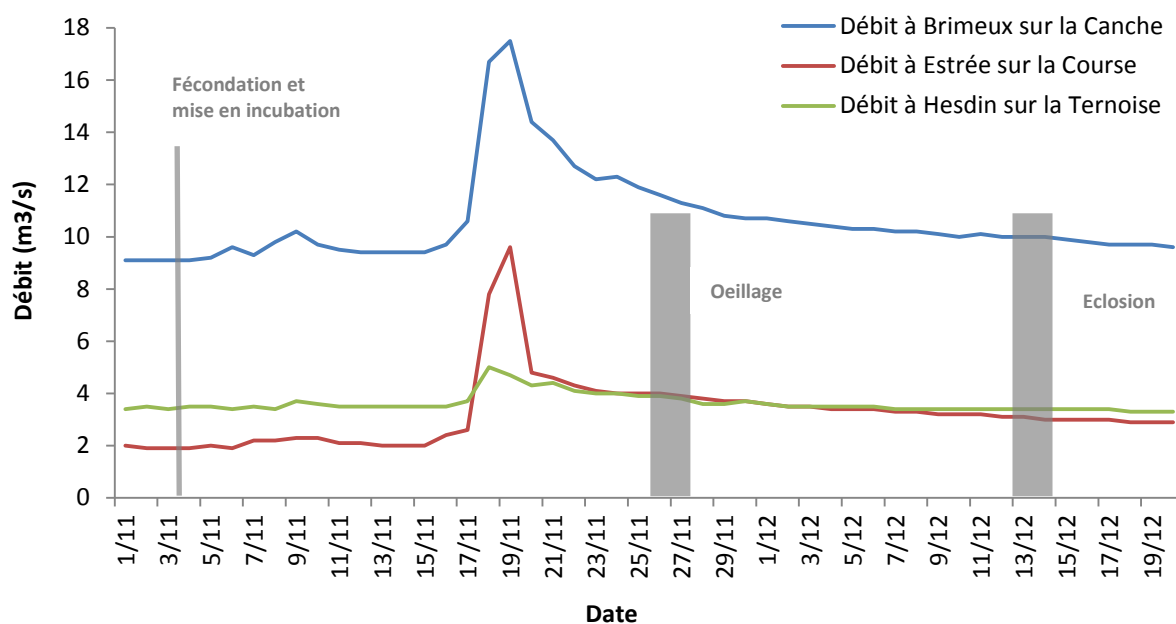
3.2. Conditions hydrologiques et thermiques

● Le débit :

L'alimentation du bassin de la Canche est soutenue par les échanges importants avec la nappe de la craie. Cette particularité explique la relative stabilité des débits et des écarts saisonniers peu élevés.

Le débit interannuel moyen enregistré à la station hydrologique de Brimeux sur la Canche est de 12,1 m³/s (moyenne 1964/2016). Il est de 4,5 m³/s sur la Ternoise à Hesdin (moyenne 1969/2016) et de 3,2 m³/s sur la Course à Estrée (moyenne 2014/2016).

Les fortes précipitations entraînent un ruissellement sur le bassin de la Canche qui se traduit par une augmentation des débits. Ce ruissellement entraîne dans la rivière les matières fines, qui colmatent les frayères. De plus, l'augmentation brutale des débits peut entraîner des chocs physiques (mobilité du substrat, destruction des frayères) qui sont fatals avant l'oeillage des œufs, qui intervient environ 220 °J après la fécondation (BARDONNET et BAGLINIÈRE, 2000 ; CRISP, 1996).



► Figure 14 : Débits enregistrés sur le bassin de la Canche pendant l'étude de Survie Sous Gravier 2016

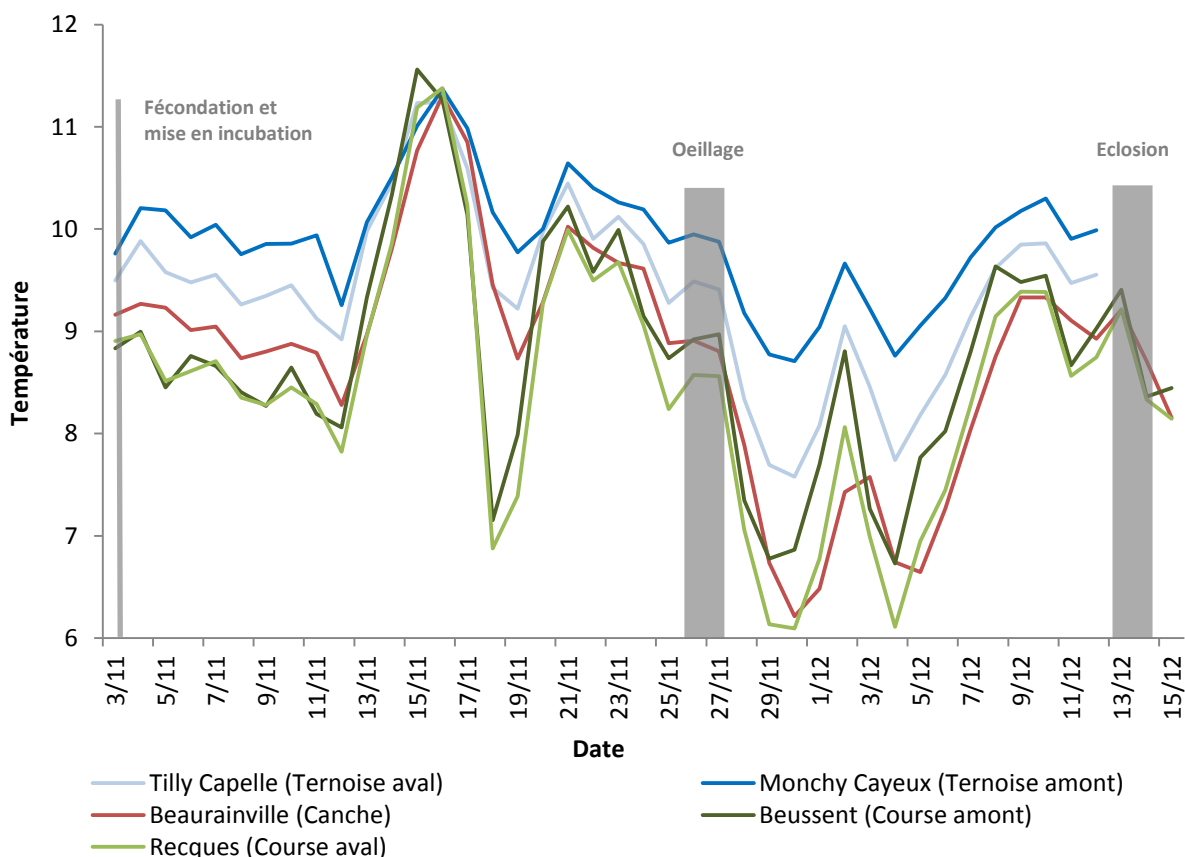
- Sur la Ternoise : Les débits moyens enregistrés pendant la phase d'incubation laissent apparaître peu de variation sur le bassin de la Ternoise. Le faible ruissèlement n'a donc pas favorisé l'apport de matières en suspension sur les frayères situées sur cet axe (sites de Tilly Capelle et Monchy Cayeux) et laisse suggérer qu'elles ont été peu soumises au colmatage.

- Sur la Canche : Les débits enregistrés sur la Canche ont pu avoir un impact relatif sur la frayère de Beaurainville, favorisant l'apport de matières en suspension vers les frayères. En effet une augmentation de débit de $10,6 \text{ m}^3/\text{s}$ à $17,5 \text{ m}^3/\text{s}$ a été enregistrée sur la Canche entre le 17 et le 19 novembre (maximum instantané de $20 \text{ m}^3/\text{s}$ le 18 novembre 2016). Ces valeurs sont régulièrement observées pendant l'hiver à la station de Brimeux et ne se caractérisent pas comme un régime de crue particulier (débit de crue biennale = $20 \text{ m}^3/\text{s}$).

- Sur la Course : Enfin sur la Course, les augmentations de débits ont été les plus marquées. Le débit est passé de $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$ à $9,6 \text{ m}^3/\text{s}$ entre le 17 et le 19 novembre, avec un maximum instantané de $13,1 \text{ m}^3/\text{s}$ enregistré le 18 novembre. Il s'agit de la plus forte valeur de débit enregistrée à la station d'Estrée sur la Course depuis sa mise en fonctionnement en 2014. Cette augmentation rapide du débit a probablement entraîné un taux élevé de matières en suspension dans la Course (favorisant le colmatage) et a également pu favoriser la remobilisation du substrat (favorisant les chocs physiques des œufs, avant l'oeillage).

● **La température :**

Les températures ont été rigoureusement suivies sur chaque site grâce aux sondes d'enregistrement. La température est un élément essentiel afin de suivre l'évolution du développement embryonnaire (oeillage à environ 220°J et éclosion à environ 410 °J).



► Figure 15 : Températures moyennes enregistrées sur les différents sites

Globalement, on observe que la température moyenne enregistrée sur la Ternoise pendant l'incubation est légèrement supérieure à celles observées sur la Canche et la Course. La température moyenne est de 9,6°C sur la Ternoise (9,4°C à Tilly Capelle et 9,9°C à Monchy Cayeux), de 8,8°C sur la Canche à Beaurainville et de 8,6°C sur la Course (8,5°C à Recques et 8,8°C à Beussent).

La température de l'eau est restée relativement élevée pendant les mois de novembre et décembre 2016. Des valeurs maximales importantes ont été enregistrées le 16 novembre notamment sur la Course et ont approché le seuil considéré comme léthal (environ 12°C) pour la survie des œufs de truites.

Des valeurs maximales de 11,9°C (Recques) et de 12,3°C (Beussent) ont ainsi été enregistrées sur la Course. La valeur maximale a atteint 11,4°C sur la Canche à Beaurainville et des valeurs de 11,5°C ont été enregistrées à Tilly Capelle et Monchy Cayeux sur la Ternoise.

Des suivis thermiques menés par la FDPPMA 62 depuis 2012 sur la Canche puis sur la Ternoise en 2015, indiquent que la température de l'eau n'avait jamais dépassée 11°C au mois de novembre et décembre. La température de l'eau pour l'année 2016 au mois de novembre et décembre a donc été légèrement plus importante que ces dernières années.

3.3. Survie à l'éclosion

● Le lot témoin à la pisciculture de Sainte Gertrude :

La température d'incubation des œufs à la pisciculture de Sainte Gertrude est stable à 10,5°C. Le suivi de l'échantillon témoin (ponte issue des mêmes géniteurs) par le pisciculteur nous a permis d'obtenir les résultats suivants :

► *Tableau II : Résultats du suivi du lot témoin à la pisciculture*

	Date	°J
Fécondation des œufs	03/11/2016	0 °J
Oeillage	27/11/2016	Environ 240°J
Premières éclosions	09/12/2016	Environ 390 °J
Lecture du lot témoin	12/12/2016	Environ 410 °J

	Œufs éclos et larves vivantes	Œufs éclos et larves mortes	Œufs en cours d'éclosion	Œufs non viables	Total œufs
Lot témoin pisciculture FD 76	41	4	26	23	94

Le taux de survie à l'éclosion pour le lot témoin est donc de **75,5 %**. Ce taux est jugé satisfaisant et les 23 œufs non viables sont interprétés comme des œufs « non-fécondés » étant donné que les conditions d'incubation ont été optimales en pisciculture. Nous pouvons donc affirmer que chaque œuf fécondé par les mêmes géniteurs a une probabilité de 0,755 d'être fécondé. Dans le calcul des taux de survie, seuls 75,5% des œufs classés comme « blancs » seront donc considérés, afin de ne pas sous évaluer la survie des œufs et de ne prendre en compte que les œufs réellement fécondés.

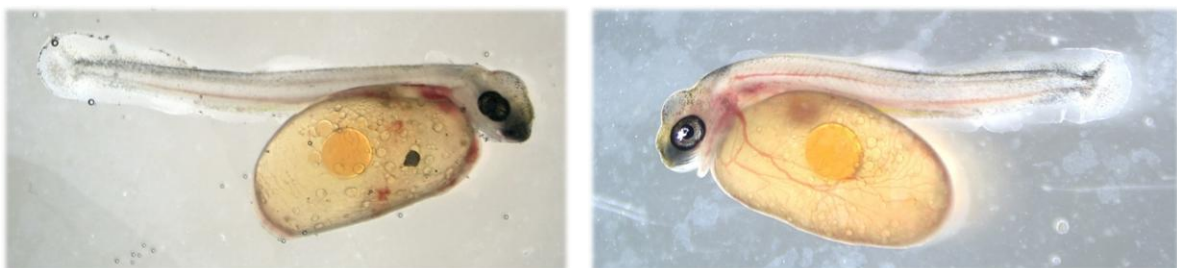
● **Les capsules d'incubation dans les frayères artificielles :**

Les capsules d'incubations sont récupérées quelques jours avant l'atteinte des 410 °C correspondant théoriquement à l'éclosion. Elles sont transportées dans une glacière remplie d'eau jusqu'à la FDPMA 62 où la lecture est immédiatement effectuée. Les capsules des sites localisés sur la Ternoise sont retirées le 13 décembre 2016 et celles des sites situés sur la Canche et la Course sont retirées le 16 décembre 2016.

► *Tableau III : Résultats du suivi thermique sur les frayères artificielles*

Site	Date de mise en incubation	T°C MOY pendant l'incubation	T°C MIN pendant l'incubation	T°C MAX pendant l'incubation	Date de lecture des œufs	°J accumulés
CANCHE						
Beurainville	03/11/2016	8,8 °C	6 °C	11,4 °C	16/12/2016	377 °J
TERNOISE						
Tilly Capelle	03/11/2016	9,4 °C	7,1 °C	11,5 °C	13/12/2016	376 °J
Monchy Cayeux	03/11/2016	9,9 °C	8,3 °C	11,5 °C	13/12/2016	396 °J
COURSE						
Recques	03/11/2016	8,5 °C	5,3 °C	11,9 °C	16/12/2016	365 °J
Beussent	03/11/2016	8,8 °C	5,5 °C	12,3 °C	16/12/2016	377 °J

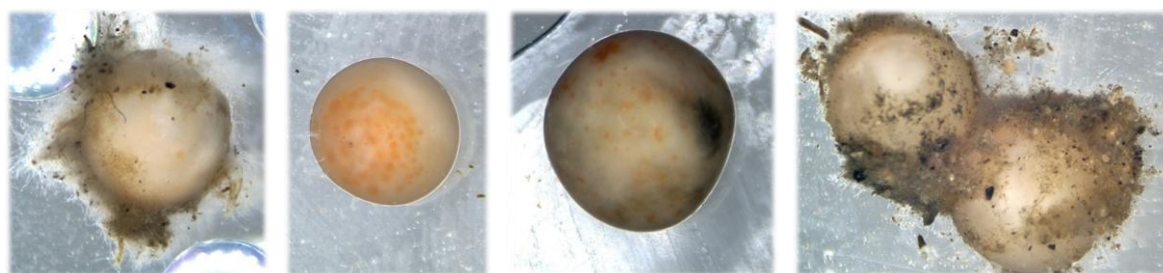
La lecture des œufs effectuée sous loupe binoculaire a permis de différencier plusieurs états de développement des œufs. Les œufs éclos avec présence de larves, les œufs non éclos mais considérés vivants (en cours de développement et prêts à éclore) et enfin les œufs non viables ou blancs. Les œufs éclos et vivants non éclos sont considérés comme « Survie à l'éclosion » et les œufs non viables et blancs comme « Non survie ».



► *Figure 16 : Œufs éclos et alevins vivants*



► *Figure 17 : Œufs non éclos vivants et œufs en cours d'éclosion*



► Figure 18 : Œufs morts et blancs indéterminés

Toutes les capsules d'incubation ont pu être récupérées sur les sites de Beussent, Beaurainville et Tilly Capelle. Une capsule n'a pas pu être récupérée sur le site de Recques et une sur le site de Monchy Cayeux. Enfin, certaines capsules ne contenaient pas exactement 10 œufs (erreur jusqu'à + 2 œufs pour une capsule).

Des survies à l'éclosion n'ont pu être observées que sur deux frayères artificielles sur les cinq. Seuls les sites de Monchy Cayeux et de Beaurainville ont en effet permis d'observer des larves et des œufs vivants et/ou en cours d'éclosion. Sur les autres sites, les œufs étaient tous non viables et/ou blancs, ou en cours de décompositions.

► Tableau IV : Résultats de la lecture des œufs pour les frayères artificielles

	Œufs éclos et larves vivantes	Œufs éclos et larves mortes	Œufs non éclos vivants	Œufs non éclos non viables ou blancs indéterminés	Total œufs
Recques (Course aval)	0	0	0	91	91
Beussent (Course amont)	0	0	0	101	101
Beaurainville (Canche)	3	0	25	66	94
Tilly Capelle (Ternoise aval)	0	0	0	105	105
Monchy Cayeux (Ternoise amont)	21	2	10	56	89

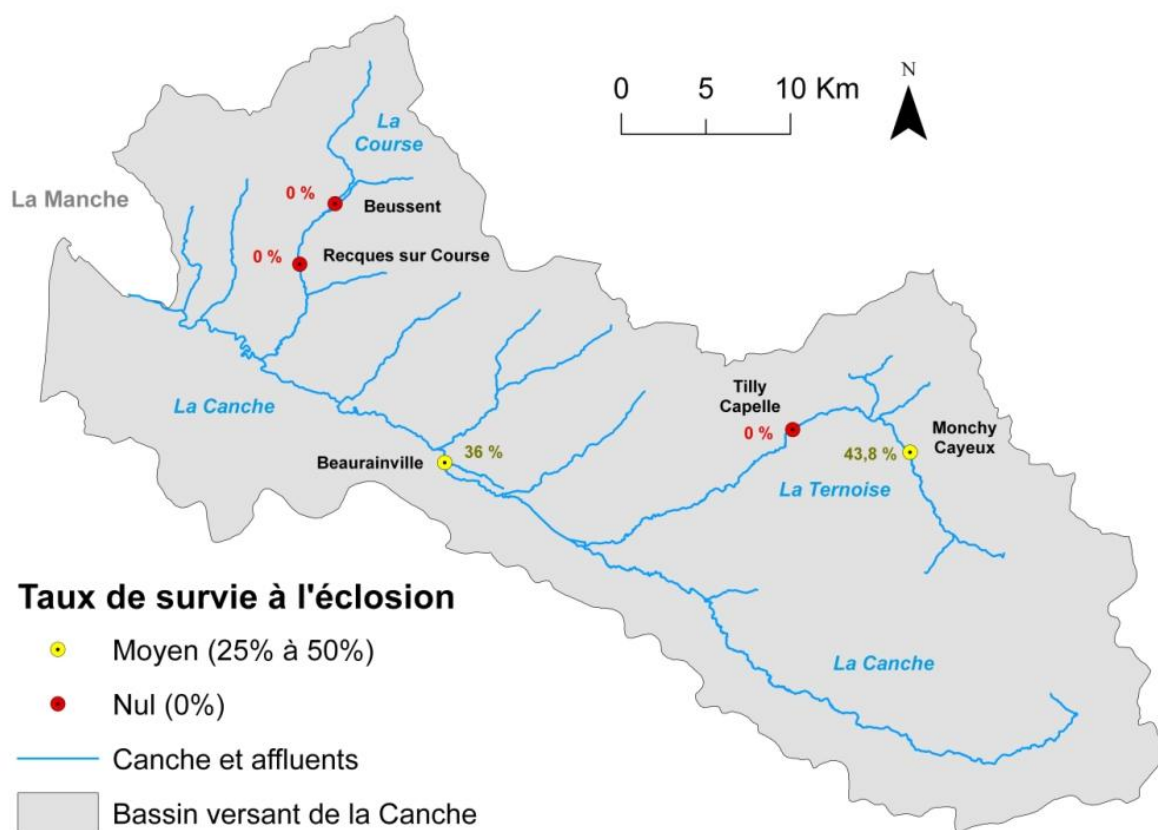
Au vu des larves déjà présentes et des œufs non éclos mais vivants comptabilisés pendant la lecture, nous pouvons considérer que la date de lecture des œufs du site de Monchy Cayeux a été optimale puisque 23 larves étaient présentes pour seulement 10 œufs vivants non éclos ou en cours d'éclosion. La lecture du site de Beaurainville aurait pu être légèrement plus tardive puisque seulement 3 œufs avaient déjà éclos et que 25 œufs étaient vivants et encore non éclos. Ces observations se confirment par les données de températures enregistrées, étant donné que nous avons atteint 396°J pour le site de Monchy Cayeux et seulement 377°J pour Beaurainville.

Rapporté au taux de fécondation obtenu par le lot témoin à la pisciculture, le taux de survie à l'éclosion pour les frayères artificielles est donc **nul** pour les sites de la Course et pour celui de Tilly Capelle. Les taux de survies sont de **36%** pour le site de Beaurainville et enfin de **43,8%** pour celui de Monchy Cayeux sur la Ternoise.

► *Tableau V : Résultats de la survie à l'éclosion pour les frayères artificielles*

	Taux de survie brut	Taux de survie avec probabilité de fécondation des œufs de 0,755 (cf. lot témoin)
Recques (Course aval)	0,0%	0,0%
Beussent (Course amont)	0,0%	0,0%
Beaurainville (Canche)	29,8%	36,0%
Tilly Capelle (Ternoise aval)	0,0%	0,0%
Monchy Cayeux (Ternoise amont)	37,1%	43,8%

Les taux de survies observés sur les deux sites de la Course sont donc nuls, ainsi que ceux observés sur le site de Tilly Capelle. Les taux de survies sur les sites de Monchy Cayeux et de Beaurainville sont eux considérés comme « Moyen », avec un résultat néanmoins plus intéressant sur le site de la Ternoise que sur celui de la Canche. Plusieurs éléments peuvent expliquer ces résultats contrastés et sont commentés dans la partie « 4. DISCUSSION ».



► *Figure 19 : Bilan cartographique du résultat de la survie*

3.4. Lecture des sticks hypoxies

Les sticks hypoxies ont été lus le même jour que les œufs (le 13 décembre pour les sites de la Ternoise et le 16 décembre pour les autres) soit après 40 et 43 jours sur les sites. Tous les sticks sur tous les sites ont pu être récupérés.

Cinq sticks étaient disposés dans les dômes incubateurs (zone décolmatée lors de la préparation des frayères artificielles) et cinq sticks aux alentours du dôme incubateur (zone non décolmatée).

Les résultats de la lecture des sticks disposés dans les dômes incubateurs (5 par site) sont détaillés ci-après :

► Tableau VI : Résultats de la lecture des sticks hypoxies installés dans les dômes incubateurs

	PRONFONDEUR D'OXYGENATION (cm)			LONGUEUR CUMULEE D'HYPOXIE (cm)		
	MINIMUM	MOYENNE	MAXIMUM	MINIMUM	MOYENNE	MAXIMUM
Recques (Course aval)	7,6	19,6	29,4	0,6	6,8	17,5
Beussent (Course amont)	13,9	24,7	30,0	0,0	2,8	6,1
Beurainville (Canche)	20,8	26,2	30,0	0,0	1,8	5,1
Tilly Capelle (Ternoise aval)	23,3	27,8	30,0	0,0	1,4	4,4
Monchy Cayeux (Ternoise amont)	28,9	29,8	30,0	0,0	0,2	1,2

Les résultats obtenus à l'échelle des axes montrent un problème d'oxygénation des frayères artificielles sur le bassin de la Course, notamment sur le site de Recques (le plus en aval) qui enregistre les profondeurs d'oxygénation les moins importantes et les longueurs cumulées d'hypoxie les plus importantes. Ce constat peut s'expliquer par la hausse du débit important et assez brutal observé sur la Course au mois de novembre, qui a favorisé le transport de sédiments.

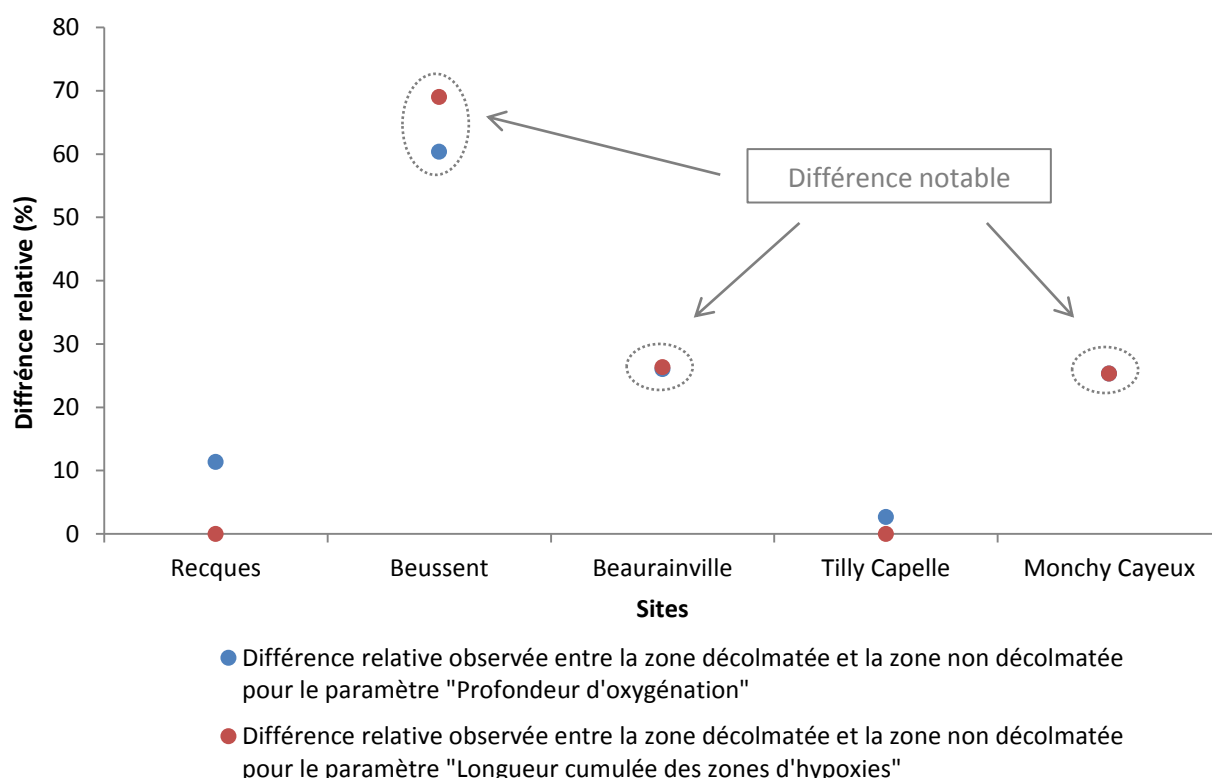
Les sites sur les axes Ternoise et Canche ont semblé moins soumis à ces problèmes d'oxygénation. Le site de Monchy Cayeux enregistre les meilleurs résultats en termes d'oxygénation de la frayère avec quasiment aucunes zones d'hypoxies.

Les résultats de la lecture des sticks disposés hors des dômes incubateurs (5 par site) et donc dans des zones non décolmatées, sont détaillés ci-après :

► *Tableau VII : Résultats de la lecture des sticks hypoxies installés hors des dômes incubateurs*

	PRONFONDEUR D'OXYGENATION (cm)			LONGUEUR CUMULEE D'HYPOXIE (cm)		
	MIN	MOYENNE	MAX	MIN	MOYENNE	MAX
Recques (Course aval)	15,3	23,0	30,0	0,0	6,8	14,7
Beussent (Course amont)	2,3	6,6	9,3	20,8	23,5	27,7
Beurainville (Canche)	6,1	18,4	30,0	0,0	9,7	24,0
Tilly Capelle (Ternoise aval)	26,5	28,6	30,0	0,0	1,4	3,6
Monchy Cayeux (Ternoise amont)	5,7	22,2	30,0	0,0	7,8	24,3

En comparant les résultats obtenus par la lecture des sticks dans les dômes incubateurs et hors des dômes incubateurs, on observe des différences marquées pour 3 sites (Beussent, Beurainville et Monchy Cayeux), que ce soit au niveau de la profondeur d'oxygénation moyenne ou de la longueur cumulée des zones d'hypoxies. L'effet du décolmatage réalisé lors de la réalisation des frayères artificielles, comme le ferait une femelle salmonidé, a donc semblé indispensable pour la bonne oxygénation de ces 3 sites.



► *Figure 20 : Différences relatives observées sur l'oxygénation des sticks placés dans les dômes incubateurs et hors des dômes incubateurs*

4. DISCUSSION

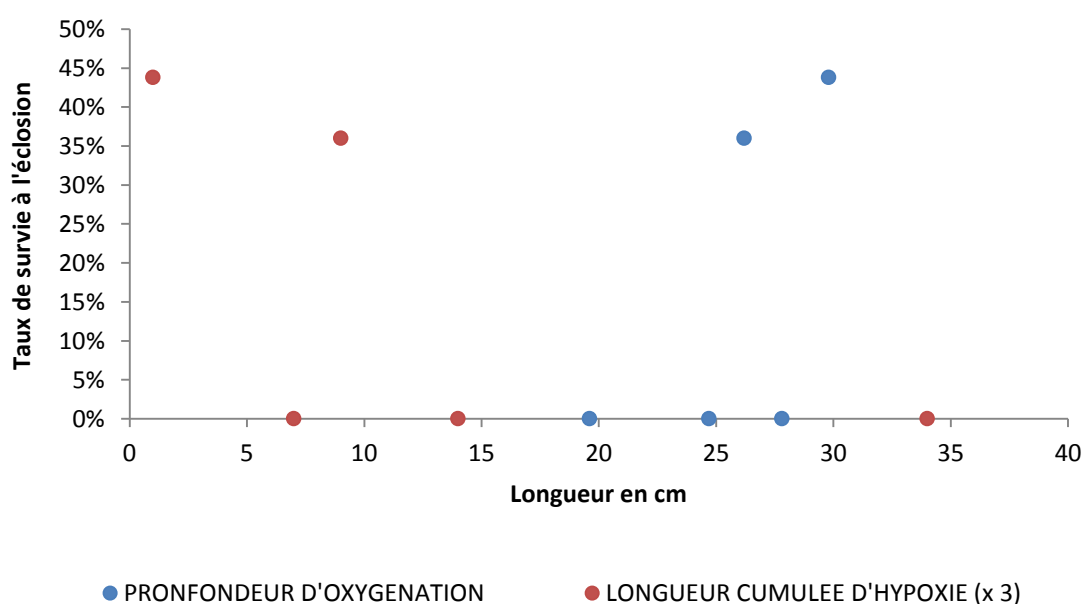
4.1. Corrélation entre survie sous graviers et oxygénation du substrat

Les résultats de la survie à l'éclosion et de l'oxygénation du substrat sont trop peu nombreux et peu robustes lors de cette première année « test », pour établir des corrélations fiables et interpréter des tendances (voir figure 21).

Cependant, on note toutefois que le site où le meilleur taux de survie a été observé (frayère de Monchy Cayeux) est aussi celui où pratiquement aucun manque d'oxygénation n'a été observé. De même, la frayère de Beaurainville, où des taux de survie ont été observés, est restée relativement bien oxygénée. Enfin à l'inverse, la frayère de Recques a subi une forte anoxie et le taux de survie observé est nul.

► *Tableau VII : Synthèse des données de survie à l'éclosion et d'oxygénation*

	TAUX DE SURVIE (%)	PRONFONDEUR D'OXYGENATION	LONGUEUR CUMULEE D'HYPOXIE
Recques (Course aval)	0,0%	19,6	6,8
Beussent (Course amont)	0,0%	24,7	2,8
Beaurainville (Canche)	36,0%	26,2	1,8
Tilly Capelle (Ternoise aval)	0,0%	27,8	1,4
Monchy Cayeux (Ternoise amont)	43,8%	29,8	0,2



► *Figure 21 : Taux de survie à l'éclosion et oxygénation du substrat*

4.2. Maîtrise du protocole

⇒ Les secteurs d'études :

Le choix des secteurs d'études avait été effectué en sélectionnant des zones localisées sur les deux affluents principaux et sur l'axe principal de la Canche. Des stations de jaugeages sont disponibles sur chacun de ces axes, permettant une observation des conditions hydrologiques pendant l'étude.

Il s'est avéré que la distance entre tous les sites permettait de réaliser l'ensemble des frayères artificielles en une journée. De plus, le temps écoulé entre la fécondation à la pisciculture et la mise en incubation dans les frayères reste raisonnable (maximum 6 heures après fécondation pour le dernier site) malgré la nécessité de planifier une journée à plusieurs techniciens (minimum 3 personnes). Il peut être envisagé de sélectionner jusqu'à 6 sites dans le cadre d'une autre campagne d'étude.

⇒ Le choix des sites et la réalisation des frayères artificielles :

Concernant le choix des sites sur les différents secteurs, nous avons retenu des zones où des nids de ponte de salmonidés sont régulièrement observés tous les hivers. En réalisant les frayères artificielles, il est cependant apparu que deux sites semblaient moyennement représentatifs d'une frayère naturelle en termes de profondeur d'eau et/ou de vitesse apparente d'écoulement, avec les conditions hydrologiques du début du mois de novembre.

- En effet, la frayère de Beussent sur la Course a été confectionnée avec un niveau d'eau et un débit assez faible pour cette période de l'année. Malgré la typicité du faciès radier marqué, ce site aurait dû faire l'objet d'une réalisation de la frayère artificielle plus tardive et avec des débits plus élevés (à partir de la hausse des débits de mi-novembre).
- La frayère de Tilly Capelle à quant à elle été sélectionnée car des nids de ponte ont déjà été observés sur ce site et que peu de zones de radiers marqués sont disponibles sur ce secteur de la Ternoise. Lors de la réalisation du site, la zone est apparue davantage comme une zone de plat courant avec un niveau d'eau assez élevé.

Le choix des sites est primordial et a donc pu être un facteur limitant pour l'obtention de résultats fiables, en particulier sur ces deux sites.

⇒ La fécondation et la mise en incubation des œufs & l'utilisation des sticks hypoxies :

Malgré une distance importante avec les sites d'études (environ 2h30 de route), la pisciculture de Sainte-Gertrude (Pisciculture Fédérale de la Fédération de Seine-Maritime pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique) est un élément primordial dans la bonne conduite d'une telle étude. La qualité des géniteurs (souches sauvages de rivière Normande) et l'aide précieuse apportée par le personnel de la pisciculture (pour le choix des géniteurs utilisés, pour la réalisation de la fécondation artificielle, pour le maintien et le suivi d'un lot témoin...) ainsi que leurs conseils nous ont permis d'optimiser cette phase du protocole.

Concernant la méthode de mise en incubation des œufs (via les capsules puis les tubes PVC) et des sticks hypoxies dans les frayères artificielles, les retours d'expériences disponibles auprès des différentes associations ayant mis en place ce protocole (FDPPMA 64, LOGRAMI) nous ont permis d'utiliser du matériel adéquat et optimisé pour la réalisation d'une telle étude.

Le choix et l'utilisation du matériel a donc été satisfaisant et a permis de répondre aux attentes en termes de suivi de la survie et de suivi de l'oxygénation du substrat.

⇒ La période de réalisation de l'étude :

La température de l'eau a pu sembler limitante puisqu'elle a approché les seuils considérés comme létaux (environ 12°C) pour la survie des œufs de truites. En effet, la mise en incubation a été réalisée relativement tôt dans la saison (le 03 novembre 2016). Un suivi (non exhaustif) des zones de reproduction voisines aux sites d'études a permis d'observer les premières frayères seulement aux alentours du 24 novembre sur la Canche, la Course et la Ternoise, soit 20 jours plus tard. La température de l'eau était alors d'environ 9,5°C sur les trois axes et le pic de débit du 18 novembre était passé.

La période d'étude a été conditionnée par la date de ponte des géniteurs de la pisciculture de Sainte-Gertrude, qui a lieu tous les ans aux alentours de la première semaine de novembre. Il ne nous a donc pas été possible de retarder davantage la mise en incubation pour cette année « test ».

La date de mise en incubation est donc apparue relativement précoce vis-à-vis des conditions thermiques et hydrologiques en 2016, mais est restée dépendante de la possibilité de s'approvisionner en géniteurs mûres et de souche sauvage. En cas d'une future campagne d'étude, il apparaît important d'encourager la possibilité d'obtenir des géniteurs mûres plus tardivement dans la saison (à partir de fin novembre).

5. CONCLUSION

La réalisation d'une étude de la survie sous graviers des œufs de salmonidés nécessite une très bonne maîtrise du protocole, du début à la fin de l'étude. Il est apparu qu'une telle étude était possible sur le bassin de la Canche, en utilisant un matériel spécifique et grâce à la fourniture d'œufs fécondés par des géniteurs de la pisciculture Fédérale de la FDPPMA 76. Des biais dans le protocole mis en place par la FDPPMA 62 sont néanmoins apparus (choix des sites pour la réalisation des frayères et date de mise en incubation) et peuvent probablement expliquer en partie les résultats mitigés de cette année « test ». Ces biais nécessiteront une réflexion plus anticipée en cas de futures campagnes d'études de la survie sous graviers sur les cours d'eau du Pas-de-Calais.

Les résultats sur la survie des œufs à l'éclosion ont permis d'observer des taux considérés comme « moyens » sur deux frayères artificielles réalisées sur cinq (à Monchy Cayeux sur la Ternoise et à Beaurainville sur la Canche). La survie a été nulle sur les trois autres frayères artificielles. Concernant l'oxygénation du substrat, l'effet du décolmatage effectué par les femelles lors de la réalisation du nid, a semblé bénéfique sur au moins trois des cinq sites. L'influence du ruissèlement et des transports de matières en suspension a aussi semblé avoir un effet marqué sur le manque d'oxygénation du substrat, sur au moins une des frayères artificielles (Recques sur la Course).

Les résultats de cette année « test » sont encourageants malgré une grande prudence à garder sur l'interprétation des résultats. Ils ont néanmoins permis d'évaluer la possibilité de mener une étude de la survie sous graviers des œufs de salmonidés sur les cours d'eau du Pas-de-Calais. Cette évaluation encourage la reconduction de futures études, en consolidant la maîtrise de l'ensemble du protocole.

BIBLIOGRAPHIE

- **BACH, PAROUTY, LEON & BAISEZ - 2014** ; « Etude comparative de la survie des œufs de saumon atlantique sur les zones de reproduction du bassin de l'Allier et de l'Alagnon en 2013 et en 2014 » - LOGRAMI
- **DUMAS, OLAÏZOLA & BARRIERE - 2007** ; « Survie embryonnaire du saumon atlantique dans un cours d'eau du sud de son aire de répartition, la Nivelles » - INRA St Pée sur Nivelles
- **FDPPMA 35 - 2010** ; « Evaluation de la fonctionnalité des habitats pour la phase dulcicole du saumon atlantique, bassin versant du Couesnon »
- **LANGE, DUMAS & al. - 2006** ; « Méthode d'estimation de la survie embryolaire de salmonidés par insertion de capsules d'incubation sous graviers » - INRA St Pée sur Nivelles
- **LOGRAMI - 2009 à 2015** ; « Recueil de données biologiques sur les poissons migrateurs du bassin de la Loire »
- **MASSEBOEUF - 2012** ; « Evaluation de la fonctionnalité des frayères à salmonidés sur le bassin versant du gave d'Oloron » - FDPPMA 64
- **SDAGE Artois Picardie 2016-2021** ; « Programme de mesures du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux du bassin Artois Picardie pour la période 2016-2021 »
- **SYMCEA - 2015** ; « Plan de Gestion Ecologique du bassin versant de la Canche »
- **TREMBLAY - 2006** ; « Le stick hypoxie, une nouvelle méthode pour mesurer l'oxygénation du lit des rivières » - INRA Rennes