



HAL
open science

Bilan des mises en oeuvre de protocoles réalisés sur l'étang des Aulnes dans le cadre du projet “ restauration hydromorphologique des plans d'eau ”

M. Taubaty

► To cite this version:

M. Taubaty. Bilan des mises en oeuvre de protocoles réalisés sur l'étang des Aulnes dans le cadre du projet “ restauration hydromorphologique des plans d'eau ”. [Rapport de recherche] irstea. 2019, pp.54. hal-02608714

HAL Id: hal-02608714

<https://hal.inrae.fr/hal-02608714v1>

Submitted on 16 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ**

Établissement public du ministère de l'Environnement

Programme 2016/2018 – Thème 223 : Préservation, Restauration et Réhabilitation des milieux aquatiques - Action n° 43 bis



Bilan des mises en œuvre de protocoles réalisés sur l'étang des Aulnes dans le cadre du projet « restauration hydromorphologique des plans d'eau »

Rapport Final

Marine TAUBATY (Pôle R&D AFB-Irstea)

Janvier 2019

Document élaboré en application du
schéma national des données sur l'eau

eaufrance

- **AUTEURS**

Marine TAUBATY, Ingénieur d'étude (Pôle recherche et développement « Ecosystèmes lacustres », équipe Freshco, Unité RECOVER, Irstea, Aix-en-Provence) (marine.tauby@irstea.fr)

- **CORRESPONDANTS**

AFB : Jean-Marc BAUDOIN, Directeur (Pôle recherche et développement AFB-Irstea « Hydroécologie des plans d'eau », Aix-en-Provence) (jean-marc.baudoin@afbiodiversite.fr)

- **AUTRES CONTRIBUTEURS**

Jean-Michel LOPEZ, Assistant ingénieur ((Equipe EMR, Unité RECOVER, Irstea, Aix-en-Provence)

Julien DUBLON, Assistant ingénieur (Equipe Freshco, Unité RECOVER, Irstea, Aix-en-Provence)

Léa VOISIN, Assistante ingénieur (Equipe Freshco, Unité RECOVER, Irstea, Aix-en-Provence)

Marlène MEYNARD, Ingénieure d'études (Pôle recherche et développement « Ecosystèmes lacustres », équipe Freshco, Unité RECOVER, Irstea, Aix-en-Provence)

Nathalie Reynaud, Ingénieure d'études en Géomatique (Pôle recherche et développement « Ecosystèmes lacustres », équipe Freshco, Unité RECOVER, Irstea, Aix-en-Provence)

Samuel WESTRELIN, Ingénieur/chercheur (Pôle recherche et développement « Ecosystèmes lacustres », équipe Freshco, Unité RECOVER, Irstea, Aix-en-Provence)

Tiphaine PEROUX, Technicienne de recherche (Pôle recherche et développement « Ecosystèmes lacustres », équipe Freshco, Unité RECOVER, Irstea, Aix-en-Provence)

Virginie RAYMOND, Assistante ingénieur (Pôle recherche et développement « Ecosystèmes lacustres », équipe Freshco, Unité RECOVER, Irstea, Aix-en-Provence)

Droits d'usage : accès libre

Niveau géographique : national

Couverture géographique : France métropolitaine

Niveau de lecture : professionnels, experts



Bilan des mises en œuvre de
protocoles réalisés sur l'étang
des Aulnes dans le cadre du
projet « restauration
hydromorphologique des plans
d'eau »

Rapport final
M. Taubaty

**AGENCE FRANÇAISE
POUR LA BIODIVERSITÉ**

Établissement public du ministère de l'Environnement

- **RESUME**

Les plans d'eau sont des écosystèmes caractérisés par une zone littorale présentant des habitats diversifiés et qui concentrent une forte biodiversité. Ces milieux, qui assurent de nombreux services écosystémiques, subissent des perturbations physiques d'origine anthropique, particulièrement au niveau de leurs zones littorales, induisant de fortes pressions pour les communautés.

En France, bien que des actions de restauration et d'atténuation de ces impacts anthropiques aient été mises en place, peu de retours d'expérience bien documentés sont disponibles. En général un manque de suivi standardisé est remarqué.

Depuis 2016, le pôle de recherche et développement AFB-Irstea « Hydroécologie des plans d'eau » développe un projet sur le suivi des actions de restauration hydromorphologique des berges et littoraux des plans d'eau. Il a pour but de proposer un cadre visant à harmoniser les suivis mis en place à l'échelle nationale.

À cette fin, un guide méthodologique est en cours de finalisation. Il a pour objet de fournir une méthode et des protocoles opérationnels de suivi standardisés pour des gestionnaires, bureaux d'études ou autres organismes souhaitant évaluer l'impact de ces actions.

Dans le cadre de ce projet des tests ont été mis en place afin d'aider au développement de la méthode et à l'optimisation des protocoles.

Le présent rapport dresse un bilan des expériences réalisées entre 2016 et 2018.

- **MOTS CLES**

Plan d'eau, protocoles, restauration hydromorphologique



- **ASSESSMENT OF PROTOCOL TESTS CARRIED OUT ON THE AULNES POND AS PART OF THE PROJECT « LAKE HYDROMORPHOLOGICAL RESTORATION »**
- **ABSTRACT**

Littoral zones of freshwater ecosystems are characterized by an important heterogeneity of habitat and host a high biodiversity. These ecosystems, which provide many ecosystem services, are subject to numerous physical alterations of anthropogenic origin. These alterations lead to strong pressures for biological communities.

In France, even if restorations and mitigation work have been undertaken to reduce these anthropogenic impacts, there is in general no well-documented feedback about their efficiency. Frequently a lack of standardized monitoring is noticed.

Since 2016, the research and development pole AFB-Irstea "Hydroécologie des plans d'eau" develops a project to monitor the impact of lake littoral hydromorphological restoration. It aims to propose a framework to harmonize restoration work monitoring at the national scale.

To this end, a methodological guide is being drafted. It provides a standardized method and operational monitoring protocols for lake managers, engineering consultant and organization aiming at assess the impact of these actions.

Tests have been implemented as part of this project to help enhancement of the method and protocols optimization.

This report provides an overview of the experiments carried out between 2016 and 2018.

- **KEY WORDS (THEMATIC AND GEOGRAPHICAL AREA)**

Lake, scientific monitoring, hydromorphological restoration



• SYNTHÈSE POUR L'ACTION OPERATIONNELLE

Les plans d'eau et plus particulièrement leur zone littorale subissent de nombreuses pressions anthropiques qui ont pour conséquence l'altération de leur morphologie et de leur hydrologie. Les paramètres hydromorphologiques sont reconnus dans le cadre de la DCE comme des facteurs structurant l'état écologique des plans d'eau, ce qui a encouragé la mise en place d'actions de restauration des composantes hydromorphologiques de ces écosystèmes. Néanmoins, en France, peu de retours d'expériences à la fois bien documentés et rigoureux existent et/ou sont accessibles aux décideurs et opérateurs de la gestion.

C'est de ce constat qu'est né le projet du Pôle R&D AFB-Irstea « Hydroécologie des plans d'eau » de développer une méthode standardisée de suivi des actions de restauration hydromorphologique des littoraux de plans d'eau. Ce projet a pour but d'obtenir des retours d'expériences documentés et informatifs afin de fournir des éléments de réponse aux questionnements sur l'efficacité de ces actions.

Dans le cadre du développement de cette méthode, des essais ont été effectués. Une première phase de mise en œuvre a eu lieu en 2016 afin de comparer plusieurs dispositifs d'échantillonnage du peuplement piscicole, les méthodes non létales étant privilégiées. Cinq méthodes ont été mises en œuvre, la pêche électrique, l'utilisation de care¹, la pose de pièges à alevins, la pose de verveux et l'utilisation d'une caméra aquatique. Une deuxième campagne d'essais a été mise en place en 2018 avec pour objectif de mieux connaître la faisabilité du suivi proposé ainsi que plusieurs des protocoles choisis dans le cadre du projet. Le cas échéant il s'agissait de pouvoir les enrichir et les optimiser. Quatre protocoles ont été testés, à savoir, un protocole d'échantillonnage des macroinvertébrés littoraux benthiques, un protocole de cartographie des habitats littoraux, un protocole d'échantillonnage des macrophytes et un protocole de suivi des roselières à *Phragmites australis*. Les tests ont été mis en place au niveau de trois stations choisies de manière à être les plus représentatives possible du littoral du plan d'eau comme préconisé dans le suivi proposé pour les restaurations de fluctuation de niveau d'eau (cf. guide méthodologique (Taubaty *et al.*, 2018)).

Ce rapport dresse un bilan des premiers tests réalisés entre 2016 et 2018. Ces expérimentations ont permis d'orienter les choix des protocoles à mettre en place mais également d'apporter de premières améliorations à la méthode et aux protocoles développés. Cependant, d'autres essais plus complets devront être réalisés sur une plus large gamme de plans d'eau pour permettre d'avoir des informations plus complètes. D'autre part, certains des protocoles préconisés n'ont pas encore été mis en œuvre (le protocole de suivi de ponte de poisson par exemple) et devront également l'être pour permettre leur optimisation.

Les autres livrables liés à ce projet sont les suivants :

- une première version d'un guide méthodologique en cours de finalisation (Taubaty *et al.*, 2018). Ce document propose des instructions pour la mise en place d'un suivi adapté aux différentes actions de restauration concernées, des protocoles opérationnels et standardisés à appliquer, ainsi qu'une chronologie d'application de ces protocoles dès la phase avant-travaux (état initial) et à poursuivre post-travaux. Il propose le suivi minimum à appliquer pour essayer d'obtenir le meilleur compromis entre son coût de mise en place et la qualité et la quantité d'informations recueillies.
- un rapport d'étude ayant pour objectifs de détailler les choix de méthode et protocoles proposés dans le guide et les travaux de synthèse bibliographique réalisés dans le cadre du projet.

¹ Engin de pêche spécifique développé par la société Ecocean (brevet sur procédé FR 2841742)

• **SOMMAIRE**

1.	Contexte	8
2.	Description du site d'étude : l'étang des Aulnes.....	8
3.	Matériel et méthode	9
2.1	. Mise en œuvre de dispositifs d'échantillonnage du peuplement piscicole.....	9
2.2.	Description des habitats littoraux et définition de station de suivi	14
2.3.	Mise en œuvre du protocole de prélèvement des macroinvertébrés littoraux	17
2.4.	Mise en œuvre du protocole de cartographie surfacique des habitats littoraux.....	19
2.5.	Mise en œuvre du protocole de suivi des macrophytes	21
2.6.	Test des protocoles de suivi des roselières à <i>Phragmites australis</i>	23
4.	Résultats.....	24
3.1.	Méthodes de suivi du peuplement piscicole.....	24
3.2.	Protocole de prélèvement des macroinvertébrés littoraux	26
3.3.	Cartographie surfacique des habitats littoraux	28
3.4.	Protocoles de suivi des macrophytes.....	30
3.5.	Protocole de suivi des roselières.....	32
5.	Conclusion	33
6.	Annexes.....	34
	Annexe 1 : informations complémentaires sur les pièges utilisés.....	34
	Annexe 2 : cartographies des habitats littoraux de l'étang des Aulnes.....	36
	Annexe 3 : fiche de terrain faune macrobenthique.....	38
	Annexe 4 : fiches de terrain macrophytes	39
	Annexe 5 : fiches de terrain roselières	43
	Annexe 6 : effectifs de la faune macrobenthique de chaque station.....	46
	Annexe 7 : densités et richesses taxonomique des ordres de macroinvertébrés observés dans les stations	49
	Annexe 8 : cartographie surfacique des habitats littoraux des stations 2 et 3	50
7.	Bibliographie	51
8.	Tables des illustrations	52

• Liste des abréviations

Abréviations des habitats d'après le protocole Charli :

BL : blocs (>20 cm)

DA : dalle

GA : galets (2 cm – 20 cm)

GR : graviers (2 mm – 2 cm)

HE : hélophytes

HI : hydrophytes immergées

NA : non accessible

SL : sables-limons (2 µm – 2 mm)

VA : vases (< 2 µm)

Abréviations des habitats d'après la norme XP T90-718 :

C : cailloux (16 mm – 64 mm)

HE : hélophytes

HI : hydrophytes immergées

P : pierres (64 mm – 256 mm)

V : vases (< 0,1 mm)

Abréviations des noms de poissons :

BLE : Blennie fluviatile

BRB : Brème bordelière

CAR : Carassin argenté

CCM : Carpe miroir

CCO : Carpe commune

GAM : Gambusie

GAR : Gardon

PER : Perche commune

PES : Perche soleil

PSR : Pseudorasbora

ROT : Rotengle

SAN : Sandre

SIL : Silure glane

TAN : Tanche

Autres abréviations :

EPT : Ephéméroptères, Plécoptères,
Trichoptères

PEL : pêche électrique

- **BILAN DES MISES EN ŒUVRE DE PROTOCOLES REALISES SUR L'ETANG DES AULNES DANS LE CADRE DU PROJET « RESTAURATION HYDROMORPHOLOGIQUE DES PLANS D'EAU »**

1. Contexte

Depuis 2016, le Pôle de recherche et développement AFB-Irstea « Hydroécologie des plans d'eau » d'Aix-en-Provence développe un projet national sur le suivi de la restauration hydromorphologique des berges et littoraux des plans d'eau.

Ce projet a pour but de proposer un cadre visant à harmoniser les suivis des restaurations hydromorphologiques des littoraux lacustres à l'échelle nationale. Il a pour objet de fournir des protocoles opérationnels de suivi pour des gestionnaires, bureaux d'études ou autres organismes souhaitant évaluer l'impact de ces actions. Pour cela, le projet inclut la rédaction d'un guide méthodologique proposant une méthode et des protocoles de suivi standardisés. Le développement de la méthode et le choix des protocoles ont fait l'objet de premiers essais *in situ* entre 2016 et 2018. Les objectifs de ces essais sont (1) d'aider à choisir les méthodes de suivi à préconiser au sein du guide, (2) de permettre d'avoir une première idée des moyens à mettre en œuvre pour appliquer les protocoles utilisés (3) d'apporter des améliorations à la méthode et aux protocoles préconisés.

Le présent rapport dresse un bilan des tests réalisés.

2. Description du site d'étude : l'étang des Aulnes

L'étang des Aulnes (Erreur ! Source du renvoi introuvable.) est la propriété du département des Bouches-du-Rhône qui est chargé de sa protection, sa gestion et sa restauration. Il se situe sur la commune de Saint-Martin-de-Crau. Sa superficie est de 88 ha pour une profondeur maximale d'environ 5 m et son amplitude de marnage est de 0,6 m.

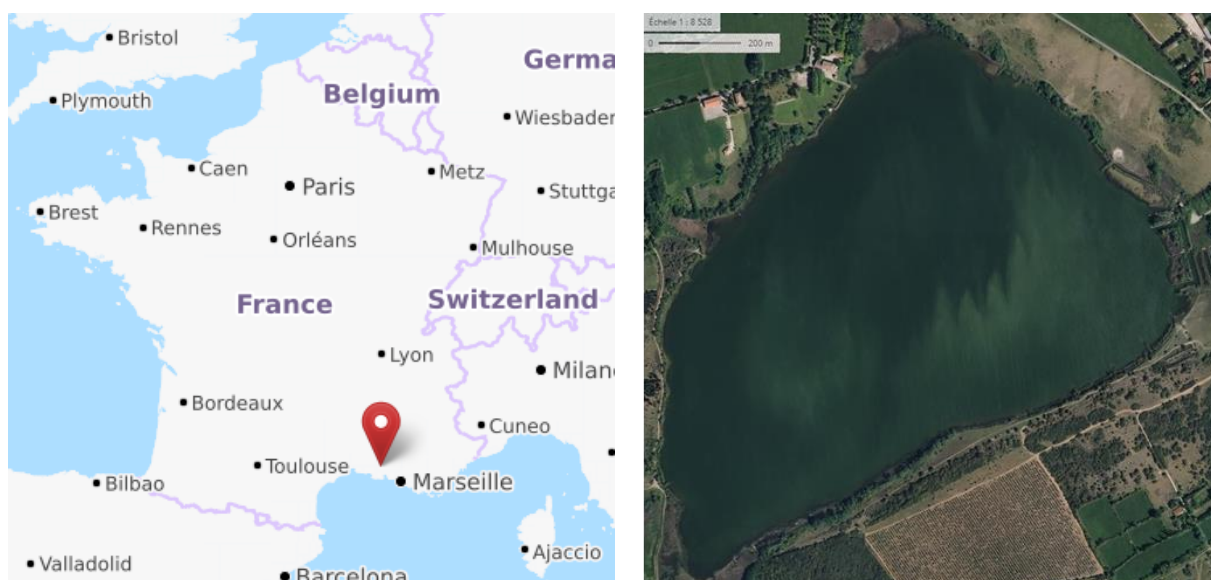


Figure 1: localisation (source : OSM, Thunderforest) et photographie aérienne de l'étang des Aulnes (source : ©Géoportail)

3. Matériel et méthode

Les campagnes de terrain, réalisées en 2016, ont eu pour objectif de mettre en œuvre plusieurs dispositifs d'échantillonnage du peuplement piscicole pour choisir ceux qui seraient employés dans le cadre du projet. Les essais ont eu lieu lors de deux campagnes, une en juin et une en septembre 2016.

Une seconde phase d'essais a été mise en place au cours de l'année 2018 afin de mettre en œuvre le design du suivi ainsi que certains des protocoles de suivi préconisés dans le guide.

Le **Tableau 1** résume les essais réalisés.

Tableau 1 : synthèse des essais réalisés

Essais réalisés	Dates	Opérateurs
Dispositifs d'échantillonnage piscicole	28-30/06/2016	J. Dublon, T. Péroux, C. Marchand
Dispositifs d'échantillonnage piscicole	06-08/09/2016	J. Dublon, C. Marchand, J.M. Baudoin, S. Westrelin
Choix des stations d'études	17/05/2018	J. Dublon, S. Westrelin, M. Meynard, M. Taubaty
Protocole de prélèvement des Macroinvertébrés	29/05/ 2018	J. Dublon, L. Voisin, V. Raymond, M. Meynard, M. Taubaty
Protocole de suivi des roselières	28-29/08/2018	J. Dublon, N. Reynaud, M. Taubaty
Protocole de cartographie des habitats littoraux	29/08/2018	J. Dublon, N. Reynaud, M. Taubaty
Protocole de suivi des macrophytes	30/08/2018	J. Dublon, JM. Lopez, M. Meynard, M. Taubaty

2.1. Mise en œuvre de dispositifs d'échantillonnage du peuplement piscicole

- Campagne de juin 2016

- **Pêche électrique**

Matériel : appareil photo, GPS, enregistreurs de température (Hobo U22-001), matériel de prise de note, appareil de pêche électrique portatif Imeo-volta (réglages : automatique), épuisette à petites mailles adaptées pour la captures des alevins, gants de pêches, seau.

Matériel pour la biométrie : viviers, bulleurs, glacières, plaques eutectiques, alcool, bocaux, pinces en plastique fines, clé de détermination, ichtyomètre, balance, loupe.

Temps : 1h

Une pêche électrique a été réalisée sur la zone prospectable à pieds à droite de la mise à l'eau (**Figure 4**) dans des profondeurs comprises entre 50 et 100 cm. La zone est caractérisée par des enrochements recouverts d'algues (et d'un grillage pour la portion centrale de la zone testée).

Un enregistreur de la température (Hobo U22-001 ; pas de temps : 10 secondes) a été fixé au bateau durant la pêche.

Remarque : lors de la mise en place de la pêche il a été remarqué visuellement que l'attraction des individus était insuffisante, néanmoins l'intégralité de la zone a été prospectée dans les mêmes conditions.

- **Pose de pièges : cares®, pièges à alevins, verveux**

Matériel : embarcation, 2 pièges à alevins avec 2 barres fluorescentes, 2 poids morts, 4 flotteurs et 6 cordes ; 2 cares® avec 2 avec corps-morts, 2 cordes et 2 bouées ; 2 verveux² avec 4 corps-morts et 4 bouées.

Matériel pour la biométrie : viviers, bulleurs, glacières, plaques eutectiques, alcool, bocaux, pinces en plastique fines, clé de détermination, ichtyomètre, balance, loupe.

Temps : première nuit : 1h30 pour la pose des dispositifs et 2h30 pour la relève et la biométrie ; Deuxième nuit : 1h pour la pose des dispositifs et 2h15 pour la relève et la biométrie.

Les pièges (**Figure 2**) ont été posés entre 17h30 et 19h et relevés le lendemain entre 9h et 12h. L'opération a été répétée deux nuits de suite. Un enregistreur de température (Hobo) d'un pas de temps de 30 minutes a été associé à chaque piège. Des informations complémentaires sur les pièges utilisés sont disponibles en **annexe 1**.



Figure 2 : photographies des pièges utilisés (crédit photographique : C. Marchand-Irstea et Ecocean)

Les verveux et les pièges à alevins ont été placés à proximité des berges (environs 5 m de distance à la berge) alors que les cares® ont été positionnées dans la zone pélagique de manière à être dans une profondeur suffisante pour la mise en place du dispositif. D'autre part, les cares® ont été placés à une distance suffisante pour que leur lumière n'influence pas les captures des autres pièges.

Deux habitats ont été prospectés pour chaque piège : les roselières et les enrochements. Ils représentent les habitats majoritaires sur le linéaire prospecté.

² Les verveux utilisés ont une petite maille pour être adaptés à la capture des juvénile (4 mm)

- **Caméra subaquatique (18h de pose)**

Matériel : embarcation, caméras Abyssse® avec pied alu, poids (7kg), fil de fer gainé pour fixer les caméras, étaux, caisse avec écran, écran, cartes SD 32 Go.

Temps : 18h de pose



Une caméra subaquatique (**Figure 3**) a été mise en place pour un enregistrement continu en soirée, au cours de la nuit et au matin (entre 18h et 12h le lendemain). Elle a été placée sur un pied stabilisé et reliée au système d'enregistrement placé sur la plateforme de l'embarcadère.

Figure 3 : photographie de la caméra utilisée (crédit photographique : C. Marchand)

La **Figure 4** et le **Tableau 2** résument les informations concernant la mise en place des différents dispositifs.



Figure 4 : localisation des zones de pêche pour les différents types de méthodes utilisées (juin 2016) (source : DigitalGlobe)

Tableau 2 : informations concernant la mise en place des dispositifs (juin 2016)

Dispositif	Coordonnées GPS (WGS84 degrés minutes décimales)	Profondeur	Référence Hobo
Care® 1	N43 35.715 E4 47.407	3,2 m	10339768
Care® 2	N43 35.645 E4 47.379	3,3 m	10269301
Piège 1	N43 35.765 E4 47.372	0,3 m	10269299
Piège 2	N43 35.713 E4 47.324	0,3 m	10339760
Verveux 1	N43 35.765 E4 47.372	0,5 m	10339766
Verveux 2	N43 35.708 E4 47.317	0,5 m	10269295
Caméra	N43 35.765 E4 47.372	0,4 m	

- Campagne de septembre 2016

- **Pêche électrique**

Matériel : appareil photo, GPS, enregistreurs de température, matériel de prise de note, appareil de pêche électrique EFKO 8000 (réglage : 600 V), batterie, épuisette à mailles adaptées pour la capture des alevins, gants de pêches, seau.

Matériel pour la biométrie : viviers, bulleurs, glacières, plaques eutectiques, alcool, bocaux, pinces en plastique fines, clé de détermination, ichtyomètre, balance, loupe.

Temps : 2h30

Des pêches électriques ont été réalisées au niveau de trois zones à proximité de la mise à l'eau et dans une profondeur comprise entre 50 et 100 cm (**Figure 5**). Comme pour la campagne précédente, les zones sont caractérisées par la présence d'enrochements recouverts d'algues (et d'un grillage pour la zone centrale).

- **Pose de pièges : cares®, pièges à alevins, verveux**

Matériel : embarcation, 2 pièges à alevins avec barre fluorescente ou lampe de plongée, 2 poids morts, 4 flotteurs et 6 cordes ; 2 cares® avec 2 avec corps-morts, 2 cordes et 2 bouées ; 2 verveux avec 4 corps-morts et 4 bouées.

Matériel pour la biométrie : viviers, bulleurs, glacières, plaques eutectiques, alcool bocaux, pinces en plastique fines, clé de détermination, ichtyomètre, balance, loupe.

Temps : Première nuit : 1h pour la pose des dispositifs et 4h30 pour la relève et la biométrie ; Deuxième nuit : 2h45 pour la relève et la biométrie.

Les pièges ont été posés entre 17h15 et 19h et relevés le lendemain entre 8h30 et 12h. L'opération a été répétée deux nuits consécutives. Un enregistreur de température (Hobo) d'un pas de temps de 30 minutes a été associé à chaque piège.

Pour les cares® et verveux, deux habitats ont été échantillonnés, les enrochements et la roselière. Les pièges à alevins ont été placés entre les enrochements et la roselière, à une distance de deux mètres l'un de l'autre pour comparer l'effet du type de lumière utilisée (lampe de plongée d'un côté et barre fluorescente de l'autre).

Les verveux et les pièges à alevins ont été placés à proximité des berges (environ 5 m de distance à la berge) alors que les cares® ont été positionnées dans la zone pélagique de manière à être dans

une profondeur suffisante pour la mise en place du dispositif. D'autres part, les cares® ont été placé à une distance suffisante pour que leur lumière n'influence pas les captures des autres pièges.

La **Figure 5** et le **Tableau 3** résument les informations concernant la mise en place des différents dispositifs.

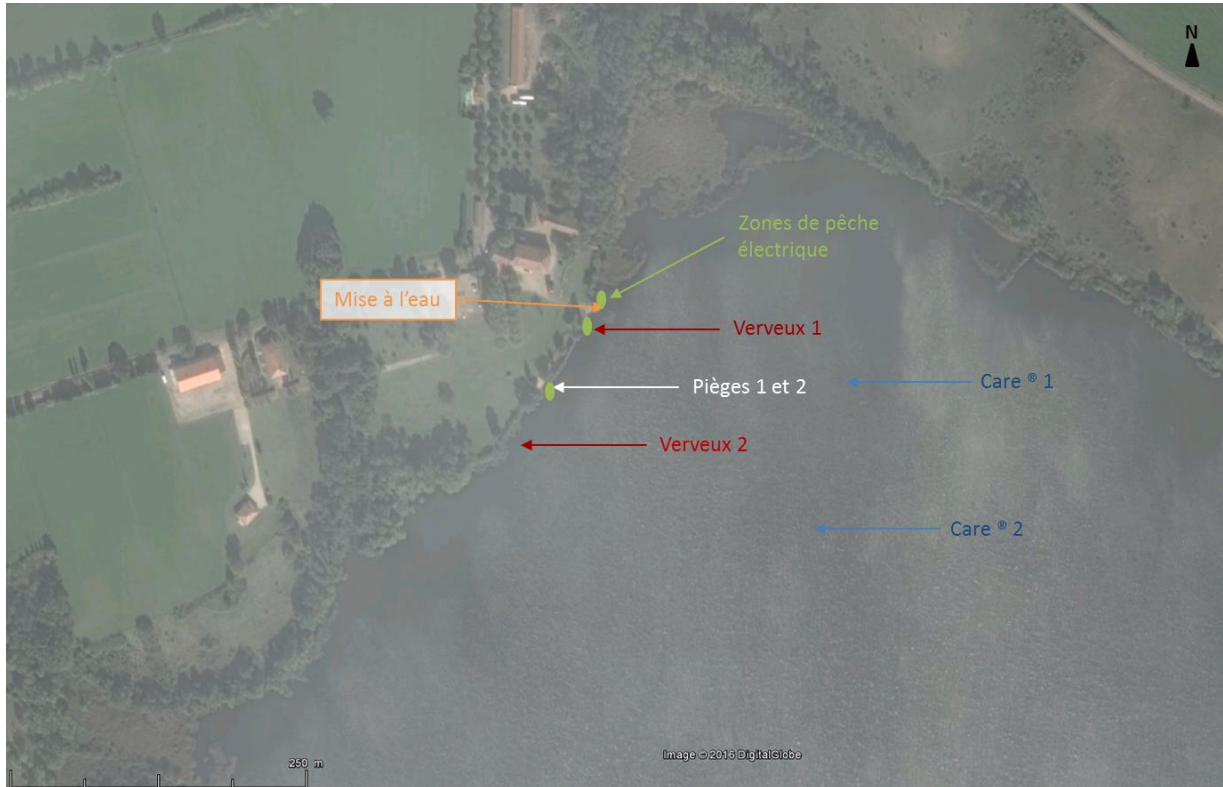


Figure 5: localisation des zones de pêche pour les différents types de méthodes utilisées (septembre 2016) (source : DigitalGlobe)

Tableau 3 : informations concernant la mise en place des dispositifs (septembre 2016)

Dispositif	Coordonnées GPS (WGS 84 degrés minutes décimales)	Profondeur	Référence Hobo
Care® 1	N43 35.715 E4 47.407	3,5 m	10269266
Care® 2	N43 35.645 E4 47.379	4,2 m	10269258
Piège 1	N43 35.732 E4 47.342	0,3 m	10269253
Piège 2	N43 35.732 E4 47.342	0,3 m	10269254
Verveux 1	N43 35.765 E4 47.372	0,5 m	10269256
Verveux 2	N43 35.708 E4 47.317	0,5 m	10269257

2.2. Description des habitats littoraux et définition de station de suivi

Matériel : embarcation, carte du contour du plan d'eau, photographies aériennes, matériel de prise de note, perche graduée.

Temps : une journée

En prévision des essais de protocoles prévus durant l'année 2018 une mise à jour de la cartographie des habitats littoraux a été effectuée. Ceci a permis de définir trois stations d'étude.

- **Caractérisation des habitats littoraux**

Une actualisation de la cartographie des habitats littoraux existante a été réalisée à l'aide du protocole Charli (version 2012) (Alleaume *et al.*, 2013).

La première étape, préalable à la campagne de terrain, consiste en la création de fonds de cartes basés sur des photos aériennes géoréférencées correspondant au plan d'eau étudié. Les orthophotos issues de la BD ORTHO® de l'IGN constituent les documents de référence. Plusieurs cartes papier ont été imprimées pour servir de support pour les relevés de terrain.

Sur le terrain, la zone cartographiée correspond à une zone de profondeur inférieure ou égale à 2 mètres et dans une limite de distance de 10 m depuis la berge. Elle comprend donc tout ou partie de la zone littorale.

Les habitats ont été décrits en parcourant le pourtour du plan d'eau en bateau à une distance permettant une bonne vision de la rive et de la zone littorale. Les composantes d'habitats ont été retranscrites par secteur sur la carte.

Les composantes d'habitats se répartissent en quatre thématiques : l'hydrologie, le substrat, les sous-berges et la végétation et sont codées comme définie dans le **Tableau 4**.

Tableau 4 : description des composantes d'habitats prises en compte par le protocole (d'après : Alleaume *et al.* (2013))

Thématique	Code	Composante d'habitat
HYDROLOGIE	AF	Afférence
	EF	Efférence
SUBSTRAT	VA	Vase : (<2 µm)
	SL	Sable, Limon (2 µm – 2 mm)
	GR	Graviers (2 mm – 2 cm)
	GA	Galets (2 cm – 20 cm)
	BL	Blocs (> 20 cm)
	DA	Dalles
SOUS-BERGE	SB	Sous-berge
VEGETATION	HE	Hélophytes
	VS	Végétation surplombante
	LE	Ligneux émergents vivants
	LM	Ligneux morts
	CR	Chevelu racinaire
	LI	Litière ou débris organiques grossiers
	BR	Bryophytes
	HF	Hydrophytes flottantes
HI	Hydrophytes immergées	
AUTRE	NA	Non Accessible
	ABSENT	Composante non observée

Les composantes d'habitats et les pourcentages de recouvrement observés à l'échelle du plan d'eau pour les différentes combinaisons d'habitats sont les suivants (**Tableau 5**) :

Tableau 5 : pourcentages de recouvrement des habitats/comбинаisons d'habitats cartographiés (VEG_X : végétation (une colonne par type de végétation) ; %Rec : pourcentage de recouvrement)

Substrat dominant	VEG_1	VEG_2	%Rec
BL		HI	2,28
BL	HE	HI	1,71
DA	HE	HI	1,07
GA		HI	4,96
GA	HE	HI	39,63
GA	HE	HI	2,53
GR	HE	HI	3,50
NA	HE	HI	20,82
VA		HI	1,38
VA	HE	HI	22,14

Les cartographies des différentes composantes d'habitat présentes sur le plan d'eau sont disponibles en **annexe 2**.

- **Choix de station d'étude**

À partir de la cartographie et des observations de terrain, trois stations d'environ 200 m de longueur de linéaire ont été définies et leur localisation GPS relevée (**Figure 6**).

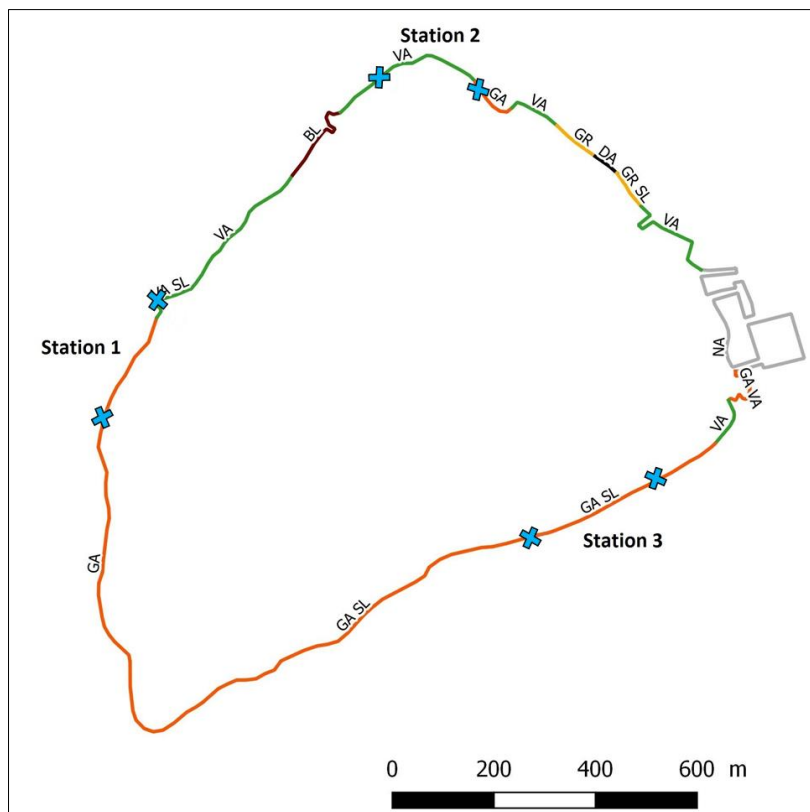


Figure 6 : cartographie des substrats présents sur le plan d'eau et localisation des trois stations (délimitées par les croix bleue) ; la zone non accessible correspond à des bassins de pisciculture (source : BD TOPO® IGN)

Les stations ont été choisies de manière à être le plus représentatives possible des habitats majoritairement représentés sur le littoral du plan d'eau comme préconisé dans le guide méthodologique dans le cas des suivis de restauration impactant le plan d'eau en entier (Taubaty *et al.*, 2018).

Les recouvrements pour les différentes combinaisons d'habitats sont détaillés ci-après pour les trois stations (**Tableau 6**) :

Tableau 6 : longueurs et pourcentages de recouvrement des habitats par station

Station	Substrat dominant	VEG_1	VEG_2	Longueur (m)	%rec
Station 1	GA		HI	49,74	20,81
	GA	HE	HI	169,05	70,72
	VA	HE	HI	20,27	8,48
	Total général			239,06	100
Station 2	GA	HE	HI	13,33	6,19
	VA	HE	HI	202,20	93,81
	Total général			215,54	100
Station 3	GA	HE	HI	250,09	100

Les stations définies ont servi de sites d'étude pour les autres essais réalisés au cours de l'année 2018. Elles ont fait l'objet de mise en œuvre de protocoles de suivi pour les macroinvertébrés, les macrophytes et les roselières. Un protocole de cartographie surfacique des habitats littoraux y a également été mis en œuvre.

2.3. Mise en œuvre du protocole de prélèvement des macroinvertébrés littoraux

- **Echantillonnage sur le terrain**

Matériel : haveneau de 300 µm de vide de maille et d'une largeur de base de 25 cm avec un manche d'1 m pouvant être complété d'une rallonge, embarcation, GPS, matériel de conditionnement et de conservation des macroinvertébrés (éthanol à 95%, bidons en plastiques d'1 L à col large), matériel pour l'étiquetage des échantillons, fiche de terrain.

Temps : 1 journée

Ce protocole est adapté du protocole test de prélèvement de macroinvertébrés littoraux en plans d'eau naturels et artificiels de grande taille proposé par Dedieu and Vernaux (2017).

Le plan d'échantillonnage adapté également de celui de Dedieu and Vernaux (2017) a été établi au préalable à l'aide de la cartographie des habitats littoraux des stations établie précédemment. Dix prélèvements par station ont été réalisés et répartis de manière à avoir un échantillonnage stratifié par habitat (**Tableau 7**).

Tableau 7 : échantillons réalisés par station et par habitat / combinaison d'habitats³

Habitat	Station 1	Station 2	Station 3
GA	2	1	4
VA	2	3	/
HI	3	3	3
HE/VA	1	2	/
HE/GA	2	1	3

Les prélèvements ont été faits depuis l'embarcation, d'un bout à l'autre de chaque station. Ils ont été prélevés entre 50 et 100 cm de profondeur et dans la zone littorale des 10 m, c'est-à-dire dans la zone d'application du protocole de cartographie des habitats littoraux. Au niveau de chaque point de prélèvement, 3 balayages ont été réalisés avec le haveneau afin de mettre en suspension le substrat puis de collecter la faune (un balayage = 40 cm de longueur ; surface prélevée = 0,1 m²). Pour les substrats végétaux, le balayage a été réalisé au niveau de la base pour les héliophytes et les hydrophytes flottantes et, dans la masse de végétation pour les hydrophytes immergées. Chaque prélèvement a ensuite été conditionné et étiqueté avant détermination des individus au laboratoire.

Les informations relatives à la campagne de terrain sont disponibles dans la fiche de terrain **annexe 3**.

³ Les combinaisons d'habitats correspondent à la présence de plusieurs types d'habitats (substrat ou végétation) sur une même portion du linéaire prospecté

- **Tri et identification**

Matériel : colonne de tamis (3 mm et 500 µm), bacs de tri, coupelles (Ø = 10 cm), loupe binoculaire, piluliers, pinces fines, éthanol 70%.

Temps : 8 jours pour 30 prélèvements. Le montage et la détermination des *Chironomidae* n'ont pas pu être réalisés à ce jour (attente de réception du liquide de montage), le temps nécessaire à sa mise en œuvre n'est donc pas inclus ici.

- Lavage et tri :

Les échantillons ont été rincés sur la colonne de tamis (3 mm et 500 µm). Les refus de tamis les plus grossiers ont été et triés à vue dans des bacs de tri. Les refus de tamis plus fins (500 µm) ont été triés sous loupe binoculaire, dans une coupelle striée.

Les individus extraits ont ensuite été conservés dans des piluliers avec de l'éthanol à 70% en attendant d'être déterminés.

- Détermination :

Tous les taxons macrobenthiques ont été pris en compte à l'exception des Oligochètes (en raison des problèmes liés à leur conservation). Les niveaux de détermination requis par le protocole de Dedieu and Vernaux (2017) sont détaillés dans le **Tableau 8**.

Tableau 8 : niveaux de détermination des taxons

Taxons	Niveau systématique
Plécoptères	Genre
Ephéméroptères	Genre
Trichoptères (sauf <i>Limnephilidae</i>)	Genre
Trichoptères <i>Limnephilidae</i>	Genre / Sous-famille / Tribu selon Tachet et al., 2010
Coléoptères	Genre
Mégaloptères	Genre
Hétéroptères	Genre
Odonates	Genre
Lépidoptères	Famille
Diptères (sauf <i>Chironomidae</i>)	Famille
Diptères <i>Chironomidae</i>	Genre
Crustacés	Genre
Mollusques	Genre
Hirudinés	Genre
Plathelminthes Turbellariés	Genre
Hydracariens	Sous-cohorte
Bryozoaires	Embranchement
Nématodes	Embranchement
Gordiacés	Classe
Hydrozoaires	Classe
Porifères	Embranchement
Némertiens	Embranchement

La détermination a été réalisée à l'aide de l'ouvrage « Invertébrés d'eau douce – Systématique, biologie, écologie » (Tachet *et al.*, 2010) et du site Perla (<http://www.perla.developpement-durable.gouv.fr/>). Tous les individus extraits ont été déterminés et aucun sous-échantillonnage n'a été effectué.

2.4. Mise en œuvre du protocole de cartographie surfacique des habitats littoraux

Matériel : bateau motorisé, échosondeur, GPS de précision métrique, fonds de carte et/ou orthophotographies (BD ORTHO® IGN ou autre source) à une échelle adaptée à la taille des stations, matériel de prise de note (dont transparents et feutres indélébiles), fiche de terrain.

Temps : une demi-journée

Le protocole mis en œuvre est adapté de la norme XP T90-718 (AFNOR, 2016), elle-même basée sur le protocole Charli (Caractérisation des Habitats des Rives et du Littoral) (Alleaume *et al.*, 2013).

Le protocole a été appliqué à la zone littorale des stations préalablement choisies. Les relevés ont été réalisés sur une longueur qui correspond au linéaire de chaque station et une largeur allant de l'interface eau/terre à une profondeur maximale de 2 m ou à une distance maximum de 10 m perpendiculaires à la berge.

Comme pour la cartographie Charli une préparation de fond de carte a été réalisée en amont de la campagne de terrain.

La norme prévoit une représentation linéaire des habitats observés dans la zone prospectée. La description a donc été adaptée de façon à obtenir une représentation surfacique des habitats. Pour cela, des points GPS ont été relevés afin de délimiter chaque composante d'habitat. Des mesures au télémètre laser ont été réalisées pour compléter les délimitations dans les zones non accessibles à pied ou en bateau (faibles profondeurs, substrat vaseux, végétation dense). Les composantes d'habitats ont été relevées lorsqu'elles étaient présentes sur au moins 25 m du linéaire, conformément aux préconisations de la norme. Ces dernières ont été définies et codées comme indiqué dans le **Tableau 9**.

Les cartographies obtenues sur le terrain ont ensuite été saisies sous SIG (logiciel QGIS 2.14.4).

Tableau 9 : description des différentes catégories d'habitats (d'après AFNOR (2016))

Catégories des substrats		
Nom de la classe granulométrique	Classes de taille (diamètre en mm perpendiculaire au plus grand axe)	Code
Dalles (dont dalles d'argile)	> 1 024	D
Rochers	> 1 024	R
Blocs	256 - 1024	B
Pierres	64 - 256	P
Cailloux	16 - 64	C
Graviers	2 - 16	G
Sables	0,0625 - 2	S
Limon-Argile	< 0,0625	LA
Vase	sédiments fins (< 0,1 mm) avec débris organiques fins	V
Catégories de végétation		
Nom du type de végétation	Définition	Code
Hélophytes	Plantes enracinées sous l'eau dont l'appareil végétatif est aérien (exemple du roseau commun (<i>Phragmites</i> sp.), de la massette (<i>Typha</i> sp.)...	HE
Végétation surplombante	Branchages de ligneux enracinés sur les berges, s'étendant significativement au-dessus de la zone littorale du plan d'eau (au moins sur une distance d'1 m à partir de la rive)	VS
Ligneux émergents vivants	Arbres ou arbustes ayant les racines ou le tronc dans l'eau une partie de l'année	LE
Ligneux morts	Arbres ou arbustes morts dans l'eau	LM
Chevelu racinaire	Racines d'arbres ou d'arbustes immergées formant des entrelacements racinaires	CR
Litière ou débris organiques grossiers	Ensemble de feuilles mortes et débris végétaux en décomposition	LI
Bryophytes	Végétaux caractérisés par l'absence de système vasculaire, comprenant principalement des mousses ou sphaignes	BR
Hydrophytes flottants	Plantes aquatiques flottant à la surface de l'eau	HF
Hydrophytes immergés	Plantes aquatiques entièrement immergées. Les herbacées temporairement immergées et pouvant avoir la même structure et le même rôle que de véritables hydrophytes sont également notées HI	HI
Hydrologie		
Emissaire	Cours d'eau sortant du plan d'eau	EM
Tributaire	Cours d'eau alimentant le plan d'eau	TR
Sous-Berge		
Sous-Berge		SB

2.5. Mise en œuvre du protocole de suivi des macrophytes

Matériel : embarcation, GPS, disque de Secchi, appareil photo, râteau à manche télescopique, grappin (pour les profondeurs > 4 m) , bathyscope, loupe de terrain, flacons en matière plastique, piluliers en verre (pour les taxons petits et/ou fragiles), liquide de conservation (alcool), enveloppes, glacières, fiches de terrain.

Temps : une journée (essai incomplet). Le protocole n'a pas pu être appliqué entièrement en raison des conditions de navigation et des difficultés de prospections des berges.

Ce protocole est basé sur la norme XP T90-328 (AFNOR, 2010). Il a été adapté de manière à pouvoir être appliqué au niveau des stations d'étude définies. Le protocole de Jensen préconisé dans la norme pour la définition des unités d'observations n'a donc pas été mis en place.

Une unité d'observation a été définie à l'intérieur de chaque station (**Figure 7**). Deux types de relevés (**Figure 8**) ont été effectués selon les préconisations de la norme XP T90-328 :

- un relevé de la végétation de la zone littorale sur 100 m de linéaire et de la limite des plus hautes eaux en rive, jusqu'à 1 m de profondeur ou jusqu'à 10 m de large si la pente du fond est inférieure à 1 m. Ce relevé permet de caractériser la végétation se développant à l'interface terre-eau.
- des relevés le long de trois profils pour caractériser la végétation en profondeur sous la forme de transects perpendiculaires à la rive. Le long de ces profils des points contact ont été réalisés à l'aide d'un râteau.

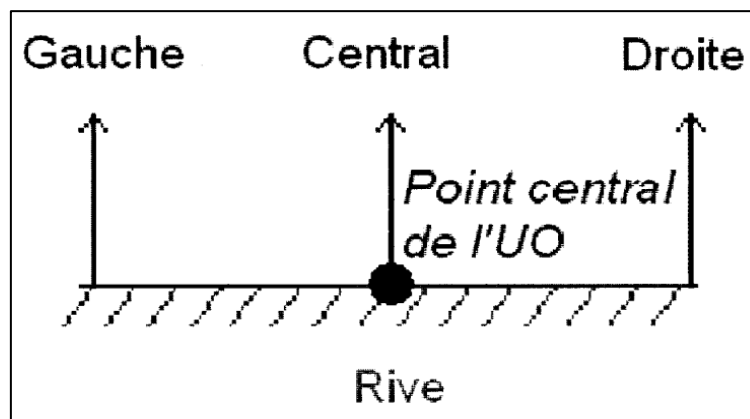


Figure 7 : schéma d'une unité d'observation d'après la norme XP T90-328 (AFNOR, 2010)

Les relevés ont été effectués à pied ou depuis l'embarcation selon les conditions. Pour chaque type de relevé les abondances des différents taxons ont été estimées⁴. Les taxons qui n'ont pas pu être déterminés sur le terrain ont été conditionnés pour être déterminés ultérieurement en laboratoire.

⁴ Classes d'abondances définies par la norme : (1) quelques pieds, (2) quelques petits herbiers, (3) petits herbiers assez fréquents, (4) grands herbiers discontinus, (5) herbiers continus.

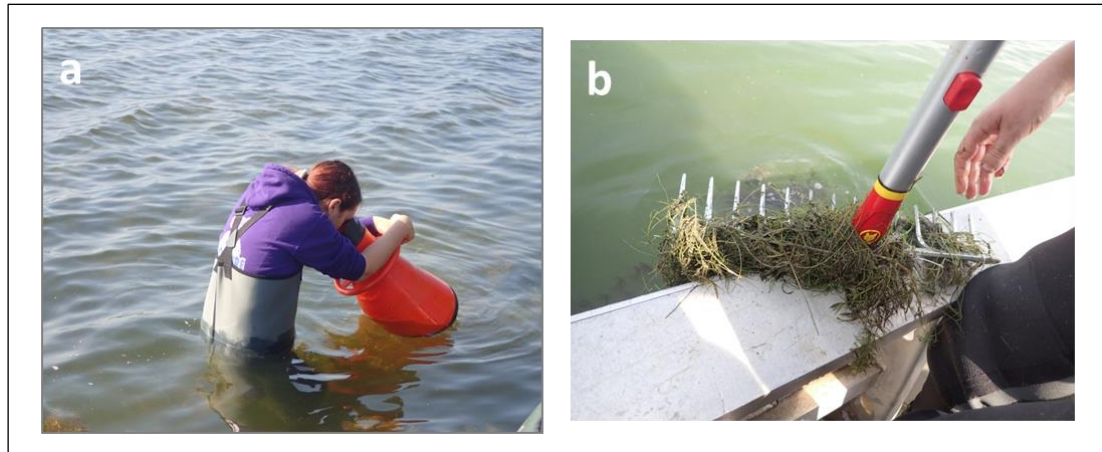


Figure 8 : (a) relevé de zone littorale : (b) point de contact réalisé au râteau depuis l'embarcation (crédits photographiques : J. Dublon)

En raison des conditions météorologiques il n'a pas été possible de réaliser la totalité des relevés. Ceux qui ont pu être effectués sont détaillés ci-dessous (**Tableau 10**) :

Tableau 10 : synthèse des relevés littoraux et points de contacts réalisés par station

	Relevé de zone littorale	Profil gauche	Profil central	Profil droit
Station 1	oui	30/30	14/30	15/30
Station 2	non	0/30	0/30	0/30
Station 3	oui	30/30	30/30	30/30

Les fiches de terrain correspondantes à cette campagne sont disponibles en **annexe 4**.

2.6. Test des protocoles de suivi des roselières à *Phragmites australis*

Matériel : mètre ruban de 30 à 50 m, quadrat de 25 cm de côté, tige de 2 m graduée tous les 10 cm, pied à coulisse, GPS, matériel de prise de note, fiche de terrain

Temps : 1 journée

Ce protocole est basé sur le protocole de caractérisation et de suivi de l'évolution de roselières développé par le groupe de travail Rézo du Rozo (partenariat Réserves naturelles de France et Tour du Valat) (Thibault and Mauchamp, 2004; Anglade-Garnier, 2014). Il a pour objectif de suivre l'évolution de cet habitat et de caractériser l'impact de la restauration sur les roselières à *Phragmites australis*.

Le suivi piézométrique et le suivi de la physico-chimie préconisés dans le protocole initial n'ont pas été mis en place.

Trois transects de 50 m environ ont été réalisés soit un par station. Au niveau des stations 1 et 3 les transects ont été réalisés côté terre. Pour la station 2 le transect a été réalisé côté eau depuis l'embarcation pour des raisons d'accessibilités.

Le long de chaque transect, quinze quadrats de 25 cm de côté, espacés les uns des autres de 3 m, ont été échantillonnés. Sur chaque quadrat six paramètres ont été mesurés (**Figure 9**) :

- Comptage du nombre de tiges vertes (année n)
- Comptage du nombre de tiges sèches (année n-)
- Comptage du nombre de tiges fleuries (année n)
- Mesure de la hauteur de la tige la plus haute
- Mesure de la hauteur et du diamètre de la tige verte la plus en bas à droite du quadrat
- Mesure de la hauteur d'eau



Figure 9 : comptages et mesures réalisés au sein des quadrats (crédits photographiques : J. Dublon)

La fiche de terrain correspondante à cette campagne de terrain est disponible en **annexe 5**.

4. Résultats

3.1. Méthodes de suivi du peuplement piscicole

- Pêches électrique, cares, pièges à alevins et verveux

Lors des deux campagnes de pêches tous les dispositifs utilisés ont permis la capture d'individus. Les verveux ont permis de capturer beaucoup plus d'individus. D'autre part, la pêche électrique et les verveux sont les dispositifs qui ont permis la capture du plus grand nombre d'espèces **Tableau 11**.

Tableau 11 : synthèse des pêches de 2016 pour les différentes méthodes
(Les gambusies (*Gambusia affinis*) ont été observées mais non capturées)
*effectifs estimés à partir du poids total

Mois	Espèce	Littoral			Pélagique
		PEL	Piège	Verveux	Care
Juin	CCO	28	29	17728*	4
	GAM	18			
	GAR			4	1
	PES	2	3	64	
	ROT		11	13	
	SIL			27	
Total effectifs juin		48	43	17836	5
Richesse spécifique juin		3	3	5	2
Septembre	BLE	13	2		115
	BRB			1	
	CAR	1			
	CCO	35	6	115	
	GAM	64		1	
	GAR	8		2	
	PER			1	
	PES	68	335	26930*	4
	PSR			4	
	ROT	11	56	126	48
	SAN			1	
SIL	11		3		
TAN	10	7	681		
Total effectifs septembre		221	406	27865	167
Richesse spécifique septembre		9	5	11	3

En juin, Au total 6 espèces ont été mises en évidence avec en grande majorité des carpes communes (*Cyprinus carpio*) et en plus petite quantité, des rotengles (*Scardinius erythrophthalmus*), des gardons (*Rutilus rutilus*), des perches soleils (*Lepomis gibbosus*) et des silures (*Silurus glanis*). Deux espèces de crustacés ont également été capturées, *Atyaephyra desmaresti* et l'écrevisse de Louisiane (*Procambarus clarkii*).

En septembre, 13 espèces ont été capturées avec une grande quantité de perche soleil (*Lepomis gibbosus*), et des quantités plus moyennes de rotengles (*Scardinius erythrophthalmus*), tanches (*Tinca tinca*) et carpes communes (*Cyprinus carpio*). Les autres espèces ont été observées en moindre quantité, à savoir, le gardon (*Rutilus rutilus*), le silure (*Silurus glanis*), le pseudorasbora (*Pseudorasbora sp.*), le gambusie (*Gambusia affinis*), et la blennie (*Salaria sp.*) cette dernière ayant été observée

uniquement à l'état larvaire lors de la pêche. La présence d'anguille a également été constatée bien que l'espèce n'ait pas été capturée durant la pêche.

Contrairement à la première campagne, aucune écrevisse n'a été capturée.

Parmi les individus mesurés lors de la biométrie, il est possible de noter une majorité de juvéniles et/ou d'espèces de petite taille (PES) en juin et en septembre. Néanmoins, la campagne de septembre a permis d'observer une plus large gamme de classe de taille (**Tableau 12**).

Tableau 12 : classes de taille (en mm) des captures réalisées lors des campagnes de terrain

Classes de tailles	Juin						Total juin	Septembre											Total septembre		
	CCO	GAM	GAR	PES	ROT	SIL		BLE	BRB	CAR	CCO	GAM	GAR	PER	PES	PSR	ROT	SAN		SIL	TAN
10	1	1		2	1		5	7													7
20	52	9			3	13	77	3		2	2			185		1				18	211
30	25				1	14	40	3		33				133	1	2				232	404
40	15		3	12	4		34		1	55				43	1	21				47	168
50	1		2	19			22			48				11	2	80				1	142
60				14			14	2		13				2		84					101
70				9			9			5		1		1		13			1		21
80				7			7							3							3
90				2			2				2			3							5
100				3	2		5				1			2		1					4
110					1		1							2		4					6
120							0			1				1		8					10
130							0									9			2		11
140							0				1			1		7			1		10
150							0					2				3					5
160							0					3	1			2			1		7
170							0									2		1	1		4
180					1		1									1			1		2
190					1		1														0
200							0									2			1		3
210							0												2		2
220							0									1			2		3
230							0														0
240							0													1	1
250							0													1	1

- **Caméra**

Les tests réalisés avec la caméra lors de la campagne du mois de juin n'ont pas abouti. En raison d'un problème technique la caméra n'a pas fourni d'images exploitables.

Remarque : cette méthode a été testée de nouveau plus tard et des images ont été exploitables. Cependant, la visibilité assez moyenne n'a permis d'observer que quelques perches communes. Ce protocole ne semble donc pas satisfaisant dans le cas du site étudié.

Ces premiers essais effectués en 2016 ont permis d'avoir des informations sur l'efficacité des différents engins et d'aider dans le choix des méthodes de suivi du peuplement piscicole à préconiser dans le guide méthodologique. Parmi les dispositifs comparés en 2016 seule la pêche électrique a été retenue. Ce dispositif permet d'observer un plus grand nombre d'espèces et de plus fortes abondances que la plupart des autres dispositifs essayés. D'autre part il a l'avantage d'être déjà connu par un grand nombre de gestionnaires de plan d'eau et d'être facile à mettre en place. Concernant les autres types d'engins testés il a été choisi d'utiliser un autre type de dispositif. Ce choix est né d'une volonté de préconiser un type de piège complémentaire à la pêche électrique et qui permettrait de cibler les juvéniles afin de suivre la reproduction d'une ou plusieurs espèces cibles de poisson. Les pièges à alevins ont dans un premiers temps été retenus pour cela. Néanmoins, pour des raisons pratiques (facilité à se procurer, facilité de stockage ...) ils ont été remplacés par de petites nasses (nasses à vairons).

Enfin, la comparaison des deux périodes d'échantillonnages a montré qu'il peut être intéressant d'effectuer les campagnes de terrain en fin d'été puisqu'un plus grand nombre d'espèces et des abondances de poissons plus importantes ont été observées.

3.2. Protocole de prélèvement des macroinvertébrés littoraux

Les listes faunistiques et les effectifs et densités d'individus pour chaque station sont disponibles dans l'**annexe 6**.

La comparaison des stations (**Tableau 13**) montre que la station 1 renferme les plus fortes densités et richesse taxonomique en macroinvertébrés. Cette station possède également le plus fort pourcentage d'individus appartenant à des ordres jugés sensibles, les EPT (Ephéméroptère, Plécoptère, Trichoptère) avec une densité représentant 14 % de la densité totale pour seulement 3% dans les deux autres stations.

Dans les trois stations les Diptères présentes des densités largement supérieures à celles des autres ordres.

En revanche, les richesses taxonomiques les plus importantes sont observées pour les Hétéroptères et les Trichoptères (auxquels s'ajoutent les richesses taxonomiques des Diptères et des Gastéropodes pour la station 1) (**annexe 7**).

Tableau 13 : richesses taxonomique et densités totales et d'EPT par station

	Station 1	Station 2	Station 3
Richesse taxonomique	30	24	21
Densité par m²	3273	1940	1717
Richesse taxonomique d'EPT	6	6	5
Densité par m² d'EPT	478	60	56

La **Figure 10** compare les densités d'individus et les richesses spécifiques des habitats et combinaison d'habitats au sein des trois stations.

Dans le cas de la station 1, les hydrophytes immergées et les héliophytes sur vases semblent être les habitats les plus biogènes avec les valeurs de densités et de richesses taxonomiques les plus fortes. Les autres habitats et combinaisons d'habitats montrent des densités bien moins importantes.

Dans la station 2 les hydrophytes immergées restent un habitat avec une richesse taxonomique importante mais une densité d'individus moyenne. Les galets quant à eux présentent la plus forte densité pour cette station malgré une richesse taxonomique moyenne. Les Héliophytes sur galets représentent dans cette station l'habitat le moins favorable.

Dans la station 3, les galets sont le substrat pour lequel les valeurs de densités et de richesses taxonomiques sont les plus importantes. Les hydrophytes immergées et les héliophytes sur galets présentent des valeurs moyennes pour les deux facteurs étudiés avec néanmoins une richesse taxonomique plus importante dans les héliophytes sur galets.

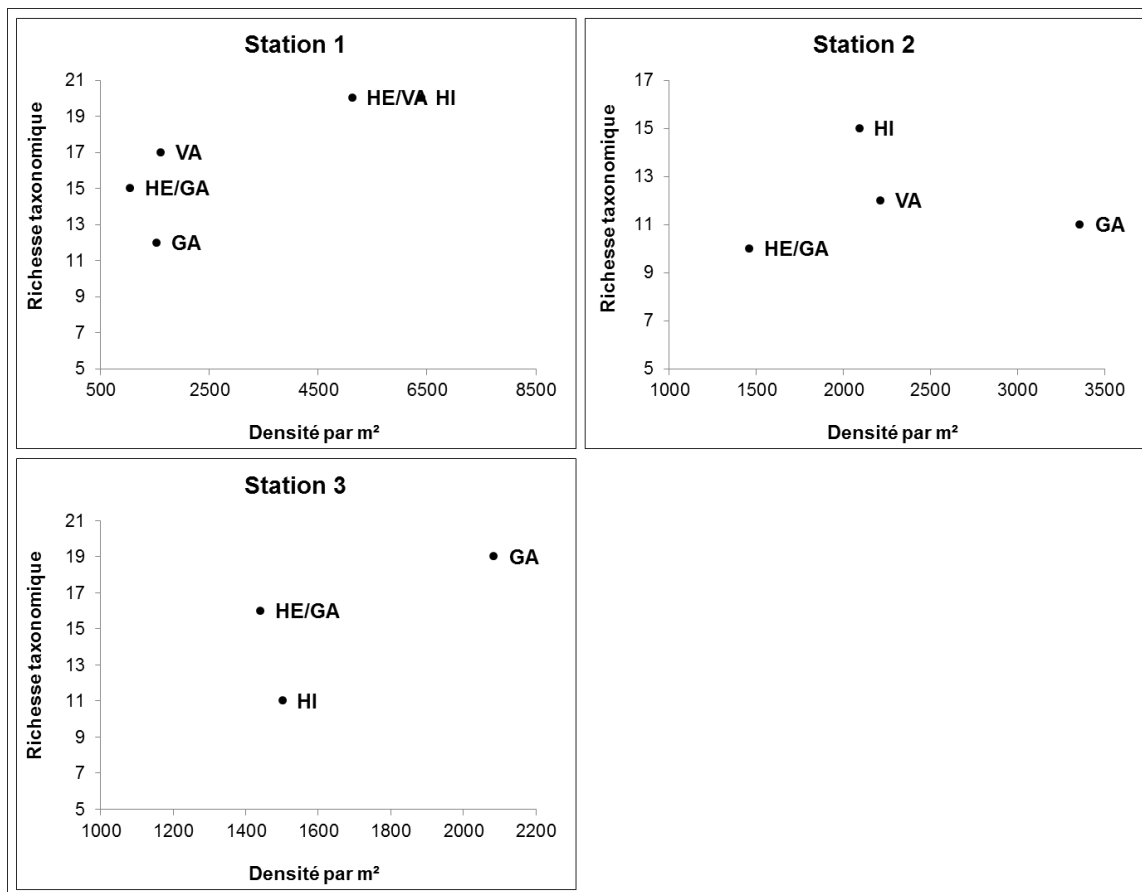


Figure 10 : comparaisons des densités et richesses taxonomiques observées dans les habitats des trois stations

Suite au test réalisé aucune adaptation supplémentaire n'a été apportée au protocole.

3.3. Cartographie surfacique des habitats littoraux

Le **Tableau 14** et le **Tableau 15** donnent les surfaces et pourcentages de recouvrement des différentes combinaisons d'habitats calculés à partir de la cartographie réalisée pour chaque station. Sur les stations 1 et 2, les mêmes habitats ont été observés avec des recouvrements comparables et une majorité de vase et d'hélophytes pour les deux sites. La station 3, en revanche, diffère des deux premières avec une très grande majorité de pierre sur la surface cartographiée.

Tableau 14 : surface de recouvrement des habitats/ Combinaisons d'habitats pour chaque station

	Habitat	surface (m ²)
Station 1	C	86,73
	C/HE	114,15
	C/HI	74,67
	V	688,70
	V/HE	3277,52
	V/HE/HI	216,45
	V/HI	124,81
	Total	4583,03
Station 2	C	37,23
	C/HE	72,30
	C/HI	29,45
	C/V	17,43
	V	347,51
	V/HE	1428,36
	V/HI	277,17
	Total	2209,45
Station 3	P	2163,13
	P/HE	1151,66
	P/HE/HI	5,22
	P/V	2605,94
	P/V/HE	21,68
	P/V/HI	46,57
	Total	5994,20

Tableau 15 : pourcentages de la superficie occupée par chaque composante d'habitat pour les trois stations (ici la combinaison P/V a été conservée car les vases ne sont présentes qu'en substrat accompagnant dans la station 3)

	Habitat	% de recouvrement de la station
Station 1	C	6,01
	V	93,99
	HI	9,07
Station 2	HE	78,73
	C	7,08
	V	93,71
	HI	13,88
Station 3	HE	67,92
	P	100
	HE	19,66
	HI	0,86
	P/V	44,6

Cet essai de protocole n'ayant pas été réalisé à la même cote que la cartographie Charli et les classes de substrats n'étant pas les mêmes, il ne semble pas pertinent de comparer les résultats obtenus à l'aide des deux protocoles. Néanmoins, ce protocole de cartographie surfacique semble présenter plusieurs avantages par rapport au protocole Charli. Le nombre de classes de substrat plus important permet d'avoir plus d'informations concernant la granulométrie des substrats minéraux présents. D'autre part, la représentation surfacique des habitats/combinaisons d'habitats permet d'avoir une meilleure estimation de leurs recouvrements et de leurs localisations que la représentation linéaire proposée par le protocole Charli (Figure 11).

Dans le cadre du projet de suivi des actions de restauration hydromorphologique des littoraux de plan d'eau, ce protocole semble donc approprié pour permettre un suivi de l'évolution des mosaïques d'habitats présentes au niveau des stations étudiées.

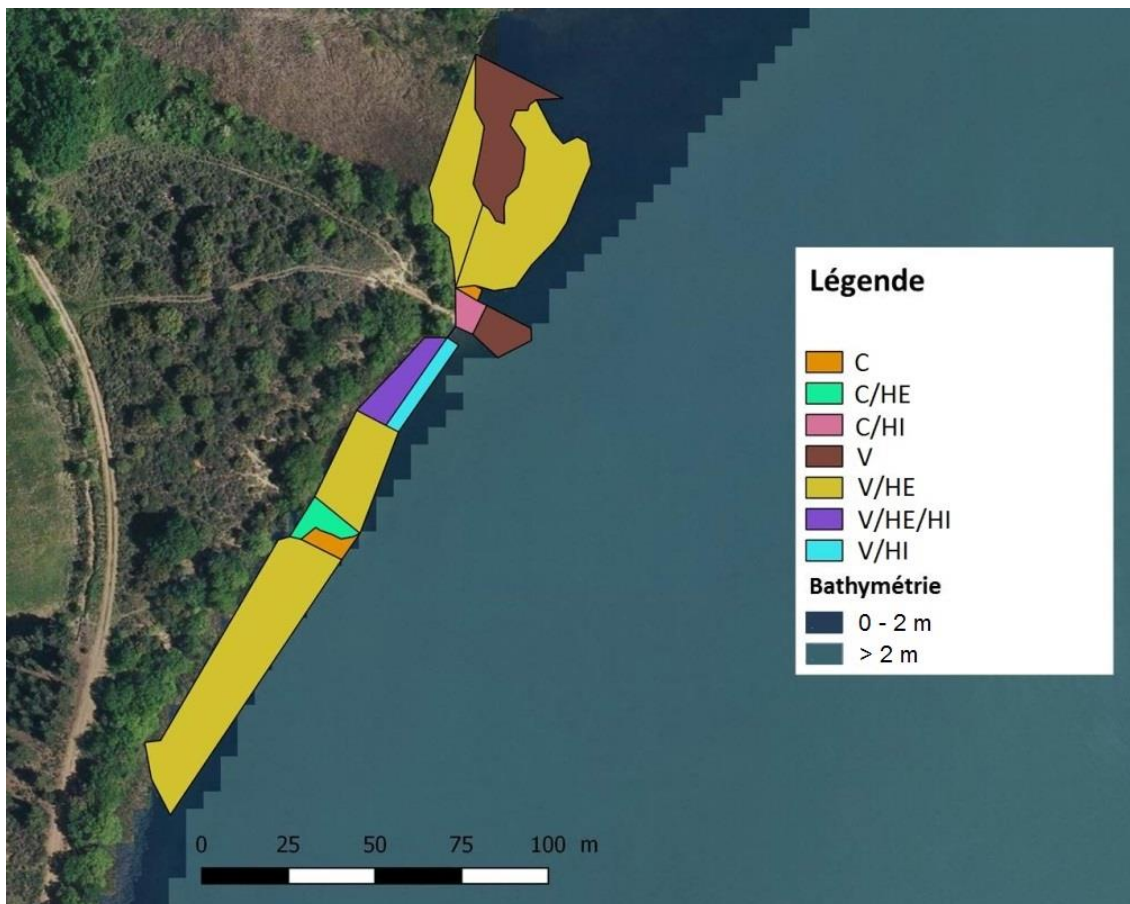


Figure 11 : cartographie surfacique des habitats littoraux de la station 1 (source : BD ORTHO®)

Les cartographies correspondantes aux deux autres stations sont disponibles en **annexe 8**.

3.4. Protocoles de suivi des macrophytes

En raison des problèmes rencontrés sur le terrain (cf. « Matériel et méthode »), les résultats obtenus sont incomplets, seules les listes faunistiques des deux stations prospectées sont présentées ici (**Tableau 16** et **Tableau 17**).

15 taxons ont été observés et identifiés à l'espèce ou au genre (sauf characées ou taxons pour lesquels il y a eu des difficultés d'identification) pour la station 1 et 16 pour la station 3. Ces taxons incluent des héliophytes (*Iris pseudoacorus*, *Phragmites australis*, *Polygonum hydropiper* ...) et plusieurs espèces d'hydrophytes (*Ceratophyllum demersum*, *Myriophyllum spicatum*, *Najas marina* ...), d'algues (*Cladophora* sp., *Oedogonium* sp., *Spirogyra* sp. ...) et de cyanobactéries (*Phormidium* sp., *Tolypothrix* sp.).

Les roseaux (*Phragmites australis*) sont présents en bordure de toute la zone littorale des stations et représentent le taxon de rive le plus abondant.

Pour ce qui est des profils perpendiculaires à la rive, une végétation abondante a été observée tout au long des profils. Des abondances importantes de characées, d'hydrophytes à feuilles fines indéterminés et de l'espèce *Ceratophyllum demersum* ont été observées sur les profils de la station 1. Pour la station 3 les taxons les plus abondants étaient les characées, les hydrophytes à feuilles fines indéterminés et l'espèce *Najas marina*.

Suite à la mise en oeuvre de ce protocole aucune adaptation supplémentaire n'a été réalisée.

Tableau 16 : liste faunistique des macrophytes observés au niveau de la station 1

	Zone littorale	Profil Gauche	Profil central	Profil droit
Héliophytes	<i>Phragmites australis</i> <i>Carex</i> sp <i>Galium palustre</i> <i>Iris pseudoacorus</i> Liseron indéterminé <i>Lycopus europaeus</i> <i>Polygonum hydropiper</i>	<i>Phragmites australis</i> <i>Vallisneria</i> sp	<i>Phragmites australis</i> <i>Vallisneria</i> sp	<i>Phragmites australis</i>
Hydrophytes	Hydrophytes à feuilles fines indéterminés Lemnaceae (Famille)	<i>Ceratophyllum demersum</i> <i>Myriophyllum spicatus</i> <i>Najas marina</i> <i>Potamogeton nodosus</i> <i>Potamogeton pectinatus</i>	Lemnaceae (Famille) <i>Ceratophyllum demersum</i> <i>Myriophyllum spicatus</i> <i>Najas marina</i> <i>Potamogeton nodosus</i> <i>Potamogeton pectinatus</i>	<i>Ceratophyllum demersum</i> Hydrophytes à feuilles fines indéterminés Lemnaceae (Famille) <i>Myriophyllum spicatus</i> <i>Najas marina</i>
Algues	<i>Cladophora</i> sp Cyanobactérie indéterminé	Characeae (famille) <i>Oedogonium</i> sp	Characeae (famille) <i>Oedogonium</i> sp	Characeae (famille) <i>Oedogonium</i> sp
Mousses	Bryophyte indéterminé			

Tableau 17 : liste faunistique des macrophytes observés au niveau de la station 3

	Zone littorale	Profil Gauche	Profil central	Profil droit
Hélophytes	<i>Phragmites australis</i> <i>Calystegia sepium</i> <i>Carex sp</i> <i>Iris pseudoacorus</i> <i>Lycopus europaeus</i> <i>Rorippa amphibia</i> <i>Solanum dulcamara</i>	<i>Phragmites australis</i>	<i>Phragmites australis</i>	<i>Phragmites australis</i>
Hydrophytes	Hydrophytes à feuilles fines indéterminés	<i>Ceratophyllum demersum</i> Hydrophytes à feuilles fines indéterminés <i>Myriophyllum spicatus</i> <i>Najas marina</i> <i>Potamogeton pectinatus</i>	<i>Ceratophyllum demersum</i> Hydrophytes à feuilles fines indéterminés <i>Myriophyllum spicatus</i> <i>Najas marina</i> <i>Potamogeton pectinatus</i>	<i>Najas marina</i> <i>Ceratophyllum demersum</i> Hydrophytes à feuilles fines indéterminés <i>Myriophyllum spicatus</i> <i>Potamogeton pectinatus</i>
Algues	Characeae (famille) <i>Cladophora sp</i> Cyanobactérie indéterminé <i>Oedogonium sp</i> <i>Spirogyra sp</i>	Characeae (famille) <i>Cladophora sp</i> <i>Oedogonium sp</i>	Characeae (famille) <i>Phormidium sp</i>	Characeae (famille) <i>Cladophora sp</i> <i>Spyrogira sp</i> <i>Tolypothrix sp</i>

3.5. Protocole de suivi des roselières

Le **Tableau 18** est une synthèse des résultats observés pour les trois stations. Les résultats des mesures montrent un plus grand nombre de tiges vertes et moins de tiges sèches dans la station 2. Le nombre de tiges fleuries est presque identique pour les trois stations. Les nombres de tiges vertes et de tiges fleuries sont probablement liés à la période à laquelle l'échantillonnage a eu lieu et qui correspond à la période de plus fort développement des roselières.

En moyenne les tiges les plus hautes semblent moins longues dans la station 2 que dans les deux autres stations.

Les mesures de hauteurs et de diamètres des tiges vertes en bas à droite des quadrats montrent des résultats similaires entre les stations avec néanmoins des hauteurs de tiges légèrement plus faibles dans la station 3.

Tableau 18 : synthèse des mesures réalisées dans les roselières des trois stations

	Station 1	Station 2	Station 3
Nombre tiges vertes	185	318	191
Nombre tiges sèches	172	45	182
Nombre tiges fleuries	23	24	23
Moyenne des tailles des tiges les plus hautes (cm)	241,2	191,9	202,5
Max des tailles des tiges les plus hautes (cm)	390	260	370
Min des tailles des tiges les plus hautes (cm)	155	130	0
Moyenne des hauteurs d'une tige verte (cm) *	96	97	73,3
Max des hauteurs d'une tige verte (cm) *	97	97	85
Min des hauteurs d'une tige verte (cm) *	95	97	66
Moyenne de Diamètre (mm) d'une tige verte*	4,1	3,7	3,6
Max de Diamètre (mm) d'une tige verte*	7	6	6
Min de Diamètre (mm) d'une tige verte*	2	2	0

*La tige verte la plus en bas à gauche du quadrat

Suite à l'application de ce protocole sur les différentes stations, les modifications suivantes ont été proposées : la possibilité de faire varier le nombre et le positionnement des transects en fonction de la taille de la roselière et de son accessibilité. Il s'agit d'adapter le protocole initial développé par le groupe Rézo du Rozo de manière à ce qu'il soit plus facile à mettre en place et soit plus adapté au suivi de roselières dans le cadre des suivis d'opérations de restauration.

5. Conclusion

Les essais réalisés ont contribué au choix de certains protocoles de suivi et à apporter des améliorations au guide méthodologique. Les campagnes de terrain ont également permis une meilleure estimation du matériel et du temps nécessaire à leur mise en place. Dans le cas des suivis piscicoles les résultats obtenus ont également permis d'aider à mieux définir les période de suivi.

Néanmoins, d'autres essais de mise en œuvre devront être réalisés sur différents types de plan d'eau pour compléter ces premiers retours. Ils seront mis en place à partir de 2019 dans le cadre de la constitution d'un réseau de sites pilotes. Ils devraient permettre de réaliser des expérimentations dans des conditions variées, pour avoir de meilleurs retours concernant la faisabilité et la reproductibilité du design de la méthode et des protocoles proposés dans le cadre du projet.

6. Annexes

Annexe 1 : informations complémentaires sur les pièges utilisés

- **Verveux double maille (4 mm), FIL 210/5, vert**

Caractéristiques :

Longueur de la senne centrale : 6 m

Hauteur de la senne centrale : 0,6 m

Longueur de chaque chambre : 3,50 m

7 anneaux par chambre

1^{er} anneau à fond plat (forme en D)

Hauteur du « D » : 0,6 m

Mailles de 4 mm de côté senne et chambre

- **Pièges à alevins**

Les pièges à alevins utilisés sont ceux préconiser par Olivier *et al.* (2001) (**Figure 12**). Il s'agit de pièges en plexiglas de forme parallélépipédique de 0,7 m de longueur et 0,2 x 0,2 m de surface d'entrée. Ils sont équipés d'un système de double entonnoir antifuite. Pour pouvoir pêcher à la hauteur voulue, le piège est équipé de bouteilles stabilisatrices et d'un corps mort relié au corps de la nasse par une drisse de longueur réglable.

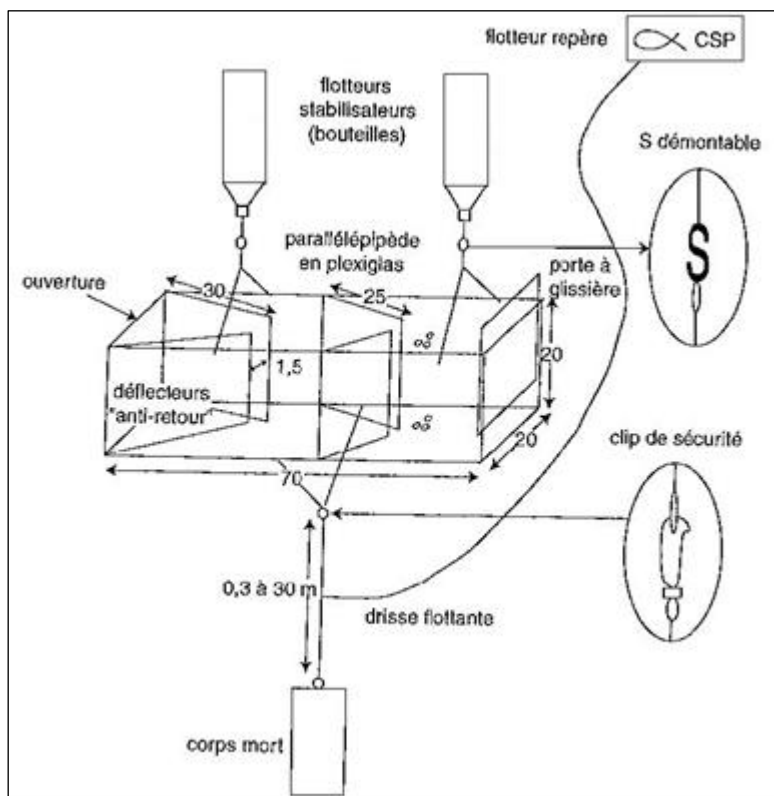


Figure 12 : Schéma des pièges à alevins (Olivier *et al.*, 2001)

- **Cares®**

Le care© (brevet sur procédé FR 2841742) est un engin de pêche spécifique développé par Ecocean qui permet la capture sans dommage de post-larves vivantes de poissons et d'invertébrés marins avant leur installation dans le milieu. Il s'agit d'un attracteur lumineux flottant composé d'un caisson intégrant la source lumineuse et d'un filet en PVC conique fermé du côté étroit par un collecteur (source : <https://www.ecocean.fr/>).

Caractéristiques :

Mailles du filet : 2 x 2 mm

Poids total : 15 kg

Lumière LED : 360° / 5000°k / 55W / E27

Durée d'éclairage : 18h

Batterie rechargeable 12V/12A

Annexe 2 : cartographies des habitats littoraux de l'étang des Aulnes

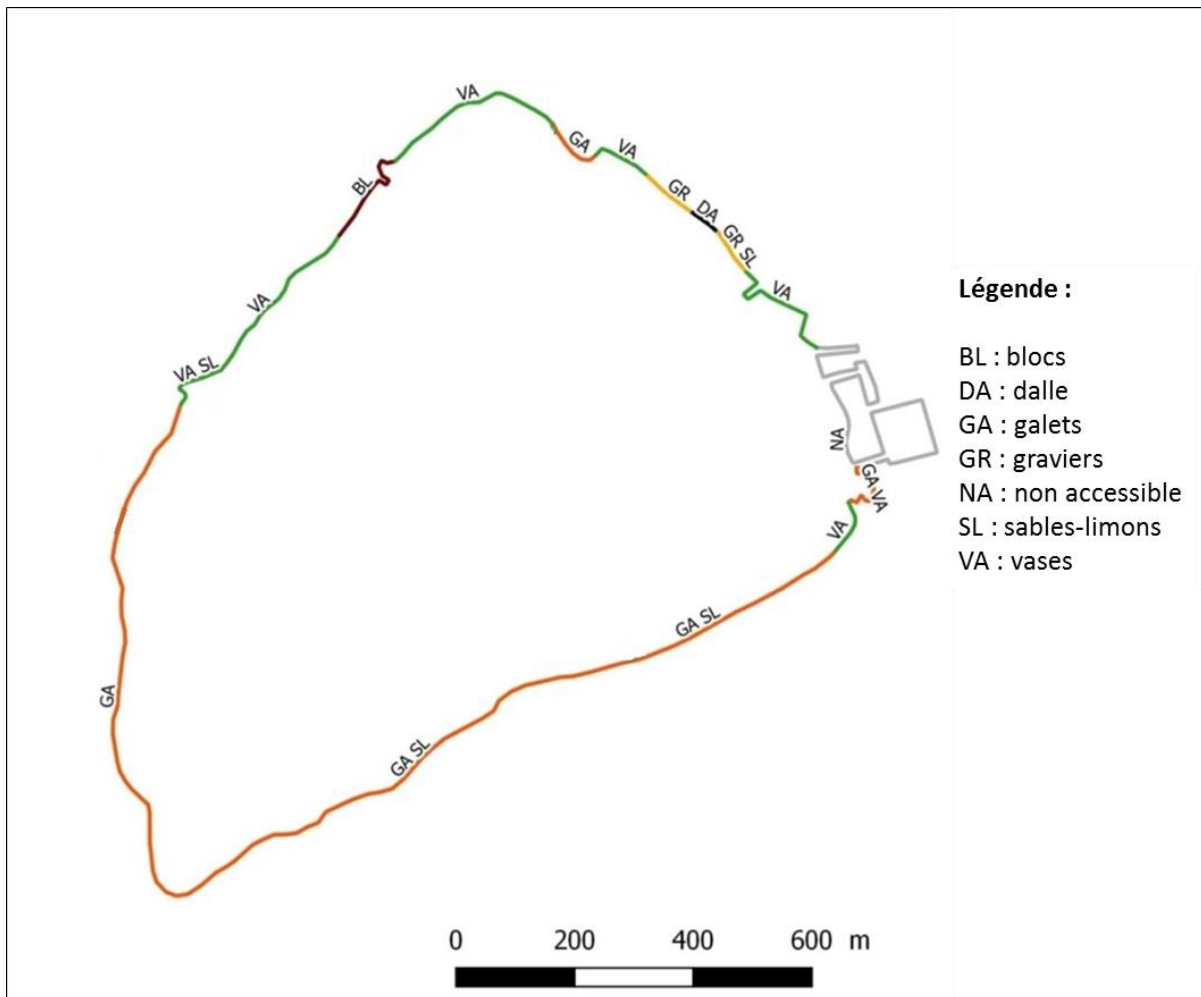


Figure 13 : cartographie des substrats littoraux de l'étang des Aulnes d'après le protocole Charli (Alleaume *et al.*, 2013) ; le linéaire NA correspond à des bassins de pisciculture (source : BD TOPO® IGN)

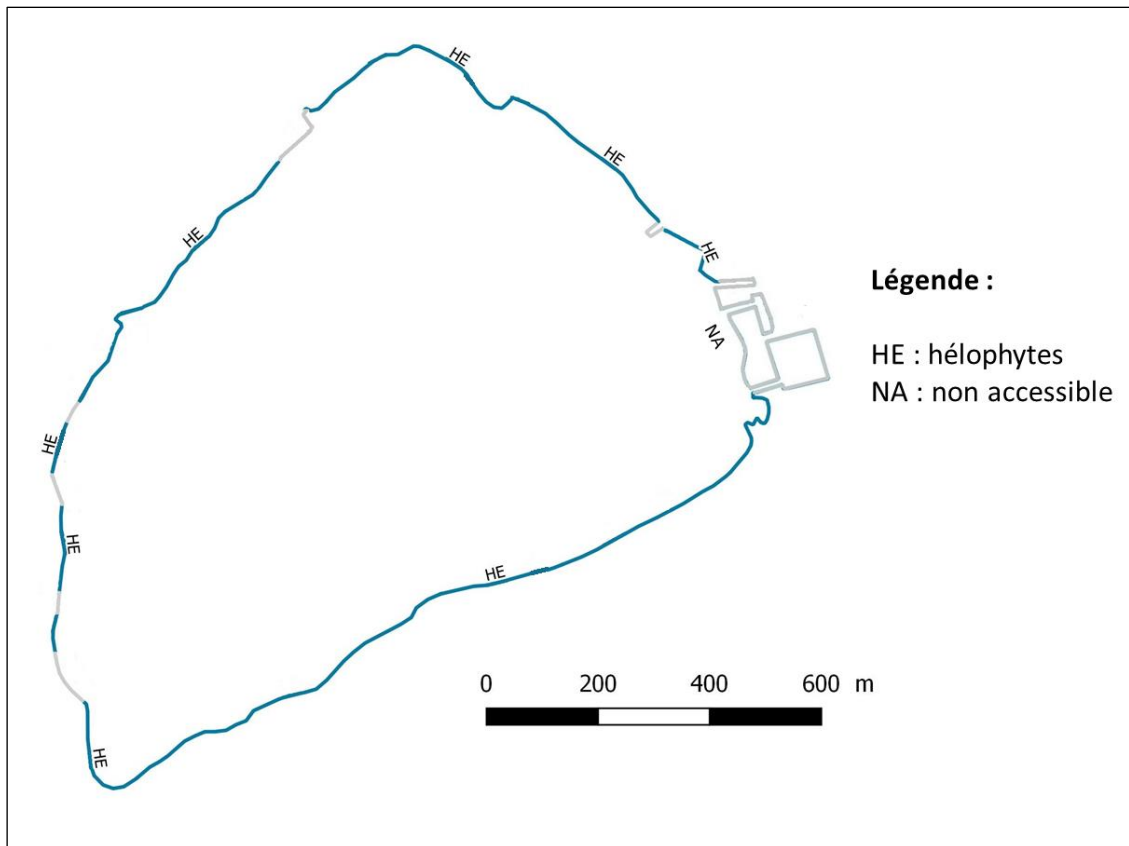


Figure 14 : cartographie des hélophytes présentes sur l'étang des Aulnes (source : BD TOPO® IGN)

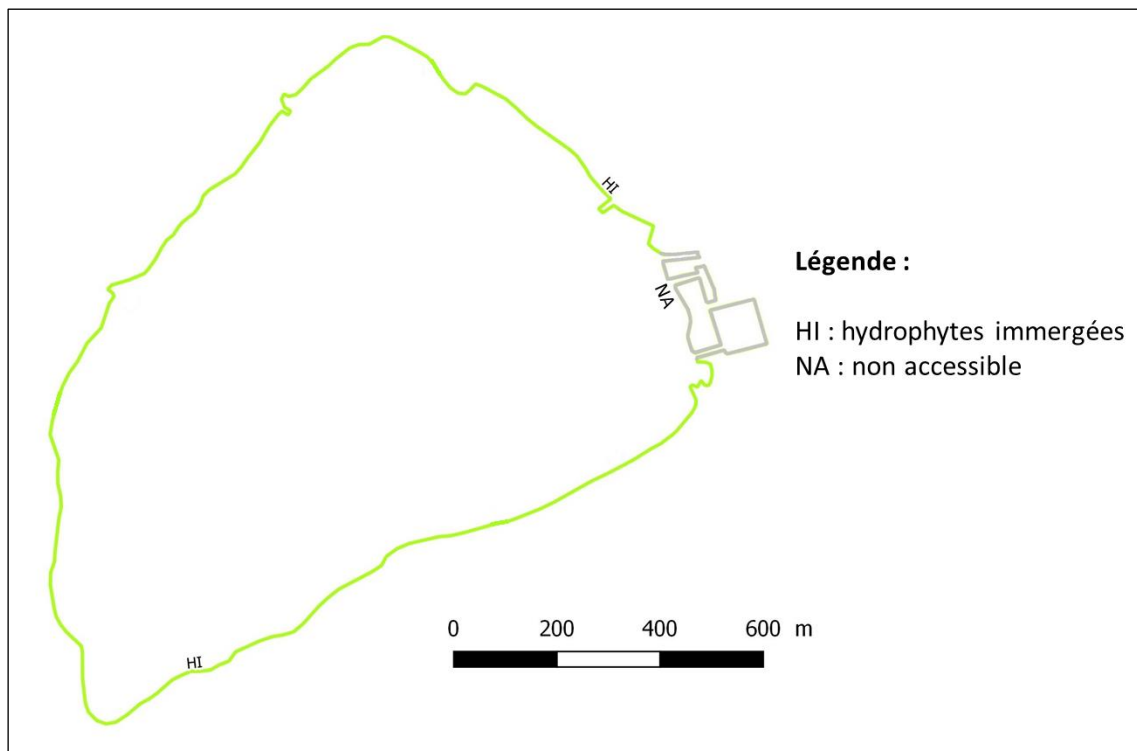


Figure 15 : cartographie des hydrophytes immergées présentes sur l'étang des Aulnes (source : BD TOPO® IGN)

Annexe 3 : fiche de terrain faune macrobenthique

FICHE D - FICHE DE TERRAIN FAUNE MACROBENTHIQUE					
Nom / Code 3 lettres du lac : AUL (Aulnes)			Date : 29/05/2018		
Opérateur(s) : MT (prélèvements), LV (conditionnement), MM (prise de note), JD et VR (pilote et mesures physico-chimiques)					
Température : 23°C		Nuages* : 0		Vent* : 0	
Code prélèvement	Station	Substrat	Profondeur	Point GPS	Observations
1	S1	HI	60	2392	
2	S1	GA	50	2393	
3	S1	HE/GA	50	2394	
4	S1	HI	70	2395	
5	S1	HE/VA	90	2396	
6	S1	HI	90	2397	
7	S1	VA	55	2398	
8	S1	HE/GA	55	2399	
9	S1	GA	55	2400	
10	S1	VA	110	2401	Fin station 11h24
11	S2	HE/VA	100	2402	
12	S2	HI	105	2403	
13	S2	HE/VA	60	2404	
14	S2	HI	110	2405	
15	S2	VA	45	2406	
16	S2	GA	50	2407	
17	S2	HI	60	2408	
18	S2	VA	55	2409	
19	S2	VA	50	2410	
20	S2	HE/GA	45	2411	Fin station 12h20
21	S3	HE/GA	80	2412	Début station 14h20
22	S3	GA	60	2413	
23	S3	HI	100	2414	
24	S3	HI	95	2415	
25	S3	HE/GA	70	2416	
26	S3	GA	55	2417	
27	S3	HI	15	2418	
28	S3	HE/GA	100	2419	
29	S3	GA	75	2420	
30	S3	GA	70	2421	Fin station 15h
Commentaires	Essai mesures physico-chimiques à 20m de la berge et 40 cm prof: S1 --> T° 22,8 / Cond 599µS / O2 11,21mg/L et 130,7% S2 -->T° 23,1 / Cond 582µS / O2 12,29mg/L et 144,6% S3 -->T° 23,6 / Cond 604µS / O2 12,28mg/L et 146,2%				

* Conditions météo : 1 (nul), 2 (faible), 3 (moyen), 4 (fort)

Annexe 4 : fiches de terrain macrophytes

FICHE DE TERRAIN MACROPHYTES (Relevé de littoral)			
Nom du plan d'eau : Etang des Aulnes		Date : 30/08/2018	
Station : 1			
Organisme / Opérateur(s) : Irstea : JD, MT, MM, JML			
Température : 22°C	Nuages* : 3	Vent* : 3	Précipitations* : 0
Longueur du relevé de zone littorale (m) : 100 m			
Taxon	Abondance 1 - 5	N° de l'échantillon si prélèvement	Observations complémentaires
<i>Lycopus europaeus</i>	2		
<i>Iris pseudoacorus</i>	2		
<i>Phragmites australis</i>	5		
<i>Galium palustre</i>	1	La11	
<i>Calystegia sp</i>	2		
<i>Carex sp</i>	2		
<i>Polygonum hydropiper</i>	1	La7	
Bryophyte	1	La5	enveloppe
Lemnacee (Famille)	2		
Hydrophytes à feuilles fines indéterminés 4	1	La3	Non déterminé
Hydrophytes à feuilles fines indéterminés 5	2	La1	
Hydrophytes à feuilles fines indéterminés 6	1	La2	Non déterminé
Hydrophytes à feuilles fines indéterminés 7	1	La4	Non déterminé
Hydrophytes à feuilles fines indéterminés 8	1	La9	Non déterminé
Hydrophytes à feuilles fines indéterminés 9	1	La12	Non déterminé
<i>Cladophora sp</i>	1	La10	
Cyanobactérie 3	1	La6	Non retrouvée
Indéterminé	1	La8	Non déterminé
Commentaires/précisions :			

* Conditions météo : 1 (nul), 2 (faible), 3 (moyen), 4 (fort)

FICHE DE TERRAIN MACROPHYTES (Relevé de littoral)			
Nom du plan d'eau : Etang des Aulnes		Date : 30/08/2018	
Station : 3			
Organisme / Opérateur(s) : Irstea : JD, MT, MM, JML			
Température : 22°C	Nuages* : 3	Vent* : 3	Précipitations* : 0
Longueur du relevé de zone littorale (m) : 100 m			
Taxon	Abondance 1 - 5	N° de l'échantillon si prélèvement	Observations complémentaires
<i>Phragmites australis</i>	4		
<i>Lycopus europaeus</i>	1		
<i>Calystegia sepium</i>	1	L1	Grand liseron
<i>Iris pseudoacorus</i>	2		
<i>Solanum dulcamara</i>	1		
<i>Rorippa amphibia</i>	1	L3	
<i>Carex sp</i>	1		
Hydrophytes à feuilles fines indéterminés 3	1	L2	Non déterminé
<i>Spirogyra sp</i> (+ <i>Cladophora sp</i>)	3	L5	
Cyanobactérie 1	2	L6	Pas vu de cyano dans prélèvement
Characeae 1	2		Non déterminé
<i>Oedogonium sp</i> (+ <i>Spirogyra sp</i>)	2	L4	
<i>Cladophora sp</i>	1	L7	
Commentaires/précisions :			

* Conditions météo : 1 (nul), 2 (faible), 3 (moyen), 4 (fort)

Station : 1

Profil : Gauche

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Echantillon	
Profondeur (cm)	30	50	50	60	75	75	80	60	70	90	100	100	140	130	175	200	180	190	200	225	190	190	200	210	250	270	240	240	270	270		
Substrat	v	v	v	v	v	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v		
<i>Phragmites australis</i>	2	1																														
<i>Ceratophyllum demersum</i>		3	1				1								5	3	1	3	5	5		3	5	4	5	5	5	5	5	5		
Algue 3		1																														
<i>Najas marina</i>			1						2																							
<i>Vallisneria spiralis</i>			1	2	2														1													Pa1
Characeae 3			1				2	3	3	1	2	3	2	2	3	3	5	4			4	5		2		1	2					Pa3
Characeae 1				1	1	2				2		2																				
Potamot 1						1		2																								Pa2
Hydrophytes à feuilles fines indéterminées 1						2	2									3			2	2	1	1	2		1	2	2	1		1	Pa4	
<i>Myriophyllum spicatum</i>											1																		1			

Station : 1

Profil : Centre

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Echantillon		
Profondeur (cm)	25	30	30	40	25	20	30	110	130	130	150	160	160	174																			
Substrat	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v																			
<i>Phragmites australis</i>	4	3	4	4	4	4	5	3																									
<i>Ceratophyllum demersum</i>										2	3	2																					
<i>Najas marina</i>										3																							
Characeae 3								2	5	2	5	4	2	3																			
Hydrophytes à feuilles fines indéterminées 1										2	2		4	4																			
Lemnaceae						2	2		2	2		1	1																				
Algue 5								1																									

Station : 1

Profil : Droit

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Echantillon	
Profondeur (cm)	25	40	40	50	40	60	30	50	30	40	45	100	130	140	150																	
Substrat	p	p	p	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v																	
<i>Ceratophyllum demersum</i>													1																			
<i>Lemnaceae</i>	2		1						1																							
<i>Phragmites australis</i>				3	4	4	5	5	5	4	4																					
Indéterminé																																
<i>Najas marina</i>												1																				
Algue 6												2																				
<i>Myriophyllum spicatum</i>												1		1																		
<i>Characeae</i> 3													5	3	2																	
Hydrophytes à feuilles fines indéterminées 1															2																	

Station : 3

Profil : Gauche

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Echantillon		
Profondeur (cm)	25	40	40	60	50	75	80	90	100	100	120	125	120	100	120	125	125	125	125	130	150	150	150	150	160	160	160	160	180	180			
Substrat	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p/v	p/v	p/v	p/v	p/v	p/v	p/v	p/v	p/v	p/v	p/v	p/v	p/v		
<i>Phragmites australis</i>	1		NA						NA																								
Hydrophytes à feuilles fines indéterminées 1	2		NA		1				NA				1	1	1	1			2	2	1		2	1	1	3	2	1		2		P1	
<i>Ceratophyllum demersum</i>	2	1	NA						NA		1	2		1	1			1	1				1					2	1				
Algue 1		1	NA						NA																								P2
Hydrophytes à feuilles fines indéterminées 2			NA	1			1		NA			2					1																P3
<i>Characeae</i> 1			NA			2	1	2	NA	2	2	1	2	2	2	2	3	3	3	2	2	1	2	2	2	2	1	1	3	3		P4	
<i>Najas marina</i>			NA						NA	2		1		1		2	2	3	2	3	1		2	1			2	1	1	1		P5	
<i>Myriophyllum spicatum</i>			NA						NA					1				1		2													P6
<i>Cladophora</i> sp			NA						NA								1													1			

Station : 3

Profil : Centre

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Echantillon	
Profondeur (cm)	25	40	50	60	60	70	60	75	80	90	100	110	110	120	125	130	140	140	160	160	160	160	160	175	160	180	180	180	190	190		
Substrat	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p		
<i>Phragmites australis</i>	1	NA			NA																											
<i>Ceratophyllum demersum</i>		NA	1	1	NA	1	1	1		2		2		3			1	2							1	1		2	2			
<i>Characeae 1</i>		NA	1	1	NA			1	1	2	1	1		2		3	3		3	2	3	1	2	3	3	3		2		3		
<i>Myriophyllum spicatum</i>		NA			NA	1		1	2	1	2	2	3		2		1											1				
Hydrophytes à feuilles fines indéterminées 1		NA			NA	1							1	2		2		2	2	2	1	3	1	2	3	2	2	1	1	2		
<i>Najas marina</i>		NA			NA			1			2	1	1	2	3	3	3	3	2	1	2		2		2	2	1	3				
Algue 2		NA			NA				2			2	2		2		1															P7
Hydrophytes à feuilles fines indéterminées 2		NA			NA				1	1																						
<i>Characeae 2</i>		NA			NA												1	2		2				1	2	1	2	2		2		P8

Station : 3

Profil : Droit

N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Echantillon	
Profondeur (cm)	20	30	30	25	60	40	80	90	100	100	100	120	120	120	140	140	150	130	150	150	160	160	160	160	170	170	175	180	180	200		
Substrat	p	v	v	v	v	v	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p		
<i>Phragmites australis</i>	3	3	4	4	5	4	4	2	1	1																						
<i>Ceratophyllum demersum</i>					1	2	1		1		2	1			1	1	1	1	1		1	1		1		1			3			
<i>Characeae 1</i>									1	2	2	2	1	1	2				2	3	3	2	1	2	3	4	4	3	2	2		
<i>Myriophyllum spicatum</i>											1																					
Hydrophytes à feuilles fines indéterminées 1										1	2	2	2	1	1	1	3	1	2			1		2	1	1	2	2				
<i>Najas marina</i>								1		1	1	2	2	2	4	3			3						1				1			
Algue 2																																
Hydrophytes à feuilles fines indéterminées 2																																
<i>Characeae 2</i>											1	2		1	1	3	3		2	2	3	1	1	2	2	3						

Annexe 5 : fiches de terrain roselières

FICHE E - FICHE DE TERRAIN MACROPHYTES (ROSELIERES)							
Nom du plan d'eau :				Date : 28/08/2018			
Station : 1				Hauteur des vagues (> ou < 30 cm) : <30 cm			
Organisme / Opérateur(s) : JD, MT, NM							
Température : 23°C		Nuages* : 0		Vent* : 1		Précipitations* : 0	
Heure de début de relevé : 16h30				Heure de fin de relevé : 17h24			
Point GPS de début de transect : WP 679				Point GPS de début de transect : WP 680			
Distance entre les quadrats : 3 m							
N° quadrat	Nombre tiges vertes	Nombre tiges sèches	Nombre tiges fleuries	Taille tige la plus haute (cm)	Hauteur (cm) et diamètre (mm) d'une tige verte	Hauteur d'eau (cm)	Observations
1	9	31	0	230	97/4	35	broutage
2	7	9	3	285	195/3	45	
3	6	11	2	265	145/4	50	
4	27	2	3	215	145/2	63	
5	17	11	0	165	95/2	75	
6	4	5	0	170	170/2	90	
7	12	3	0	155	125/3	91	
8	10	4	0	160	120/4	86	
9	5	2	0	163	145/3	95	
10	17	7	0	175	170/7	80	
11	8	23	4	360	360/7	50	
12	37	21	5	355	185/4	50	
13	5	13	5	390	320/7	65	
14	8	18	1	300	300/6	40	
15	13	12	0	230	200/4	35	2m derrière
Commentaires							

* Conditions météo : 1 (nul), 2 (faible), 3 (moyen), 4 (fort)

FICHE E - FICHE DE TERRAIN MACROPHYTES (ROSELIERES)							
Nom du plan d'eau : Etang des Aulnes				Date : 29/08/2018			
Station : 2				Hauteur des vagues (> ou < 30 cm) : <30 cm			
Organisme / Opérateur(s) : Irstea - JD, MT, NR							
Température : 23°C		Nuages* : 1		Vent (force et direction)* : 1/O		Précipitations* : 0	
Heure de début de relevé : 14h45				Heure de fin de relevé : 15h31			
Coordonnées GPS début de transect : X : 4°47,436 ; Y : 43°35,807 (WGS84 degrés)				Coordonnées GPS début de transect : X : 4°47,482 ; Y : 43°35,834 (WGS84 degrés décimaux)			
Distance entre les quadrats : 3 m							
N° quadrat	Nombre tiges vertes	Nombre tiges sèches	Nombre tiges fleuries	Taille tige la plus haute (cm)	Hauteur (cm) et diamètre (mm) d'une tige verte	Hauteur d'eau (cm)	Observations
1	36	0	5	240	170/3	85	
2	13	6	0	130	117/5	61	
3	40	1	0	180	147/6	39	
4	6	1	0	200	200/6	65	
5	43	4	1	260	140/5	20	
6	38	9	5	247	122/4	50	
7	28	6	6	222	97/2	65	
8	33	1	7	220	150/2	60	
9	15	1	0	145	125/3	65	
10	13	4	0	155	110/2	107	
11	12	1	0	170	135/3	100	
12	19	4	0	165	103/3	43	
13	11	0	0	186	180/4	115	
14	3	4	0	177	135/2	116	
15	8	3	0	182	176/5	88	
Commentaires							

* Conditions météo : 1 (nul), 2 (faible), 3 (moyen), 4 (fort)

FICHE E - FICHE DE TERRAIN MACROPHYTES (ROSELIERES)							
Nom du plan d'eau : Etang des Aulnes				Date : 28/08/2018			
Station : 3				Hauteur des vagues (> ou < 30 cm) : <30 cm			
Organisme / Opérateur(s) : Irstea - JD, NM, MT							
Température : 23°C		Nuages* : 0		Vent* : 1		Précipitations* : 0	
Heure de début de relevé : 14h49				Heure de fin de relevé : 15h53			
Point GPS de début de transect : WP 677				Point GPS de début de transect : WP 678			
Distance entre les quadrats : 3 m							
N° quadrat	Nombre tiges vertes	Nombre tiges sèches	Nombre tiges fleuries	Taille tige la plus haute (cm)	Hauteur (cm) et diamètre (mm) d'une tige verte	Hauteur d'eau (cm)	Observations
1	16	21	5	220	120/4	19	tiges couchées
2	19	32	5	227	101/5	21	
3	9	10	5	295	105/4	21	
4	32	5	3	184	69/6	25	
5	25	2	0	135	125/3	26	
6	6	10	1	210	103/2	34	
7	6	24	0	98	66/2	35	
8	0	1	0	34	0	40	sous l'eau
9	10	3	0	166	124/4	33	
10	20	8	1	225	85/4	35	
11	5	20	1	325	280/6	40	
12	0	0	0	0	0	46	
13	13	18	2	370	120/5	43	
14	13	13	0	333	220/5	27	
15	17	15	0	215	180/4	30	
Commentaires							

* Conditions météo : 1 (nul), 2 (faible), 3 (moyen), 4 (fort)

Annexe 6 : effectifs de la faune macrobenthique de chaque station

Tableau 19 : effectifs de la faune macrobenthique de la station 1

Ordre	Famille	Genre	Effectifs (0,1 m ²)
ACHETES	<i>Erpobdellidae</i>	<i>Erpobdella</i>	3
	<i>Glossiphoniidae</i>	<i>Glossiphonia</i>	3
	<i>Piscicolidae</i>	<i>Piscicola geometra</i>	2
AMPHIPODES	<i>Gammaridae</i>	<i>Gammarus</i>	5
COLEOPTERES	<i>Dytiscidae</i>	<i>Agabus</i>	11
	<i>Elmidae</i>	<i>Riolus</i>	1
DECAPODES	<i>Atyidae</i>	<i>Atyaephyra desmarestii</i>	13
DIPTERES	<i>Anthomyiidae</i>	<i>Lispe</i>	5
	<i>Ceratopogonidae</i>	SF. <i>Ceratopogoninae</i>	6
	<i>Chaoboridae</i>	<i>Chaoborus</i>	2
	<i>Chironomidae</i>	Indéterminé	2195
		SF. <i>Chironominae</i>	12
		SF. <i>Orthoclaadiinae</i>	16
		SF. <i>Tanypodinae</i>	29
EPHEMEROPTERES	<i>Baetidae</i>	<i>Cloeon</i>	437
	<i>Caenidae</i>	<i>Caenis</i>	32
GASTEROPODES	<i>Lymnaeidae</i>	<i>Radix</i>	112
	<i>Physidae</i>	<i>Physa</i>	145
	<i>Planorbidae</i>	<i>Gyraulus</i>	8
	<i>Valvatidae</i>	<i>Valvata</i>	2
HETEROPTERES	<i>Corixidae</i>	<i>Corixa</i>	5
		<i>Micronecta</i>	141
	Indéterminé	Indéterminé	4
	<i>Naucoridae</i>	<i>Naucoris</i>	5
	<i>Pleidae</i>	<i>Plea leachi</i>	1
	<i>Microvelia</i>	2	
HYDRACARIENS	Indéterminé	Indéterminé	27
ISOPODES	<i>Asellidae</i>	Indéterminé	5
ODONATES	<i>Coenagrionidae</i>	<i>Coenagrion pro parte</i>	24
		Indéterminé	10
	<i>Cordulegasteridae</i>	<i>Cordulegaster</i>	1
TRICHOPTERES	<i>Ecnomidae</i>	<i>Ecnomus</i>	5
	<i>Hydroptilidae</i>	<i>Hydroptila</i>	2
		<i>Orthotrichia</i>	1
	<i>Psychomyiidae</i>	<i>Tinodes</i>	1

Tableau 20 : effectifs de la faune macrobenthique de la station 2

Ordre	Famille	Genre	Effectifs (0,1 m²)
ACHETES	<i>Erpobdellidae</i>	<i>Erpobdella</i>	8
	<i>Glossiphoniidae</i>	<i>Hemiclepsis marginata</i>	1
	<i>Piscicolidae</i>	<i>Piscicola geometra</i>	1
DECAPODES	<i>Atyidae</i>	<i>Atyaephyra desmarestii</i>	4
DIPTERES	<i>Chironomidae</i>	Indéterminé	939
		<i>SF. Chironominae</i>	10
	<i>Simuliidae</i>	Indéterminé	1
EPHEMEROPTERES	<i>Baetidae</i>	<i>Cloeon</i>	503
	<i>Caenidae</i>	<i>Caenis</i>	75
	Indéterminé	Indéterminé	1
GASTEROPODES	<i>Lymnaeidae</i>	<i>Radix</i>	84
	<i>Physidae</i>	<i>Physa</i>	104
	<i>Planorbidae</i>	<i>Gyraulus</i>	1
	<i>Valvatidae</i>	<i>Valvata</i>	1
HETEROPTERES	<i>Corixidae</i>	<i>Callicorixa praeusta</i>	2
		<i>Corixa</i>	10
		<i>Micronecta</i>	63
	Indéterminé	Indéterminé	7
	<i>Naucoridae</i>	<i>Naucoris</i>	17
	<i>Veliidae</i>	<i>Microvelia</i>	1
HYDRACARIENS	Indéterminé	Indéterminé	61
ISOPODES	<i>Asellidae</i>	Indéterminé	1
MEGALOPTERES	<i>Sialidae</i>	<i>Sialis</i>	2
ODONATES	<i>Coenagrionidae</i>	<i>Coenagrion pro parte</i>	17
		Indéterminé	6
TRICHOPTERES	<i>Ecnomidae</i>	<i>Ecnomus</i>	4
	<i>Hydroptilidae</i>	<i>Hydroptila</i>	2
		<i>Orthotrichia</i>	13
	<i>Psychomyiidae</i>	<i>Tinodes</i>	1

Tableau 21 : effectifs de la faune macrobenthique de la station 3

Ordre	Famille	Genre	Effectifs (0,1 m ²)
ACHETES	<i>Erpobdellidae</i>	<i>Erpobdella</i>	1
	<i>Glossiphoniidae</i>	<i>Glossiphonia</i>	1
COLEOPTERES	<i>Curculionidae</i>	Indéterminé	4
	<i>Dytiscidae</i>	<i>Agabus</i>	1
	<i>Elmidae</i>	<i>Oulimnius</i>	1
	Indéterminé	Indéterminé	1
DIPTERES	<i>Chironomidae</i>	Indéterminé	789
		<i>SF.Chironominae</i>	37
		<i>SF.Tanypodinae</i>	4
	Indéterminé	Indéterminé	1
EPHEMEROPTERES	<i>Baetidae</i>	<i>Cloeon</i>	252
	<i>Caenidae</i>	<i>Caenis</i>	237
GASTEROPODES	<i>Lymnaeidae</i>	<i>Radix</i>	56
	<i>Physidae</i>	<i>Physa</i>	30
	<i>Planorbidae</i>	<i>Planorbis</i>	3
HETEROPTERES	<i>Corixidae</i>	<i>Corixa</i>	3
		<i>Micronecta</i>	125
	<i>Naucoridae</i>	<i>Naucoris</i>	14
	<i>Veliidae</i>	<i>Microvelia</i>	9
HYDRACARIENS	Indéterminé	Indéterminé	55
MEGALOPTERES	<i>Sialidae</i>	<i>Sialis</i>	2
ODONATES	<i>Coenagrionidae</i>	<i>Coenagrion pro parte</i>	8
		Indéterminé	8
	Indéterminé	Indéterminé	3
TRICHOPTERES	<i>Ecnomidae</i>	<i>Ecnomus</i>	38
	<i>Hydroptilidae</i>	<i>Hydroptila</i>	12
	<i>Psychomyiidae</i>	<i>Tinodes</i>	22

Annexe 7 : densités et richesses taxonomique des ordres de macroinvertébrés observés dans les stations

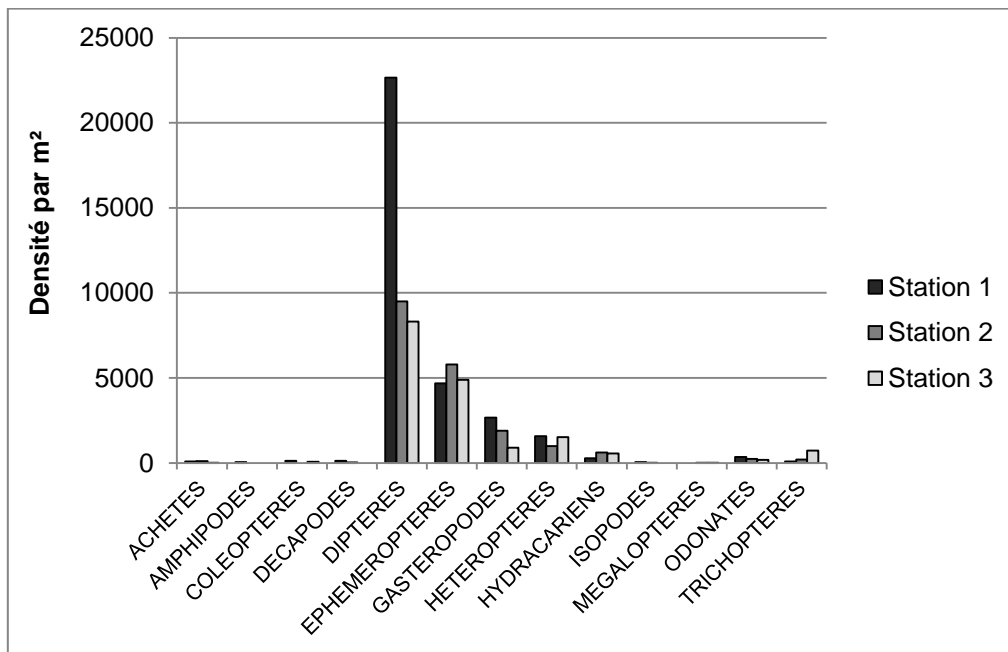


Figure 16 : densités d'individus par m² pour les ordres de macroinvertébrés observés dans les stations

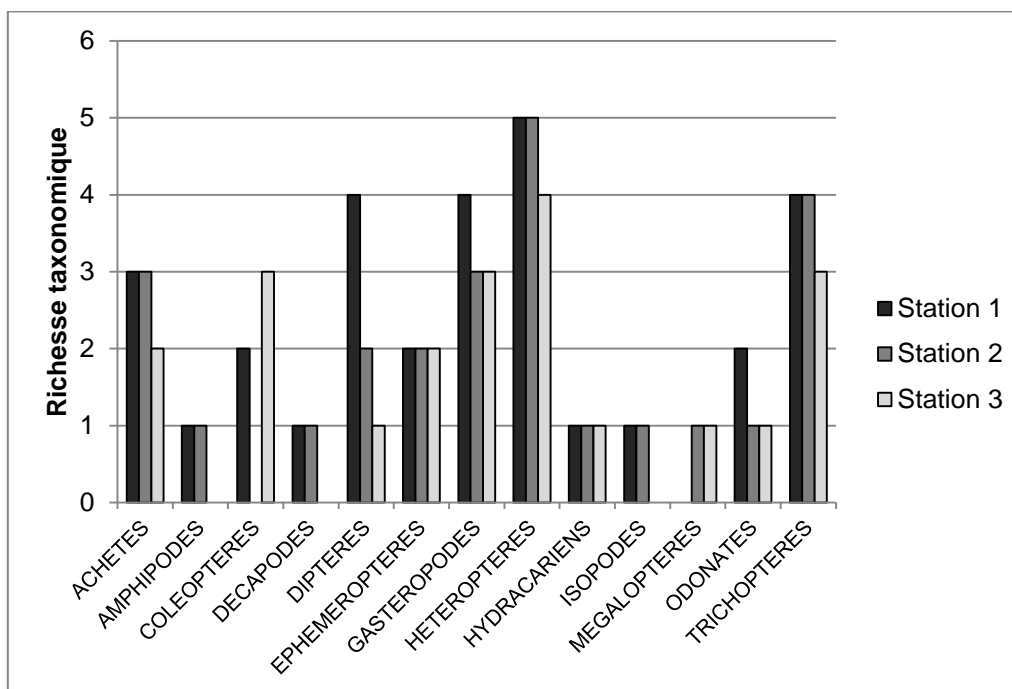


Figure 17 : richesses taxonomiques pour les ordres de macroinvertébrés observés dans les stations

Annexe 8 : cartographie surfacique des habitats littoraux des stations 2 et 3

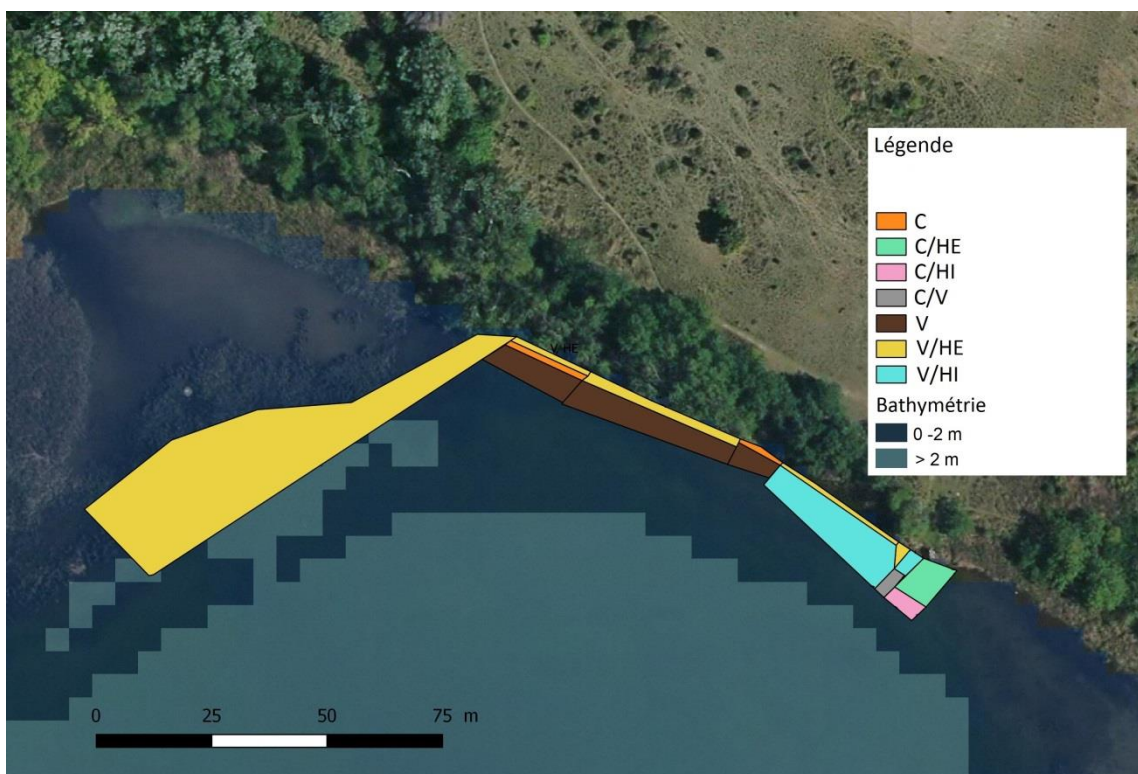


Figure 18 : cartographie surfacique des habitats littoraux de la station 2 (source : BD ORTHO® IGN)



Figure 19 : cartographie surfacique des habitats littoraux de la station 3 (source : BD ORTHO® IGN)

7. Bibliographie

- AFNOR, 2010. Echantillonnage des communautés de macrophytes en plans d'eau. XP T90-328.
- AFNOR, 2016. Qualité de l'eau - Qualité des milieux - Caractérisation des habitats des rives et du littoral des plans d'eau. XP T90-718
- Alleaume, S., Lanoiselée, C., Heyd, C., Argillier, C., 2013. Charli : Protocole de Caractérisation des HAbitats des Rives et du Littoral (version 2012). Irstea, Aix-en-Provence, p. 30.
- Anglade-Garnier, J., 2014. Rézo du Rozo. Réserves naturelles de France.
- Dedieu, N., Vernaux, V., 2017. Développement d'un Indice Macroinvertébrés Lacustre DCE Français, Appui scientifique à la Mise en oeuvre de Directive Cadre Européenne sur l'eau 2017-2020 - Annexe technique : protocole test (Non publié). p. 14.
- Olivier, G., Degiorgi, F., Come, G., Raymond, J.-C., 2001. Echantillonnage des alevins en milieu lacustre : deux techniques utilisées selon un protocole standard., in : Gerdeaux, D. (éd.) Gestion piscicole des grands plans d'eau, Inta Editions, Paris, pp. 193-214.
- Tachet, H., Richoux, P., Bournaud, M., Usseglio-Polatera, P., 2010. Invertébrés d'eau douce, systématique, biologie, écologie., p. 600.
- Taubaty, M., Meynard, M., Argillier, C., Raymond, J.-C., Marchand, C., Westrelin, S., 2018. Guide et protocoles pour le suivi d'actions de restauration hydromorphologique des littoraux en plan d'eau (non publié). p. 97.
- Thibault, M., Mauchamp, A., 2004. Espaces naturels - Le Rézo du Rozo.

8. Tables des illustrations

Figure 1: localisation (www.google.com/maps) et photographie aérienne de l'étang des Aulnes (©Géoportail)	8
Figure 2 : photographies des pièges utilisés (crédit photographique : C. Marchand-Irstea et Ecocean)	10
Figure 3 : photographie de la caméra utilisée (crédit photographique : C. Marchand)	11
Figure 4 : localisation des zones de pêche pour les différents types de méthodes utilisées (juin 2016) (crédit : DigitalGlobe)	11
Figure 5: localisation des zones de pêche pour les différents types de méthodes utilisées (septembre 2016) (crédit : DigitalGlobe).....	13
Figure 6 : cartographie des substrats présents sur le plan d'eau et localisation des trois stations (délimitées par les croix bleu) ; la zone non accessible correspond à des anciens étangs.....	15
Figure 7 : schéma d'une unité d'observation d'après la norme XP T90-328 (AFNOR, 2010)	21
Figure 8 : (a) relevé de zone littorale : (b) point de contact réalisé au râteau depuis l'embarcation (crédits photographiques : J. Dublon)	22
Figure 9 : comptages et mesures réalisés au sein des quadrats (crédits photographiques : J. Dublon)	23
Figure 10 : comparaisons des densités et richesses taxonomiques observées dans les habitats des trois stations.....	27
Figure 11 : cartographie surfacique des habitats littoraux de la station 1 (crédits : BD othro ®).....	29
Figure 12 : Schéma des pièges à alevins (Olivier <i>et al.</i> , 2001).....	34
Figure 13 : cartographie des substrats littoraux de l'étang des Aulnes d'après le protocole Charli (Alleaume <i>et al.</i> , 2013) ; le linéaire NA correspond à d'ancien étangs	36
Figure 14 : cartographie des hélrophytes présentes sur l'étang des Aulnes.....	37
Figure 15 : cartographie des hydrophytes immergées présentes sur l'étang des Aulnes	37
Figure 16 : densités d'individus par m ² pour les ordres de macroinvertébrés observés dans les stations	49
Figure 17 : richesses taxonomiques pour les ordres de macroinvertébrés observés dans les stations.....	49
Figure 18 : cartographie surfacique des habitats littoraux de la station 2 (crédits : BD othro ®).....	50
Figure 19 : cartographie surfacique des habitats littoraux de la station 3 (crédits : BD othro ®).....	50
Tableau 1 : synthèse des essais réalisés.....	9
Tableau 2 : informations concernant la mise en place des dispositifs (juin 2016)	12
Tableau 3 : informations concernant la mise en place des dispositifs (septembre 2016).....	13
Tableau 4 : description des composantes d'habitats prises en compte par le protocole (d'après : Alleaume <i>et al.</i> (2013))	14
Tableau 5 : pourcentages de recouvrement des habitats/combinaisons d'habitats cartographiés (VEG_X : végétation (une colonne par type de végétation) ; %Rec : pourcentage de recouvrement).	15
Tableau 6 : longueurs et pourcentages de recouvrement des habitats par station	16
Tableau 7 : échantillons réalisés par station et par habitat / combinaison d'habitats	17
Tableau 8 : niveaux de détermination des taxons.....	18
Tableau 9 : description des différentes catégories d'habitats (d'après AFNOR (2016)).....	20
Tableau 10 : synthèse des relevés littoraux et points de contacts réalisés par station	22
Tableau 11 : synthèse des pêches de 2016 pour les différentes méthodes	24
Tableau 12 : classes de taille (en mm) des captures réalisées lors des campagnes de terrain.....	25
Tableau 13 : richesses taxonomique et densités totales et d'EPT par station.....	26
Tableau 14 : surface de recouvrement des habitats/	28
Tableau 15 : pourcentages de la superficie occupée par chaque composante d'habitat pour les trois stations (ici la combinaison P/V a été conservée car les vases ne sont présentes qu'en substrat accompagnant dans la station 3)	28

Tableau 16 : liste faunistique des macrophytes observés au niveau de la station 1	30
Tableau 17 : liste faunistique des macrophytes observés au niveau de la station 3	31
Tableau 18 : synthèse des mesures réalisées dans les roselières des trois stations.....	32
Tableau 19 : effectifs de la faune macrobenthique de la station 1	46
Tableau 20 : effectifs de la faune macrobenthique de la station 2.....	47
Tableau 21 : effectifs de la faune macrobenthique de la station 3.....	48

Irstea

1, rue Pierre-Gilles de Gennes
CS 10030
92761 Antony Cedex

01 40 96 61 21

www.irstea.fr

Agence Française pour la Biodiversité

Hall C – Le Nadar
5, square Félix Nadar
94300 Vincennes

01 45 14 36 00

www.afbiodiversite.fr