

**ETUDE GLOBALE POUR L'AMELIORATION  
DE LA QUALITE ECOLOGIQUE,  
HYDROLOGIQUE ET FONCTIONNELLE DU  
SITE ENS DE FRANCOGNEY DES BOIS**

**PHASE A : ETAT DES LIEUX**

**Diagnostic du milieu aquatique**



**Eaux Continentales**

Alain Cuinet

Thomas Daudey

**Mai 2016**

Julien Rahon

<b>SOMMAIRE</b>
-----------------

1. Contexte.....	4
2. Aperçu géologique et pédologique.....	6
2.1. Description géologique générale.....	6
2.2. Lithologie.....	7
2.3. Hydrologie.....	8
3. Le bassin versant.....	10
3.1. Délimitation des bassins versants topographiques.....	10
3.2. Occupation des sols.....	12
4. Présentation des Etangs.....	14
4.1. Localisation et désignation.....	14
4.2. Configuration hydrologique et ouvrages hydrauliques (éléments CEN Lorraine et compléments Eaux Continentales).....	15
4.3. Historique de création et de gestion.....	21
4.4. Gestion actuelle des étangs.....	23
4.4.1. Etang amont (propriétaire privé).....	23
4.4.2. Etang de l'ENS.....	24
4.5. Rappel des Habitats et Espèces patrimoniales.....	25
5. Diagnostic du fonctionnement physique du site.....	29
5.1. Bathymétrie et morphologie des étangs.....	29
5.1.1. Protocole de bathymétrie.....	29
5.1.2. Résultats de bathymétrie et morphologie des étangs.....	30
5.1.1. Relation entre bathymétrie, battement et répartition des habitats et espèces à enjeux patrimoniaux.....	38
5.2. Qualité hydromorphologique du ruisseau de Francogney.....	41
5.2.1. Recherches des linéaires anciens.....	41
5.2.2. Données bibliographiques récentes.....	42
5.2.3. Qualité physique par tronçon homogène.....	44
5.2.4. Profils en travers.....	59
5.3. Stations d'étude et mesures associées.....	63
5.4. Suivi hydrologique du site.....	65
5.5. Régime thermique.....	72
5.5.1. Protocole de suivi.....	72
5.5.2. Résultats.....	73
5.6. Qualité physico-chimique.....	83
5.7. Qualité physico-chimique des sédiments des étangs de l'ENS.....	83
5.8. Qualité d'eau des cours d'eau.....	89
5.8.1. Paramètres analysés en cours d'eau et méthode d'interprétation.....	89
5.8.2. Résultats des analyses physico-chimiques sur le cours d'eau.....	91
6. Qualité biologique des cours d'eau.....	99
6.1. Qualité des peuplements diatomiques.....	99
6.1.1. Protocole IBD.....	99
6.1.2. Résultats station 5 « ruisseau des Œillets ».....	100
6.1.3. Résultats station 4 « aval des étangs ».....	102
6.1.4. Comparaison des peuplements de diatomées.....	104
6.2. Qualité des peuplements macroinvertébrés.....	105
6.2.1. Protocole IBGN.....	105
6.2.2. Résultats des IBGN.....	107
6.3. Qualité des peuplements piscicoles.....	112

6.3.1.	Protocole d'échantillonnage et méthode d'analyse des données.....	112
6.3.2.	Calculs des niveaux typologiques.....	114
6.3.3.	Résultats des pêches électriques.....	115
7.	Conclusion du diagnostic.....	120
7.1.	La géologie.....	120
7.2.	Les bassins versants topographiques.....	121
7.3.	Configuration des étangs.....	121
7.3.	Configuration des ruisseaux.....	124
7.4.	Impacts des étangs.....	126

## 1. Contexte

Les Espaces Naturels Sensibles (ENS) sont définis comme étant « des espaces dont le caractère naturel est menacé et rendu vulnérable, actuellement ou potentiellement, soit en raison de la pression urbaine ou du développement des activités économiques ou de loisirs, soit en raison d'un intérêt particulier eu égard à la qualité du site ou aux caractéristiques des espèces végétales ou animales qui s'y trouvent ».

Les étangs de « **Francogney des bois** », situés au cœur du massif forestier du Ban d'Harol, ont été inscrits à l'inventaire des ENS du Conseil général des Vosges à partir de 1995, suite à des prospections de terrain réalisées en 1991 (Jacquemin G., Boudot J.P. et Goute T.P.). Ils apparaissent dans l'inventaire en tant que site « Z » correspondant aux sites complémentaires, non décrits et non classés dans une catégorie. Leur intérêt est confirmé lors de l'étude du patrimoine naturel de la Vôge (Arseguel D. & Roussennac S., 2003). En 2005 le site intègre définitivement l'inventaire ENS avec pour code 88\*E18. La réflexion générale sur la hiérarchisation des étangs de la Vôge (CEN Lorraine, 2012) a ensuite permis de retenir les étangs de Francogney des bois parmi les sites d'intervention prioritaires de la politique de préservation des ENS du Conseil général des Vosges.

Le site est situé sur la Commune de Charmois l'Orgueilleux appartenant au territoire de la Vôge, en tête de bassin versant Saône-Rhône, dans la vallée du Cône. Il est compris dans un complexe de trois étangs successifs désignés selon leur étagement :

- étang amont
- étang du milieu
- étang aval

L'étang amont ne fait pas l'objet d'une démarche de protection, c'est un étang privé aménagé pour la pêche et le loisir, mais abritant néanmoins une population introduite d'écrevisse à pieds rouge *Astacus astacus*). A l'heure de la rédaction de ce rapport, l'étang amont est en vente

. Le périmètre du site comprend l'étang du milieu et l'étang aval. L'ENS occupe une surface totale de 6,7 hectares, comprenant 19 671 m<sup>2</sup> de surface en eau pour l'étang du milieu et 7 397 m<sup>2</sup> pour l'étang aval (soit un total de 2,7 ha de surface en eau).

Outre son statut ENS, le site naturel des étangs de Francogney des Bois est également recensé dans l'inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF), fiche n°410030043 rédigée sous l'appellation « Etangs de Francogney des bois et le Prêtre à Charmois l'Orgueilleux ».

Le contexte géologique gréseux et les sols hydro-morphes favorisent l'installation d'habitats typiques des milieux humides acides et à forte valeur patrimoniale: herbiers aquatiques à *Utricularia australis*, gazons de bordure d'étangs acides en eaux peu profondes, tourbière tremblante à *Carex rostrata* et *Sphagnum spp.* Parmi les espèces protégées, citons le fluteur nageant (*Luronium natans*), la Drosera à feuille ronde (*Drosera rotundifolia*) et le scirpe flottant (*Isolepis fluitans*).

**Ces espèces et habitats impliquent donc des enjeux forts de préservation du site. Un diagnostic écologique a été effectué en 2014 par le CEN Lorraine, avec notamment une étude fine des habitats et espèces animales et végétales des étangs.**

**Le CEN Lorraine souhaite engager des travaux de restauration et de gestion du site permettant de remplir un double objectif : réduire l'impact des étangs sur le cours d'eau récepteur tout en préservant et favorisant les habitats et espèces patrimoniales inféodées aux étangs.**

**Pour ce faire, il convient tout d'abord de mieux connaître les caractéristiques écologiques du ruisseau de Francogney et de préciser l'impact des étangs sur ce cours d'eau.**

**Une première phase de l'étude qui fait l'objet du présent rapport consiste donc à compléter les connaissances actuelles sur le fonctionnement hydraulique des étangs et à apprécier leur impact sur la qualité écologique du cours d'eau récepteur, en termes d'hydrologie, de morphologie (transport solide), de régime thermique, de qualité d'eau et des peuplements invertébrés et piscicoles.**

## 2. Aperçu géologique et pédologique

### 2.1. Description géologique générale.

Les étangs de Francogney des bois sont situés sur le secteur de la Vôge dont les principales formations appartiennent à l'aire secondaire et plus particulièrement aux formations gréseuses du Trias.

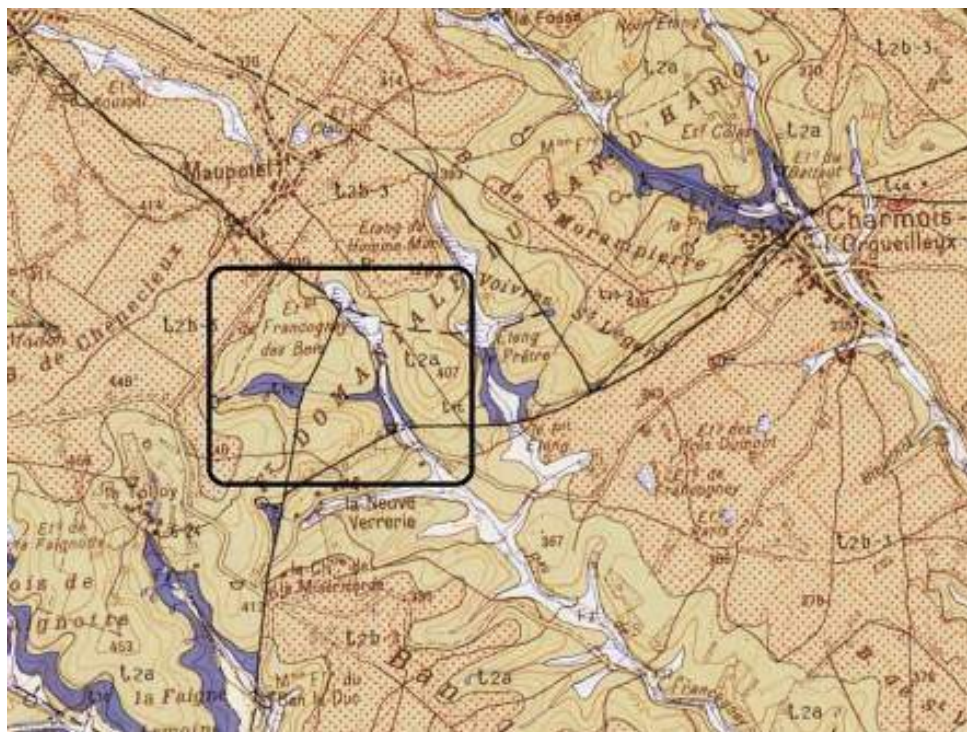


Figure 1 : Carte géologique du secteur de Charmois l'Orgueilleux, source : [infoterre.brgm.fr](http://infoterre.brgm.fr)

Ce secteur correspond à un vaste plateau gréseux monoclinale marqué par deux familles d'accidents orientés NE et SW qui compartimentent le sous sol.

Les fractures découpant la couverture sédimentaire jusqu'au socle cristallin sont d'origine hercynienne<sup>2</sup>, mais ont joué au cours de l'orogénèse alpine.

Le compartiment géologique comportant les trois plans d'eau est légèrement incliné vers le NO.

Les trois plan d'eau successifs situés en fond de vallons descendent dans le niveau de l'aquifère du Bundsanstein moyen

Un faille d'orientation NNO décale les compartiments et met à jours Le conglomérat principale du Bundsanstein moyen donnant ainsi naissance à une source drainant cet aquifère.

## 2.2.Lithologie.

Les terrains, à dominante gréseuse appartiennent au Bundsanstein supérieur et Moyen.

Les niveaux stratigraphiques principaux sont :

### Le Bundsanstein supérieur :

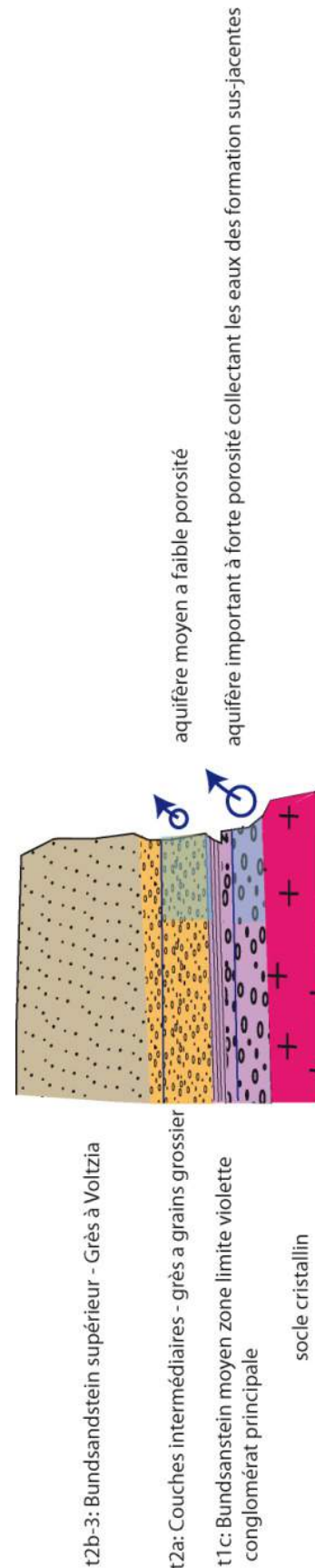
Grès à Voltzia t2b-3: niveau principalement constitué de grès fins induré. Ce niveau est très faiblement poreux et ne comporte pas d'aquifère notable.

Niveau intermédiaire t2a : grès à grains grossier à stratification entrecroisé. Ce niveau comporte une porosité moyenne donnant naissance à un aquifère avec une restitution régulée.

### Le Bundsanstein moyen :

La partie supérieure est formée de la « zone limite violette » qui constitue un ensemble argilo-gréseux bariolé.

La partie inférieure appelée « conglomérat principal » comporte une forte porosité qui constitue un aquifère important alimenté par les formations sus-jacentes.



## 2.3. Hydrologie.

Le bassin d'alimentation est formé de structures monoclinales ayant un léger pendage vers le nord. Le secteur est marqué par deux aquifères principaux :

**L'aquifère du Bundsanstein supérieur :**  
Niveau à porosité moyenne avec restitution lente.

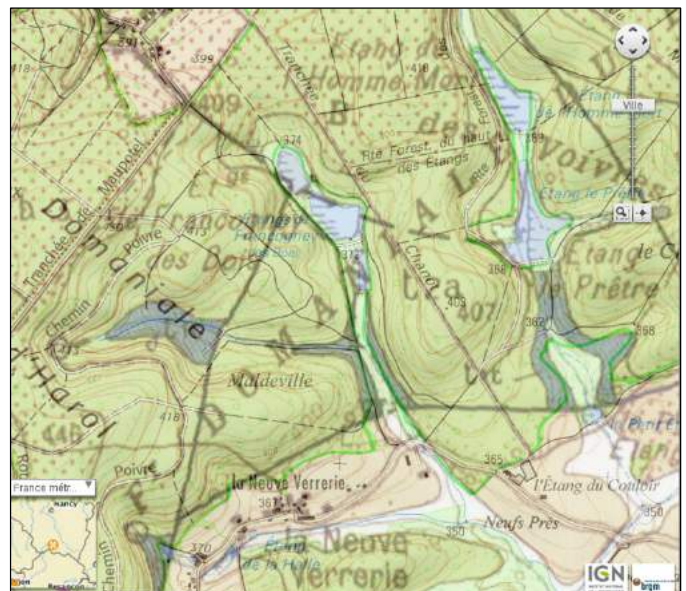
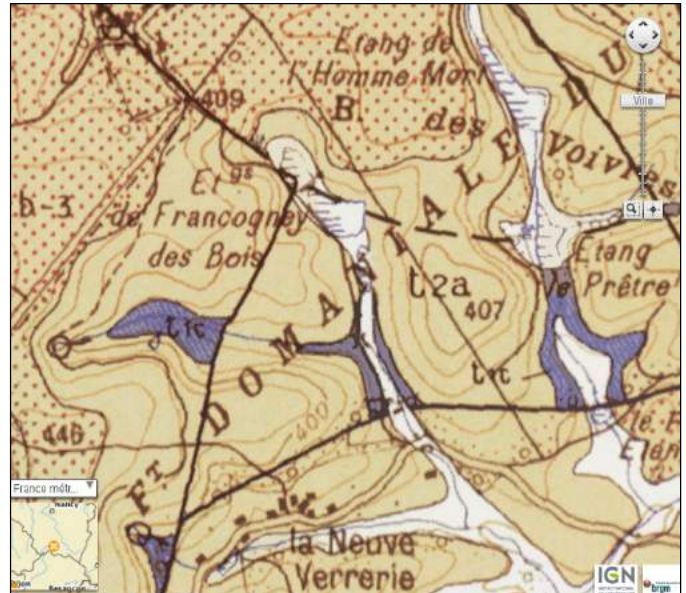
**L'aquifère du Bundsanstein moyen :**  
Niveau à forte porosité qui constitue un aquifère important alimenté par les formations sus-jacentes

Ces aquifères jouent un rôle majeur dans l'alimentation d'étiage de ces plans d'eau.

Le vallon des plans d'eau entaille les séries stratigraphiques. Le bas du vallon se situe à l'affleurement de l'aquifère du Bundsanstein supérieur.

Dans ces conditions un raisonnement sur la base d'un bassin versant n'est pas valable sauf pour les débits de pointes liés au ruissellement direct.

La détermination de la surface du bassin d'alimentation nécessiterait au minimum un suivi sur un cycle hydrologique complet.



### **Le plan d'eau amont**

Le plan d'eau amont n'est pas alimenté par une source ou un ru même temporaire. L'alimentation du plan d'eau se fait par les parties supérieures de l'aquifère sous jacent.

### **Le plan d'eau intermédiaire**

Le plan d'eau n'est pas alimenté de façon visible par l'étang amont en étiage. Une fuite diffuse en pied du barrage amont ne peut pas totalement être exclue.

L'alimentation du plan d'eau se fait par l'aquifère sous jacent.

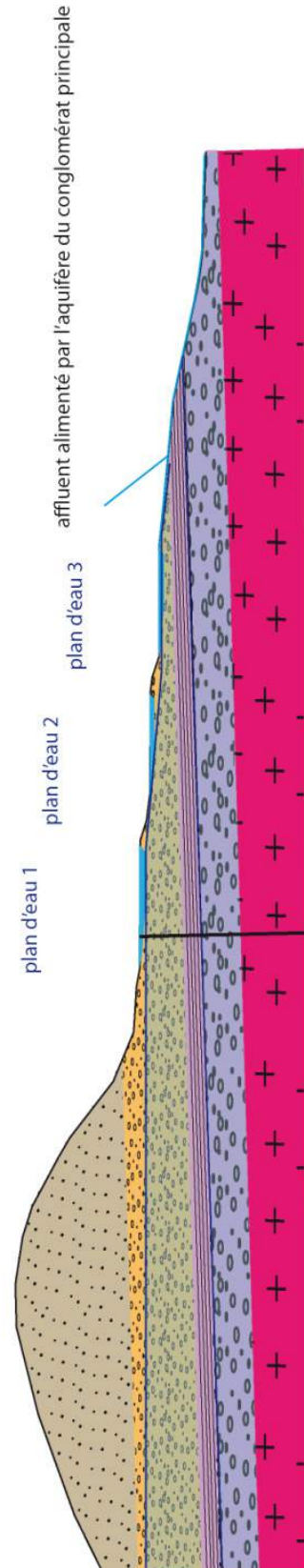
### **Le plan d'eau aval**

Le plan d'eau est alimenté par le débit de fuite du plan d'eau intermédiaire.

L'alimentation du plan d'eau se fait également par l'aquifère sous jacent.

### **L'affluent en rive droite**

L'affluent en rive droite est alimenté par une double source au niveau de l'aquifère du Bundsanstein moyen mis a jour par des failles qui décalent les compartiments géologiques.



### 3. Le bassin versant

#### 3.1. Délimitation des bassins versants topographiques

Le bassin versant du ruisseau de Francogney est situé sur le ban communal de Charmois l'Orgueilleux et représente une surface d'environ 8 km<sup>2</sup>. Le ruisseau de Francogney est un petit cours d'eau non domanial, long de 5,6 km. Il prend sa source au niveau des étangs de Francogney des Bois (commune de Charmois l'Orgueilleux) et se jette dans le Canal de l'Est à Harsault.

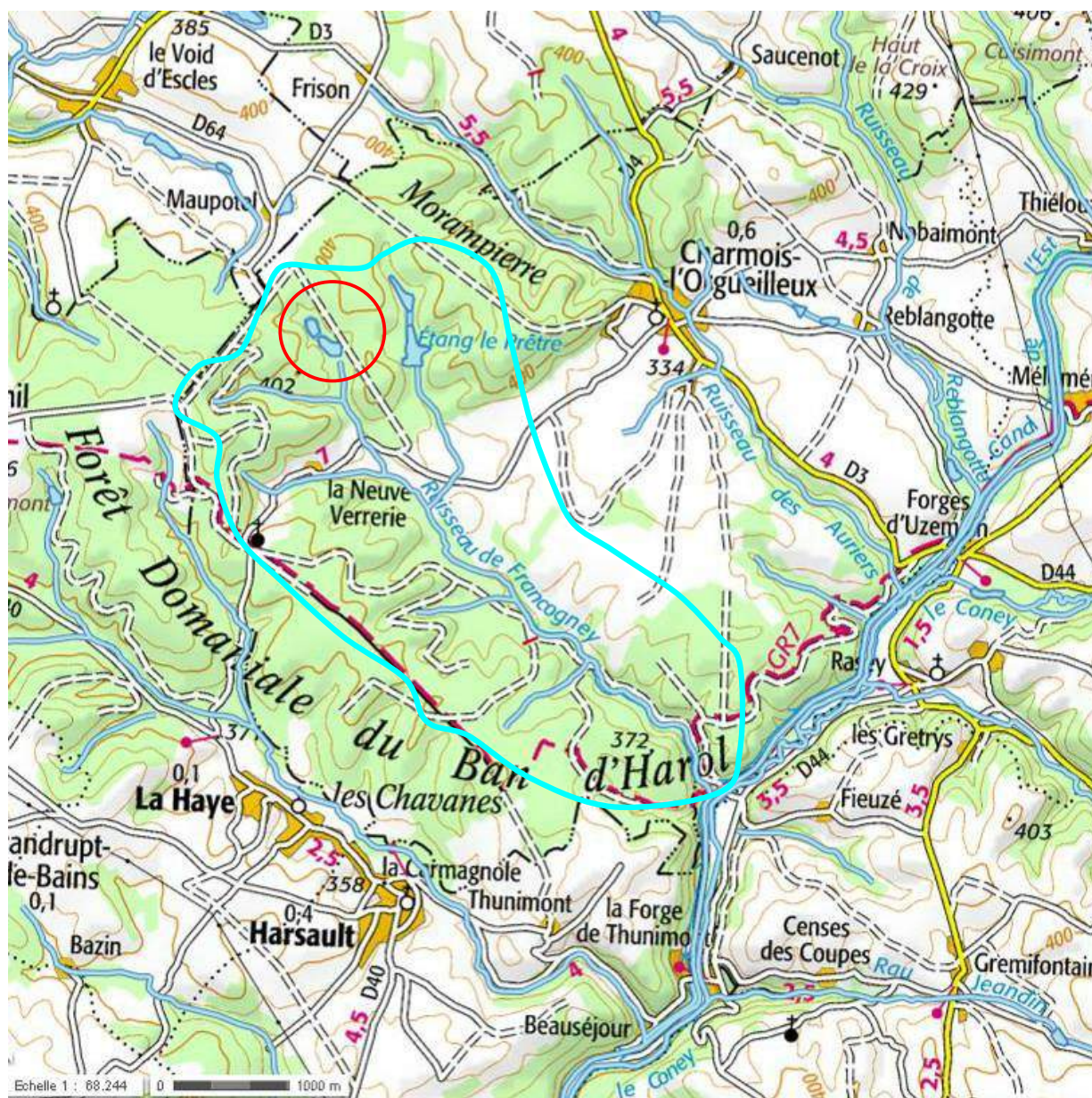


Figure 2 : Localisation du bassin versant du ruisseau de Francogney (en bleu) et du site d'étude (ellipse rouge)

**Le bassin versant topographique associé aux étangs présente une surface d'environ 0,86 km<sup>2</sup>** (environ 20 fois la surface des trois étangs). Non urbanisé et traversé seulement par des pistes forestières, il est essentiellement couvert de forêts feuillues ou mixtes (incluant quelques plantations résineuses) ; il intègre également quelques parcelles de prairies sur le secteur de Maupotel. L'eau transitant par ce bassin ne subit donc pas d'altération particulière avant de se concentrer dans les étangs (CEN-L 2014).

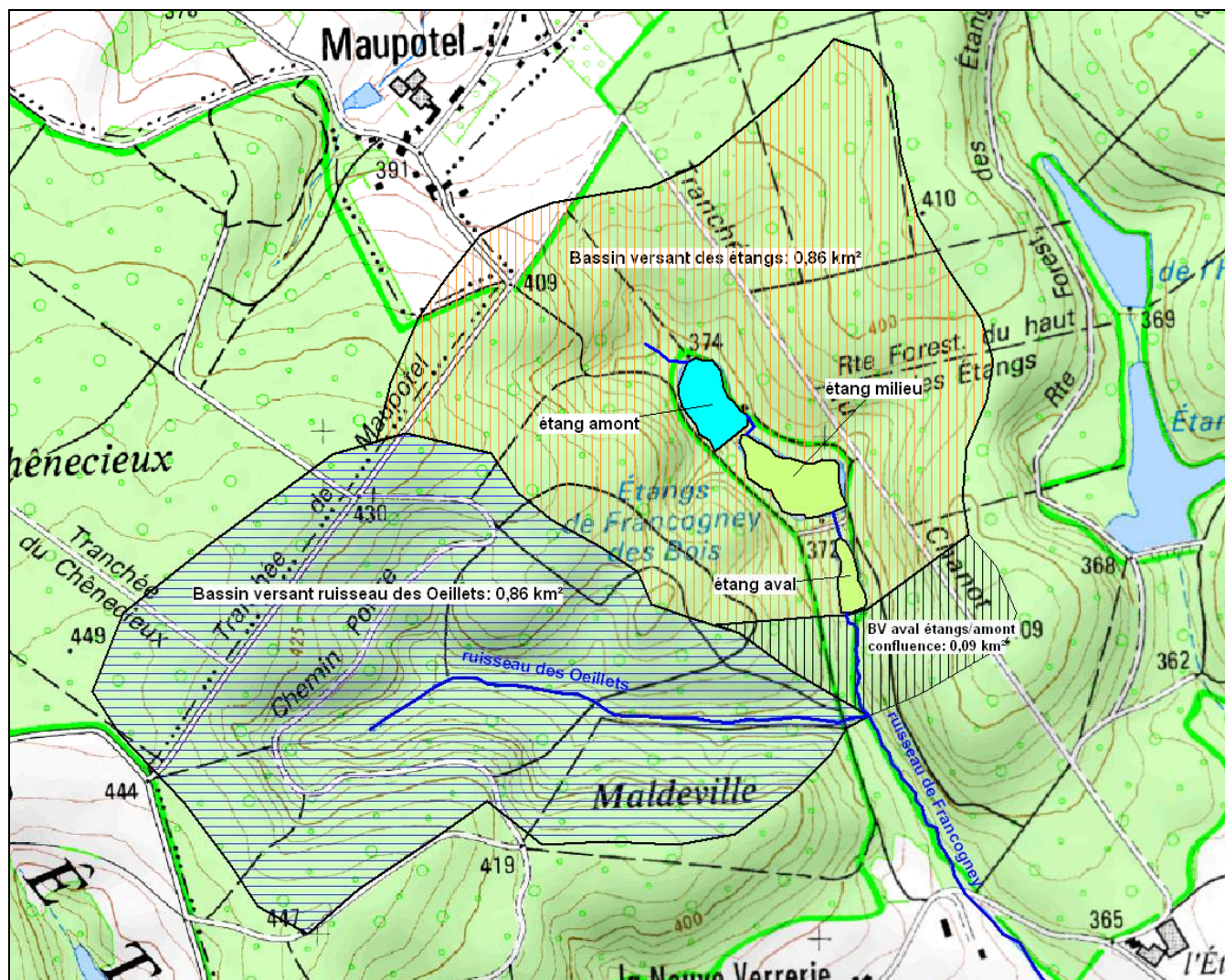
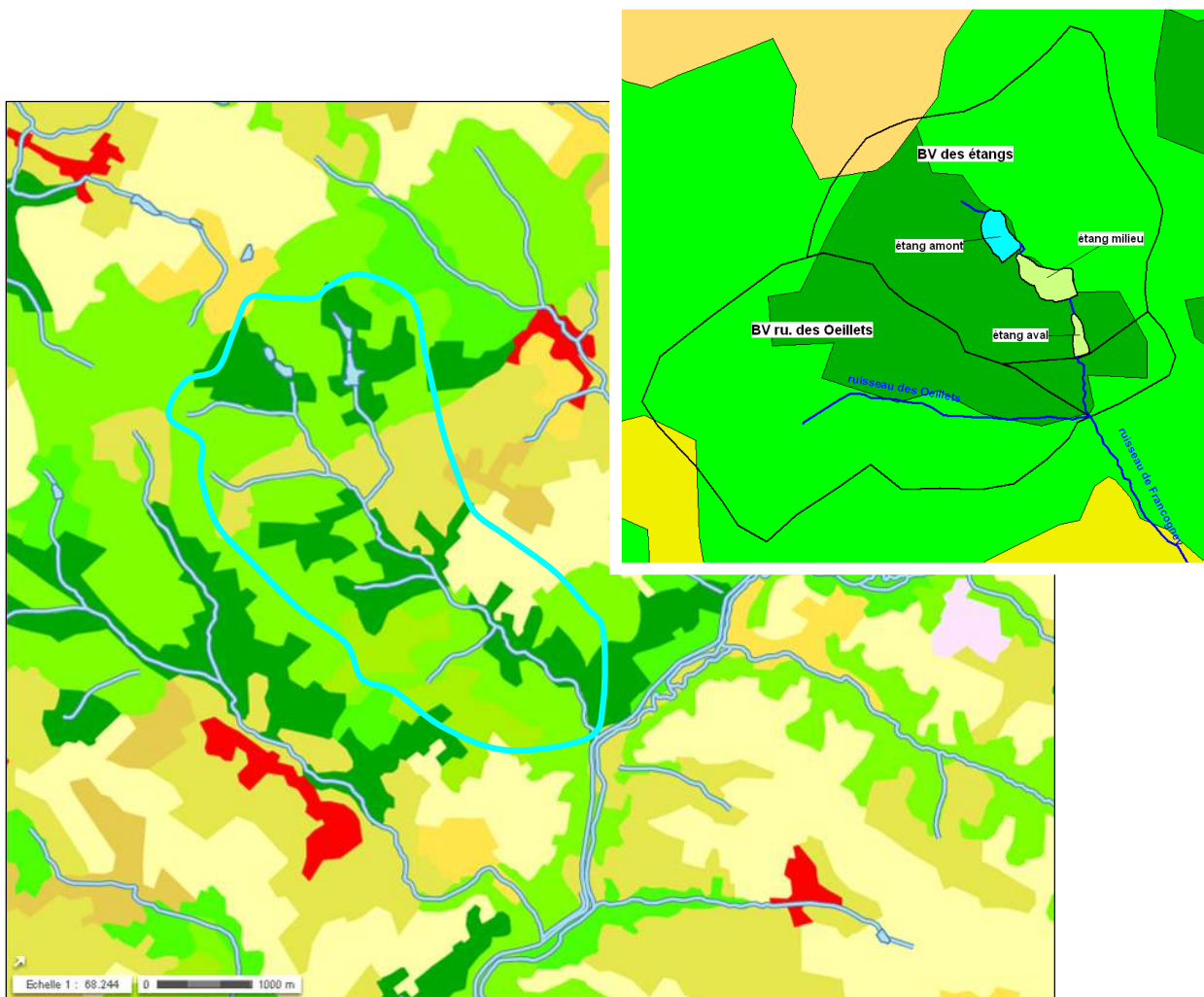


Figure 3 : limite des bassins versant topographiques des étangs et du ruisseau des Oeillets

**Le bassin versant du ruisseau des Oeillets, affluent rive droite du ruisseau de Francogney** présente une surface de 0,85 km<sup>2</sup>. Ce ruisseau, qui conflue en aval des étangs de Francogney, peut être utilisé comme cours d'eau « témoin ». Il ne présente pas d'étang sur son linéaire et une superficie extrêmement proche de celle du Ruisseau de Francogney, en amont de leur confluence. Les approches comparatives se trouvent ainsi facilitées, tant du point de vue hydrologique que morphologique ou biologique.

### 3.2. Occupation des sols

Le bassin versant du ruisseau de Francogney est dominé par une occupation forestière, partagée entre les feuillus et les résineux. La superficie occupée par les activités agricoles est modeste, principalement dévolue aux prairies.



code corine	libellé	couleur
112	Tissu urbain discontinu	[Rouge]
211	Terres arables hors périmètres d'irrigation	[Jaune clair]
231	Prairies	[Jaune]
241	Cultures annuelles associées aux cultures permanentes	[Orange clair]
242	Systèmes culturaux et parcellaires complexes	[Orange]
243	Surfaces essentiellement agricoles, interrompues par des espaces naturels importants	[Orange foncé]
311	Forêts de feuillus	[Vert clair]
312	Forêts de conifères	[Vert foncé]
313	Forêts mélangées	[Vert moyen]
324	Forêt et végétation arbustive en mutation	[Vert très clair]

Figure 4 : Occupation des sols du BV du ruisseau de Francogney avec zoom sur le secteur des étangs (source géoportail et Corine Land Cover 2006)

**Le bassin versant propre aux étangs** est également dominé par une occupation partagée des forêts de feuillus (52,2%) et de conifères (45,3%). En bordure Nord-Ouest du bassin versant des étangs, à proximité de Maupotel, une petite zone est occupée par des « systèmes culturaux et parcellaires complexes » (2,5%).

**Le bassin versant du ruisseau des Cèllets** est occupé à 31% par les conifères, à 68% par des feuillus et à 1% par des prairies, en bordure ouest.

## 4. Présentation des Etangs

### 4.1. Localisation et désignation

Le site des «étangs de Francogney des Bois » est constitué d'un complexe de trois étangs en barrage se succédant sur le ruisseau de Francogney. Dans le cadre de la présente étude, comme pour le diagnostic écologiques CEN-L 2014, ils seront appelés étang amont, étang milieu, et étang aval, seuls les deux derniers étant inclus dans l'ENS.

Statut	Etang concerné	Type de surface mesurée	Surface (en ha)	Possibilité de maîtrise foncière
	Etang amont	Surface en eau	1,52	Hors ENS / Terrain privé
		Surface cadastrale (parcelle A76)	2,26	
ENS & ZNIEFF	Etang du milieu	Surface en eau	1,97	acquisition foncière en cours par le CEN Lorraine
		Surface cadastrale (parcelle A72)	3,16	
	Etang aval	Surface en eau	0,74	
		Surface cadastrale (parcelle A61)	1,31	
		Surface cadastrale (parcelle A76)	2,26	



Le site ENS est divisé en deux parcelles cadastrales : n° **A61 et A72**, d'une surface respective de 3,16 ha et 1,31 ha. Ces dernières, en cours d'acquisition par le CEN Lorraine, appartiennent à ce jour aux mêmes propriétaires : **DE MASSEY Michel, De MASSEY Bernard et COUSIN Chantal.**

## 4.2. Configuration hydrologique et ouvrages hydrauliques (éléments CEN Lorraine et compléments Eaux Continentales).

L'objet de ce paragraphe est de présenter succinctement la configuration du site. Une carte des étangs accompagnée de photographies numérotées est présentée en page 18 et fait suite aux paragraphes de description.

### **Etang amont :**

Alimentation en eau : L'alimentation principale provient de l'écoulement situé en amont dans l'axe de la vallée par l'aquifère sous-jacent; celui-ci ne forme cependant pas un ruisseau délimité mais présente un faciès **d'écoulement diffus** dans l'aulnaie tourbeuse sommitale (photo 1). Des écoulements superficiels sur substrat de débris végétaux sont observés en période printanières et début de période estivale, puis uniquement des flaques en condition d'étiage. (quasiment pas de débit visible au cours des étés 2014 et 2015)

Digue : la digue de l'étang amont est constituée de terre et pierres, renforcée par un mur maçonné coté étang. Elle est établie en barrage dans le fond du vallon, orientée Sud-Ouest/Nord-Est, de catégorie D (< 5 m de haut et 20 millions de m<sup>3</sup>).

L'ouvrage est en bon état. La végétation arborescente est constituée de résineux disposés sur la partie aval de la digue. Leurs racines traçantes sont moins problématiques que celles d'autres essences.



Systèmes de vidange de l'étang : A l'origine, la vidange était assurée par un moine. Cet élément caractéristique a cependant été modifié et n'est plus fonctionnel ; les planches ont été enlevées et remplacées par un tuyau, lui-même hors d'état. (photo2). On ajoute qu'aucun débit réservé n'est restitué par cet aménagement à l'aval de l'étang amont.

Déversoir d'orage. (photo3) : A l'angle Sud-Est de la digue est implanté une surverse constituée d'une buse de 35 cm qui passe sous la digue. Un grillage de 1 cm de maille à l'entrée de la buse empêche la fuite de poisson. Cette surverse alimente l'étang du milieu par un ruisseau d'une dizaine de mètres (photo 4) qui s'assèche en condition de faible hydrologie. Ce déversoir d'orage, implanté en rive gauche, constitue, de fait, le seul exutoire de l'étang et reste en charge tant que la cote d'eau le permet.

**Etang du milieu** (photos 8)Alimentation en eau :

-Alimentation temporaire par le déversoir de l'étang amont. (des apports diffus en pied de barrage ne peuvent être totalement exclus).

-Alimentation par l'aquifère géologique gréseux sous-jacent via des **écoulements diffus**, qui apparaissent en bordure d'étangs sous forme de zones humides marquées par les sphaignes et les aulnaies marécageuses.

Un seul écoulement véritable ponctuel et temporaire est localisé en rive droite de *l'étang du milieu*, au sein de la saulaie : il n'y a pas de débit visible à l'étiage) ;



Reconnaissance du 04 mai 2016. 1 source avérée rive droite de l'étang du milieu. Hautes eaux. Léger écoulement superficiel à une côte supérieure à celle de l'étang.

Digue (photo 7) : orientée Sud-Ouest/Nord-Est, elle est constituée de terre et de pierres compactées, probablement issues du curage de l'étang. C'est un ouvrage poids, de catégorie D (< 5 m de haut et 20 millions de m<sup>3</sup>), établi en barrage dans le fond du vallon. L'ouvrage est en état moyen ; une fuite conséquente alimente l'étang aval. Difficile de déterminer si elle provient de l'ouvrage de vidange ou de la digue. Une entrée d'eau apparait cependant au droit de la digue, tout près de l'ouvrage.



Figure 5 : Entrée d'eau dans la digue de l'étang du milieu et restitution à l'aval (à droite du tuyau)

La présence d'arbres, essentiellement des chênes de hauteur excessive définit un risque de déracinement qui pourrait nuire fortement à l'état de la digue.



Systèmes de vidange de l'étang (photo 6) : décalé sur le coté Est du la digue, **le moine** n'est plus en état de fonctionnement. La restitution est assurée par un système de trop plein et une fuite dans la digue. **Un deuxième dispositif par buse à travers la digue et bouchon de chêne serait fonctionnel (donnée CEN à vérifier localisation ?)**. L'étang n'a pas été mis en assec depuis plus de vingt ans.

Déversoir d'orage (photo 9) : fossé équipé d'une grille en limite Sud-Ouest. La grille est fixée par un ouvrage au niveau d'une passerelle (largeur de 60 cm équipé d'une grille avec un espacement de 2 cm entre les barreaux) (photo 9). Les observations effectuées après une longue période pluvieuse (16/02/2016) montrent qu'actuellement, même avec un niveau maximal des plans d'eau, le débit transitant par cette surverse est extrêmement faible. Ces écoulements alimentent les ornières sur le chemin en aval de la digue, puis rejoignent directement l'étang aval.



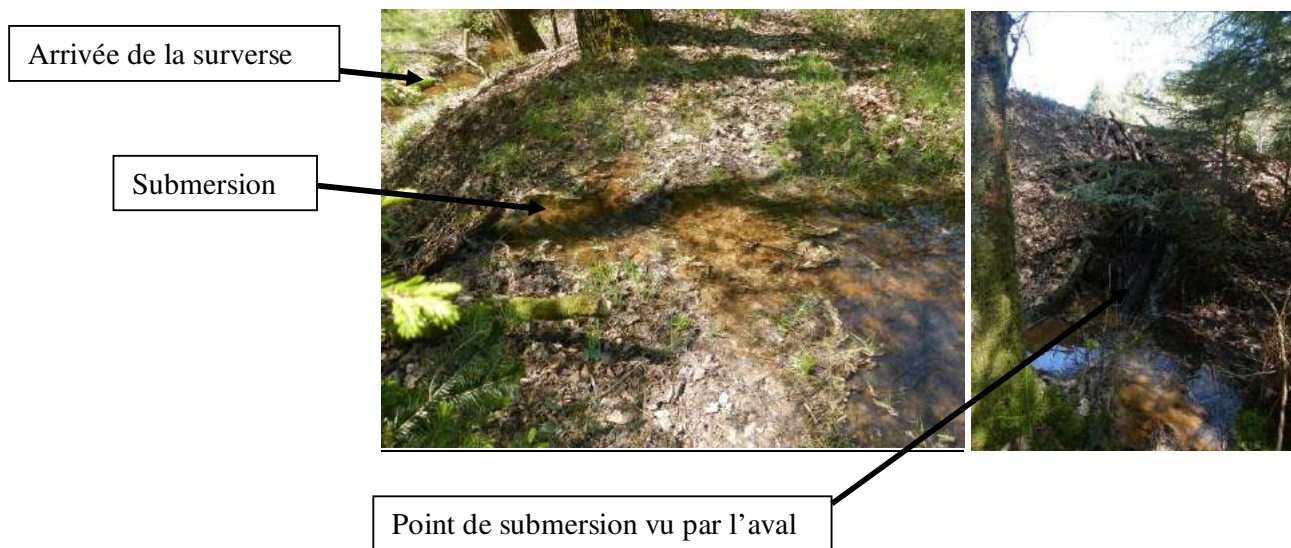
Figure 6 : submersion chemin sur digue. Ecoulement dans étang

Trop-plein (photo 5): localisé à proximité de l'ouvrage de vidange, il fonctionne sur la base de tuyaux en PVC emboîtés verticalement les uns dans les autres, entourés de grillage en surface. Il est ainsi possible de baisser le niveau d'eau en enlevant un ou plusieurs tuyaux. La restitution s'effectue par un tuyau orange en contrebas de la digue pour alimenter des écoulements diffus de quelques mètres s'écoulant à travers des fourrés humides puis aboutissant à l'étang aval.

**Étang aval (photo 11):**Alimentation en eau :

- Alimentation par le débit de fuite de l'étang du milieu (trop-plein + fuites)
- Alimentation par l'aquifère géologique gréseux via des sources diffuses

Digue (photo 12): en terre et pierres, établie en barrage dans le fond du vallon, de catégorie D (< 5 m de haut et 20 millions de m<sup>3</sup>). **Il a été noté la présence de fuites significatives CEN ?** Lors de la campagne du 4 mai 2016, en hydrologie soutenue, la digue est submergée localement et montre l'existence d'un sous-dimensionnement (ou comblement) de la surverse.



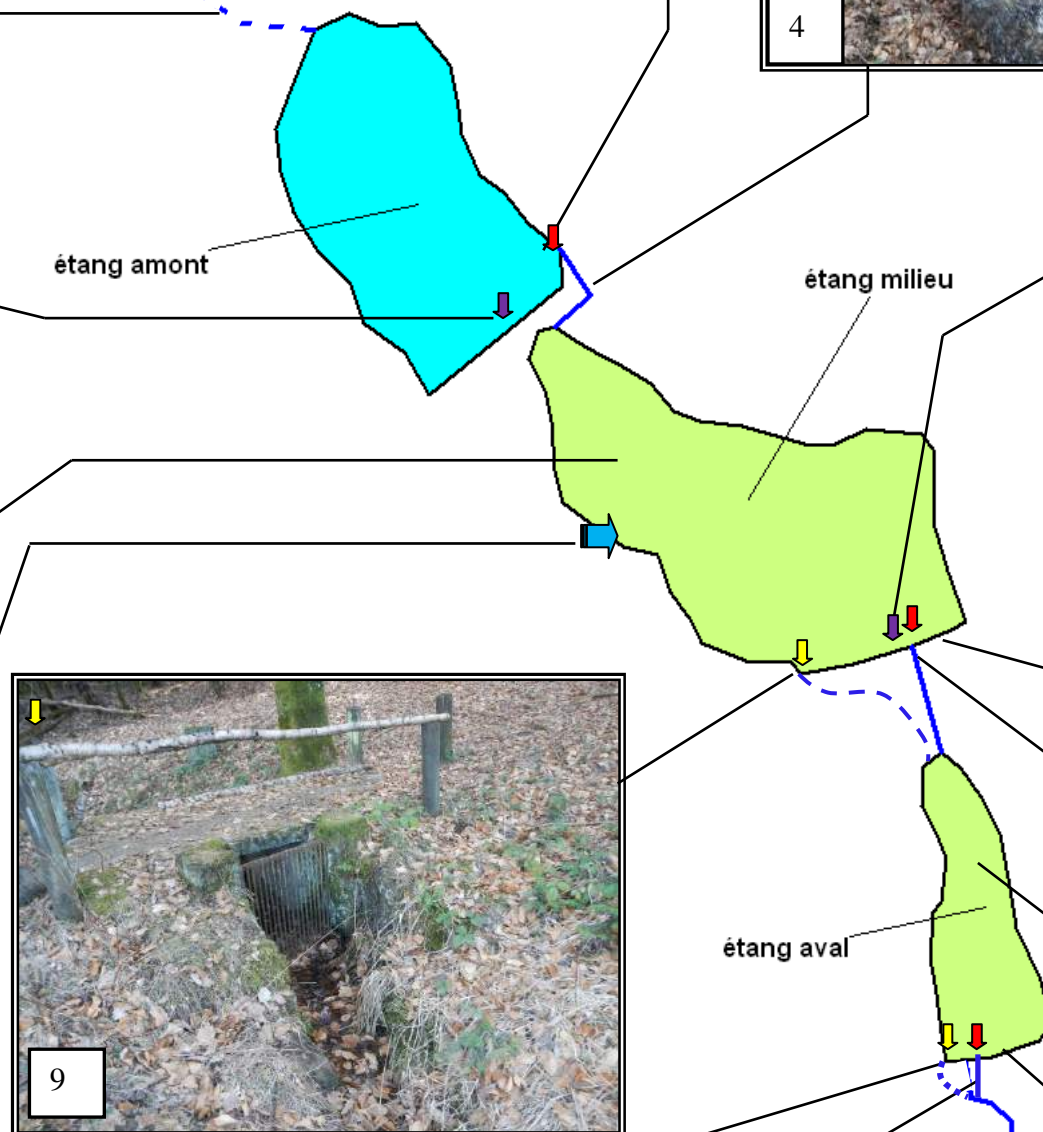
Plusieurs grands arbres implantés essentiellement sur le parement aval peuvent entraîner un risque d'aggravation de fuites.






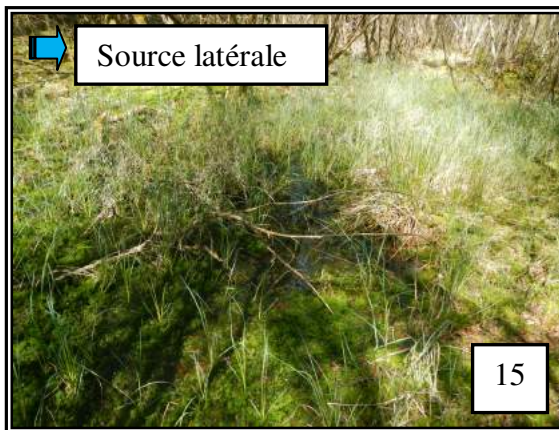
Système de vidange : pas de moine mais dispositif **identique à celui de l'étang du milieu .CEN ?** (buse à travers la digue et bouchon de chêne). **L'étang aval a été mis en assec il y a quatre ans environ, suite à la vidange de l'étang amont appartenant à Monsieur Cassin ? 1992 ?** Selon le propriétaire, il a fallu 4 à 5 jours pour le vider et l'étang est resté vide entre 6 mois et un an. La durée de remplissage reste méconnue.

Déversoir d'orage (photo 14): à l'angle Sud-Ouest il est constitué d'un fossé équipé d'une grille de 90cm de large avec une grille dotée d'un espacement de 2 cm entre les barreaux. Les observations effectuées après une semaine pluvieuse (16/02/2016) n'ont pas permis d'observer d'écoulement d'eau au niveau de cette surverse ; Les observations du 04/05/2016 montrent le caractère fonctionnel de l'ouvrage.

Trop-plein (photo 13): situé sur le tiers ouest de la digue, buse ronde traversant la digue, d'un diamètre de 40cm, avec grille à l'amont. La partie de l'ouvrage située sur le coté amont de la digue est immergée dans l'étang et n'a pas pu être photographiée.



-  Restitution, trop plein
-  Ouvrage de vidange
-  Déversoir de crue



### 4.3. Historique de création et de gestion

On rappelle tout d'abord les éléments collectés par le CEN Lorraine quant à l'histoire des étangs :

*L'origine des étangs n'est pas connue avec précision. Ils apparaissent sur la carte de l'Etat-major datant des années 1860 mais ne figurent ni sur la carte de Cassini, ni sur la carte des Naudin, toutes deux dressées avant 1779. Ces cartes manquent peut être de précision sur ce secteur.*

*D'après un des propriétaires, M. Michel De Massey, les étangs de Francogney auraient été creusés par les gentilshommes verriers de La Rochère au 17<sup>ème</sup> siècle, qui se servaient des étangs comme réservoirs d'eau. Par contre, le beau-père de M. De Massey indique que ce sont les seigneurs de l'époque qui, ayant trouvé refuge à Charmois après s'être enfuis au cours de la Révolution, auraient fait creuser les étangs.*

*Les trois étangs sont considérés comme fondés en titre car créés avant le 15 avril 1829 et sont de ce fait exclus du champ d'application de la Loi Pêche et de la Loi sur l'eau pour leur exploitation et leur vidange.*

*Selon M. Pierre Bernardin, ancien agent ONF basé sur la forêt domaniale du Ban d'Harol, la consultation des archives, notamment le sommier forestier, atteste que la création des plans d'eau est antérieure à 1773 (figurent sur le plan de la forêt domaniale du Ban d'Harol datant de 1773). Les étangs avaient très certainement un usage piscicole.*

*La forêt riveraine était un taillis très appauvri par une récolte forte des bois comme source de combustible et matériaux pour les habitants et les manufactures locales (verrière surtout). Le charbonnage était pratiqué sur des places qui se distinguent encore dans la topographie des sols.*

*La présence de petites parcelles privées au sein de la forêt, contre l'étang aval et plus en aval du site, indique qu'il y avait probablement une exploitation agricole (prés de fauche/près à litière) dans ces secteurs à la topographie plus plane et aux sols plus humides. Ceci est confirmé par la carte d'Etat-major.*

*D'après le témoignage du propriétaire, M. De Massey, le niveau de l'eau dans l'étang du milieu montait jusqu'en haut de la digue jusque dans les années 1970-1980. La zone tourbeuse actuelle n'existait pas et il n'y avait pas de Phragmites le long de la digue. Il a donc observé une évolution du milieu avec une tendance à l'atterrissement et à la colonisation par la végétation (semis d'Aulnes dans la queue tourbeuse).*

*M. Bernardin considère qu'il n'y a pas de modification radicale des lisières forestières depuis une vingtaine d'années. Il note aussi la progression des Phragmites, surtout sur la zone tourbeuse devant la construction, mais il suppose que c'est l'absence d'entretien par fauche de cette zone qui a induit cette évolution.*

*Une analyse rapide des photographies aériennes datant des années 1949 à 1986 ne montre pas d'autres changements radicaux mais elles restent difficiles à exploiter. (CEN 2014).*

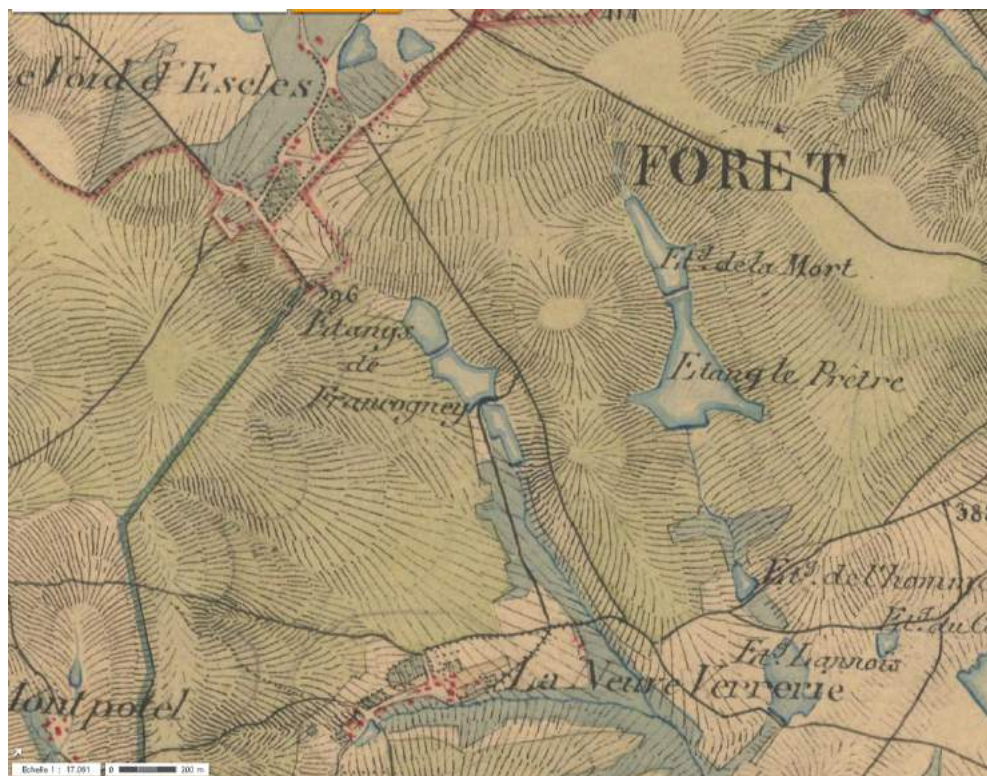


Figure 6 : Carte de Cassini de 1779 (en haut) et carte d'état major de 1860 (en bas).(source Géoportail)

## 4.4. Gestion actuelle des étangs

### 4.4.1. Etang amont (propriétaire privé)

**L'étang amont est la propriété de Mr Cassin Jean**, lequel nous a accordé un entretien téléphonique le 18 Mars 2016.

L'étang amont présente une surface de 1,5 ha (mesure orthophoto géoportail), pour une profondeur maximale d'environ 3m. Le battement saisonnier maximal observé est d'environ 30cm. Aucune baisse plus importante du niveau d'eau n'a été observée.

**La dernière vidange a été effectuée en 1992.** Le propriétaire aurait souhaité réaliser des vidanges ultérieures, mais l'absence de vidange des plans d'eau de l'ENS ne l'a pas permis. Il n'a pas souhaité réaliser la vidange de l'étang amont sans que les deux étangs situés plus en aval ne soit en assec (mention d'un risque pour les digues des étangs de l'ENS)

Lors de la vidange de 1992, la digue a été restaurée ainsi que le système de vidange. Il s'agit d'un dispositif fonctionnant avec des tuyaux en PVC.

La gestion historique consistait en l'apport de 1 tonne de chaux et 500 kg de scories potassique pour réduire l'acidité de l'eau de l'étang. Ces apports étaient réalisés suite à chaque vidange. **Ainsi, le dernier chaulage a été effectué en 1992.**

L'empoissonnement réalisé par Mr Cassin a uniquement consisté en des introductions de truite arc-en-ciel. Aucune autre espèce n'a été introduite. **Les carpes mais surtout les écrevisses à pattes rouges n'ont pas été introduites par le propriétaire actuel. La population d'écrevisses à pattes rouge se maintient donc naturellement depuis à minima 25 ans.**

L'entretien récent consiste uniquement en un entretien des abords de l'étang (faucardage).

L'étang amont est actuellement mis en vente par son propriétaire.

#### 4.4.2. Etang de l'ENS.

##### Gestion piscicole :

L'exploitation piscicole n'est plus réalisée au niveau des deux étangs de l'ENS. En effet, l'ancien propriétaire a certifié qu'il n'empoissonne plus depuis plusieurs années. Il reste cependant des poissons de deuxième catégorie (observations de carpes (*Cyprinus carpio*) en 2015 sur les deux étangs).

Ces espèces de poisson, notamment les carpes, peuvent avoir un impact sur la qualité du plan d'eau. Elles recherchent leur nourriture en fouillant constamment le substrat. D'une part cela peut perturber voire détruire les plantes aquatiques à racines (Fletcher et al 1985). D'autre part cela provoque une augmentation de la turbidité de l'eau, susceptible de réduire également l'abondance des plantes aquatiques (Meijer et al 1990) et notamment celle du flutteau nageant qui nécessite une bonne pénétration de la lumière dans l'eau (Bardin 2011). Enfin, les carpes et autres cyprinidés d'eau calmes, bien que majoritairement invertivores, peuvent également consommer par broutage certaines espèces de plantes aquatiques. Leur présence apparaît donc problématique dans un contexte d'étangs abritant des espèces de végétaux aquatiques et d'écrevisse à forte valeur patrimoniale.

##### Vidanges et assecs :

L'étang du milieu n'a pas été mis en assec depuis plus de vingt ans.

L'étang aval a été mis en assec en 2010, suite à la vidange de l'étang amont appartenant à Monsieur Cassin. Selon le propriétaire, il a fallu 4 à 5 jours pour le vider et l'étang est resté vide entre 6 mois et un an.

## 4.5. Rappel des Habitats et Espèces patrimoniales

*Les habitats et espèces patrimoniales sont décrits en détails dans le diagnostic écologique réalisé par le CEN Lorraine en 2014. Une présentation succincte mais nécessaire à la compréhension du contexte écologique est ici effectuée.*

**La Directive « Habitats – Faune – Flore »** distingue des habitats naturels et des espèces d'intérêt communautaire (annexe II = leur conservation mérite la désignation de Zones Spéciales de Conservation ; annexe IV = espèces qui nécessitent une protection stricte ; annexe V = espèce dont le prélèvement dans la nature et l'exploitation sont susceptibles de faire l'objet de mesures de gestion).

- Trois habitats sur le site sont d'intérêt communautaire : les herbiers aquatiques à *Utricularia australis* (code 3150), les gazons de bordure d'étangs acides en eaux peu profondes (code 3110 × 3130) et la tourbière tremblante à *Carex rostrata* et *Sphagnum spp.* (code 7140).
- Le Flûteau nageant ou *Luronium natans*, présent historiquement sur le site, apparaît dans l'annexe II.
- La Couleuvre à collier et le Lézard vivipare sont tous deux indiqués dans l'annexe IV.
- La Grenouille verte et la Grenouille rousse sont inscrites à l'annexe V, de même que l'Ecrevisse à pattes rouges.

L'intérêt patrimonial du site naturel des étangs de Francogney des bois est reconnu à travers son inscription dans plusieurs inventaires :

### **Inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique**

*Objet : inventaire et localisation des milieux naturels remarquables, basé sur une liste d'habitats et d'espèces déterminants. Programme national du Ministère en charge de l'Environnement et du Muséum National d'Histoire Naturelle, porté en région par les DREAL et leurs CSRPN.*

*Portée juridique : nécessité d'une prise en compte particulière dans les études règlementaires*

Le site est recensé dans l'inventaire ZNIEFF, **fiche n°410030043** rédigée sous l'appellation « **Etangs de Francogney des bois et le Prêtre à Charmois l'Orgueilleux** ».

Code Corine	Code Eur 15	Niveau déterminant ZNIEFF	Libellé de l'habitat	Superficie en ha	% du site
22.14	3160	1	Eaux dystrophes	2,7	40,3
22.313	3110 x 3130	1	Gazons de bordures d'étangs acides en eaux peu profondes	0,08	1,2
22.431	-	3	Tapis flottant de Nénuphars et Potamot flottant	0,05	0,7
43.1	-	-	Hêtraies-sapinières	1,5	22,4
44.91	-	2	Bois marécageux d'Aulnes	1,1	16,4
44.92	-	2	Saussaies marécageuses	0,4	5,9
53.111	-	2	Phragmitaies inondées	0,35	5,2
53.2141	-	3	Cariçaies à <i>Carex rostrata</i>	0,27	4,0
54.5	7140	2	Tourbières de transition	0,06	0,9
54.59	7140	1	Radeaux à <i>Menyanthes trifoliata</i> et <i>Comarum palustre</i>	0,1	1,5

Légende du tableau ??

### Inventaire des Espaces Naturels Sensibles

*Objet : inventaire et localisation des milieux naturels remarquables du département, porté par les Conseils Généraux. Ces sites peuvent par la suite bénéficier d'aides financières et opérationnelles pour des programmes de protection, gestion ou valorisation.*

Le site est inscrit dès 1995 dans l'inventaire des ENS, **fiche n° 88\*E18**. Il occupe environ 5 hectares inclus dans le bassin versant du ruisseau de Francogney.

De façon générale, les berges des étangs sont en pente douce et permettent ainsi le développement des populations d'hydrophytes. Le niveau d'eau subit des variations relativement importantes. Ce phénomène est nécessaire au développement d'une végétation spécifique de ceinture de bord des eaux.

Le site abrite une espèce protégée au niveau national : *Drosera rotundifolia* ou Droséra à feuilles rondes. Elle se développe dans les tourbières acides. En Lorraine, on retrouve l'espèce majoritairement dans le département des Vosges. Sur le site, elle a été observée sur la queue tourbeuse de l'étang du milieu, côté sud-ouest. Seulement deux pieds ont été observés pendant le mois de juin 2014.

Une autre espèce végétale protégée nationalement était présente sur le site en 2003 mais n'a pas été retrouvée en 2012. Il s'agit de *Luronium natans* ou Fluteau nageant. Elle se développe dans les eaux acides, stagnantes ou faiblement courantes.

Enfin, l'étang aval abrite le Scirpe flottant (*Isolepis fluitans*), hydrophyte protégé au niveau régional. L'espèce se développe dans les eaux stagnantes acides. Elle est reconnue comme très rare en région Lorraine où seuls deux sites ont été recensés. Cette rareté s'explique du fait que cette espèce, à affinité atlantique, se retrouve en limite d'aire de répartition orientale sur le territoire français.

**Le flûteau nageant** (*Luronium natans*) n'a pas été retrouvé sur le site depuis 2001. Sa réapparition est un objectif majeur de reconquête dans ce programme de restauration.

Il affectionne les eaux stagnantes à faiblement courantes, en général acides et même tourbeuses. Il peut être présent dans les lacs, étangs, mares, fossés, bras morts ou en bordure de cours d'eau.

C'est un macrophyte aquatique amphibie, se développant sur les berges exondées, capable de supporter d'importantes variations de niveau d'eau et des périodes d'exondation (Bardin 2011).

L'espèce affectionne les eaux pauvres en nutriments (oligotrophes) et en matières organiques dissoutes (COD <6,0 mg C/L) et accepte une gamme de pH comprise entre 4,5 et 8,8.

Elle préfère des eaux claires et bien ensoleillées, peu profondes (jusqu'à 1,5 à 2m). Ses substrats de développement sont de nature variée (fonds sablonneux, vaseux) (Bardin 2011, Greulich 1999 in Rahon, 2007).

Cette espèce d'intérêt communautaire, dont le retour sur le site de Francogney est un des objectifs du plan de gestion (CEN Lorraine 2014) est **une espèce pionnière**. Elle est peu compétitive et ne peut se développer que sur des zones où le couvert végétal est faible. Des événements pouvant perturber l'évolution naturelle des milieux lui sont généralement favorables : variations des niveaux d'eau, assecs occasionnels, curage, faucardage...

Elle nécessite des bordures en pente douce avec une très faible hauteur d'eau, l'établissement des propagules ou stolons détachés du rameau parent se fait quand le site de réception n'a pas une profondeur supérieure à 4 cm (Nielsen et al. 2006 in Bardin 2011).

#### **Scirpe flottant** (*Isolepis fluitans*)

C'est en France une plante rare et typique des milieux très oligotrophes et souvent acides, plus particulièrement d'étangs siliceux gréseux. C'est une plante vivace de 5-50 cm, glabre, à souche courte gazonnante. Le Scirpe flottant est doté d'une forte capacité de reproduction végétative à partir de racines adventives prenant naissance sur ses rhizomes

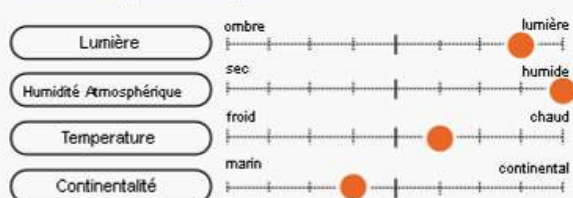
#### **Utriculaire** (*Utricularia australis*)

C'est une plante carnivore vivace aquatique de la même famille que les grassettes. Vivant dans des milieux pauvres en nutriments, elle trouve les éléments nutritifs nécessaires à son en capturant des insectes et micro-organismes aquatiques au moyen de ses utricules, petites poches submergées fonctionnant comme un piège.

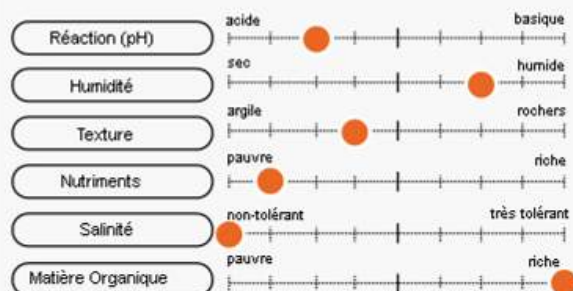
Source : Fiche TelaBotanica Scirpe Flottant

*Isolepis fluitans*

caractéristiques climatiques

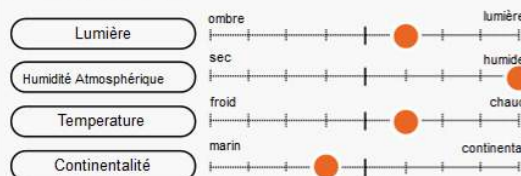


caractéristiques du sol

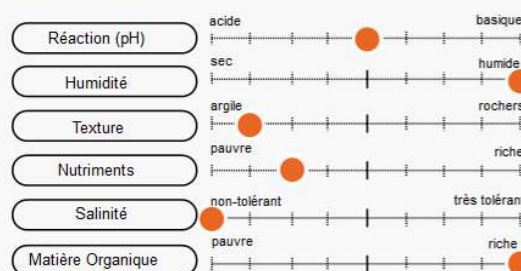


*Utricularia australis*

caractéristiques climatiques

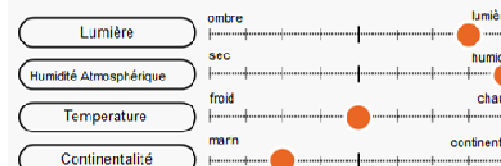


caractéristiques du sol

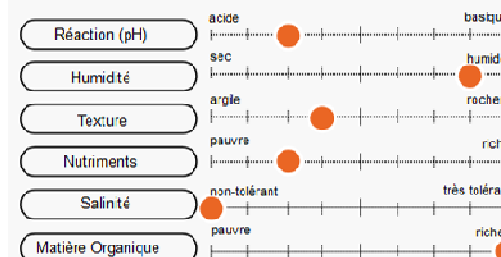


*Luronium natans*

caractéristiques climatiques



caractéristiques du sol



## **5. Diagnostic du fonctionnement physique du site**

### **5.1. Bathymétrie et morphologie des étangs**

#### **5.1.1. Protocole de bathymétrie.**

Une campagne bathymétrique est réalisée en période de hautes eaux, le 16/02/2016. Elle permet d'explorer au mieux les zones rivulaires, exondées à l'étiage et de dresser une « topographie » plus complète du site.

Les relevés sont effectués à l'aide d'un combiné Sondeur/GPS Lowrance Elite 5 Chirp. Une embarcation permet de quadriller le plan d'eau en effectuant des transects régulièrement espacés dans le sens de la largeur, puis de la longueur, et en longeant les bordures.

Les données sont exploitées avec le logiciel spécifique Reefmaster permettant par interpolation le tracé des isobathes tous les 0.125m. Les cartes bathymétriques ainsi que les surfaces et volumes des plans d'eau sont également déterminés et les profils en long et en travers établis.

A l'occasion des relevés bathymétriques, des sondages à la mire ont été effectués pour estimer la hauteur de sédiments fins accumulée dans les étangs.

Le logiciel Reefmaster fournit également des cartes de la dureté relative des fonds : la dureté relative superficielle concerne les premiers centimètres du substrat ; elle permet d'indiquer la présence de sédiments fins déposés.

Sur ces cartes, en nuance de bleu/vert, plus la couleur est foncée, plus le substrat est dur. Il s'agit d'une échelle relative qui fournit seulement une indication des changements relatifs dans le type de fond au travers la zone cartographiée. L'échelle est propre à chacun des plans d'eau.

### 5.1.2. Résultats de bathymétrie et morphologie des étangs

Les cartes bathymétriques et profils sont présentés dans les pages suivantes et les calculs de surface et de volume en hautes eaux figurent dans le tableau ci-dessous.

#### Morphologie de l'étang du milieu

L'étang du milieu se développe selon un axe Nord-Ouest/Sud-Est sur une longueur de 250m. La bathymétrie permet de localiser l'ancien thalweg c'est-à-dire le fond de vallée originel où s'écoulait le cours d'eau avant création des étangs. Ce thalweg est utilisé pour déterminer le profil en long de l'étang (remarque : le profil en long suit les points les plus profonds ; il est donc plus long que le simple axe du plan d'eau dans sa longueur).

De l'amont de l'étang au point le plus profond (distance de 245m), la pente moyenne est de 7,75 ‰, mais le profil peut être séparé en deux parties (graphiques pages suivantes) :

- un secteur de l'amont jusqu'à une distance de 40 m où la pente est très forte (29 ‰)
- un secteur allant des 40m au point le plus profond où la pente s'adoucit (3,7 ‰)

Cet élément est intéressant en termes de capacité d'accueil des ceintures végétales.

La zone la plus profonde (1,90m), localisée au voisinage de la digue, est décalée du côté Est de la digue, où est implanté l'ouvrage de vidange,

Le plan d'eau s'élargit au niveau de son tiers aval où une anse est observé en rive Est. A ce niveau à été réalisé le transect médian, où la largeur atteint 143m. Elle est de 90m pour les transects amont et aval.

La bathymétrie indique que le thalweg est décalé vers l'Est. Il en résulte des profils en travers asymétriques, la pente des transects étant plus marquée sur le côté Est (10 à 15% sur les dix premiers m de zone de bordure) que sur le côté Ouest (5 à 7%).

Si la pente est plus douce sur la rive Ouest, elle reste régulière et aucune zone en plateau n'est constatée (la profondeur atteint 1m à 30m du bord sur le transect médian). La pente plus douce sur cette rive permet cependant l'implantation d'une ceinture de phragmites, absents de la rive Est. Il apparaît en fait que tant en queue d'étang, qu'en rive ouest les pentes sont marquées jusqu'à la cote -75 cm puis s'adoucissent ensuite. Un abaissement de la côte maximale de l'étang pourrait donc produire des résultats particulièrement intéressants en termes de colonisation végétale.

La carte de dureté relative met en évidence des dépôts sédimentaires peu épais ou compactés en queue d'étang et en rive droite. Ceci est confirmé par les mesures de hauteur de sédiments fins effectuées à la mire : de 0 à 3 cm de sédiments fins pour la partie Sud-Ouest de l'étang et contact d'un substrat très dur. Les mesures de hauteur de sédiments à la mire concordent avec la carte de dureté superficielle du substrat pour indiquer que les sédiments fins s'accumulent préférentiellement au niveau de la zone la plus profonde (zones blanche et vert clair). Sur cette zone l'épaisseur des sédiments fins est comprise entre 49 et 74 cm. Ces épaisseurs sont non négligeables en regard de la faible profondeur du plan d'eau.

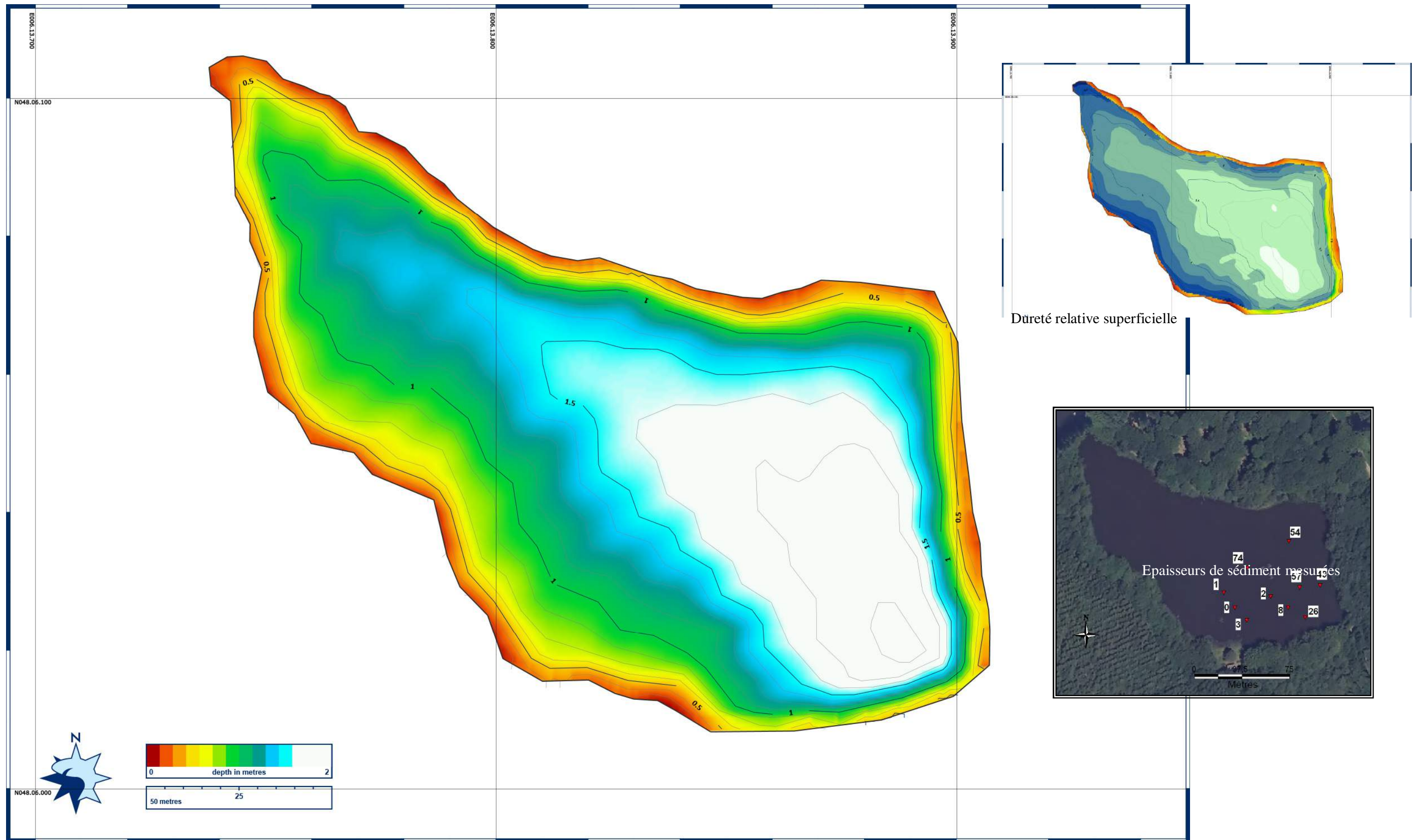


Figure 7 : Bathymétrie de l'étang du milieu le 16/12/2016 en condition d'eau forte. Les isobathes sont espacés de 0.125 m. A droite éléments sur les épaisseurs et la dureté du sédiment

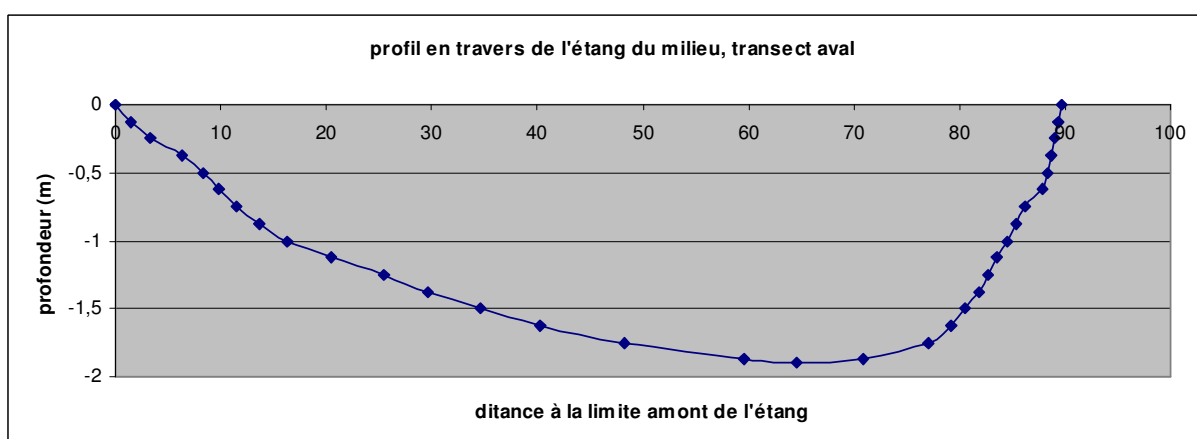
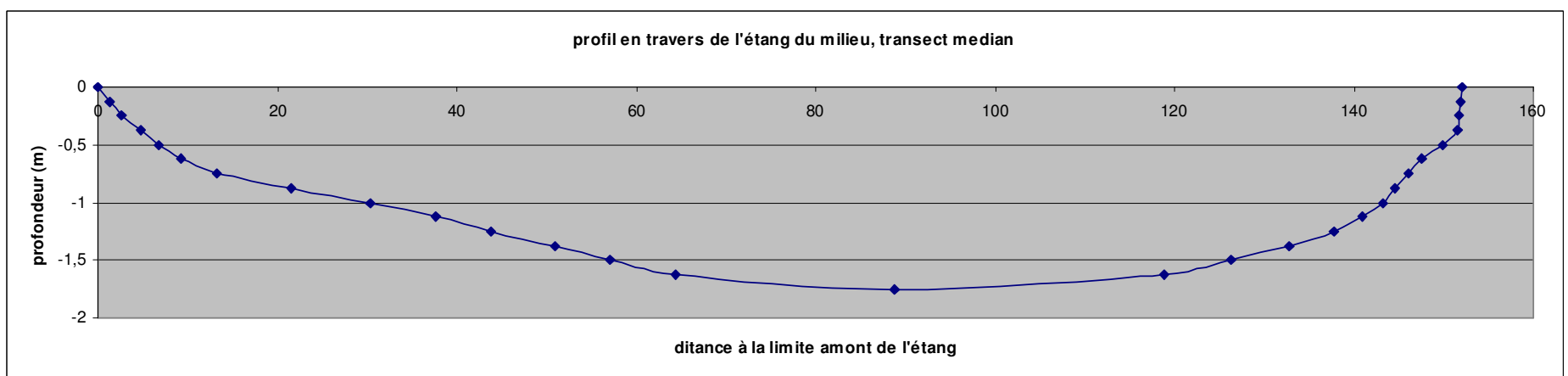
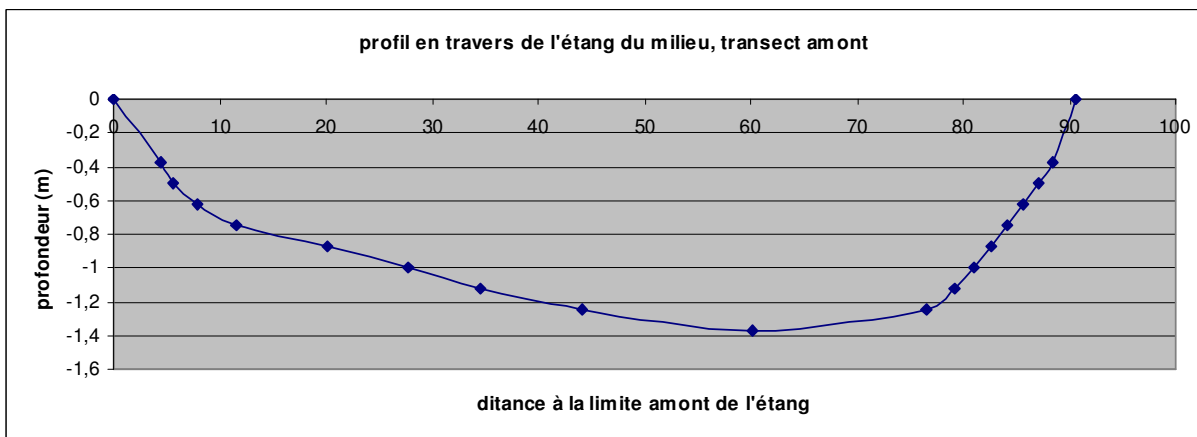
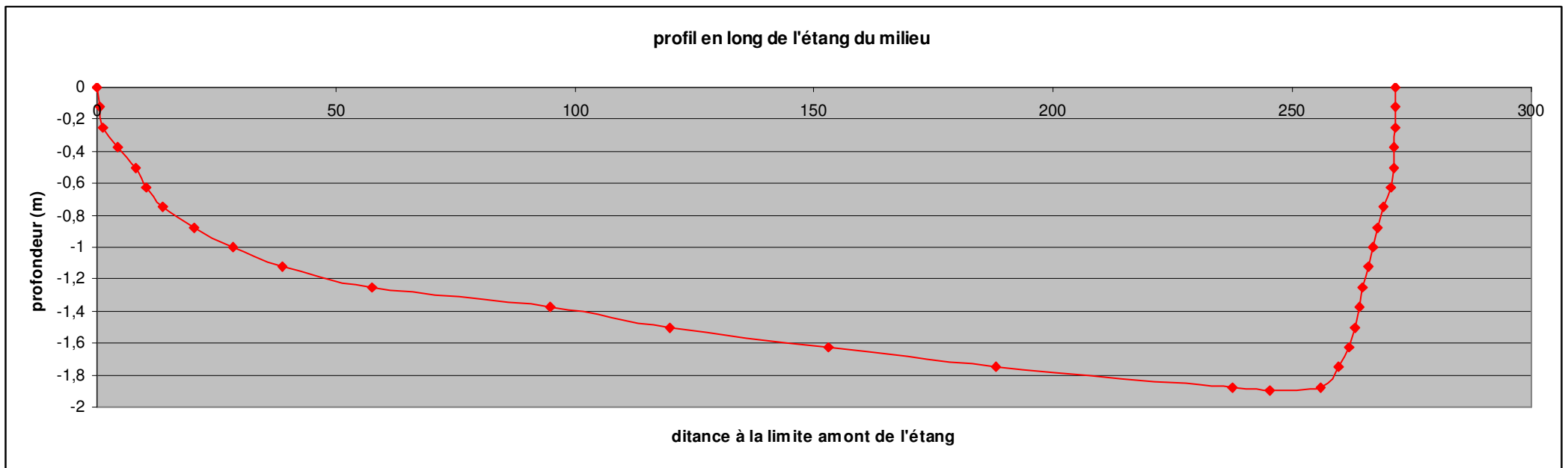
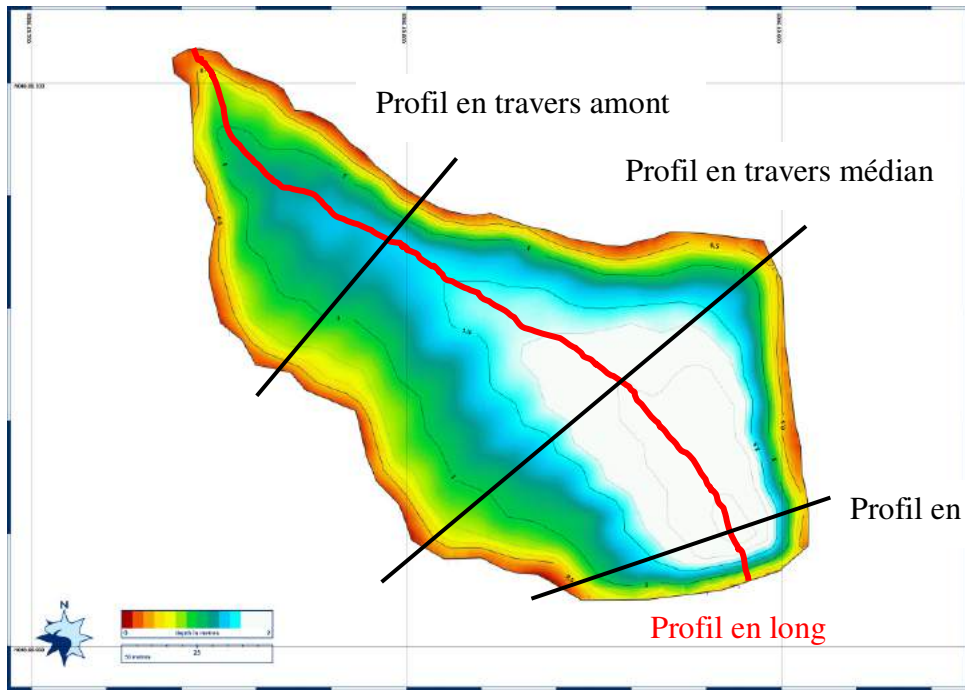


Figure 8 : Profils en long et en travers de l'étang du milieu

## Morphologie de l'étang aval

L'étang aval présente une forme allongée selon un axe Nord/Sud d'environ 170m. La largeur en période de hautes eaux est comprise entre 38 et 51m.

Le thalweg en fond d'étang occupe une position plutôt centrale excepté sur la partie amont où il est décalé vers la rive Est. La pente moyenne du thalweg, déterminée à partir du profil en long depuis l'amont jusqu'au point le plus profond est de 10,7 ‰.

Le profil en long peut être globalement séparé en deux parties. La pente est très marquée sur les 44 premiers mètres depuis l'amont, atteignant 25,7 ‰, puis s'adoucit nettement avec 5,4 ‰ entre la distance de 44m et le point le plus profond situé à 165m sur le profil en long. Attention cependant; sur la queue d'étang les profondeurs bathymétriques sont extrapolées par l'échosondeur en raison des impossibilités d'accéder en bateau. Il apparaît ainsi un replat qui correspond logiquement à des dépôts, accentués par les apports de fines issus des étangs amont. Il est fort donc fort possible que ces dépôts présentent une topographie différente de l'extrapolation. La **photographie n°XX** montre bien l'existence d'un dépôt qui semble aller jusqu'à l'exondation partielle.



La partie amont de l'étang est ainsi caractérisée par une anse en pente douce (pente de 2%) sur la rive Ouest tandis que la pente est plutôt marquée en rive Est (7%), d'où la forme asymétrique du transect amont. L'anse en pente douce rive Ouest et l'extrême amont du plan d'eau, dont les bordures sont submergées uniquement en conditions de hautes eaux, sont colonisées **par une végétation ligneuse dense de saules et d'aulnes**.

Hormis cette zone amont, le reste de l'étang présente des zones de bordures avec des pentes régulières et assez marquées (9 à 14%). Aucun plateau en eau peu profonde et aucune zone en pente très douce n'est observée sur la partie médiane et aval du plan d'eau. Les profils en travers médian et aval présentent une forme symétrique, avec un caractère plus « encaissé » du profil médian, localisé au niveau d'une zone moins large du fond de vallée. Du fait de ces bordures relativement raides, une partie conséquente du plan d'eau est formée par un plateau en zone profonde : une surface de 1958 m<sup>2</sup> est située en 1,5m et 1,78m, soit 24% de la superficie du plan d'eau en conditions de hautes eaux.

Synthétiquement parlant, cet étang ressemble à une cuvette sur laquelle un jeu sur les niveaux n'apportera pas d'évolution notable en termes de colonisation végétale. Seule la queue d'étang, actuellement colonisée par une végétation ligneuse pourrait être restaurée de façon profitable par un désouchage associé à un reprofilage adapté **aux gazons de bordure**.

Les cartes de dureté des fonds montrent que les deux tiers aval du plan d'eau sont recouverts de sédiments fins. La partie amont montre un substrat plus dur (zone de sédimentation des apports amont). La petite pointe bleue foncée au rive gauche au droit de la digue correspond à une vasière partiellement exondée.

Les épaisseurs de sédiments mesurées par sondage à l'aide d'une mire indiquent que les dépôts s'effectuent de manière préférentielle dans la partie centrale du plan d'eau, la pente des zones de bordure étant moins favorable à la sédimentation.

Les épaisseurs les plus importantes de sédiments sont localisées dans la zone profonde du secteur aval de l'étang. Elles peuvent atteindre 70 cm, valeur conséquente compte tenu de la profondeur maximale de 1,78m.

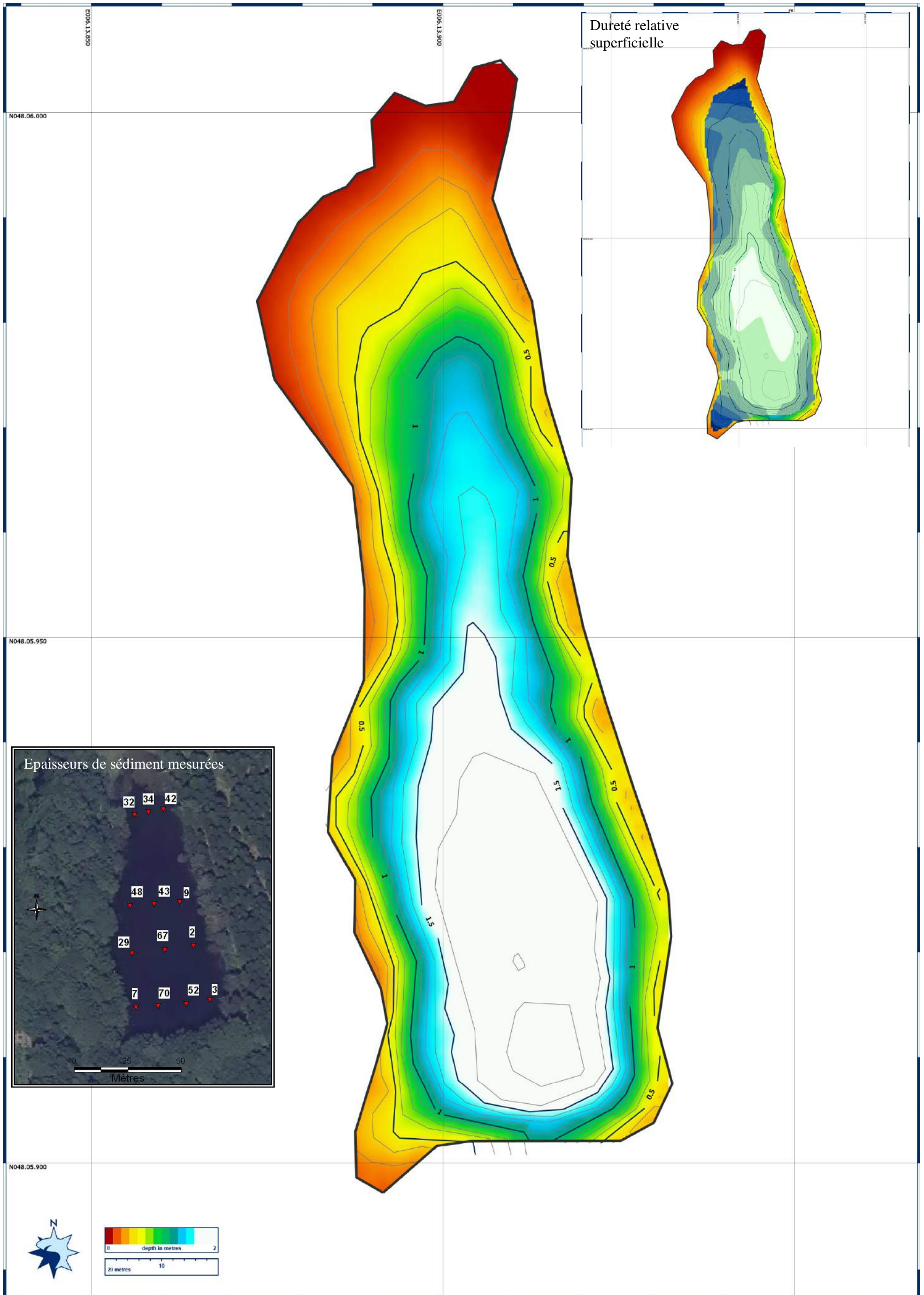
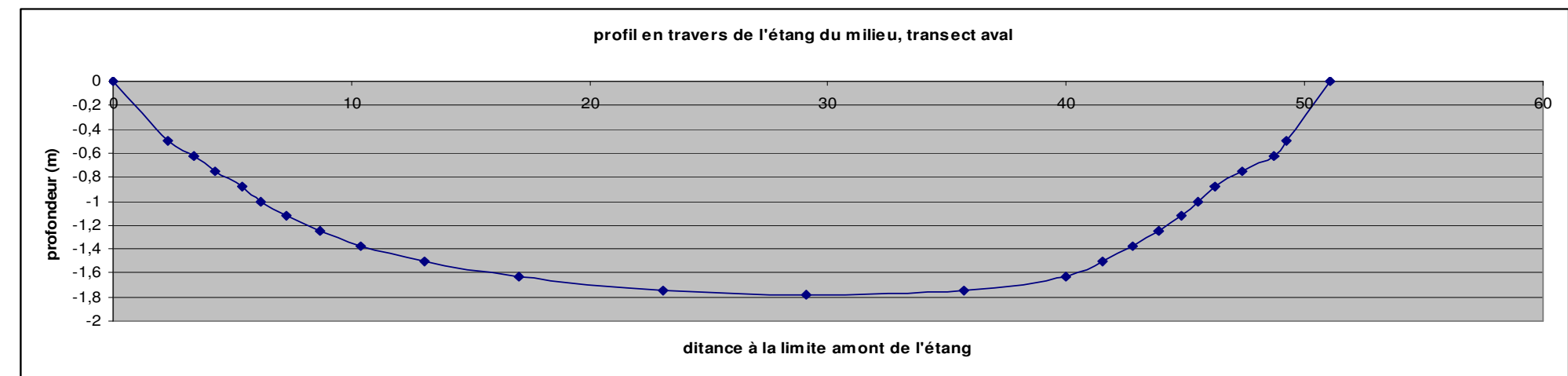
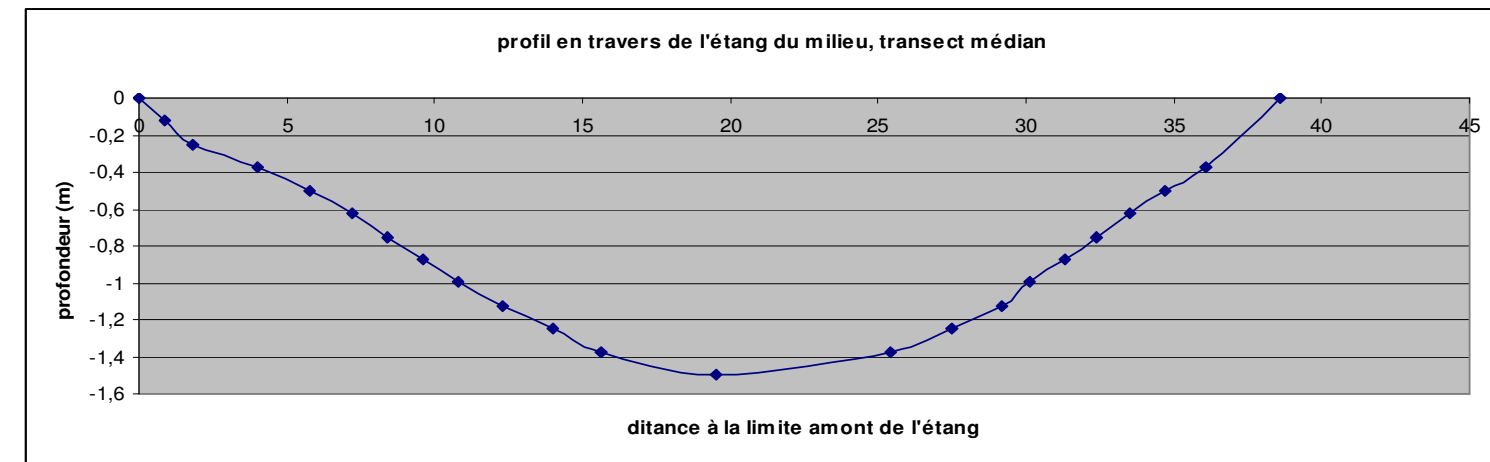
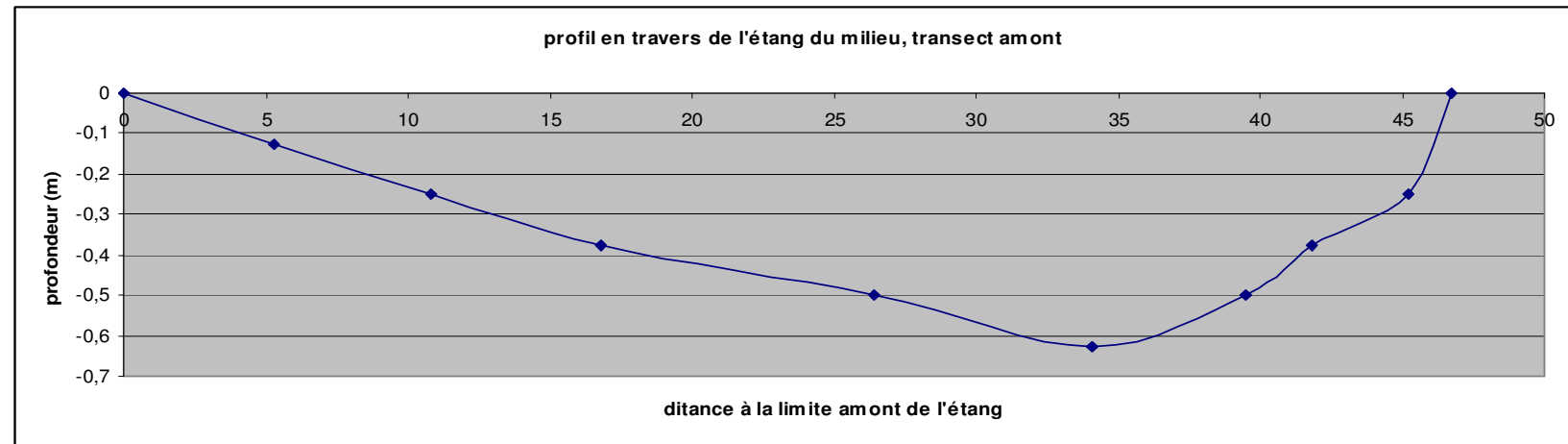
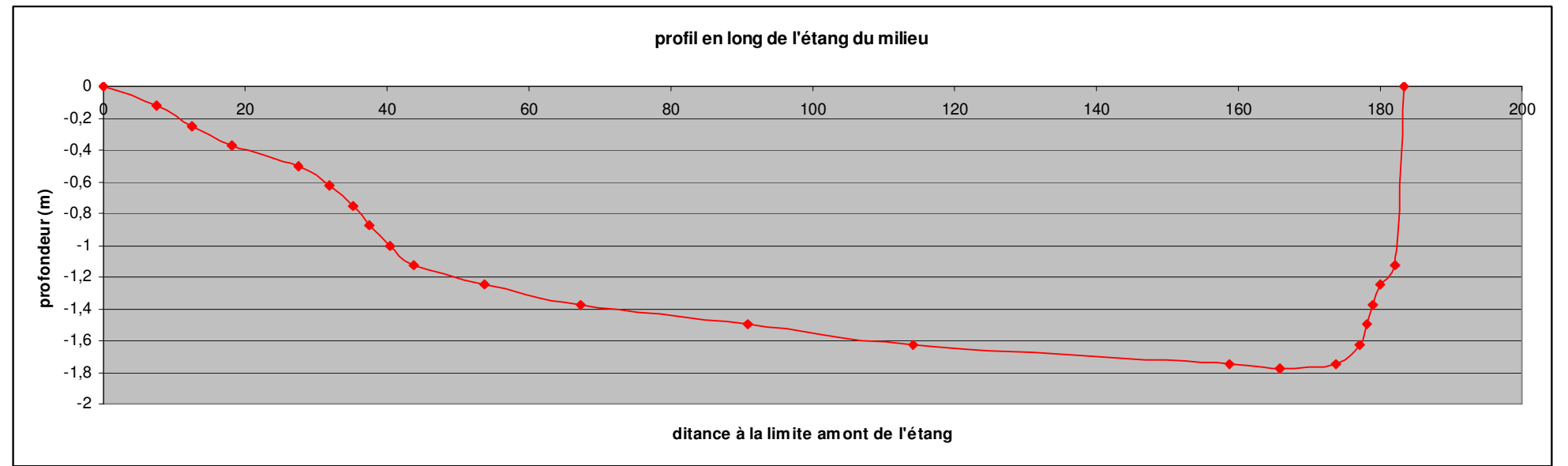
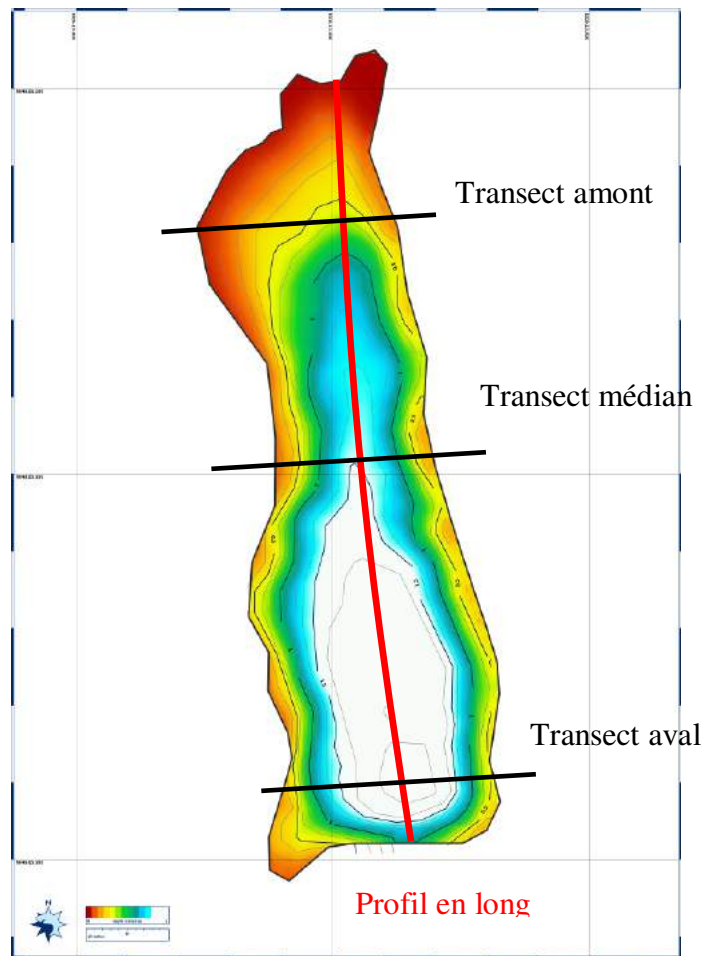


Figure 9 : Bathymétrie de l'étang aval le 16/02/2016 en condition d'eau forte. Les isobathes sont espacés de 0.125 m



Secteur amont en zone humide



Rive Est

## SYNTHESE BATHYMETRIE ET MARNAGE

**Tableau 1 : surface et volume le 16/02/2016 issus de la bathymétrie en hautes eaux**

	<b>étang du milieu</b>		<b>étang aval</b>	
cote d'eau le 16/02/2016	371.402		369.102	
Surface totale (m <sup>2</sup> )	21008		8252	
Volume total d'eau (m <sup>3</sup> )	24625		7842	
profondeur maximale (m)	1,9		1.78	
profondeur moyenne (m)	1,17		0.95	
calcul par couche d'eau en hautes eaux	surface (m <sup>2</sup> )	volume (m <sup>3</sup> )	surface (m <sup>2</sup> )	volume (m <sup>3</sup> )
0 à 0,5m	21008	10264	8252	3567
0,5 à 1m	19088	8353	5891	2440
1 à 1,5 m	13646	4867	4028	1520
1,5 à 2m	6074	1142	1958	316

En conditions de hautes eaux, l'étang du milieu présente une surface proche de 2,1 hectares tandis que la surface de l'étang aval est de 0,82 hectares. (2,5 fois plus faible).

En termes de volume, l'étang du milieu (24 645 m<sup>3</sup>) permet de stocker un volume 3,14 fois plus important que l'étang aval (7 842 m<sup>3</sup>).

Les profondeurs maximales sont assez proches, 1,9m pour l'étang du milieu et 1,78m pour l'étang aval. La profondeur moyenne est légèrement plus élevée sur l'étang du milieu avec 1,17m contre 0,95m pour l'étang aval.

Les configurations bathymétriques sont cependant fort différentes en termes de capacité d'accueil d'une végétation amphibie rivulaire.

L'étang amont à partir de l'isobathe 0.75 m présente des pentes douces qui après abaissement de la côte de remplissage maxi pourrait permettre l'installation de belles ceintures de végétations intégrant des groupements pionniers de vasières.

L'étang aval, plus homogène et plus encaissé ne permet pas une telle adaptation.

Enfin en termes de marnage et dans les configurations actuelles de restitution les amplitudes approchées sont de 0.50 m sur l'étang amont, inférieures à 0.30 m sur l'étang du milieu et de l'ordre de 0.10 m sur l'étang aval.

### 5.1.1. Relation entre bathymétrie, battement et répartition des habitats et espèces à enjeux patrimoniaux

**Tableau 2 : Récapitulatif des exigences des habitats et des espèces à enjeu présents sur le site (CEN Lorraine 2014)**

Etang concerné	Habitats et espèces à enjeu prioritaire	Volume d'eau min.	Hauteur d'eau min.	Qualité de l'eau	Tolérance aux assecs	Tolérance à l'exondation
<i>Etang aval</i>	Gazons de bordure d'étang acide	Grande mare	Faible, lame d'eau nécessaire	Eaux oligotrophes acides	Oui	Nécessaire
<i>Etang aval</i>	Herbiers aquatiques à <i>Utricularia australis</i>	Mare permanente	Moyenne	Eaux oligotrophes acides	Oui : assec limité (1 an)	Non
<i>Etang du milieu</i>	Tremblant à <i>Carex lasiocarpa</i> et <i>Sphagnum spp.</i>	Comparable à l'actuel	Baisse max. de 20 cm	Eaux oligotrophes	Non	Oui
<i>Etangs du milieu et aval</i>	<i>Aulnaie marécageuse</i>	Faible	Faible	Eaux oligotrophes acides	Oui	Oui
<i>Etang aval</i>	<i>Luronium natans</i> (Flûteau nageant)	Très grande mare (limites d'aires biogéographiques)	Faible, lame d'eau nécessaire	Eaux oligotrophes	Oui : assec limité (1 an)	Nécessaire
<i>Etang aval</i>	<i>Isolepis fluitans</i> (Scirpe flottant)	Grande mare	Faible, lame d'eau nécessaire (de 10 à 20 cm)	Eaux oligotrophes acides	Oui : assec limité (1 an)	Préférable
Etang concerné	Habitats et espèces à enjeu secondaire	Volume d'eau min.	Hauteur d'eau min.	Qualité de l'eau	Tolérance aux assecs	Tolérance à l'exondation
<i>Etang du milieu</i>	<i>Drosera rotundifolia</i> (Drosera à feuilles rondes)	Comparable à l'actuel (préservation de son habitat)	Baisse max. de 20 cm	Eaux oligotrophes	Oui	Oui
<i>Etangs du milieu et aval</i>	Cortège de Libellules	Comparable à l'actuel	1 m	Eaux oligotrophes acides	Non	Oui
<i>Etangs du milieu et aval</i>	Reptiles et amphibiens	Faible	Faible	Forte tolérance	Partielle	Oui
<i>Etang du milieu</i>	Ecrevisses à pattes rouge	Mare permanente	Faible	Eaux bien oxygénées	Partielle	Oui

- l'étang du milieu ne présente actuellement aucune flore amphibie sensible, la seule espèce patrimoniale est le *Drosera rotundifolia* représenté par 1 ou 2 pieds. Il pourrait cependant en fonction du programme de gestion devenir favorable à la présence du Flûteau nageant (espèce pionnière acceptant une profondeur jusqu'à 1.5-2m)

- l'étang aval présente quant à lui, un gazon de bordure acide et le scirpes flottant qui ne toléreront pas une modification permanente des niveaux d'eau estivaux. Sur cet étang, le flûteau nageant n'a pas été retrouvé depuis 2001, en lien probable avec l'absence d'exondation (à-sec). Les herbiers à Utriculaire sont également intéressants mais peuvent être en compétition avec le Flûteau. La carte bathymétrique réalisée étang déversant donne l'Utriculaire dans des profondeurs comprises entre 0,125 et 1.3m. Ces valeurs correspondent à des niveaux d'étiage compris grossièrement entre 0 et 1m.

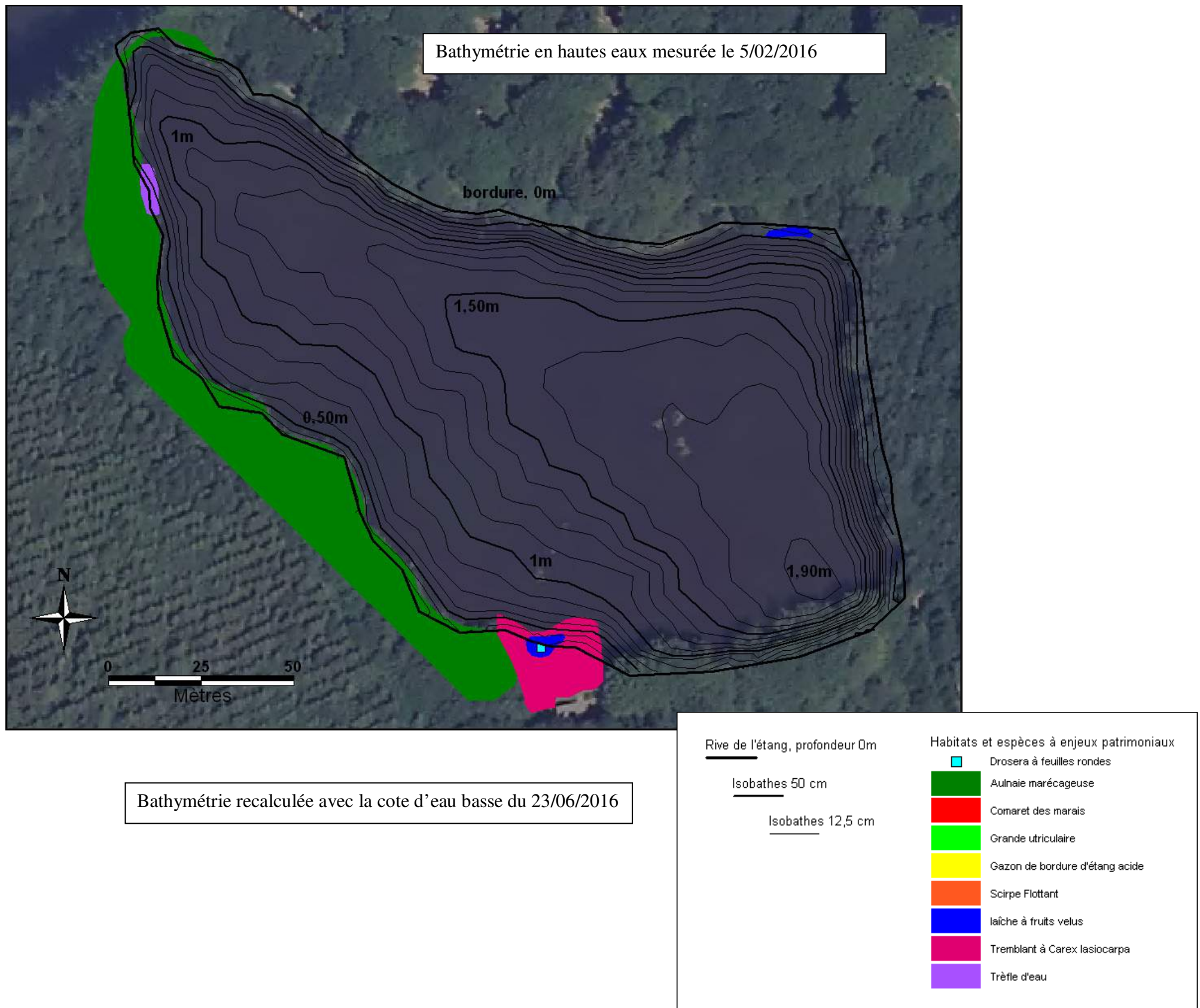


Figure 10 : Superposition des habitats et espèces à enjeu et des bathymétries de l'étang du milieu en situation de hautes et basses eaux du fonctionnement actuel

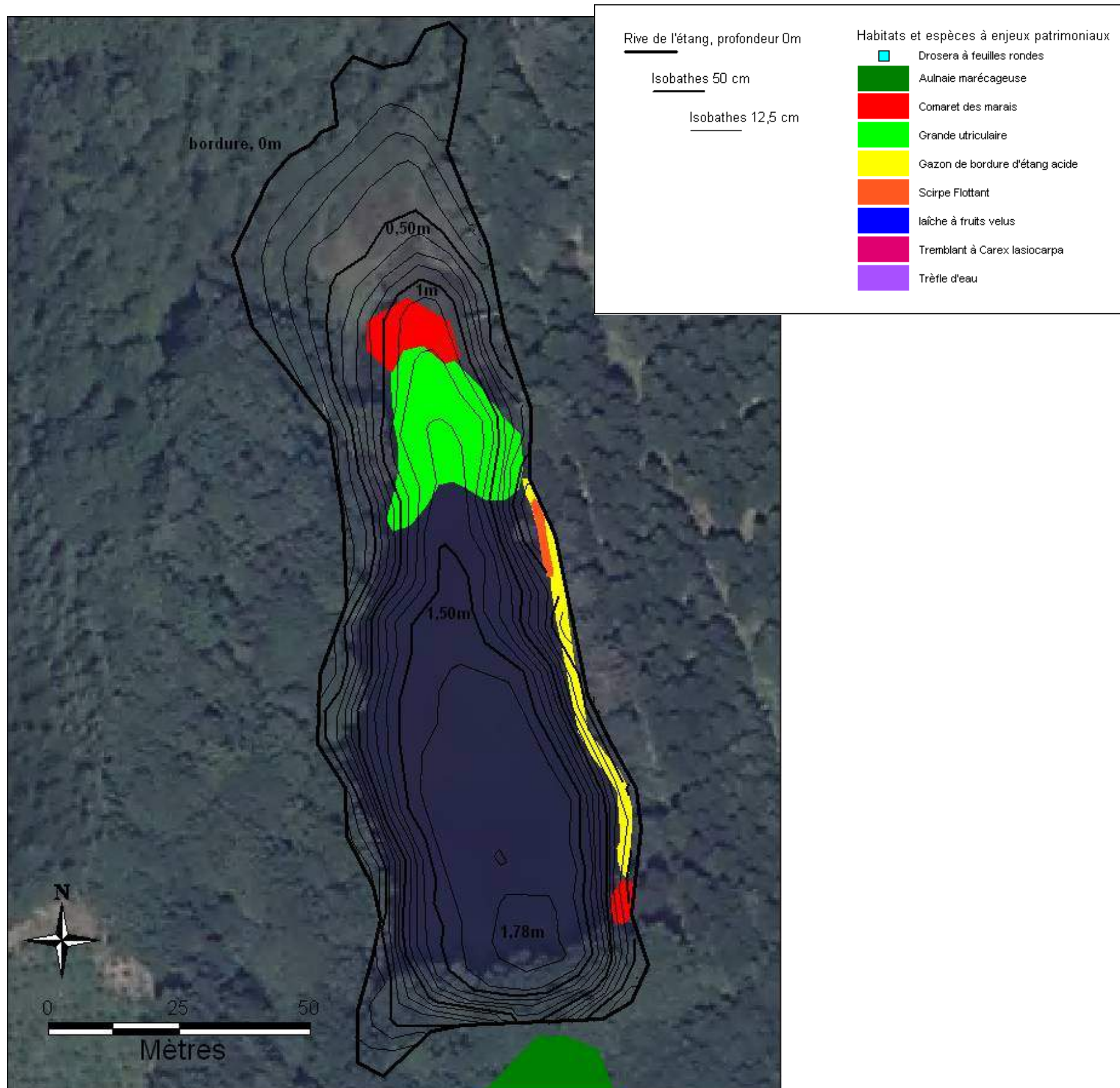


Figure 11 : Superposition des habitats et espèces à enjeu et des bathymétries de l'étang aval en situation de hautes et basses eaux du fonctionnement actuel

## 5.2. Qualité hydromorphologique du ruisseau de Francogne

### 5.2.1. Recherches des linéaires anciens

Au droit des étangs, les cartes anciennes consultées ne permettent pas de discerner le linéaire originel du cours d'eau, avant l'implantation des étangs.

A l'aval des étangs, la superposition du tracé du cours d'eau référencé actuellement par l'IGN et le tracé sur la carte d'état major de 1860 montre un décalage vers l'Est, mais il s'agit vraisemblablement d'une différence liée au manque de précision des cartes de l'époque.



Figure 12 : superposition de la carte d'état major de 1860 au tracé IGN actuel (source Géoportail)

Les observations de terrain tendent à indiquer que le cours d'eau à l'aval des étangs a été déplacé sur le côté Est du thalweg sur environ 80m en aval de l'étang. Le lit mineur se situe sur le côté gauche du thalweg (dans le sens d'écoulement du cours d'eau) contre le coteau avec un tracé rectiligne, alors qu'une position plus centrale dans le fond de vallée et un tracé plus sinueux devrait être observé.

### 5.2.2. Données bibliographiques récentes.

Dans le cadre d'une phase d'état des lieux pour la mise en place du contrat de rivière de la tête de bassin de la Saône (EPTB Saône Doubs), une étude hydromorphologique sur les cours d'eau du bassin du Coney a été réalisée en 2012 (FLUVIAL.IS & ECODEVE, 2012). Des extraits de carte tirés de cette étude sont placés en annexe.

Certains éléments concernant le contexte de l'ensemble des cours d'eau du bassin versant méritent d'être soulignés.

Il est ainsi rappelé que la géologie influence notablement les cours d'eau du réseau hydrographique du Coney et la granulométrie des matériaux transportés. Le substrat géologique dominant de grès est à l'origine d'un apport important de sables. Ce contexte est donc favorable à une charge solide dominée par les sables, et les perturbations du transport solide peuvent conduire à un colmatage par les dépôts sableux. L'importance des surfaces plantées en résineux et le piétinement du lit et des berges par le bétail sont des facteurs augmentant le risque de colmatage.

Parmi les autres problématiques relevées au cours de cette étude, il apparaît que les cours d'eau du bassin du Coney peuvent être perturbés par les espèces végétales invasives (balsamine de l'Himalaya et renouée du Japon) de même que par une implantation trop importante des résineux en berges.

Enfin, les aménagements hydrauliques et ouvrages transversaux, alimentant bien souvent des étangs, sont également mentionnés comme une des principales sources de perturbation des cours d'eau du bassin du Coney.

A l'opposé, il apparaît que les secteurs les mieux préservés sont des secteurs de têtes de bassin où les perturbations de l'état naturel sont rares en raison du contexte topographique : les fonds de vallées étroites et les versants raides et boisés sont peu accessibles aux activités les plus impactantes. Il est souligné que les secteurs où il n'y a quasiment pas eu d'exploitation par l'homme des berges ou du cours d'eau sont rares. Ainsi, parmi les six portions de ruisseaux appartenant à cette catégorie, on retrouve le ruisseau de Francogney dont la grande majorité du linéaire est présentée comme étant en très bonne qualité physique.

Les investigations menées sur le ruisseau de Francogney montraient une qualité physique bonne à très bonne selon la méthode d'appréciation de la qualité physique utilisée (méthode Qualit.IS). La fiche de synthèse des caractéristiques morphologiques du ruisseau est présentée en page suivante.

Ainsi, le lit mineur et les berges sont bien préservés sur la moitié aval du ruisseau, les contextes topographique et forestier étant favorables. La ripisylve est relativement bien fonctionnelle, hormis sur les plantations de résineux. Deux zones sont concernées par le piétinement du lit par les bovins, mais en aval du secteur des étangs.

A l'inverse d'une majorité des cours d'eau du bassin du Coney, la ripisylve du ruisseau de Francogney est encore épargnée par les plantes envahissantes, comme la balsamine de l'Himalaya et la renouée du Japon.

La continuité écologique du ruisseau est perturbée par 11 ouvrages dont 9 sont jugés totalement infranchissables et 2 infranchissables en étiage. Parmi les 9 ouvrages totalement infranchissables sont répertoriés les exutoires des étangs du milieu et aval.

Le ruisseau se jette dans le canal des Vosges, la connexion originelle avec le Coney n'est donc plus établie.

En dehors de la présente étude sur les étangs de Francogney des bois, le programme d'action 2015 – 2017 du contrat de rivière ne prévoit pas d'autres aménagements sur le ruisseau.

## 12. LE RUISSEAU DE FRANCOGNEY, MASSE D'EAU FRDR11411

Tronçons : Fr01 à Fr08

Longueur : 5824 m

Pente moyenne : 4,7 à 22 ‰

Puissance fluviale spécifique : 22,7 à 134 W/m<sup>2</sup>

Typologie : T2a, T4

Le Francogney est un ruisseau de basse montagne, avec un style rectiligne en amont puis adoptant un style plus sinueux dans une vallée plane mais encaissée. Effectivement, à part sur deux tronçons amont (Fr03 et Fr04), le Francogney est sinueux lorsqu'il traverse des zones boisées naturelles ou de résineux et de nombreuses zones humides. Sur les deux tronçons amont, il s'écoule dans des prairies et est rectiligne car il a été rectifié.



A gauche : le Francogney rectifié ; à droite : le Francogney aval.

Sur les deux premiers tronçons amont du Francogney, les berges sont très basses et tourbeuses (zones humides). Sur les tronçons suivants, elles sont basses, sablo-limoneuses, enherbées et subverticales lorsqu'elles ne sont pas piétinées. Hormis sur les tronçons rectifiés et dans les secteurs de résineux, les variations de largeur et la diversité des formes sédimentaires sont relativement importantes. Les fonds sont majoritairement constitués d'éléments grossiers (sables grossiers, graviers, galets), avec la présence de sables fins sur certains secteurs, ou de blocs sur d'autres secteurs (pentes plus fortes). Les écoulements sont plats courants ou de type « radier » avec des alternances de mouilles. Sur le tronçon aval, les écoulements sont moins dynamiques et parfois même plats lentiques.

La ripisylve est absente sur le secteur de prairies. Elle est généralement continue, diversifiée et connectée dans les zones de forêts naturelles bien que la strate arbustive soit absente. En revanche, dans les zones de résineux, elle est souvent déconnectée.

La confluence du Francogney avec le Coney devrait se faire au niveau de l'écluse du Pont Tremblant mais le ruisseau a été canalisé entre le versant et le Canal des Vosges jusqu'aux Forges de Thunimont puis jusqu'au ruisseau des Cailloux. Sur ces deux tronçons, les fonds sont vaseux et colmatés, les écoulements plats lentiques et la ripisylve déconnectée.

Figure 13 : Fiche de synthèse du ruisseau de Francogney (FLUVIAL.IS & ECODEVE, 2012)

### 5.2.3. Qualité physique par tronçon homogène

#### 5.2.3.1. Méthode

##### *Principes et intérêts de la méthode*

Le diagnostic de l'habitat aquatique a été réalisé en suivant l'approche standard mise au point par la DR5 du CSP puis finalisé par TELEOS.

La méthode « Tronçon » a été choisie pour les raisons suivantes :

- Parmi l'ensemble des échelles d'actions emboîtées, elle privilégie celles du tronçon fonctionnel, de la station et du faciès, dont la prise en compte simultanée sanctionne les variations des différents ressorts de la qualité physique déterminant les capacités biogènes.
- Elle fournit des résultats relatifs qui sont interprétés par rapport à une référence propre permettant de démêler l'importance relative des pressions anthropiques et des limites naturelles du potentiel.
- Sa portée globale et la prise en compte de phénomènes ciblés comme l'importance des dépôts sédimentaires, la rend particulièrement adaptée à la problématique posée.
- Sa capacité à quantifier un état et à en différencier les causes permet d'exploiter les résultats obtenus dans le triple cadre du diagnostic initial, de la définition des remèdes et de l'évaluation objective, après travaux, de l'impact des actions entreprises.

Ces aspects la rendent particulièrement adaptée à l'évaluation de l'efficacité des projets de renaturation et de restauration.

La mise en oeuvre de cette méthode commence par la sectorisation du cours d'eau qui est découpé en tronçons. Puis la capacité biogène de chacune de ces unités est caractérisée par la description de quatre composantes fondamentales de la qualité physique : l'hétérogénéité du lit d'étiage, son attractivité, sa stabilité et sa connectivité avec les autres compartiments du corridor fluvial. Enfin, les éléments favorables et défavorables recensés sont quantifiés et des scores synthétiques peuvent être calculés.

Dans un premier temps, on procède à une sectorisation du cours d'eau qui est découpé en tronçons (secteurs de plusieurs centaines de mètres à plusieurs kilomètres). Ces derniers sont homogènes d'un point de vue de la qualité des habitats piscicoles (qualité des substrats, diversité des vitesses et hauteurs d'eau) en termes d'état dynamique (érosion, sédimentation...) ainsi que de pression anthropique.

##### *Diagnostic des tronçons*

Chaque tronçon fait l'objet d'une description standard fondée sur des mesures de terrain opérées à l'aide d'une grille normalisée. Dans ce cadre, l'hétérogénéité et l'attractivité biogène sont appréhendées à partir de descripteurs et de métriques divers, dont le linéaire de chaque faciès d'écoulement, la quantité des différents abris et caches rencontrés, la largeur du lit mineur et de la lame d'eau, les profondeurs minimales et maximales rencontrées, la présence d'affluents....

Parallèlement, l'appréciation de l'état dynamique est réalisée par la même approche à l'aide de plusieurs descripteurs, dont le nombre de seuils d'érosion régressive, le linéaire de berges stables et instables, la hauteur d'incision, le type de substratum...

Les relevés de terrain doivent être réalisés en étiage, période durant laquelle la visibilité du fond et des substrats est la meilleure, où la végétation aquatique est bien développée et où les conditions limitantes apparaissent mieux. Les données récoltées sur le terrain sont intégrées dans le calcul de scores et de notes destinées à faciliter leur interprétation. Pour chaque tronçon, les quatre composantes fondamentales de qualité physique sont appréciées à l'aide de scores différents :

- **Le score d'hétérogénéité** sanctionne le degré de variété des formes, des substrats/supports, des vitesses de courant et des hauteurs d'eau du lit d'étiage ; plus ce score est élevé, plus les ressources physiques sont diversifiées.
- **Le score d'attractivité** intègre la qualité des substrats (= intérêt global des substrats/supports pour les poissons), la qualité et la quantité de caches et des abris.
- **Le score de connectivité** caractérise la fonctionnalité de la zone inondable ainsi que la fréquence des contacts entre la rivière et les interfaces emboîtées que constituent la ripisylve et le lit moyen ; il apprécie également le degré de compartimentage longitudinal par les barrages et les seuils, ainsi que les possibilités de circulation des poissons migrateurs ou « sédentaires ».
- **Le score de stabilité** des berges et du lit traduit l'importance des érosions régressives (fréquence des seuils), progressive et latérale (proportion de méandres instables), de l'état des berges (degré d'incision), de l'incision, du degré de colmatage et des dépôts sédimentaires.

Evidemment, les quatre composantes ne sont pas indépendantes : elles interfèrent largement les unes sur les autres, sans toutefois être redondantes. En outre, les trois premiers scores sont relatifs, et doivent être comparés avec ceux qui sont obtenus sur l'ensemble des tronçons. Chaque composante est définie par cinq classes de A à E ; la classe supérieure –A répond en fait à une situation conforme pour le paramètre étudié et ne correspond pas nécessairement à une condition optimale (Tableau ci dessous). Les limites des classes sont les suivantes :

**Tableau 3 : Limites de classes de qualité pour les composantes de la qualité physique**

Classe Hétérogénéité /111	Classe Attractivité /90	Classe Connectivité /130	Classe Stabilité -60/40	Classe Qualité physique (QP) /30600
A >50	A >45	A >65	Sédimentation >10	A >6500
B 40-50	B 34-45	B 49-65	Equilibre -10/10	B 3500-6500
C 28-40	C 23-34	C 33-49	Erosion -25/-10	C 1500-3500
D 14-28	D 11-23	D 16-33	Forte érosion -65/-25	D 400-1500
E <14	E <11	E <16		E <400

Le calcul de la classe de qualité QP s'effectue comme suit :  $QP = (H+A) \times C \times \text{coef. Stab}$

En complément de cette méthode, d'autres informations pourront être recueillies lors de la reconnaissance du linéaire du ruisseau : aménagements de berges, travaux hydrauliques antérieurs, présence d'atterrissements, ouvrages d'arts, présence d'espèces végétales envahissantes, obstacles à la continuité sédimentaire ou piscicole...

### 5.2.3.2. Résultats de la qualité physique

Les reconnaissances de terrain visant à apprécier la qualité morphologique ont été effectuées sur trois tronçons. Le ruisseau des œillets est reconnu sur 350m, servant de cours d'eau de référence non impacté par les étangs. Sa pente est toutefois plus élevée que le ruisseau de Francogney. Sur le ruisseau de Francogney, un premier tronçon est localisé entre l'exutoire de l'étang aval et la confluence des Œillets et un second tronçon est située à l'aval de la confluence.

**Tableau 4 : Définition des tronçons homogènes**

tronçon	limite amont	limite aval	linéaire (m)	pente (‰)	sinuosité
tr1 Aval étang	digue étang aval	confluence ru. des Oeillets	230	9,1	1,02
tr2 Aval confluence avec les Oeillets	confluence ru. des Oeillets	limite du secteur forestier	306	11,7	1,22
tr3 ru des Oeillets	350m en amont de la confluence	confluence ru. de Francogney	350	23	1,15

L'application de la méthode permet de différencier les tronçons étudiés sur la base de leur qualité physique.

A l'aval de la chaîne d'étang, le tronçon du ruisseau de Francogney se situe en qualité physique passable (classe C), notamment du fait d'une faible hétérogénéité et d'une mauvaise attractivité. D'autre part la dynamique fluviale est dominée par les processus de sédimentation.

Le ruisseau des Œillets présente une qualité physique moyenne (classe B), le score d'hétérogénéité n'étant pas assez élevé pour l'obtention de la classe de bonne qualité physique. Il faut néanmoins préciser que sur cet affluent qui est une tête de bassin à forte pente et de très faible gabarit, il est naturel que l'hétérogénéité soit limitée. A noter que ce ruisseau a été aménagé avec des seuils en rondins de bois.

Le ruisseau de Francogney obtient une classe de bonne qualité physique à l'aval de la confluence du ruisseau des Œillets. L'apport d'eau conséquent par l'affluent, dont le débit est en réalité nettement supérieur à celui du ruisseau de Francogney au droit de leur confluence, permet une diversification intéressante de la morphologie et un retour à l'équilibre sédimentaire.

**Figure 14 : Résultat de la qualité physique des tronçons homogènes**

tronçon	Score Hétérogénéité /111	Classe	Score Attractivité /90	Classe	Score Connectivité /130	Classe	Score Stabilité -60 / 40	Classe	Coef stab 0,75 / 1,25	Qualité physique /30600	Classe
tr1 Aval étang	34	C	3	E	74	A	20	sédimentation	0,75	2140	C
tr2 Aval confluence avec les Oeillets	47	B	36	B	97	A	7	équilibre	0,85	6826	A
tr3 ru des Oeillets	39	C	36	B	76	A	-1	équilibre	0,85	4841	B

### ► Hétérogénéité

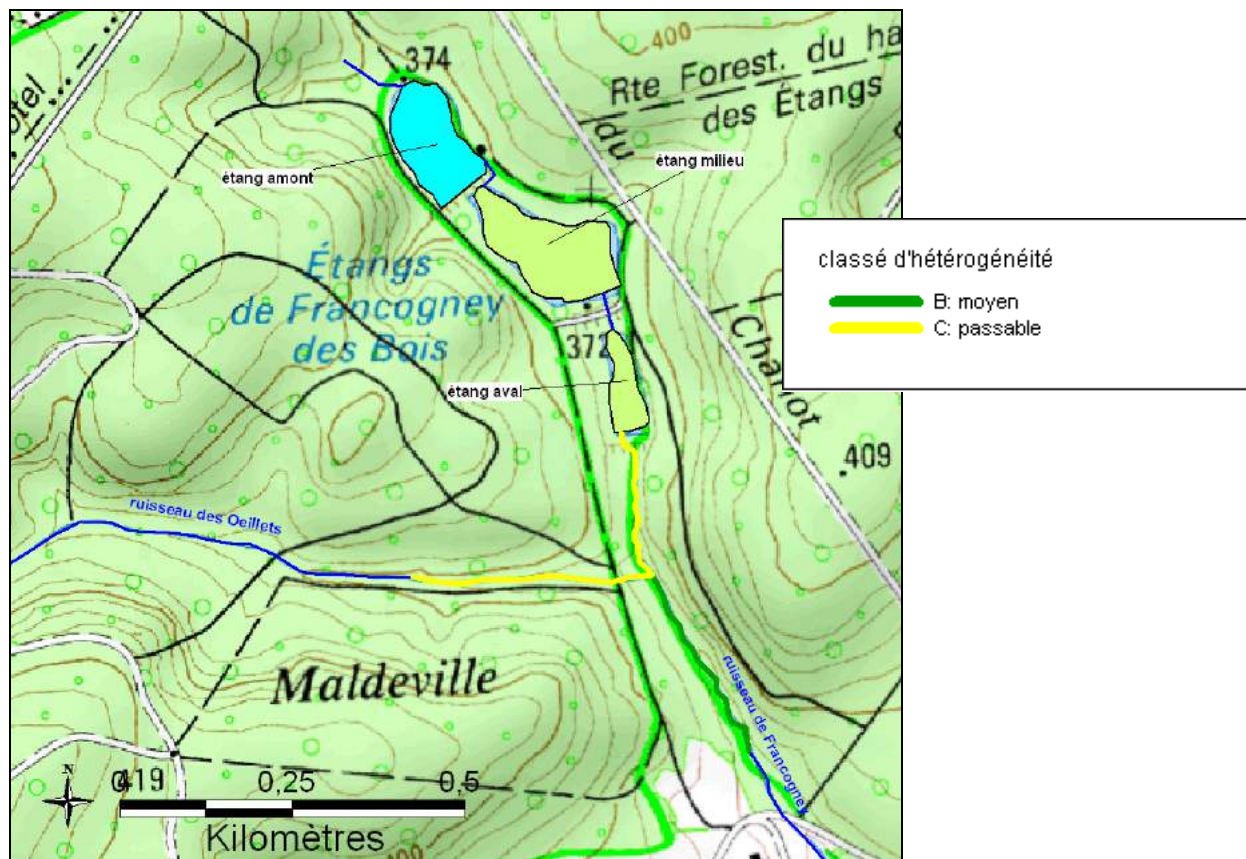


Figure 15 : carte des classes d'hétérogénéité.

Le score d'hétérogénéité est fonction de la diversité des faciès, des substrats, des vitesses d'écoulements, des hauteurs d'eau et de la largeur du lit, de sa sinuosité, de la présence de système latéraux (zone humide, affluents, bras morts...).



Photographie 1 : lit rectiligne et homogène en bas de coteau (à gauche) et écoulements superficiels dans la zone humide au centre du thalweg.

### Tronçon 1 : aval étangs

L'hétérogénéité est passable sur le tronçon en aval immédiat des étangs. On note une grande homogénéité des hauteurs d'eau et vitesse d'écoulement, liée au faible débit et à la dominance du faciès de plat courant. Le substrat est également peu varié puisque le lit est intégralement colmaté par des dépôts de matériaux fins organiques.

On observe une première partie assez rectiligne du lit en aval immédiat des étangs ou le cours d'eau longe sur une soixantaine de mètres le pied de coteau en rive droite. Quelques écoulements sont tout de même observés au niveau de la zone humide de fond de vallée. Il est probable que sur ce secteur le lit originel ait été déplacé en pied de coteau pour drainer la zone humide.

A l'aval le lit retrouve un tracé légèrement plus sinueux avec une alternance de plats et de radiers, mais les vitesses d'écoulement restent modestes. La sinuosité moyenne du tronçon reste faible (1,02). Les zones profondes sont très rares, formées de petites fosses de dissipation à l'aval d'embâcles.



**Photographie 2 : lit divaguant dans la zone humide à gauche, puis lit formé légèrement sinueux dans une plantation de résineux à droite.**

### Tronçon 3. Ruisseau des œillets

Le ruisseau des Œillets obtient lui aussi un score d'hétérogénéité passable, plus élevé cependant que celui du tronçon 1 à l'aval des étangs (39 contre 34).

On rappelle que le ruisseau des Œillets est un affluent de très petit gabarit et dont la pente est nettement supérieure à celle du ruisseau de Francogney. Cette plus forte pente explique que la sinuosité y est naturellement modeste (1,15 tout de même) et que les faciès d'écoulement et substrat y soient moins diversifiés. Compte tenu de ce contexte particulier, la diversité morphologique de l'affluent reste correcte, avec une alternance de plat, radiers et fosse de dissipation.

Il faut noter que cet affluent a fait l'objet d'un aménagement par des micro-seuils constitués de rondins échancrés. Ceux-ci ont probablement été mis en place pour lutter contre l'incision du ruisseau (enfouissement du lit se produisant suite à des modifications locales de son tracé) observée en amont immédiat du pont sur le chemin forestier (illustration au paragraphe « connectivité »).



**Photographie 3 : Ruisseau des Cèllets, radier à gauche et fosse de dissipation à droite.**

Les premiers rondins implantés en amont immédiat du pont permettent de compenser la hauteur d'enfoncement du lit, mais forment à leur aval une petite chute difficilement franchissable par le poisson. Ils permettent toutefois de retrouver un lit sans incision, avec des berges au niveau du terrain naturel.

Les rondins implantés plus en amont n'ont en revanche aujourd'hui que peu d'impact sur le profil en long. Ils sont entièrement ou pour partie recouvert de substrat graveleux, ne forment plus de chute en aval. Ils participent localement à une diversification des hauteurs d'eau et des écoulements.



**Photographie 4 : vues du ruisseau des Cèllets, relativement sinueux avec un substrat de cailloux et graviers très propres. A noter sur la photo de gauche un rondin échancré avec dépôt de graviers en amont et en aval. Il est franchissable par le poisson et permet le transport solide.**

## Tronçon 2. Aval confluence

A l'aval de la confluence des deux ruisseaux, l'hétérogénéité gagne une classe et atteint la classe B, correcte pour un cours d'eau de très petit gabarit.

Le tracé est relativement sinueux (coefficient de sinuosité de 1,22), avec une succession de plats, mouilles et radiers intéressante. Le gain de débit par rapport au tronçon en aval des étangs permet d'accroître la variété des hauteurs d'eau et des vitesses d'écoulement. De plus le lit est plus ensoleillé que dans les plantations de résineux proches de l'étang, et l'ombrage de 60% est idéal.



**Photographie 5 : tronçon aval confluence, mouille de concavité avec sous-berge (à gauche), radier avec substrat de gravier à droite.**

Au sortir de la partie forestière, le cours d'eau reste diversifié, la ripisylve est moins dense mais remplacée par des héliophytes. Des herbiers aquatiques participent également à la diversité de l'habitat.



**Photographie 6 : Milieu plus ouvert sur la partie basse du ruisseau de Francogney reconnue, favorable au développement des herbiers aquatiques et des héliophytes en bordure.**

► **Attractivité :**

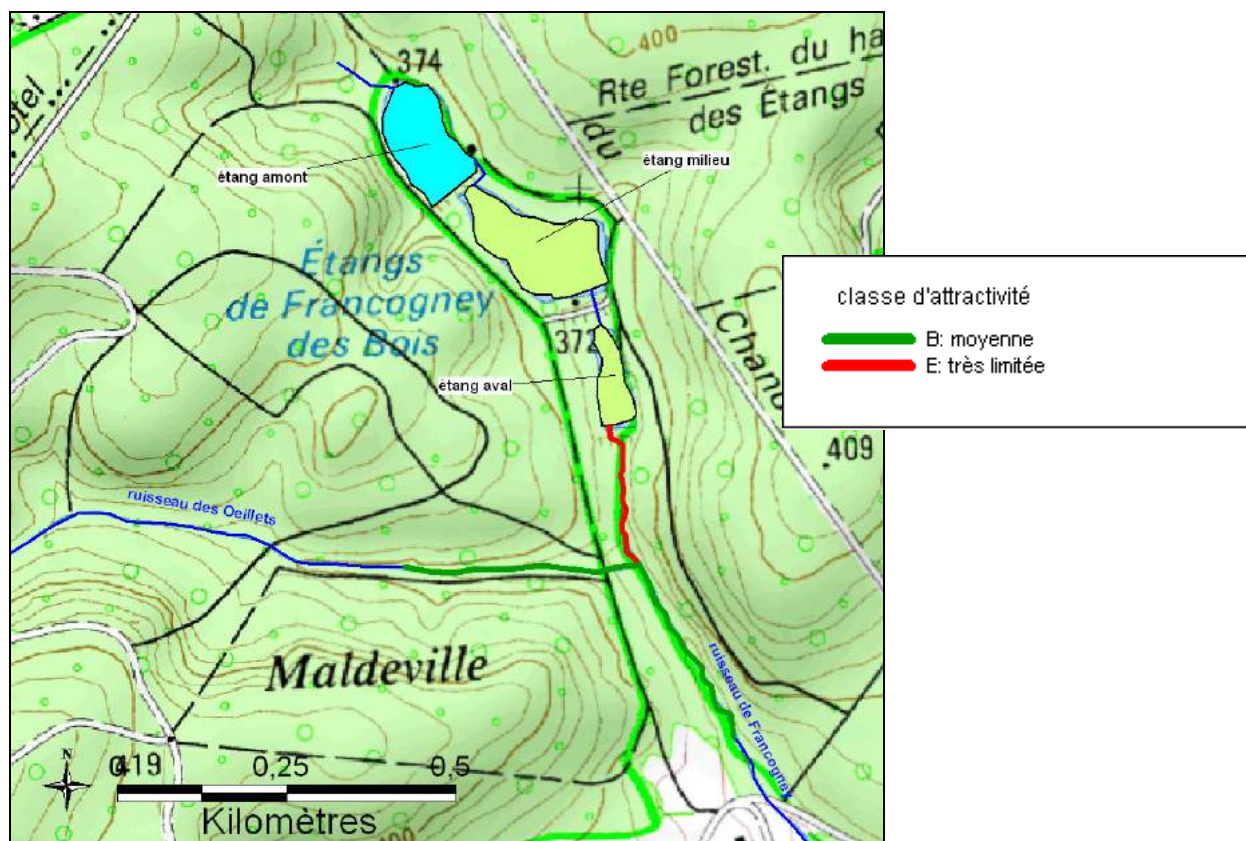


Figure 16 : carte des classes d'attractivité

**Tronçon 1 : aval étangs**

A l'aval des étangs, le cours d'eau présente une attractivité très limitée pour le poisson. Les caches sont absentes et le substrat est totalement colmaté par des sédiments fins ou des débris végétaux. Le substrat n'offre par ailleurs aucune possibilité de frai pour le chabot ou la truite qui sont les deux espèces susceptibles de coloniser un secteur aussi apical.



Photographie 7 : substrat colmaté par les fines et les débris végétaux sur le tronçon en aval des étangs.

**Tronçon 2 et 3 :**

L'attractivité est moyenne sur le ruisseau des Cèllets et le ruisseau de Francogney en aval de la confluence. L'offre en caches est la diversité des frayères sont en effet naturellement limitées sur des cours d'eau aussi apicaux. Les profondeurs restent faibles et la dimension des caches très modeste, limitant naturellement la capacité d'accueil du poisson sur ce secteur d'ailleurs probablement en limite de zone a-piscicole.

L'attractivité de ces tronçons n'en reste pas moins nettement meilleure que sur le tronçon en aval immédiat des étangs. Bien que les sables restent très présents, le substrat est dominé par les graviers et les cailloux, éléments granulométriques nettement plus attractifs pour le poisson, pouvant être utilisés comme frayère ou comme refuge par les alevins. Ce substrat non colmaté est également favorable aux invertébrés.

Sur le tronçon en aval de la confluence des deux ruisseaux on signale tout de même un colmatage des zones de bordure les plus calmes par des dépôts de matières fines.

On note également la présence de petites fosses de dissipation à l'aval de petits seuils où la hauteur d'eau est un peu plus importante et de quelques sous-berges, deux types d'habitat utilisés comme caches par les truites sur de tels cours d'eau.



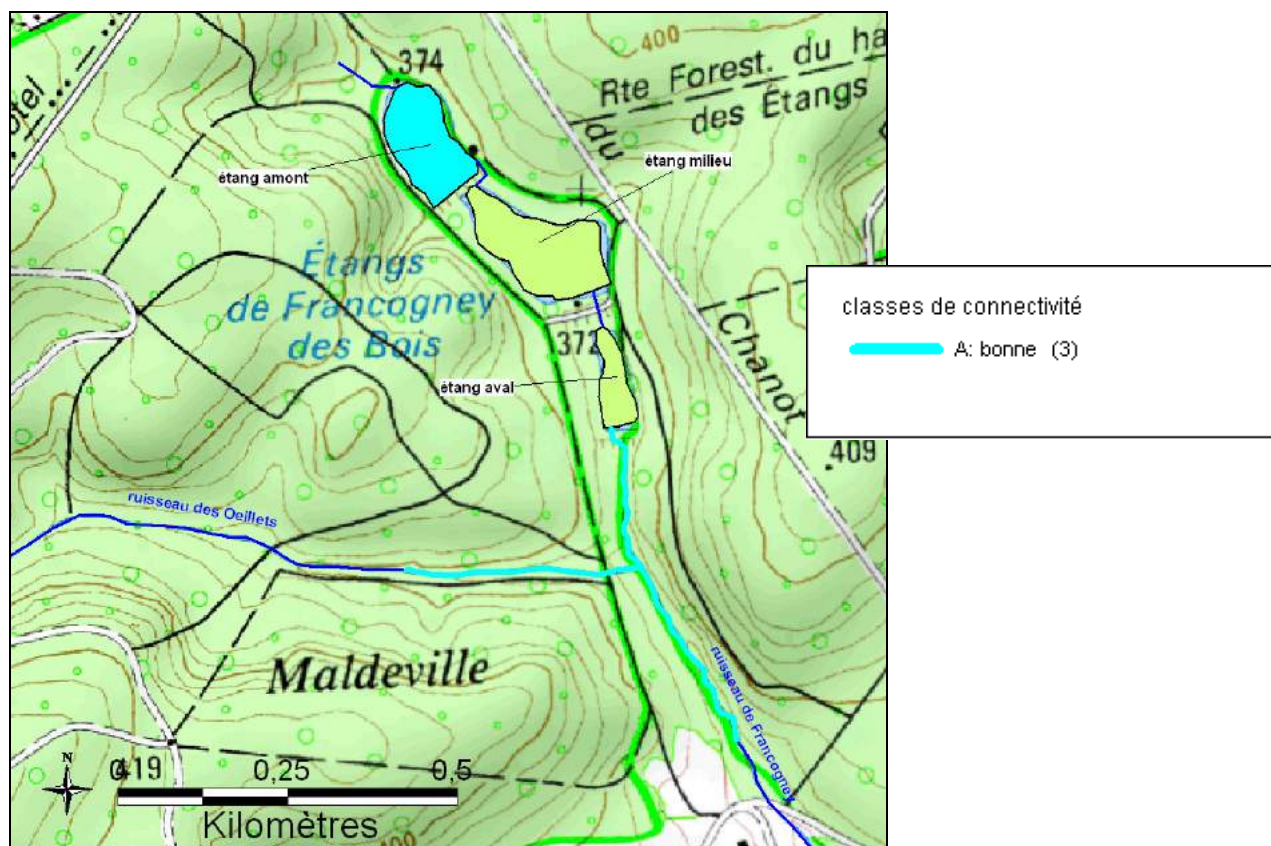
**Photographie 8 : tronçon aval confluence, présence de caches entre les racines et en sous-berge substrat à gauche, substrat de cailloux et graviers pouvant servir de frayère à truite à droite.**

Sur le tronçon en aval de la confluence apparaissent les premiers herbiers aquatiques qui renforcent l'offre en caches piscicoles et en abris pour les invertébrés et contribuent à la diversification de l'habitat.



**Photographie 9 : tronçon aval confluence, herbiers aquatiques renforçant l'attractivité de l'habitat.**

► **Connectivité :**



**Tronçon 1,2 et 3 :**

La connectivité est bonne pour les trois tronçons étudiés, mais quelques différences notables peuvent être mises en avant.

On précise tout d'abord que le score de connectivité résulte de deux éléments :

- la connectivité latérale qui prend en compte la qualité de l'interface entre milieu aquatique et terrestre : présence et connectivité de la ripisylve et de la frange herbacée, présence d'annexes hydrauliques ou de zone humides, zone d'expansion des crues...
- la connectivité longitudinale qui traduit la fragmentation du cours d'eau dans l'axe amont/aval par des obstacles influant sur la circulation piscicole.

Concernant la connectivité latérale, on note qu'elle est soutenue sur tous les tronçons par une omniprésence et une très bonne connectivité de la ripisylve.

Il faut tout de même distinguer le tronçon en aval immédiat des étangs, car si la ripisylve est bel et bien présente, il s'agit d'une ripisylve de résineux. Ceux-ci sont très peu intéressants en bordure de cours d'eau : ils acidifient l'eau, apportent un ombrage excessif et leurs racines ne consolident pas les berges et ne forment pas de chevelus racines connectifs comme les aulnes et les saules. Leurs racines ne contribuent pas à la diversité des écoulements et à la création d'habitats pour le poisson ou les invertébrés. Très peu adaptés aux zones humides, ils y demeurent fragiles et on observe de nombreux troncs effondrés dans le cours d'eau.



**Photographie 10 : tronçon aval étangs, ripisylve dense de résineux plantée à ras du cours d'eau (à gauche). Les résineux, mal adaptés aux sols humides dépérissent et chutent dans le ruisseau.**

Ainsi, la ripisylve du tronçon à l'aval immédiat des étangs apparaît un peu plus favorable que celle située à l'aval de la confluence du ruisseau des Œilletts avec davantage de feuillus, mais les résineux restent tout de même très présents.

Un élément intéressant à signaler dans le contexte de connectivité latérale est la présence régulière de zones humides adjacentes au cours d'eau. Elles semblent jouer un rôle dans le soutien des débits d'étiage en restituant progressivement une eau fraîche au cours d'eau.



**Photographie 11 : tronçon aval confluence, zone humide et hélophytes bordant le cours d'eau (à gauche), ripisylve de feuillus à droite.**

Concernant la connectivité longitudinale, les obstacles sont assez nombreux sur les trois tronçons étudiés, mais la plupart de faible hauteur. Il s'agit en effet en majorité d'embâcles formés par des troncs ou des racines tombés dans le cours d'eau et qui forment à leur aval des chutes d'en moyenne 15 à 20 cm assez facilement franchissables par le poisson. Soulignons que la présence d'embâcles est tout à fait naturelle dans un contexte de cours d'eau forestier. Ils jouent un rôle indispensable dans la stabilité du profil en long.

	tr1 Aval étang	tr2 Aval confluence avec les Oeillets	tr3 ru des Oeillets
nombre d'obstacle	3	5	5
hauteur maximale	digue d'étang infranchissable	40cm	40cm



**Photographie 12 : embâcles formant des obstacles, tronçon aval étang en haut, ruisseau des Oeillets en bas à gauche, tronçon aval confluence en bas à droite.**

On trouve tout de même un embâcle naturel formant une chute de 40cm sur le tronçon en aval de la confluence. Sur le ruisseau des Oeillets, une chute de la même hauteur est constituée par un des seuils en rondin, dont le maintien est indispensable au contrôle de l'incision et de l'érosion régressive.

En eau moyenne ces seuils sont franchissables par la truite mais semblent infranchissables pour le chabot

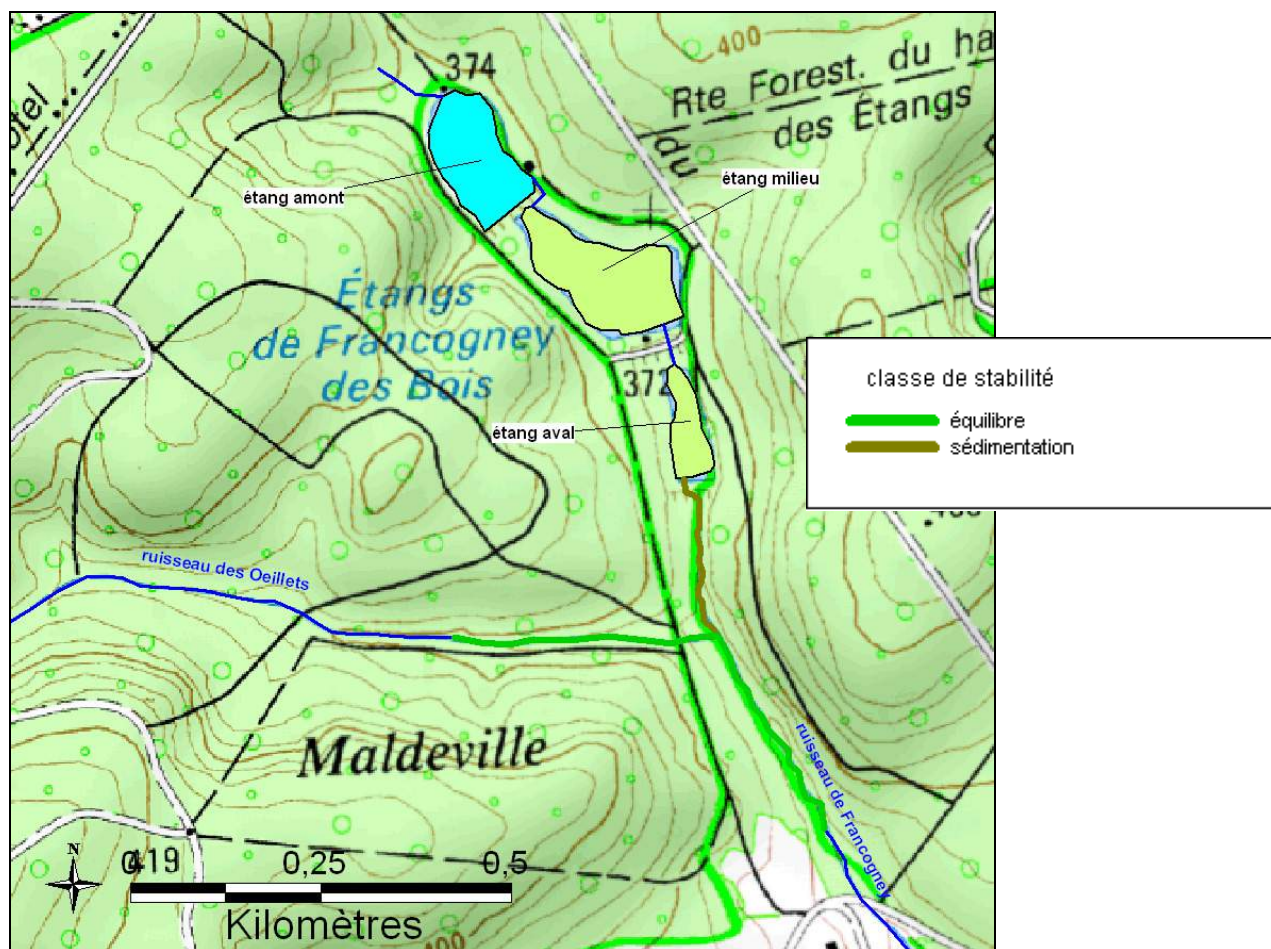


**Photographie 13 : seuil en blocs non jointifs permettant l'envoie de la buse sous le pont et le maintien d'une lame d'eau permettant le passage du poisson**



**Photographie 14 : Ruisseau des Œillets, aménagement en rondin échancré formant une chute à l'amont immédiat du pont sur le chemin forestier.**

Sur le tronçon en aval des étangs, les obstacles sont constitués de racines formant des chutes ne dépassant pas 15cm. La digue de l'étang aval, elle-même constitue un obstacle infranchissable et définit la limite amont du linéaire de cours d'eau colonisable par le poisson.

► **Stabilité :**

Les scores de stabilité, basés notamment sur la granulométrie des substrats dominant et sur l'intensité et l'occurrence des figures d'érosion et de dépôt, indiquent que le tronçon 1 à l'aval des étangs est dominé par la sédimentation tandis que les tronçons 2 et 3 sur le ruisseau des œillets et à l'aval de la confluence, montrent un équilibre entre érosion et sédimentation.



**Photographie 15 : dépôts de matières fines sur le tronçon aval étang, totalement colmaté**

Sur le tronçon en aval des étangs, le lit du cours d'eau est recouvert en quasi-totalité par des dépôts de sables, eux même colmatés par des sédiments fins organiques et des débris végétaux plus ou moins grossiers (litières fragmentée, branchages). Le colmatage du cours d'eau affecte tous les types de faciès et le fond de gravier sous-jacent n'est aperçu qu'à de très rares endroits. Le dépôt de matière organique peut atteindre 25 à 30cm sur les faciès de plats les plus altérés.

Sur le ruisseau des Œillettes et sur le ruisseau de Francogney à l'aval de la confluence, les scores définissent un équilibre sédimentaire permettant l'alternance de zones de dépôt et d'érosion. Si l'on observe la présence de dépôts de sédiments fins organiques et de sable sur les faciès les plus calmes de plats ainsi que sur les bordures abritées du courant, les radiers et les fosses de dissipation sont propres et exempts de colmatage. On retrouve ainsi sur ces 2 tronçons, un fond de cailloux et graviers sur la majeure partie du lit. Une érosion naturelle est observée en extrado de méandre, conduisant parfois à la formation d'abris sous-berges.



**Photographie 16 : tronçon aval confluence, dépôt central de graviers et de sable, dépôt de matière fine en bordure.**

Sur le ruisseau des Œillettes, l'incision observée localement à l'amont du chemin est arrêtée par les premiers seuils en rondins échancré et n'est plus observées en amont.

### 5.2.4. Profils en travers

Des profils en travers ont été réalisés à l'aide d'un niveau de chantier, d'une mire et d'un décimètre, sur différents tronçons du ruisseau :

- tronçon 1 aval étang
- tronçon 2 aval confluence du ruisseau des Œilletts
- tronçon 3 ruisseau des Œilletts (amont et aval du pont sur le chemin forestier). Le secteur en amont du pont a été restauré avec des micro-seuils en rondins de bois.

Sur chacun des ces tronçons, les profils ont été effectués au droit de faciès d'écoulement (plat, mouille, radier) représentatif du tronçon. Les valeurs caractéristiques de chaque profil sont présentées dans les tableaux suivants et sont illustrés par un schéma. (ou à mettre en annexe ?)

	mouille			
	ru de Francogney		ru des Œilletts	
	Aval proche étang	Aval confluence	Amont pont	Aval pont
largeur (m)	0.54	1.6	0.8	1.25
hauteur d'eau (m)	0.17	0.34	0.39	0.38
hauteur de vase (m)	0	0	0	0
section (m <sup>2</sup> )	0.06	0.38	0.246	0.327
périmètre mouillé (m)	0.67	1.9	1.29	1.6
rayon hydraulique	0.09	0.2	0.19	0.20

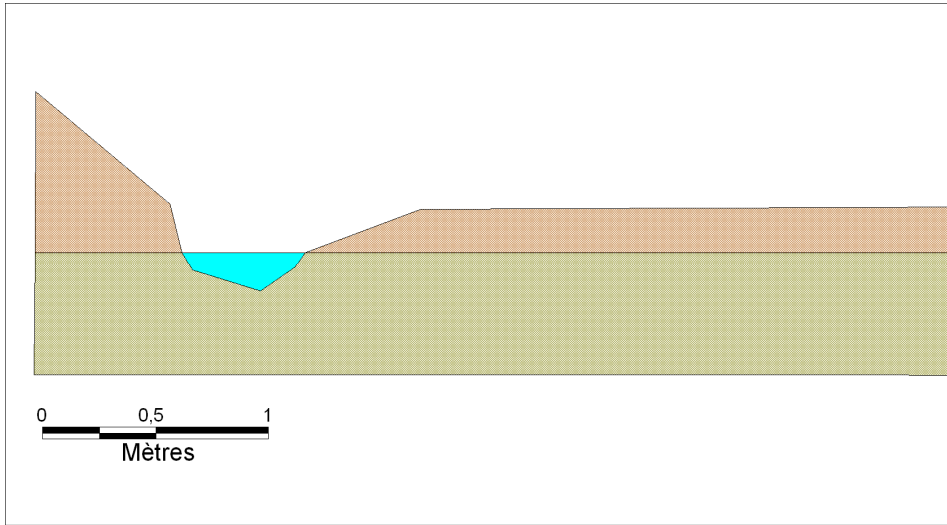
	plat					
	ru de Francogney			ru des Œilletts		
	Aval proche étang	Aval confluence	Amont pont		aval pont	
			plat1	plat 2	plat1	plat 2
largeur (m)	2.4	1.25	0.4	0.5	1.3	0.75
hauteur d'eau (m)	0.08	0.14	0.05	0.19	0.24	0.14
hauteur de vase (m)	0.26	0	0	0	0	0
section (m <sup>2</sup> )	0.15	0.11	0.011	0.077	0.16	0.08
périmètre mouillé (m)	2.38	1.35	0.45	0.75	1.41	0.86
rayon hydraulique	0.06	0.08	0.02	0.1	0.1	0.09

	radier			
	ru de Francogney		ru des Œilletts	
	Aval proche étang	Aval confluence	Amont pont	aval pont
largeur (m)	2.3	0.92	0.54	1.2
hauteur d'eau (m)	0.13	0.10	0.11	0.07
hauteur de vase (m)	0.27	0	0	0
section (m <sup>2</sup> )	0.13	0.09	0.047	0.07
périmètre mouillé (m)	2.32	1.1	0.65	1.24
rayon hydraulique	0.06	0.08	0.07	0.06

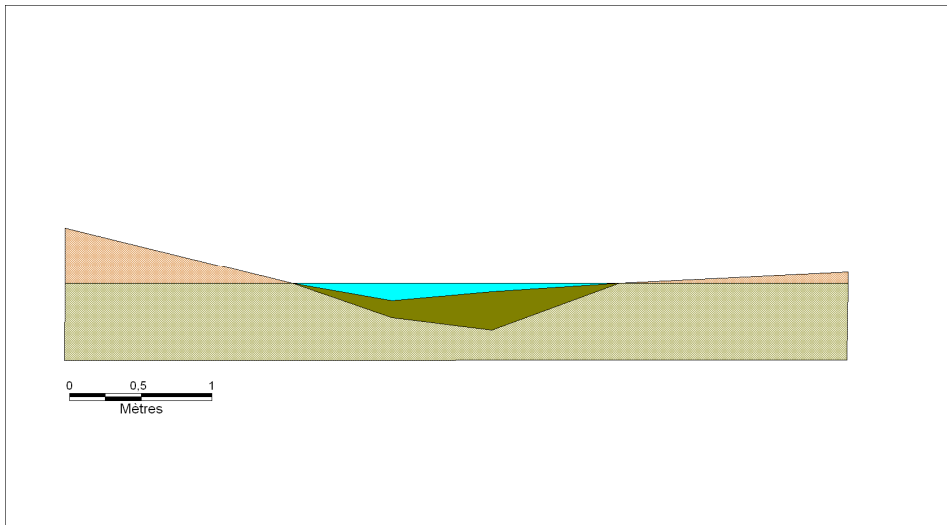
L'aval proche de l'étang, où le lit semble avoir été modifié (déplacement sur le côté du thalweg et bordure de coteau) peut être comparés aux autres tronçons. Les profils établis sur les tronçons non perturbés pourront servir au dimensionnement du lit d'étiage en cas de restauration de la morphologie du tronçon en aval des étangs, ou de création de linéaires de contournement.

**Profils en travers aval proche étang**

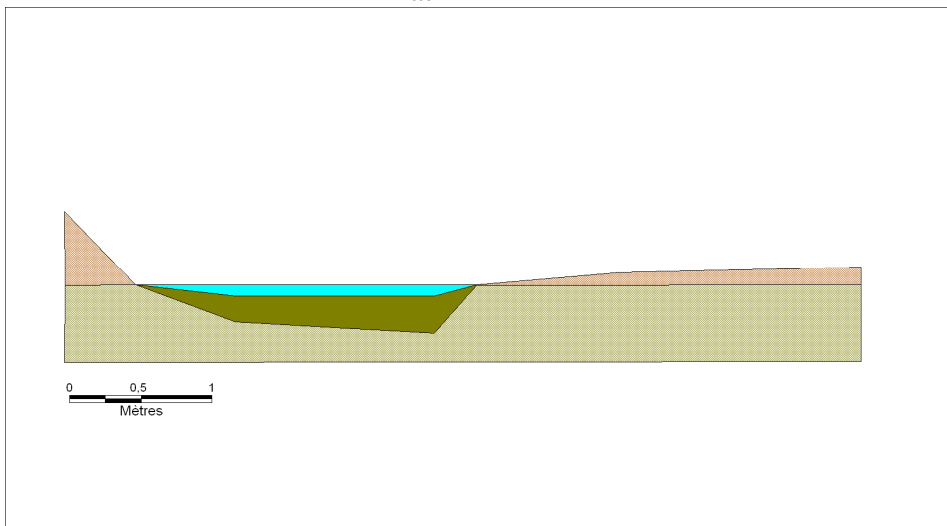
Mouille



Plat1

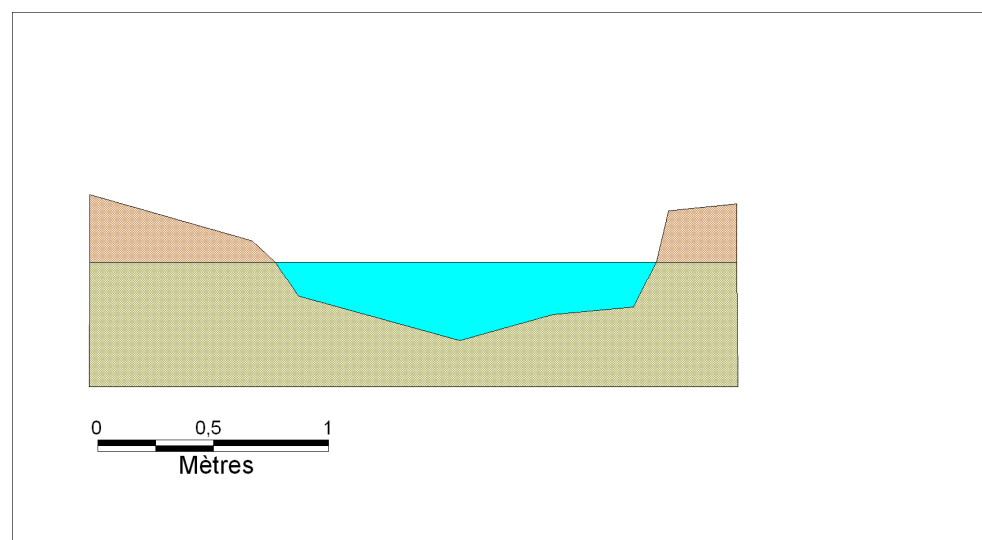


Plat2

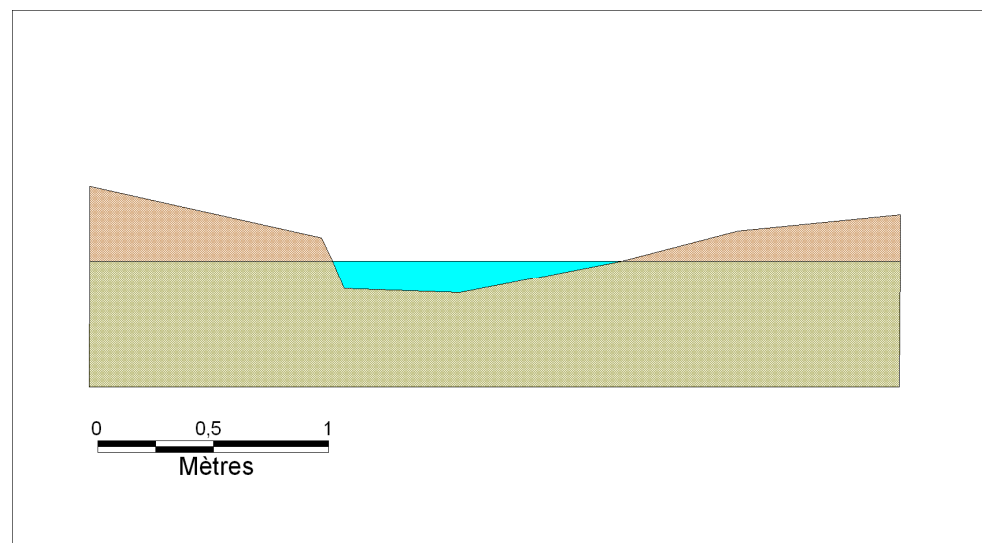


**Profils en travers aval confluence :**

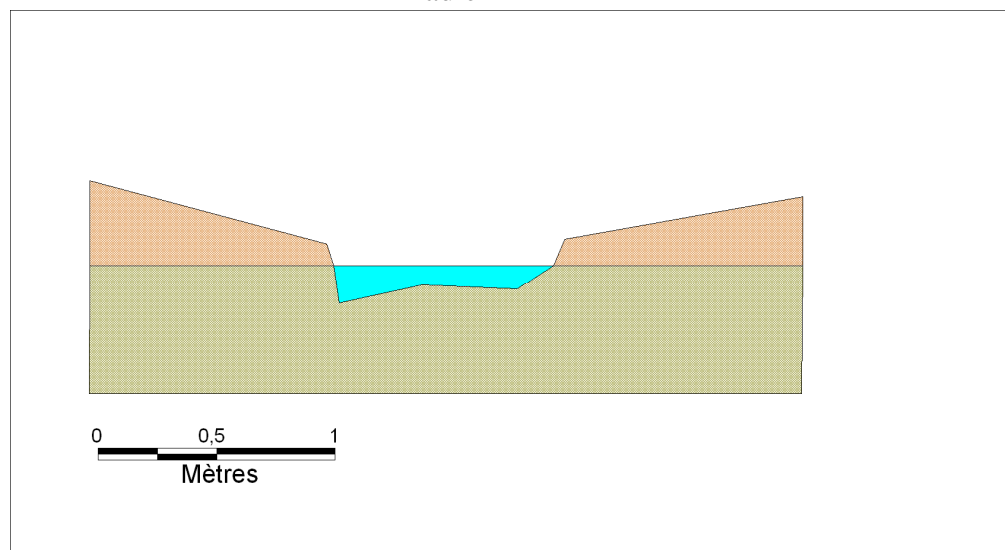
Mouille



Plat

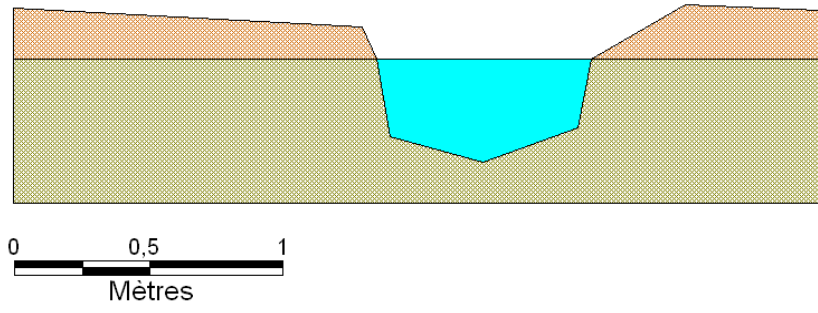


Radier



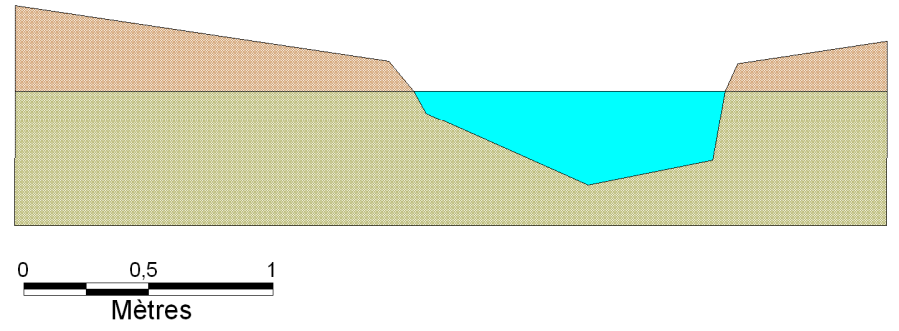
Ruisseau des Cèllets Amont pont

Mouille

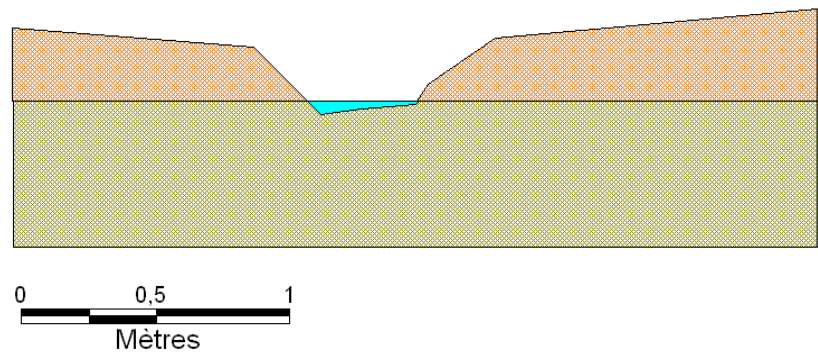


Ruisseau des Cèllets Aval pont

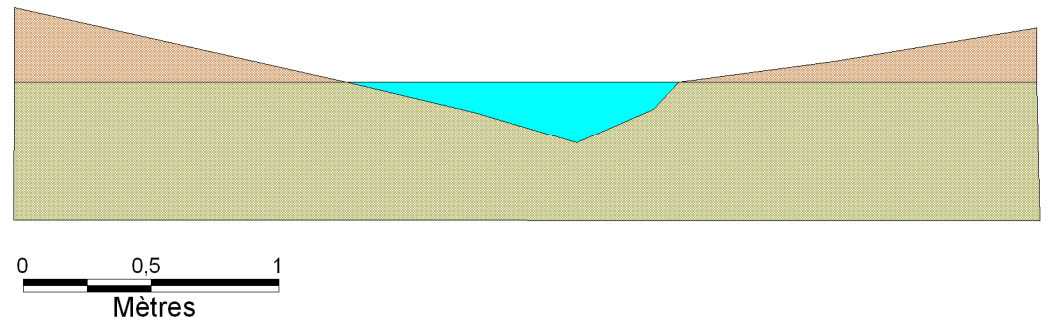
mouille



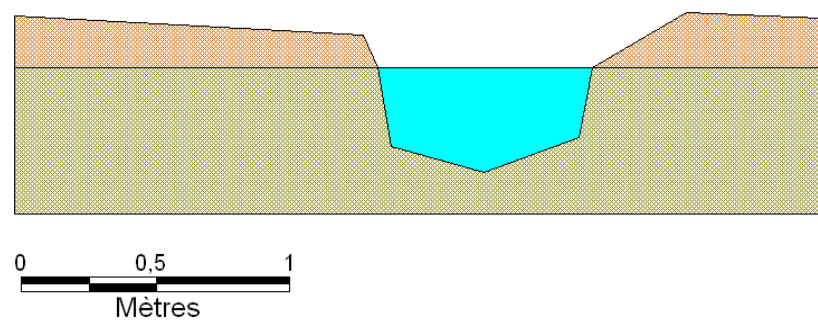
Plat



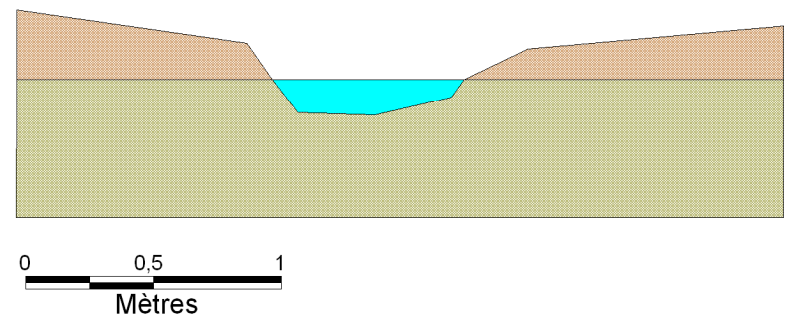
plat



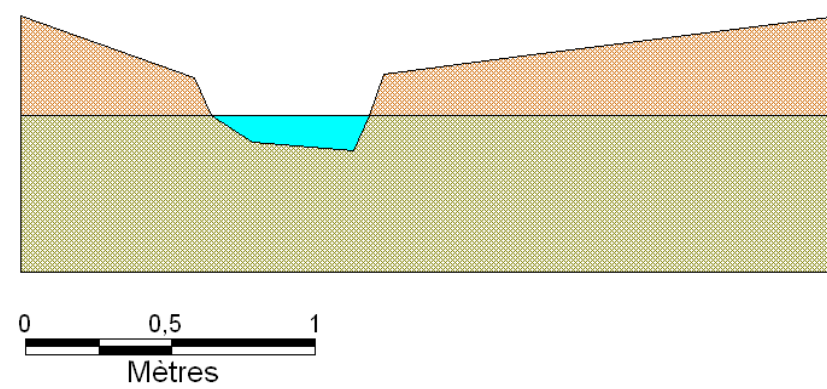
Plat



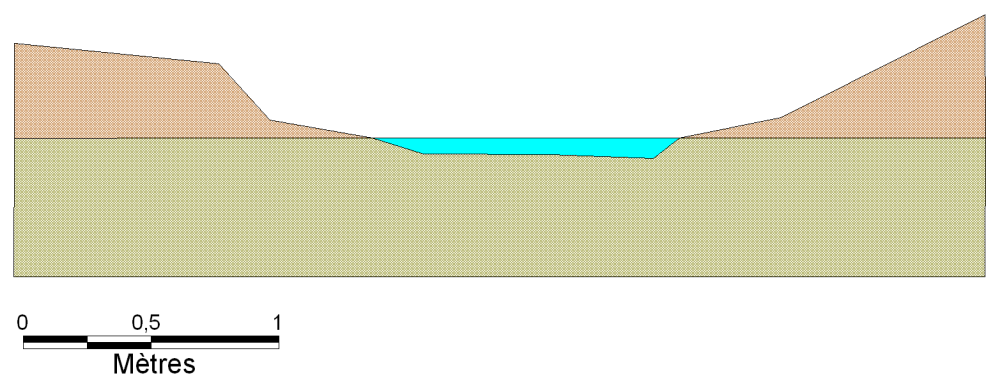
plat courant



Radier



radier



Le faciès de mouille sur le tronçon en aval proche des étangs est nettement moins large et moins profond que sur les tronçons où la morphologie est plus préservée. En conséquence ce faciès présente une section plus faible et un moindre espace disponible pour le poisson. Sur des cours d'eau d'aussi petit gabarit, on rappelle que le faciès de mouille sert souvent de refuge aux truites, notamment aux géniteurs.

A l'inverse, les faciès de plat et de radier sont nettement plus larges (près de 2 à 4 fois) à l'aval proche des étangs que sur les autres tronçons. Le faciès de radier présente des hauteurs d'eau comparable mais le faciès de plat des hauteurs d'eau nettement plus faibles.

La tendance sur le tronçon en aval des étangs est à une surlargeur du lit. Cette surlargeur conduit à une diminution des hauteurs d'eau et/ou des vitesses, ce qui limite la diversité des habitats mais peut aussi favoriser le réchauffement, aggravant ainsi l'impact des étangs. La surlargeur observée est liée à la grande faiblesse des débits d'étiage et à la tendance à la sédimentation sur ce tronçon.

On note ainsi d'importants dépôts vaseux sur le tronçon en aval proche des étangs. Ceux-ci peuvent atteindre une vingtaine de centimètres et limiter drastiquement l'attractivité pour les poissons et les invertébrés

Un aménagement du lit avec une section plus proche de la situation d'origine permettrait de retrouver un lit plus attractif, avec des écoulements plus rapides et plus profonds limitant le réchauffement. Une réduction de la section favoriserait également un auto-curage du lit, limitant les dépôts de vases. L'ensemble devrait être calculé sur la base des pentes et des débits d'étiage restitués.

### **Conclusion sur la morphologie et l'impact des étangs sur la qualité physique :**

Les observations de terrain et la comparaison au ruisseau de référence (ruisseau des Œilletts) indiquent que le linéaire de 250m du ruisseau de Francogne situé entre l'étang aval et la confluence avec le ruisseau des Œilletts présente une nette dégradation de sa qualité physique : surlargeur conduisant à un étalement de la lame d'eau, quasi-absence de zones profondes, homogénéité des faciès d'écoulement, colmatage par les matières organiques fines...

Cette altération trouve une double origine :

- La modification sur quatre-vingt mètres du tracé du ruisseau a conduit à la formation d'un lit homogène, rectiligne et surdimensionné.
- Les déficits hydriques estivaux et l'apport de matières en suspension (issues des étangs) qui réduisent les vitesses d'écoulement, les hauteurs d'eau et favorisent la sédimentation.

A l'aval de la confluence des 2 ruisseaux, la qualité physique est préservée, le lit n'ayant pas subi de modification de son tracé. Les apports de sédiments par le ruisseau de Francogne maintiennent cependant un colmatage partiel dans les faciès les plus calmes, tandis que les apports d'eau soutenus par le ruisseau des Œilletts permettent de conserver une diversité intéressante d'écoulement et de hauteur d'eau.

### 5.3.Stations d'étude et mesures associées

Afin d'approcher le plus précisément possible le fonctionnement du ruisseau de Francogney sur sa partie apicale ainsi que l'impact des étangs, des mesures et analyses sont effectuées sur sept stations d'étude, numérotées de 0 à 6.

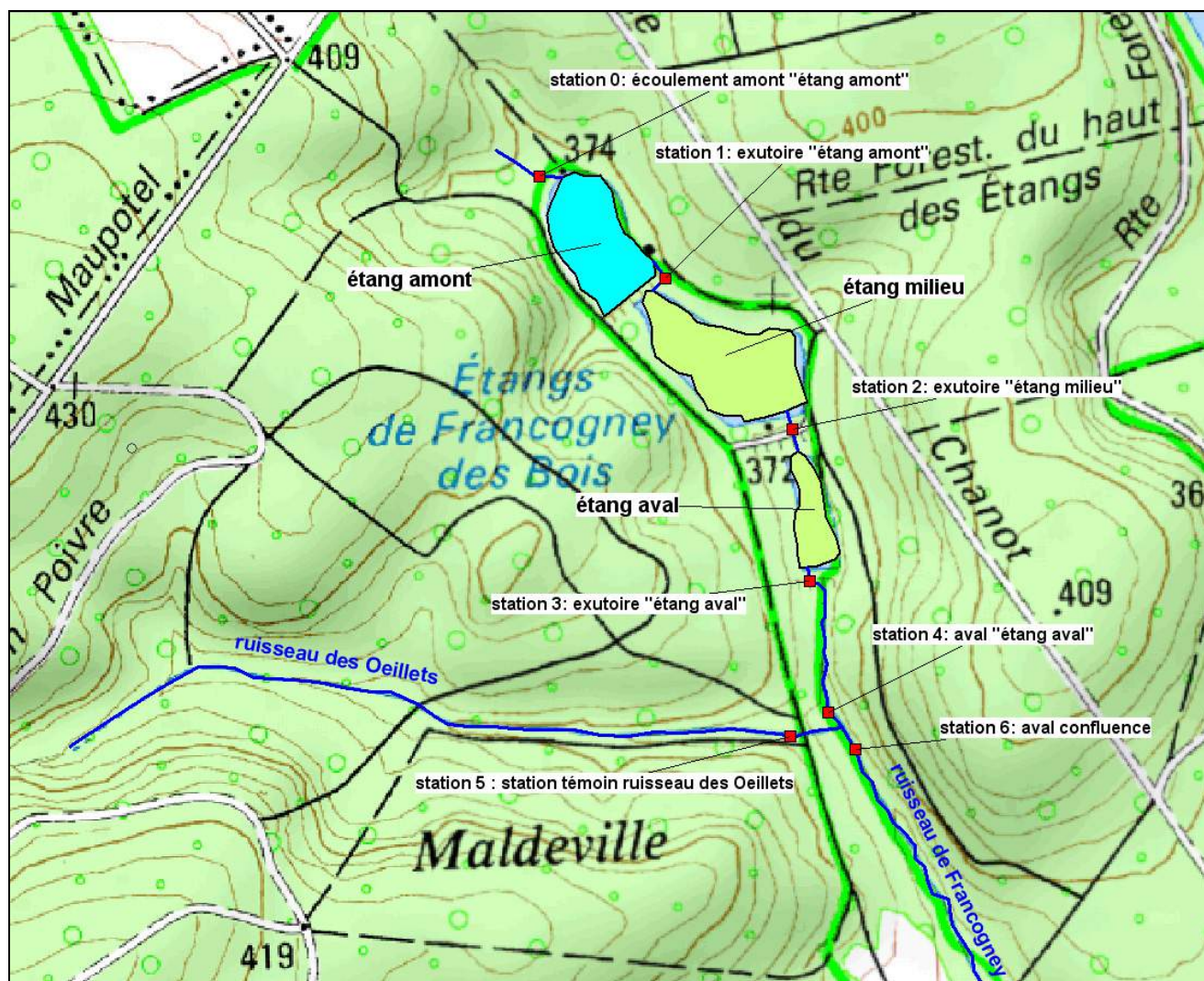


Figure 17 : Carte de localisation des stations d'étude

Certaines stations ne font l'objet que de mesures ponctuelles des paramètres mésologiques, tandis que d'autres, font l'objet d'un suivi plus détaillé incluant des analyses biologiques (diatomées, invertébrés, poissons). C'est le cas des stations en aval des étangs et sur le ruisseau témoin (voir tableau page suivante).

**Figure 18 : listes des analyses effectuées sur les différentes stations.**

Station	écoulement amont « étang amont »	exutoire « étang amont »	exutoire « étang milieu »	exutoire « étang aval »	aval « étang aval », 230m en aval de la chaîne d'étangs	témoin ruisseau des Ceillets	aval confluence
numéro	0	1	2	3	4	5	6
X lambert							
Y Lambert							
jaugeage ponctuel	X	X	X	X	X	X	X
suiti de débit en continu		X	X	X			
mesure thermique ponctuelle	X	X	X	X	X	X	X
suiti thermique continu		X	X	X	X	X	
Chimie paramètres de terrain	X	X	X	X	X	X	X
Chimie analyses complètes		X			X	X	
IBGN					X	X	
IBD					X	X	
pêche électrique					X	X	

## **5.4. Suivi hydrologique du site**

Durée du suivi 171 jours du 22 juin au 11 décembre 2015

### **Le plan d'eau amont**

Le trop plein a coulé moins de 4 jours pour l'ensemble de la période. En fin de suivi, (11/12/2015) le niveau d'eau était revenu à la limite de la surverse du trop plein. La lenteur de la recharge du plan d'eau confirme qu'elle est liée à la recharge de l'aquifère du Bundsanstein supérieur.

### **Le plan d'eau intermédiaire**

Écoulements permanents lors du suivi liés à la présence de fuites. L'abaissement du plan d'eau est faible au maximum de l'étiage. La constance de l'écoulement de faible débit malgré un étiage long est remarquable. Ceci confirme des apports sous-jacents et une lenteur remarquable de restitution de l'aquifère.

### **Le plan d'eau aval**

Le « trop plein » a coulé en permanence sur l'ensemble de la période de suivi. On rappelle que le piquage de cet ouvrage se localise plusieurs dizaines de centimètres sous la surface.

La constance de l'écoulement d'étiage, malgré un étiage long est remarquable. Ceci est lié à la lenteur de restitution de l'aquifère.

### **L'affluent en rive droite**

L'affluent donne une très bonne tenue d'étiage avec un débit minimum à 1.5 l/s largement supérieur aux restitutions du ruisseau de Francogney. Les variations de débit sont plus vives que sur les autres stations, tamponnées par les plans d'eau.

### **Effet des plans d'eau sur le soutien de débit d'étiage**

Les plans d'eau constituent de fait des réservoirs de soutien d'étiage, cependant ils favorisent l'évapotranspiration et augmentent la température de l'eau (Ces effets sont modulables par la nature des aménagements à projeter).

Dans le contexte présent les barrages des plans d'eau barrent l'ensemble du vallon et élèvent donc le stockage de l'eau dans l'aquifère du Bundsanstein supérieur.

Les débits d'étiage restitués restent faibles mais autorisent une permanence de l'écoulement.

### Débits de hautes eaux

Le suivi de débit, eu égard aux particularités de l'année 2015, a essentiellement concerné la une période d'étiage. Un suivi en période hivernale permettrait de mesurer les débits de crue lorsque les plans d'eau et l'aquifère sont saturés, et que les pluies définissent de forts ruissellements de surface.

La connaissance de ces débits de pointes permettrait de dimensionner au mieux les ouvrages de surverse

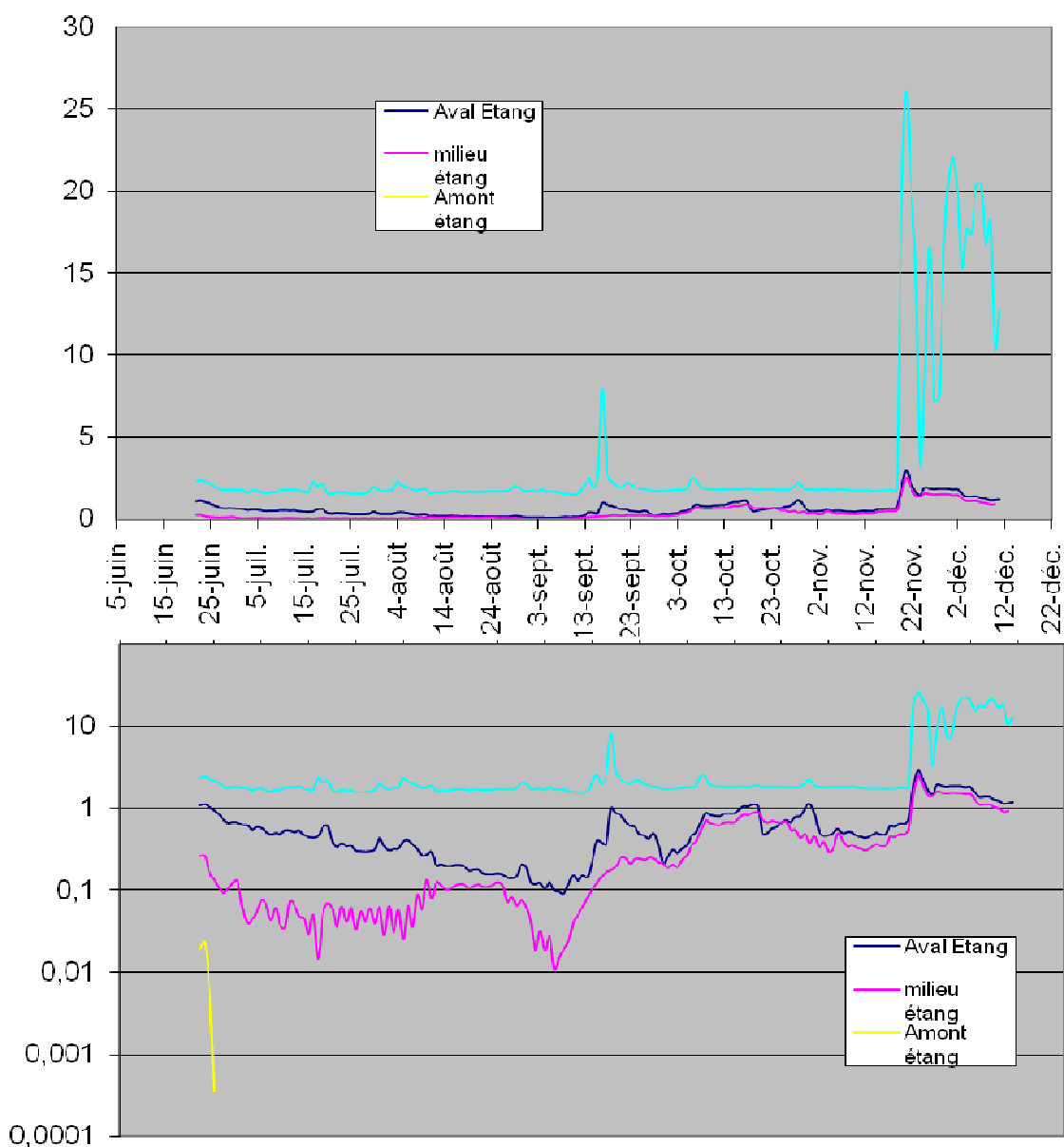


Figure 19 : Sondes de niveaux. Courbes hydrologiques aval étangs et ruisseau des Oeillets.

*Pb légende pas de bleu clair*

### **Pour le ruisseau de Francogney**

Entre le début du suivi et la mi-septembre la courbe de tarissement de l'étang du milieu s'établit entre 0.20 et 0.01 l/s. Sur des valeurs aussi faible le moindre débris végétal feuille branchette peut modifier l'allure de la courbe et explique par exemple le plateau observé entre le 10 et le 30 aout.

***Ex CR de visite de terrain du 320/08/15. A CUINET***

*à l'amont de la chaîne d'étang : aucun écoulement*

*à l'aval de l'étang amont (privé) : aucun écoulement*

*à l'aval de l'étang du milieu : hauteur = 25 mm*

*à l'aval étang du bas : branche de diamètre 4 cm coincée dans le V. après enlèvement et baisse de niveau (15 minutes) hauteur = 25 mm.*

*ruisseau afférent Rive droite hauteur = 70 mm.*

Entre le début du suivi et la mi-septembre la courbe de tarissement de l'étang du bas s'établit entre 1.1 et 0.1 l/s.

La restitution moyenne s'établit à 0.07 l/s en sortie étang du milieu et à 0.49 l/s en sortie d'étang aval. Le rapport de restitution de débit d'étiage est donc compris entre 5 et 10 entre les 2 sorties d'étang (moyenne 7)

A compter de début septembre, les débits augmentent sur les 2 sorties d'étang. Le rapport de débit passe progressivement de 1/6.7 à 1/1.2. Les courbes gardent ensuite un rapport relativement constant, les tarissements restant plus marqués à l'aval de l'étang du milieu.

Au 05/02/16, les pics maxi de crues observés s'établissent (bathymétrie. étangs pleins sans surverse) à

6.80 l/s à l'aval de l'étang du haut

12.20 l/s à l'aval de l'étang du milieu

18.30 l/s à l'aval de l'étang aval

**Pour le ruisseau des Œillets**, un aquifère différent et beaucoup plus puissant est mis en évidence : aucun tarissement net n'est constaté pendant la période d'étiage marqué, les débits moyens s'établissant à 1.82 l/s .

Les pics maxi de crues observés s'établissent à

**26.02 l/s pour le ruisseau des Œillets au 21/11/2015**

**70 l/s pour le ruisseau des Œillets le 20/11/15 (pluie de 39 mm).**

## **Synthèse.**

### **Pour le ruisseau de Francogney**

L'étang amont (courbe jaune) ne restitue plus dès le 25 juin. A cette date les suintements ou très faibles apports amont sont déjà compensés par l'évaporation : la surverse est dénoyée. Aucun apport n'est observé par pertes ou contournement de la digue.

Les débits moyens calculés sur le ruisseau de Francogney sur l'ensemble du suivi sont de :

- 0.37 l/s en sortie de l'étang du milieu
- 0.63 l/s en sortie de l'étang aval

L'étang du milieu montre une restitution moyenne faible, issue de son trop-plein et de fuites à travers la digue

L'étang aval montre une restitution moyenne presque deux fois supérieure à celle de l'étang du milieu.

La présence des barrages sur le ruisseau de Francogney, accroît la recharge de nappe. Pour l'heure cet accroissement de recharge permet de soutenir les niveaux d'étangs.

Le ruisseau des œillets montre la présence d'un aquifère beaucoup plus puissant les débits moyens sont près de 6 fois supérieurs pour un bassin versant de superficie équivalente.

En conséquence, l'intérêt piscicole de la tête de bassin s'établit naturellement sur cet affluent.

### ***Estimation des phénomènes d'évaporation***

Sur la base des données issues d'une étude réalisée simultanément au cours de l'année 2015, sur l'Etang des Bois, localisé à 20 kilomètres à vol d'oiseau sur les communes de Fontenois-la-Ville et Béthoncourt Saint-Pancras (70) pour le compte du CEN Franche-Comté, nous pouvons estimer les phénomènes d'évaporation, sur les étangs de Francogney au plus fort de l'été 2015 à des valeurs comprises entre **3.09 l/m<sup>2</sup>/jour à 3.95 l/m<sup>2</sup>/jour**.

Les valeurs faibles intègrent une forte infiltration (20% de pertes au niveau des digues). Les valeurs fortes intègrent l'absence d'infiltration.

**Ces valeurs peuvent ensuite être ramenées à la surface de chaque étang (l/j) puis converties en équivalent débit (l/s)**

	Superficie en m <sup>2</sup>	Estimation basse <b>l/jour</b>	Estimation moyenne <b>l//jour</b>	Estimation forte <b>l//jour</b>
Etang amont	15 200	46968	53200	60040
Etang milieu	19 700	60873	68950	77815
Etang aval	7 400	22866	25900	29230
Somme	42 300	130707	148050	167085

Ainsi l'évaporation sur la chaîne d'étangs de Francogney est estimée dans une fourchette comprise entre 130 et 170 m<sup>3</sup>/j.

Ce volume brut évaporé peut être exprimé sous forme de débits exprimé en litres par secondes pour des valeurs arrondies comprises entre 1.5 l/s et 2 l/s.

Considérant l'absence d'apports estivaux sur l'étang amont (observations 2014-2015), l'impact de l'évaporation sur le débit du ruisseau de Francogney est ramené aux volumes évaporés par l'étang du milieu et l'étang aval.

	Superficie en m <sup>2</sup>	Estimation basse <b>l/jour</b>	Estimation moyenne <b>l//jour</b>	Estimation forte <b>l//jour</b>
Etang milieu	19 700	60873	68950	77815
Etang aval	7 400	22866	25900	29230
Somme	27100	87739	94850	107045

### ***Estimation de l'impact hydrique des Etangs de Francogney sur le ruisseau.***

Pour estimer l'impact réel des étangs sur les débits du ruisseau de Francogney, il faut comparer les volumes évaporés avec ceux évapo-transpirés d'autres écosystèmes (prairies, cultures, forêts).

**L'évapotranspiration réelle** d'un couvert végétal (ETR) est égale à la somme de tous les flux de vapeur d'eau qui quittent ce couvert : la **transpiration** *via* les surfaces foliaires, l'**interception** des précipitations et l'**évaporation du sol**. La transpiration est généralement le terme le plus important dans l'ETR. Le plus souvent, dans le cas des couverts végétaux "fermés" (cas des cultures et des prairies à couvert bien développé, ou de forêts denses), la transpiration dépasse 90% de l'ETR. L'interception de précipitations représente l'évaporation de l'eau liquide à la surface des feuilles pendant et après la pluie (se référer aux articles de SAUGIER (1996) et de GRANIER (1996), qui développent les bases biophysiques de l'évapotranspiration, pour les prairies et les végétations basses et pour les forêts). Granier. Fourrage 2007.192.399-408

Les mesures à l'échelle du bassin versant sont particulièrement intéressantes car elles réalisent une intégration spatiale du cycle de l'eau. COSANDEY (2000) a analysé les débits à l'exutoire de petits bassins versants bretons, caractérisés par des types de couvertures végétales différentes : du bocage et de la forêt. De mars à juin (voir figure 5), les débits étaient sensiblement similaires, alors qu'en dehors de cette période, le débit pour le bassin versant forestier était systématiquement inférieur à celui des deux bassins bocagers. Sur la période d'étude de 4 années, le débit à l'exutoire du bassin forestier n'a été égal qu'à 55% de celui des bassins bocagers. Mais l'effet du type de couverture dépend du régime climatique : pour une année humide (ici : 1977), cette différence a été atténuée. Cette échelle d'approche nous amène donc aux mêmes conclusions qu'à partir des mesures de flux sur une parcelle : il y a bien une **plus forte évapotranspiration pour la forêt**. La conséquence directe en est **un plus faible drainage de l'eau excédentaire sous la forêt**.

Nous n'avons pas abordé ici le cas des cultures. Les mesures montrent souvent une forte similitude avec le fonctionnement hydrique de la prairie. Toutefois, les cultures très couvrantes et productives, comme le maïs ou le colza, se montrent plus grosses consommatrices d'eau que la prairie et ceci d'autant plus qu'elles sont irriguées. Néanmoins, leur saison de végétation est relativement courte.

Sur la base d'une autre étude (Bureau d'Etudes Industrielles. BEI), l'évapotranspiration de différents écosystèmes est comparée. Les étangs et les marais sont les écosystèmes qui évapotranspirent le plus, 1.5 fois plus qu'une prairie et 3 fois plus qu'un champ cultivé (sur la période de fin d'été considérée)

**Tableau 5 : Synthèse. Energie Renouvelables et Environnement. Bureau Etudes Industrielles**

	Evapotranspiration moyenne /ha juillet-aout-septembre	Evapotranspiration moyenne mm/ha/j juillet-aout-septembre	Coef Evapotranspiration étang/x
etang	0,10382514	1,12853409	1
prairie	0,06666667	0,72463768	1.5
marais	0,0990099	1,07619458	1
champ	0,03333333	0,36231884	3

Le pouvoir d'évapo-transpiration d'une forêt étant supérieur à celui des milieux ouverts, mais inférieur à l'évaporation d'un étang, nous lui attribueront artificiellement (afin de ne pas sous-estimer l'impact des étangs) un coefficient de 1.4.

Sur ces bases, dans différentes configurations d'infiltration, l'impact est comparé à celui que subirait le Ruisseau de Francogney, si à la place des étangs se trouvait une forêt.

### Pour les 2 étangs aval

		Infiltration 20%	Infiltration 10%	Infiltration 1%
	Superficie en m <sup>2</sup>	Estimation basse <b>l/jour</b>	Estimation moyenne <b>l/jour</b>	Estimation forte <b>l/jour</b>
E. Etangs	27 100	83739	94850	107045
E.T.P. forêt	27 100	59814	67750	76461
delta		23925	27100	30584

L'impact est logiquement d'autant plus fort que l'infiltration est faible. **Le déficit de débit lié à la présence des étangs est reporté en l/s et s'établit entre 0.27 l/s et 0.35 l/s (le calcul portant sur les 66 j de sécheresse de l'été 2015).**

**Soit 2700 m3 pour 90 jours de sécheresse**

## 5.5. Régime thermique

### 5.5.1. Protocole de suivi

Afin de préciser l'impact thermique des étangs sur le ruisseau, 6 sondes enregistrant la température en continu de type Hobo UA.001.64 ont été implantées sur les stations 1 à 5 (exutoire des étangs amont et milieu, 2 sondes dans l'étang aval, en surface et profondeur, ainsi que sur le ruisseau de Francogney et le ruisseau des Cèllets en amont de leur confluence. Les sondes ont été programmées de manière à enregistrer la température toutes les heures. Elles ont été mises en place le 16 Avril et retirées le 7 Décembre 2015



**Photographie 17 : implantation des sondes thermiques dans les exutoires de l'étang amont (à gauche) et de l'étang aval (à droite)(16/04/15)**

Au niveau de l'étang aval, deux sondes ont été mises en place dans la partie la plus profonde à proximité du déversoir afin d'enregistrer la température au fond et en surface. Le dispositif de surface comprend un flotteur arrimé à un tube protégeant la sonde. Celle-ci enregistre la température 10cm sous la surface.

Le dispositif de fond comprend un lest relié au tube de protection, ce dernier abritant la sonde ainsi qu'un flotteur. Cela permet une position verticale du tube légèrement décollée du fond, de manière à ce que la sonde ne soit pas enfoncée dans la vase (voir photo).

Suite à un vol de la sonde de surface constaté le 5 Mai 2015, le dispositif initial (en photo) a été remplacé par un flotteur moins visible. En raison du vol de la perte des données de la sonde de surface volée, la période d'enregistrement commune aux deux sondes s'étend du 27 Mai au 7 Décembre 2015.



**Photographie 18 : dispositif pour sonde de surface (à gauche) et pour sonde de fond (à droite).**

Les données brutes ont été traitées par Eaux Continentales en utilisant notamment le logiciel MACMASALMO (Dumoutier et al 2010). Il permet d'obtenir des variables synthétiques permettant d'apprécier la qualité du régime thermique des cours d'eau en relation avec les exigences écologiques connues de la truite.

La plage de températures permettant une activité métabolique de la truite commune c'est-à-dire favorable à son alimentation et à sa croissance se situe selon différentes sources bibliographiques entre 4°C et 19°C, et la température létale communément admise est de 25°C (Alabaster et Lloyd, 1980 ; Crisp, 1996 Elliott, 1975, 1981, 1984, 1994).

L'application de ce logiciel permet notamment de comparer les régimes thermiques du ruisseau de référence et du ruisseau de Francogney en aval des étangs. Les résultats obtenus pour les étangs sont donnés à titre indicatifs.

### **5.5.2. Résultats**

L'ensemble des variables thermiques calculées est présenté dans le tableau de la page 71

Un graphique spécifique à chaque point de mesure est ensuite présenté avec une analyse des résultats de chaque sonde.

Tableau 6 : variables thermiques calculées

	station 1 exutoire étang amont	station 2 exutoire étang milieu	étang aval surface	étang aval fond	station 4 ru. des Œillets	station 5 ru. de Francogney aval étangs
Période de suivi	14/04 au 13/07/15	17/14 au 7/12/15	24/05 au 7/12/15		17/14 au 7/12/15	
Nombre de jour de suivi	88	235	198	198	235	235
Température instantanée minimale	11.7	4	1.7	3.7	5.9	1.9
Température instantanée maximale	25.1	26.6	29.7	22.7	14.8	22.7
Amplitude thermique journalière maximale	6.6	6.2	7.7	3.5	3.2	6.6
Moyenne journalière maximale	23.3	24.8	26.6	22.5	13.2	21
Moyenne journalière minimale	13.3	4.4	2.4	4	6.4	2.9
Amplitude thermique sur la période d'étude	13.4	22.6	28	19	8.9	20.8
Moyenne des maximales des 30 jours les plus chauds (paramètre typologique)	non calculé	21.7	26.6	20.5	12.7	18.9
Nombre de jours ou la température est comprise entre 4°C et 19°C	75	163	115	159	<b>235</b>	<b>224</b>
Pourcentage de jours ou la température est comprise entre 4°C et 19°C	85	69	58	80	<b>100</b>	<b>95</b>
Pourcentage de jours ou la t° moy journalière est < 4°C	0	0	3	1	<b>0</b>	<b>3</b>
Pourcentage de jours ou la t° moy journalière est > 19°C	15	31	39	19	<b>0</b>	<b>2</b>
Nombre d'heures totales ou la t° instantanée est > 19°C	308	1769	1770	859	<b>0</b>	<b>194</b>
Nombre de séquences durant lesquels les t° restent > 19°C	24	32	40	9	<b>0</b>	<b>12</b>
Nombre d'heures max consécutives durant lesquelles les t° restent > 19°C	114	404	646	376	<b>0</b>	<b>91</b>
Nombre d'heures totales ou la t° est ≥ 25°C	2	31	257	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Nombre de séquences durant lesquelles les t° restent ≥ 25°C	2	4	30	0	<b>0</b>	<b>0</b>
Nombre d'heures max consécutives durant lesquelles les t° restent ≥ 25°C	1	12	17	0	<b>0</b>	<b>0</b>

## Analyse de la thermie des étangs :

### **Alimentation de l'étang amont**

Aucune sonde n'a été implantée au niveau des écoulements de la zone humide en amont de l'étang amont, mais le relevé ponctuel du 4 Juin 2015 à 11h (période de canicule) indiquait une température de 14,9°C au niveau de la zone humide et de 19,6°C dans l'exutoire, **soit une différence de près de 5°C entre l'amont et l'aval de l'étang.**

**L'exutoire de l'étang amont** s'est asséché à partir du 14 Juillet 2015. On rappelle que cet exutoire est une surverse. Le moine est obsolète et l'alimentation de l'étang du milieu est assurée par de l'eau de surface.

Après cette date, la sonde enregistre la température de l'air, ce que montrent les fortes amplitudes journalières observables sur le graphique.

Ainsi, en 2015, année de sécheresse, l'alimentation en eau de l'étang du milieu n'a pas été assurée après le 14 juillet. Durant la période d'alimentation, la température instantanée maximale relevée est de 25°C et la température moyenne journalière maximale de 23,3°C. La température moyenne de l'exutoire en Juin 2015 est de 17,1°C et de 17,8°C pour la première quinzaine de Juillet.

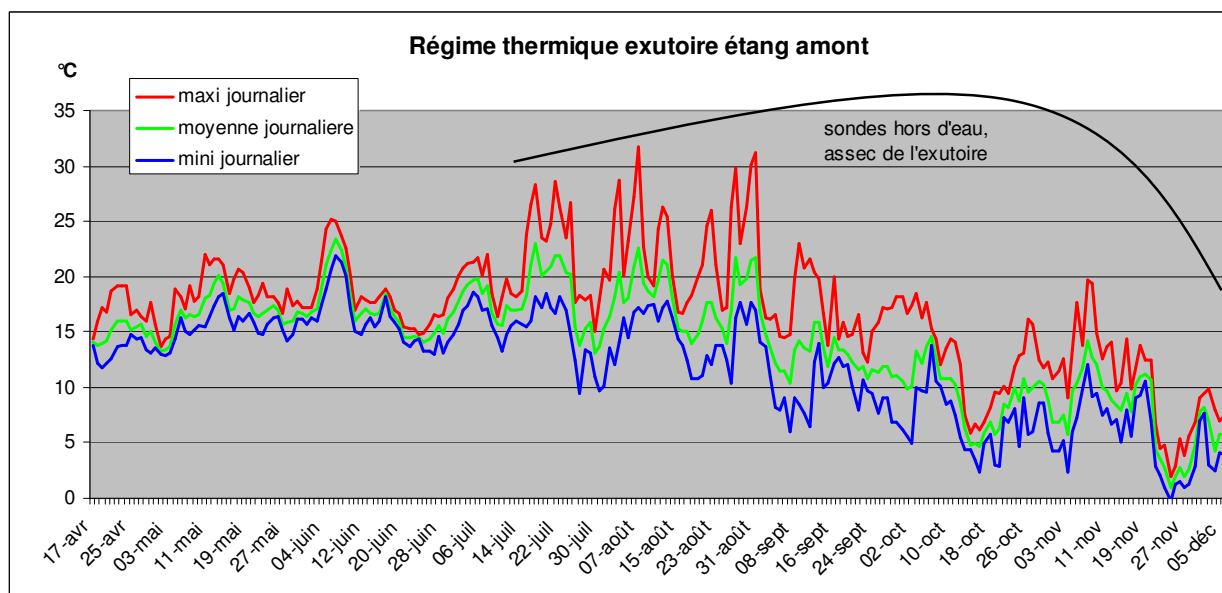
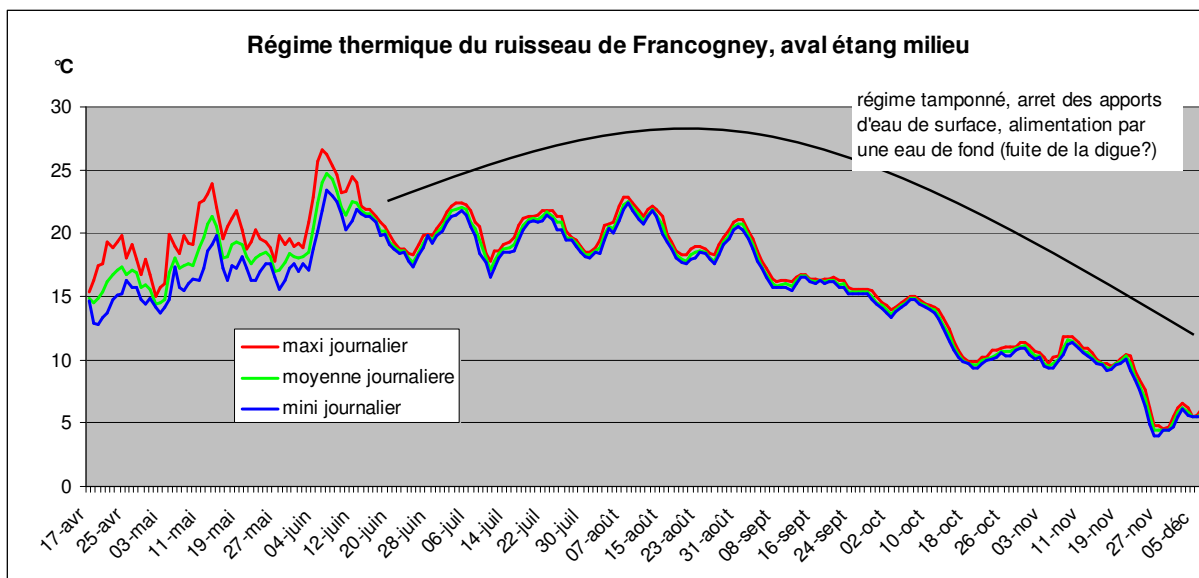


Figure 20 : thermie au niveau de l'exutoire de l'étang amont.

**La sonde placée au niveau de l'exutoire de l'étang du milieu** montre un régime thermique en 2 phases. Du 17 Avril au 13 Juin se distingue une période avec des fluctuations journalières de températures d'en moyenne 3,1°C. Ensuite, à partir du 13 juin, l'amplitude journalière devient très faible avec seulement 0,6°C en moyenne.

La première phase, où la température maximale peut atteindre 26,5°C, peut correspondre à une phase où l'exutoire est essentiellement alimenté par des eaux de surface de l'étang. La seconde phase où la température varie très peu durant la journée et ne dépasse pas 22,2°C en plein été, semble correspondre à une période où l'exutoire est essentiellement alimenté par des eaux provenant du fond de l'étang.



Les observations font état de deux arrivées d'eau distinctes au niveau de la vasque en aval de la digue de l'étang du milieu : une au niveau d'un tuyau orange, une autre, ce jour là plus importante, sans tuyau visible.

Les résultats du suivi semblent indiquer qu'en dessous d'une certaine cote, atteinte le 13 juin en 2015, l'exutoire de l'étang du milieu n'est plus alimenté par une eau de surface, (sensible au réchauffement, avec des variations journalières marquées), mais uniquement par une eau de fond, plus fraîche et tamponnée.

Ils peuvent également indiquer une réduction drastique des restitutions....



**Photographie 19 : Deux arrivées d'eau différentes observées le 5 Mai 2015.**

**Au niveau de l'étang aval**, deux sondes ont été implantées ; l'une en surface et l'autre au fond.

**La sonde de surface indique un très fort réchauffement de l'eau en période estivale**, avec une amplitude journalière forte. La température maximale atteinte est de 29,6°C, la moyenne des maximales des 30 jours les plus chauds (26 juin au 25 juillet) est de 26,6°C avec une amplitude journalière moyenne de 5,23°C durant cette période.

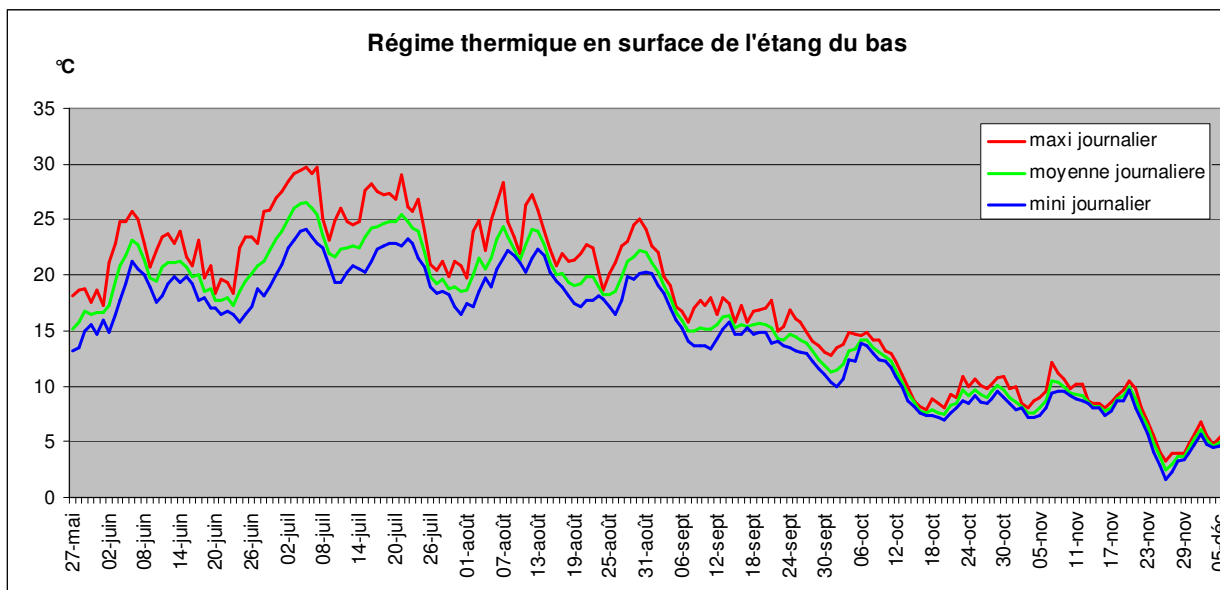
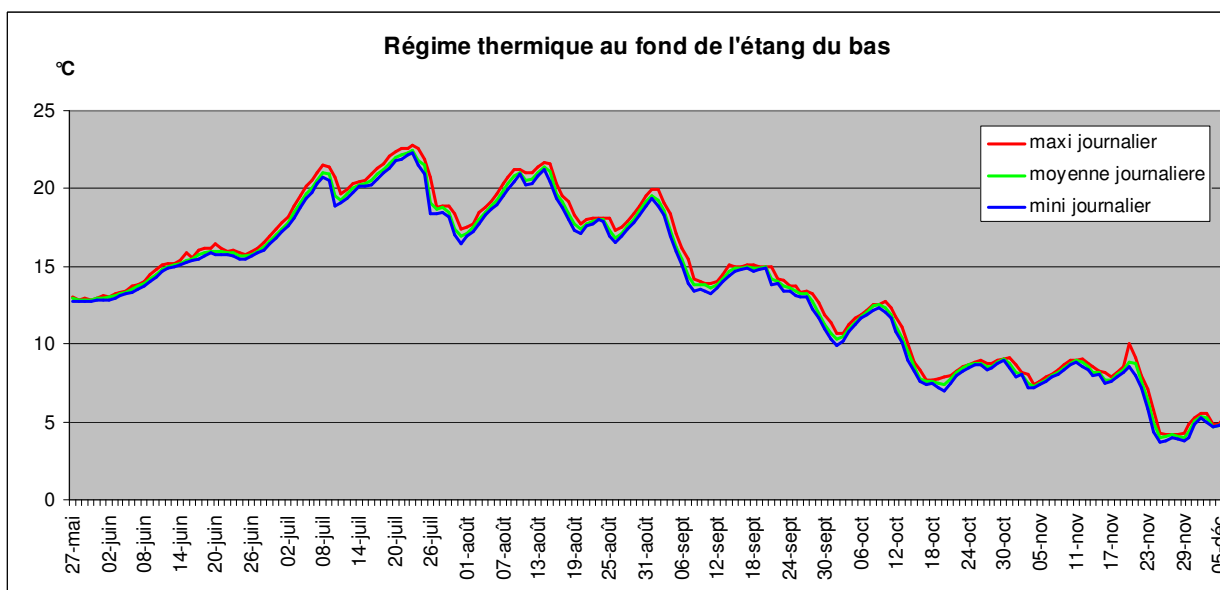


Figure 22 : Régime thermique en surface de l'étang aval

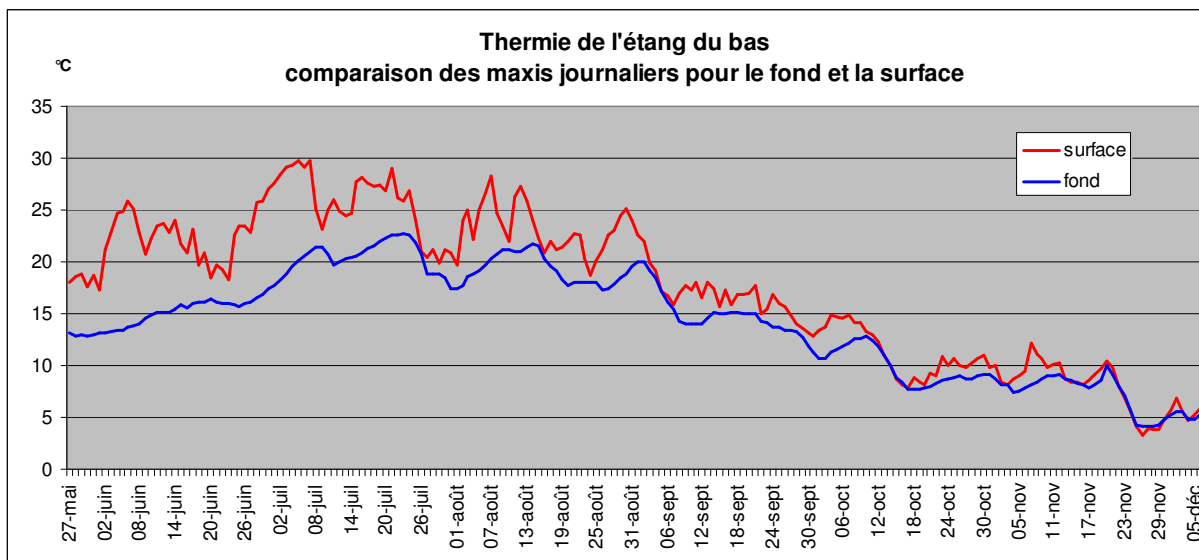
**La sonde implantée au fond** (profondeur d'eau de 1,6m lors de la mise en place) présente une température plus fraîche et très tamponnée. La température maximale atteinte est de 22,5°C, la moyenne des maximales des 30 jours les plus chauds est de 20,5°C avec une amplitude journalière moyenne de seulement 0,76°C durant cette période.



**Figure 23 : Régime thermique au fond de l'étang aval**

La comparaison des régimes thermique en surface et au fond de l'étang aval montre un réchauffement nettement plus important de l'eau de surface, et une température plus fraîche et plus tamponnée à proximité du fond et de l'exutoire, malgré la faible profondeur du plan d'eau.

La mise en place d'un dispositif de restitution d'eau de fond de type moine apparaît donc nécessaire dans un objectif de réduction de l'impact thermique des étangs. On souligne que l'eau de fond atteint tout de même des températures dépassant 20°C au plus fort de l'été ; La restitution d'eau de fond constitue une réduction de l'impact thermique mais ne conduit pas à sa disparition.

**Figure 24 : comparaison des températures maximales journalières en surface et au fond de l'étang.**

### Analyse de la thermie des ruisseaux :

**La sonde implantée dans le ruisseau de Francogney, 250 m à l'aval des étangs indique un net réchauffement de l'eau en période estivale, avec une amplitude journalière forte. La température maximale atteinte est de 22,7°C, la moyenne des maximales des 30 jours les plus chauds (8 juin au 7 juillet) est de 18,9°C avec une amplitude journalière moyenne de 2,7°C durant cette période.**

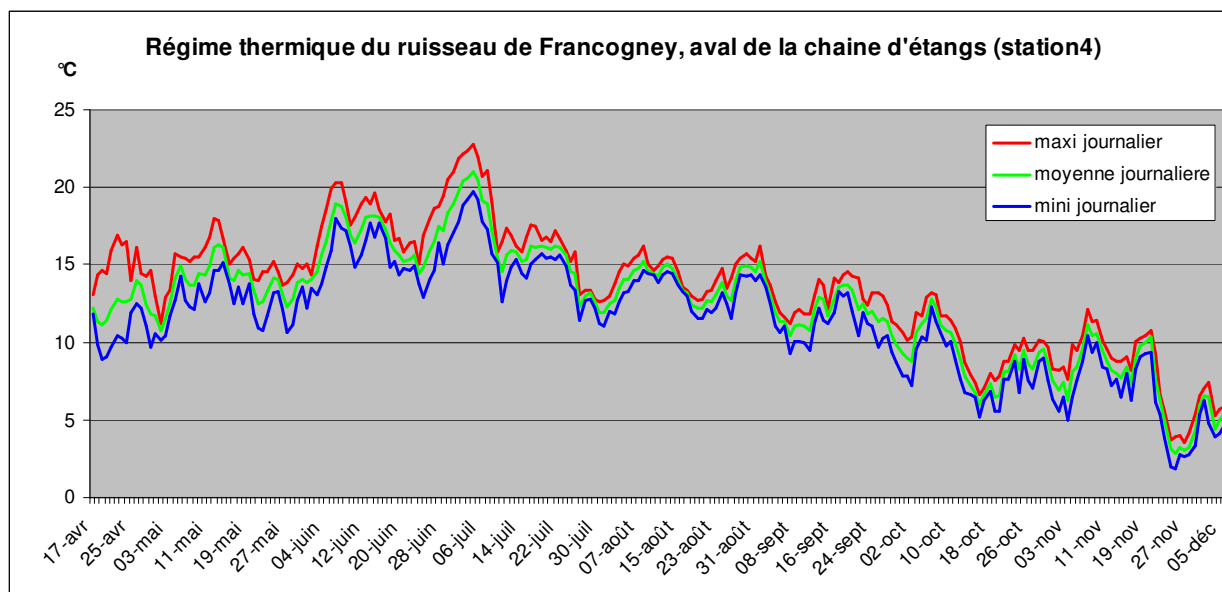


Figure 25 : régime thermique du ruisseau à l'aval des étangs

Le tableau des excédents thermiques précise le nombre de jours où la température du ruisseau de Francogney à l'aval de la chaîne d'étangs dépasse des seuils biologiques ou réglementaires. La gamme de confort thermique de la truite est dépassée en température maximale instantanée durant les 15 jours les plus chauds de l'année et en moyenne journalière durant les six journées les plus chaudes du suivi 2015, année de canicule.

Tableau 7 : tableau des excédents thermiques en aval des étangs

	maxi journalier	moyenne journalière
nombre de jours dépassant 19°C (limite confort truite)	15	6
nombre de jours dépassant 20°C (limite très bon état DCE)	11	4
nombre de jours dépassant 21,5°C (limite bon état DCE)	5	0

**La sonde implantée dans le ruisseau des Cèllets, à proximité de sa confluence, indique une température fraîche et tamponnée même en période estivale. La température maximale atteinte est de 14,8°C, la moyenne des maximales des 30 jours les plus chauds (26 juin au 25 juillet) est de 12,7°C avec une amplitude journalière moyenne de 0,76°C durant cette période.**

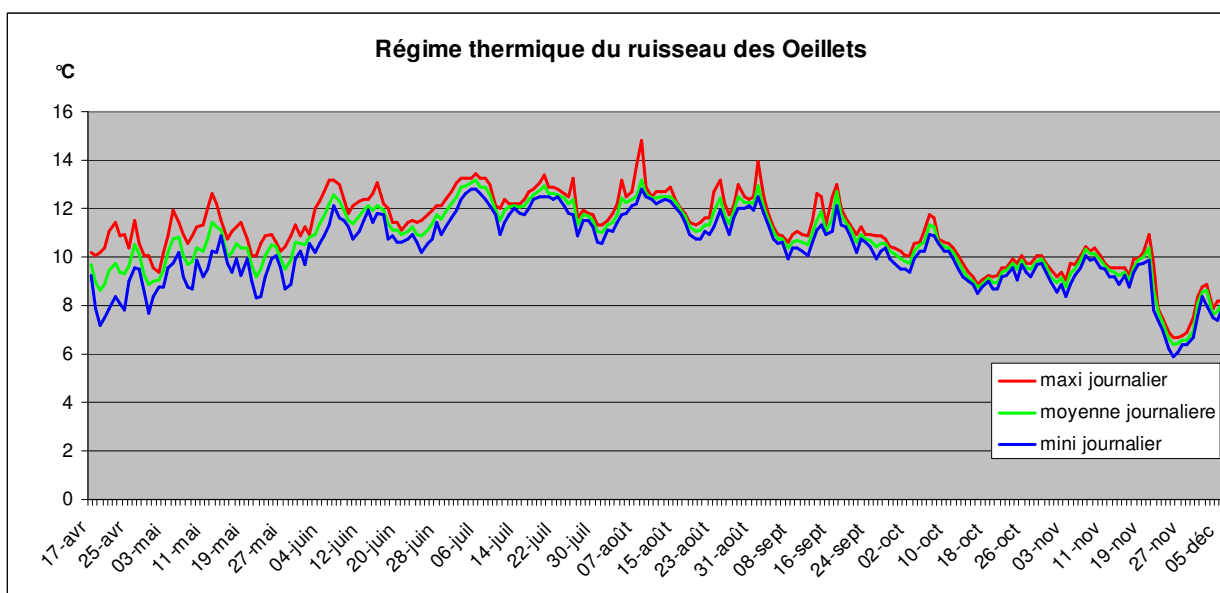


Figure 26 : régime thermique du ruisseau référence

La comparaison de la thermie des deux ruisseaux permet de constater un fort impact thermique de la chaîne d'étang. Le ruisseau de Francogney entre le dernier étang et la confluence du ruisseau des Oeillets est affecté par un réchauffement notable et par une augmentation de l'amplitude thermique.

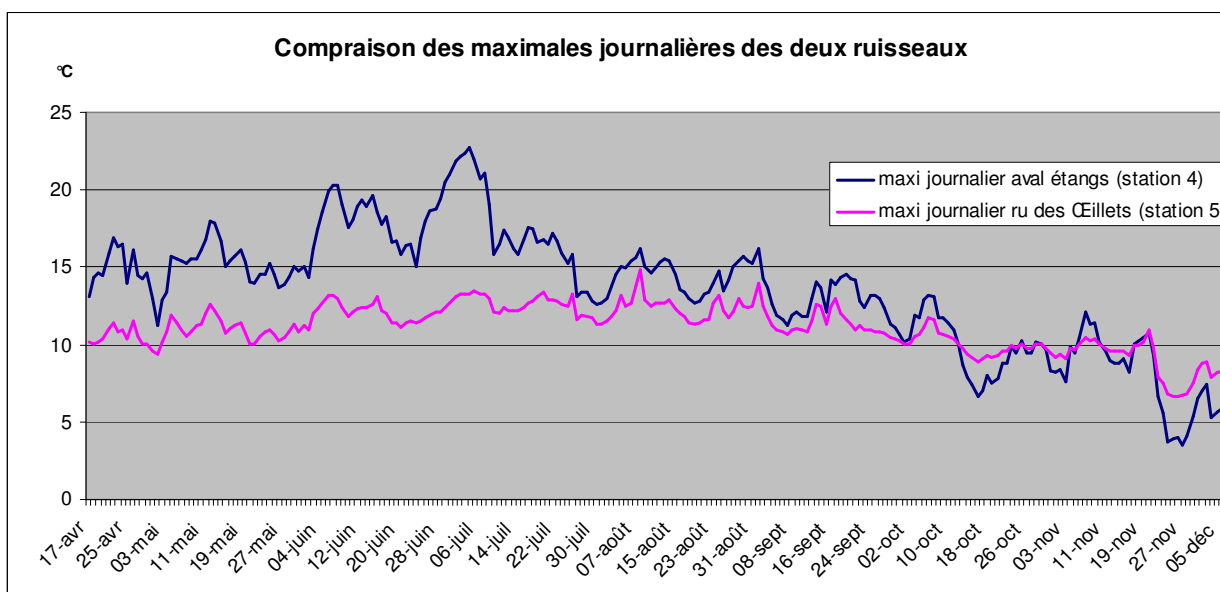


Figure 27 : comparaison des deux ruisseaux

**Le ruisseau de référence présente un régime thermique particulièrement propice à la biologie de la truite avec 100% des jours du suivi compris dans la gamme de confort thermique de la truite, entre 4°C et 19°C.** la valeur haute de la gamme est d'ailleurs loin d'être atteinte avec une valeur maximale de 14,8°C. De même, la température minimale de 5,9°C reste supérieure à la valeur basse de la gamme (en l'absence de suivi hivernal).

A l'inverse le ruisseau de Francogney, avant la confluence, voit 5% des jours de suivi présenter une température moyenne hors de la gamme de confort de la truite :

- 2% de jours avec une moyenne journalière supérieure à 19°C et un total de 194 heures où la température dépasse cette valeur, dont 91 heures consécutives

- 3% de jours avec une moyenne journalière inférieure à 4°C, sachant que le suivi s'est arrêté le 7 Décembre en début de période hivernale. Il est probable que la température soit inférieure à la gamme de confort thermique la majeure partie de l'hiver.

Le cycle biologique de la truite (et des invertébrés d'eau froide...) apparaît donc perturbé par le régime thermique. En été le réchauffement peut affecter les adultes et juvéniles en freinant leur activité. En hiver, une eau trop froide allonge la durée d'incubation des œufs et peut même conduire à des mortalités

### **Conclusion sur l'impact thermique des étangs.**

L'étang amont restitué par surverse une eau de surface, son système de moine étant obsolète. L'étang du milieu restitué par un système de tuyau de l'eau de surface, mais un apport d'eau de fond est également observé qui pourrait provenir de son système de vanne, obsolète ou de sa digue fuyarde..

L'étang du bas restitué par un tuyau une eau dont on ignore la cote de piquage (plusieurs dizaine de centimètres sous la surface).

Les apports à l'étang amont sont temporaires

La restitution d'eau par l'étang amont est temporaire.

Les restitutions de l'étang du milieu et de l'étang aval sont **permanentes**.

Lors de la journée la plus chaude (6 juin 2015) la température moyenne journalière de l'eau est de 23,3°C pour l'exutoire de l'étang amont, 24,8°C pour l'exutoire de l'étang du milieu et de 26,6°C en surface de l'étang aval. Pour les températures maximales, celles-ci sont respectivement de 25,1°C, 26,6°C puis 29,7°C. Les autres variables descriptives du réchauffement confirment cette tendance.

La chaîne d'étangs joue donc bien un rôle de réchauffement net en période estivale. Cet impact doit cependant être pondéré par la faiblesse des apports du Thalweg à l'amont de l'étang amont (régime temporaire) et par l'altération de l'ensemble des systèmes de restitution.

La simple mise en place d'une restitution par 1 moine sur l'étang aval permettrait de réduire l'impact thermique de 7.1°C pour la température maximale et de 6.1°C pour la moyenne des maximales des 30 jours les plus chauds de l'année.

**Conclusion sur la thermie des ruisseaux.**

	<b>Etang aval surface en °C</b>	<b>Etang aval fond (-1.6m) en °C</b>	<b>Ruisseau de Francogney à 250m en °C</b>	<b>Ruisseau des Oeillets en °C</b>
<b>Tp maximale instantanée</b>	<b>29.6</b>	<b>22.5</b>	<b>22.7</b>	<b>14.8</b>
<b>Moyenne des maximales des 30 jours les plus chauds</b>	<b>26.6</b>	<b>20.5</b>	<b>18.9</b>	<b>12.7</b>
<b>Amplitude journalière</b>	<b>5.23</b>	<b>0.76</b>	<b>2.7</b>	<b>0.76</b>

La thermie des 2 ruisseaux est très contrastée.

Les eaux du Ruisseau des Oeillets sont en permanence très fraîches et très tamponnées. Ces qualités sont à rapporter à un bassin versant forestier et à des débits d'étiage particulièrement soutenus

Les eaux du ruisseau de Francogney, sont sans conteste impactées thermiquement par la restitution de la chaîne d'étangs. Elles montrent cependant 250m à l'aval des caractéristiques encore proches de celles des exigences thermiques de la truite fario : 6 jours dépassant 19°C (limite de confort) en moyenne journalière et 15 jours en température maxi instantanée. Aucun jour dépassant 25°C (température létale)

L'impact thermique est accentué par la faiblesse des débits d'étiage (1 calcul de l'évaporation due aux étangs sera produit), il est probablement atténué par la densité du couvert forestier.

En termes d'écart thermiques des deux ruisseaux les résultats sont sans appel

	<b>Ruisseau de Francogney à 250 m en °C</b>	<b>Ruisseau des Oeillets en °C</b>	<b>Delta thermique entre les 2 ruisseaux en °C</b>
<b>Tp maximale instantanée</b>	<b>22.7</b>	<b>14.8</b>	<b>7.9</b>
<b>Moyenne des maximales des 30 jours les plus chauds</b>	<b>18.9</b>	<b>12.7</b>	<b>6.2</b>
<b>Amplitude journalière</b>	<b>2.7</b>	<b>0.76</b>	<b>2.1</b>

## 5.6. Qualité physico-chimique

## 5.7. Qualité physico-chimique des sédiments des étangs de l'ENS

Les prélèvements de sédiments ont été effectués depuis une embarcation à la benne auto-fermante Eckman (photo ci contre), permettant de prélever la couche superficielle des sédiments. Sur les étangs du milieu et aval, un échantillon moyen a été constitué en homogénéisant trois prélèvements effectués à proximité de la partie la plus profonde des étangs (6 à 8m de la digue).

Les prélèvements ont été effectués le 31 Aout 2015 et acheminé immédiatement au Laboratoire QUALIO de Besançon (Université de Franche Comté) chargé d'effectuer les analyses.



Tableau 8 : Résultats des analyses sur sédiments

Analyses sur sédiment brut	Etang du milieu	Etang du bas
matières sèches (g/kg)	148	122
matières organiques (% de MS)	24,9	30,1
Azote Kjeldahl sur solide (mg/kg Boue brute)	1250	1250
Azote Kjeldahl sur solide (g/kg MS)	8.4	10.2
COT (g/Kg de C)	168	162
rapport C/N	20	15.9
phosphore sur minéralisation (mg/kg de MS)	616	696
phosphore total en P2O5 (mg/kg de MS)	1410	1590
Phosphates sur lixiviation (mg/kg de Boue brute)	<2	<2
Nitrates sur lixiviation (mg/kg)	<10	<10

Granulométrie du sédiment	Etang du milieu	Etang du bas
% < 0,05 mm (limons et argiles)	17	5,34
% entre 0,05 et 0,2 mm (sables fins)	49	41
% entre 0,2 et 0,63 mm (sables moyens)	31	34
% entre 0,63 et 2 mm (sables grossiers)	0,85	6,02
% > 2 mm (graviers)	0	6,18

## Granulométrie

**La granulométrie des sédiments des deux étangs est très nettement à dominante sableuse** : 80,85% de sables pour l'étang du milieu et 81,02% pour l'étang aval. Cette très forte proportion de sable est en lien logique avec la géologie du bassin versant dominé par les grès.

Quelques différences concernant les fractions granulométriques permettent néanmoins une distinction entre les deux étangs.

L'étang du milieu présente une proportion plus importante de particules inférieures à 0,05 mm (limons et/ou argiles) avec 17% contre 5,34% sur l'étang aval. Cette plus forte proportion d'éléments très fins pourrait résulter d'un apport de matière en suspension par l'exutoire de l'étang amont (Cf 4.5.2 chimie des ruisseaux). Les éléments fins mis en suspension dans l'étang amont, notamment par l'activité des carpes fouillant le substrat, sont transportés dans l'étang du milieu via l'exutoire et s'y déposent de façon préférentielle.

Etonnamment, l'étang aval présente *au contraire* davantage d'éléments grossiers : 6,02% de sables grossiers contre seulement 0,85% sur l'étang du milieu, et les graviers occupent 6,18% de la granulométrie alors qu'ils sont absents dans l'étang du milieu. Logiquement ces matériaux s'ils provenaient du Thalweg amont devraient être piégés préférentiellement dans les étangs amonts. Des ruissellements latéraux expliquent certainement cette observation.

## Matières organiques :

La matière organique des sédiments est constituée par des cellules de micro-organismes, restes de végétaux et d'animaux à différents stades de décomposition, humus stable et complexes, et des composés tels que le charbon et le graphite. Dans les vases des étangs on retrouve jusqu'à 78% de lignine sous forme d'humus complexe. En cas d'anaérobiose (absence d'oxygène au sein du sédiment) la lignine est très résistante aux attaques des microorganismes et elle s'accumule (Fourvel 2010).

La quantité de matière organique contenue dans les sédiments est proche sur les deux étangs : 24,9 % de la matière sèche sur l'étang du milieu et 30,1 % sur l'étang aval. Cela correspond à des valeurs élevées d'après les classes fournies dans le protocole de diagnose rapide des plans d'eau.

	très faible	faible	moyen	élevé	très élevé
Matière organique (% de MS)	<2.5	2.5 à 5.5	5.5 à 10	10 à 30	>30

La matière organique est donc un indicateur de l'activité biologique et du statut nutritionnel des sédiments. Le calcul de l'indice fonctionnel « stockage de la matière organique du sédiment » proposé dans le protocole de diagnose rapide des plans d'eau (Barbe et al 2003) est donné par la formule  $I_{pf} = 53 \cdot \log_{10}(MO)$  avec MO= matière organique en % de la matière sèche.

Les valeurs de cet indice sont de 74/100 pour l'étang du milieu et 78/100 pour l'étang aval.

Les valeurs des indices sont fortes, typiques de plans d'eau avec un sédiment de nature tourbeuse où la minéralisation de la matière organique est lente et où celle-ci a tendance à

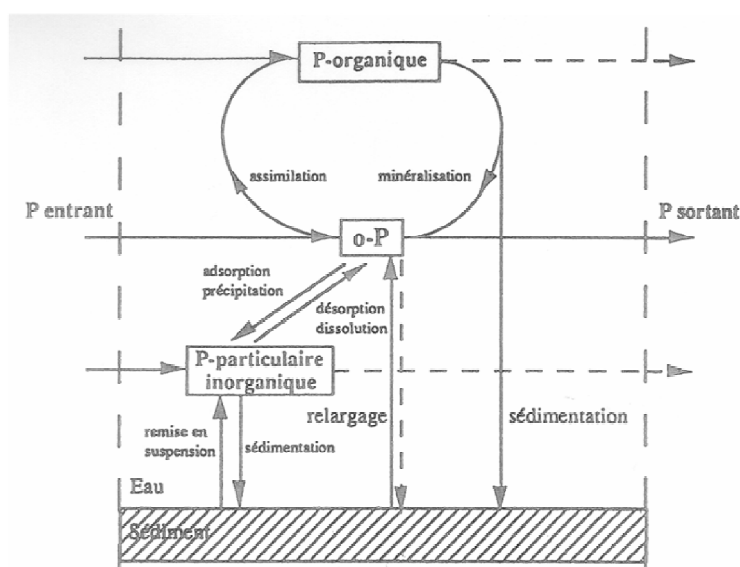
s'accumuler dans les sédiments. L'acidité de l'eau et le climat rude sont des facteurs qui ralentissent les processus à l'origine de la minéralisation de la matière organiques. De plus une part importante de la matière organique se déposant dans les plans d'eau est issue des litières d'arbre. Les litières sont plus difficiles à dégrader que les débris de végétaux strictement aquatiques. Le contexte forestier des étangs favorise donc également l'obtention d'un taux important de matière organique dans les sédiments.

## Phosphore

En milieu aquatique, le phosphore est principalement présent sous forme soit particulaire soit soluble mais en proportion plus faible. La fraction soluble peut être considérée comme biodisponible alors que la fraction particulaire ne l'est que partiellement.

Le phosphore soluble se retrouve au niveau de la masse d'eau mais aussi dans l'eau interstitielle du sédiment. Le phosphore particulaire est stocké principalement dans les sédiments (adsorption). En fonction du potentiel d'oxydo-réduction et du pH les phénomènes d'adsorption et désorption peuvent alterner. En condition anoxique le phosphore fixé peut être relargué et enrichir la colonne d'eau. La remise des sédiments en suspension par le vent ou l'activité des poissons peut également favoriser le relargage de phosphore.

Une partie du phosphore va être assimilée dans la chaîne trophique de l'étang. Les algues vont absorber préférentiellement l'orthophosphate libre (PO<sub>4</sub>) tandis que les hélophytes et les macrophytes puisent leur phosphore essentiellement dans les sédiments.



**Cycle du Phosphore dans un écosystème aquatique**  
(MOUTIN, 1992 dans TRINTIGNAC & KERLEO, 2004).

Sur les deux étangs étudiés, la concentration en phosphates sur lixiviation est inférieure à 2 mg/Kg de boue brute. Il s'agit des phosphates adsorbés sur le sédiment. Les sédiments étudiés présentent donc un faible potentiel de relargage de phosphates dans la colonne d'eau. Le risque de prolifération algale apparaît donc réduit.

Les teneurs en phosphore sur minéralisation et en phosphore total (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) dans les sédiments sont très proches sur les deux étangs de l'ENS.

Exprimées en % de la matière sèche, les valeurs de phosphore total sont respectivement de 0,06% pour l'étang du milieu et de 0,07% pour l'étang aval. D'après les limite de classe

présentées dans le protocole de diagnose rapide des plans d'eau (Barbe et al 2003), issues de l'étude de grands plans d'eau français, cela correspond à une gamme moyenne.

	très faible	faible	moyen	élevé	très élevé
P total (% de MS)	<0.02	0.02 à 0.05	0.05 à 0.1	0.1 à 0.25	>0.25

De même, l'indice fonctionnel « stockage des minéraux du sédiment » basé sur la concentration en phosphore totale est de 42/100 sur l'étang du milieu et de 45/100 sur l'étang aval. Cela correspond à un niveau trophique mésotrophe d'après les correspondances fournies dans le protocole de diagnose rapide.

## Azote

L'azote est présent dans les écosystèmes aquatiques sous trois formes :

- moléculaire disponible pour l'activité microbienne et les bactéries
- minérale présente dans l'eau où les sédiments sous forme d'ions :  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  et  $\text{NO}_2^-$
- organique constituée par les organismes vivants ou morts.

Une partie de cet azote va être assimilé dans la chaîne trophique de l'étang. L'azote ammoniacal est la forme préférentielle d'assimilation par le phytoplancton alors que les macrophytes absorbent surtout les nitrates.

Le dépôt de matière organique (débris végétaux, animaux...) conduit à un apport d'azote sous forme organique dans les sédiments. Des processus bactériens de minéralisation se mettent alors en place (ammonification, nitrification, nitratisation) et conduisent une partie de l'azote organique vers des formes combinées minérales ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ). Selon un ensemble de conditions physico-chimiques, dont le rapport C/N, l'azote minéral sera assimilé par des micro-organismes minéralisateurs ou relargué dans la colonne d'eau.

Dans les sédiments réducteurs et riches en matières organiques une dénitrification peut s'opérer, transformant les nitrates  $\text{NO}_3^-$  en forme moléculaire  $\text{N}_2$ .

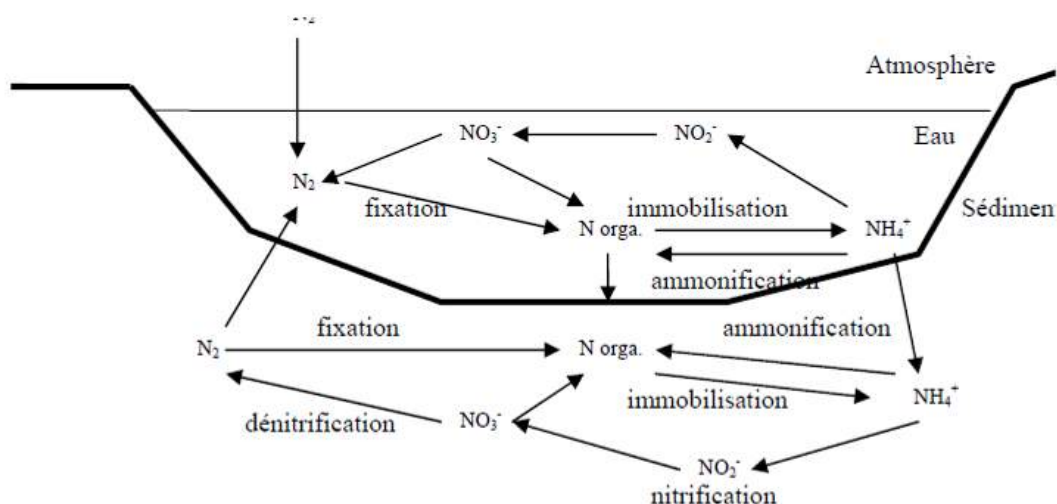


Figure 28 : Cycle de l'Azote dans un étang (BEAUPIED H, 1980 dans TRINTIGNAC & KERLEO, 2004)

Sur les deux plans d'eau étudiés, les concentrations en nitrates sur lixiviation sont inférieures au seuil de quantification (< à 10 mg/kg). L'accumulation de nitrates dans les sédiments n'est pas constatée, indiquant une minéralisation lente de l'azote organique et une consommation des nitrates par les végétaux aquatiques.

L'Azote total Kjeldahl est une appellation qui désigne la somme de l'azote ammoniacal et de l'azote organique. Il ne prend pas en compte les formes oxydées que sont les nitrites et les nitrates.

Exprimé en % de la matière sèche, l'azote Kjeldahl des sédiments présente une valeur de 0.84% pour l'étang du milieu et de 1.02% pour l'étang aval. Cela correspond à des classes respectivement élevées et très élevée.

	très faible	faible	moyen	élevé	très élevé
N Kjeldahl (% de MS)	<0.1	0.1 à 0.25	0.25 à 4	0.4 à 1	>1

Ces valeurs indiquent un stockage d'azote dans les sédiments sous forme organique et une minéralisation lente. Ce résultat est lié à la forte concentration des sédiments en matière organique

### Rapport C/N

Le rapport C/N est approché en prenant en compte l'Azote Kjeldahl et le Carbone organique Total (carbone contenu dans la matière organique, résidu de matière vivante animale ou végétale). De manière générale, dans les vases des étangs on retrouve une forte proportion de matière organique carbonée (jusqu'à 78% de lignine sous forme d'humus complexe, Fourvel 2010). Les étangs sont donc des pièges à carbone organique.

Dans le sédiment, le rapport C/N témoigne à la fois de l'origine et de l'âge de la matière organique accumulée. Un rapport faible (inférieur à 6-10) est caractéristique de la matière algale récemment déposée dont une fraction sera recyclée en tant qu'azote minéral. Entre 10 et 20 il traduit la prédominance de matériel macrophytique en voie de dégradation, et supérieur à 20, la matière organique humique ou ancienne à forte composante réfractaire (Barbe et al 2003). Plus le taux d'azote est important, plus le rapport C/N est bas et plus la vitesse de minéralisation est élevée.

Le rapport C/N est respectivement de 20 pour l'étang du milieu et de 15.9 pour l'étang aval.

La valeur est assez élevée sur l'étang du milieu et caractérise un sédiment biologiquement peu actif, riche en matières humiques (dégradation des litières) plus lentes à minéraliser.

La valeur est un peu moins forte sur l'étang aval, mais reste conséquente. La différence pourrait s'expliquer par une proportion plus importante de débris macrophytiques (issu des végétaux aquatiques) par rapport aux litières riches en matières humiques.

Le rapport C/N est assez élevé sur les deux étangs étudiés, cette gamme de valeur étant typique des milieux acides soumis à un climat froid, où la dégradation de la matière organique est lente.

**Conclusion sur la qualité des sédiments:**

**Les sédiments des deux étangs présentent logiquement des qualités assez proches tant granulométrique que physico-chimiques**

Ils sont granulométriquement dominés tous deux par les sables issus de l'altération des grès du bassin versant, avec une texture plus fine pour l'étang du milieu.

Ils apparaissent assez pauvres en nutriments, phosphates et nitrates notamment. En revanche, en lien avec le contexte acide et forestier et le climat rigoureux, la matière organique tends à s'accumuler dans les sédiments, expliquant les concentrations conséquentes en Azote Kjeldahl et en Carbone Organique Total.

Ceci est confirmé par l'analyse de l'eau du ruisseau de Francogney en aval immédiat des étangs : eau acide, très peu minéralisée et pauvre en nutriments.

## 5.8. Qualité d'eau des cours d'eau

### 5.8.1. Paramètres analysés en cours d'eau et méthode d'interprétation

*En préambule, on peut rappeler que les résultats des analyses physico-chimiques correspondent à la qualité des eaux à un instant donné. Ils peuvent mettre en évidence une pollution chronique mais ne permettent pas toujours de déceler certains pics de pollution pourtant très défavorables au milieu aquatique.*

Les analyses physico-chimiques ont porté sur 15 paramètres. Ces paramètres constituent des descripteurs de la qualité de l'eau. Certains paramètres ont été mesurés in-situ (colonne de gauche), d'autres en laboratoire (**Laboratoire Qualio, Université de Franche Comté**) (**Tableau 9**).

**Tableau 9 : Liste des paramètres physico-chimiques**

Mesures in situ	Mesures en laboratoire
Température eau (°C)	DBO5 (mg/L d'O2)
pH	COD (mg/L C)
Oxygène dissous (mg/L)	Ammonium NH4+ (mg/L)
Taux de saturation( %)	Nitrites NO2- (mg/L)
Conductivité (µS/cm²)	Nitrates NO3- (mg/L)
Température air (°C)	Azote Kjeldahl (mg/L)
	Phosphates (mg/L)
	Phosphore total (mg/L)
	Matières en suspension (mg/L)

Parmi ces paramètres, 11 sont retenus pour la définition de l'état physico-chimique DCE. Les classes d'état DCE sont définies dans l'arrêté du 25 Janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R.212-10, R.212-18 du code de l'environnement.

Ces limites de classes d'état sont présentées dans le tableau page suivante pour chacun des paramètres, regroupés en éléments de qualité : bilan de l'oxygène, température, nutriments et acidification.

L'état d'un élément de qualité correspond à la plus basse des valeurs de l'état des paramètres constitutifs de cet élément de qualité. L'état d'un paramètre est obtenu en comparant les valeurs seuils de chaque classe à la valeur maximale obtenue par le paramètre (ou minimale pour l'oxygène et la saturation en oxygène).

Pour chaque élément de qualité, la classe d'état retenue est celle du paramètre obtenant la moins bonne classe d'état sur l'ensemble des campagnes. Le bilan de l'état physico-chimique est défini par l'élément de qualité présentant la moins bonne classe d'état.

**Tableau 10 : Classe d'état pour les paramètres DCE**

	Très bon état	Bon état	Etat moyen	Etat médiocre	Mauvais état
	Limite supérieure	Limite supérieure	Limite supérieure	Limite supérieure	Limite inférieure
<b>Bilan de l'oxygène</b>					
O2 Dissous (mg/L)	8	6	4	3	<3
% saturation O2	90	70	50	30	<30
DBO5 (mgO2/L)	3	6	10	25	>25
COD (mgC/L)	5	7	10	15	>15
<b>Température</b>					
Première catégorie piscicole (°C)	20	21.5	25	28	>28
Seconde Catégorie (°C)	24	25.5	27	28	>28
<b>Nutriments</b>					
PO4 (mg/L)	0.1	0.5	1	2	>2
P total (mg/L)	0.05	0.2	0.5	1	>1
NH4 (mg/L)	0.1	0.5	2	5	>5
NO2 (mg/L)	0.1	0.3	0.5	1	>1
NO3 (mg/L)	10	50			
<b>Acidification</b>					
pH mini	6.5	6	5.5	4.5	<4.5
pH maxi	8.2	9	9.5	10	>10

Il n'existe pas de grille de cotation pour la conductivité, l'Azote Kjeldhal, les MES ou la conductivité. Pour ces paramètres, l'ancien système d'évaluation SEQ EAU V2 est utilisé.

**Tableau 11 : classes de qualité SEQ Eau V2 pour les paramètres non pris en compte par la DCE**

	Très bonne	Bonne	Moyenne	Médiocre	Mauvaise
	Limite supérieure	Limite supérieure	Limite supérieure	Limite supérieure	Limite inférieure
<b>Paramètres SEQ EAU V2</b>					
Azote Kjeldahl (mg/L)	1	2	4	10	>10
MES (mg/L)	2	25	38	50	>50
Conductivité min ( $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ )	180	120	60	0	
Conductivité max ( $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ )	2500	3000	3500	4000	>4000

Lors de la campagne d'étiage, l'analyse de la minéralisation a également été effectuée, portant sur les paramètres suivants : conductivité, TAC, titre hydrotimétrique, chlorures, sulfates, calcium, magnésium, sodium et potassium. Les classes de qualité SEQ EAU V2 ont été utilisées pour interpréter les valeurs de ces paramètres.

## 5.8.2. Résultats des analyses physico-chimiques sur le cours d'eau

### 5.8.2.1. Paramètres de terrains

**Les résultats des paramètres mesurés sur le terrain sur les 6 stations d'étude sont présentés dans le tableau page suivante.**

#### **Température de l'eau :**

**Sur le Ruisseau de Francogney, lors de campagne du 05 Mai 2015 en eau moyenne**, la température des écoulements en amont de l'étang amont est de 12,5°C. La température de l'exutoire de l'étang amont atteint 16,9°C, soit un réchauffement de 4,4°C par rapport aux écoulements de la zone humide.

Au niveau de l'exutoire de l'étang du milieu, la température était de 17,6°C, soit un réchauffement supplémentaire de 0,7°C.

Sur la station 4, « aval de l'étang aval » située non loin de la confluence avec le ruisseau des Œillets, la température mesurée était de 15,3°C. Le linéaire de 200m à l'aval de la chaîne d'étang, très ombragé, permettait une baisse légère de la température du ruisseau avant sa confluence avec le ruisseau des Œillets.

**Sur le ruisseau des Œillets**, non impacté par les étangs, la température mesurée était de 11,2°C, soit près de 4°C plus fraîche que le ruisseau de Francogney avant leur confluence.

**Sur le ruisseau de Francogney, lors de la campagne d'étiage et de forte chaleur du 04/06/2015**, la température des très faibles écoulements dans la zone humide jouxtant l'étang amont était de 14,9°C. La température mesurée dans l'exutoire de l'étang amont était de 19,6°C, soit un réchauffement de 4,7°C, écart proche de celui mesuré en eau moyenne.

La traversée de l'étang du milieu se traduisait par un réchauffement supplémentaire de 1,4°C, la température au niveau de son exutoire atteignant 21°C.

**Un léger refroidissement** était constaté au niveau de l'exutoire de l'étang aval, avec une température de 18,1°C. La traversée de cet étang ne semble pas conduire à un réchauffement supplémentaire. Il est semblable que la prise d'eau actuelle assurant la restitution soit située plus en profondeur que sur l'étang du milieu, permettant le rejet d'une eau plus fraîche.

Un nouveau refroidissement est constaté sur le tronçon de cours d'eau en aval de l'étang aval, mais qui reste mesurée. La température atteint 17,4°C en amont immédiat de la confluence avec le ruisseau des Œillets.

Une campagne plus ancienne (date) réalisée par le CEN donne les températures suivantes : 23.2 °C exutoire étang amont ; 23.8 exutoire étang du milieu, 21.8 exutoire étang aval, 19.4 ruisseau de Francogney. Elles confirment un fort réchauffement sur les 2 étangs amonts et une restitution d'eau plus fraîche sur l'étang aval. Elle confirme également un rafraichissement sur le linéaire amont de la confluence du Ruisseau des Œillets.

**La température du ruisseau des Œillets**, non influencé par des étangs, reste très fraîche en début d'été avec une valeur de 11,1°C, soit 5,3°C plus fraîche que le ruisseau de Francogney avant leur confluence. Suite au mélange des eaux, et malgré un débit nettement plus faible du cours d'eau issu des étangs, la température gagne 1,5°C et est de 13,6°C.

**Tableau 12 : Résultats des mesures de terrain**

<b>campagne du 16/04/2015 Eau moyenne</b>							
	0 : écoulements amont « étang amont »	1 : Exutoire « étang amont »	2 : exutoire « étang milieu »	3 : Exutoire « étang aval »	4 : Aval « étang aval »	5 : ru. des Cèllets	6 : Aval confluence
heure	NR	14h00	11h30	12h00	14h00	14h30	NR
Débit (l/s)	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Température eau (°C)	NR	14,1	15,1	13,6	13,8	11,2	NR
pH	NR	5,44	5,19	5,21	4,95	4,87	NR
Oxygène dissous (mg/L)	NR	8,22	8,94	10,78	8,43	9,91	NR
Taux de saturation( %)	NR	83,3	92,3	107,8	84,9	94,2	NR
Conductivité (µS/cm²)	NR	35	26,1	23,3	25,4	34,7	NR

<b>campagne du 05/05/2015 Eau moyenne</b>							
	0 : écoulements amont « étang amont »	1 : Exutoire « étang amont »	2 : exutoire « étang milieu »	3 : Exutoire « étang aval »	4 : Aval « étang aval »	5 : ru. des Cèllets	6 : Aval confluence
heure	10h30	11h00	11h30	NR	12h30	12h00	NR
Débit (l/s)	2	4	10	NR	8	29	NR
Température eau (°C)	12,5	16,9	17,6	NR	15,3	11,1	NR
pH	4,66	5,48	5,34	NR	4,86	4,79	NR
Oxygène dissous (mg/L)	8,2	7,52	8,91	NR	8,32	9,75	NR
Taux de saturation( %)	81,1	81,6	98	NR	87,1	92,9	NR
Conductivité (µS/cm²)	39,6	34,2	24,5	NR	22,9	31,6	NR

<b>campagne du 04/06/2015 Eau basse (forte chaleur)</b>							
	0 : écoulements amont « étang amont »	1 : Exutoire « étang amont »	2 : exutoire « étang milieu »	3 : Exutoire « étang aval »	4 : Aval « étang aval »	5 : ru. des Cèllets	6 : Aval confluence
heure	10h30	11h00	11h30	11h45	12h30	12h15	12h00
Débit (l/s)	0,1	0,7	3	2	2	7	9
Température eau (°C)	14,9	19,6	21	18,1	17,4	12,1	13,6
pH	5,28	5,38	4,68	4,88	5,05	5,17	5,01
Oxygène dissous (mg/L)	5,97	6,94	6,34	7,31	7,21	9,57	8,95
Taux de saturation( %)	60,9	78,1	73,3	79,8	77,6	91,7	88,6
Conductivité (µS/cm²)	36,8	37,1	25,8	22,9	25,3	38,2	34,8

## **pH :**

**Le pH présente de faibles valeurs sur toutes les stations. Les valeurs voisines de 5 attestent d'un caractère très acide de l'eau.** Le pH des eaux de sources forestières dépendent de la composition des précipitations, des sols et roches à travers lesquels elles s'infiltrant, et de la gestion forestière. Les roches naturellement très pauvres en calcium et magnésium rendent cette région très vulnérable à la problématique d'acidification. Dans le massif vosgien une nette tendance à l'acidification des eaux de sources a été constatée durant les 30 dernières années. Deux origines principales en sont la cause : la pollution atmosphérique acide avec le phénomène de pluie acide et la plantation de résineux en lieu de place des feuillus (Dambrine 1999).

En ce qui concerne les variations de valeur entre les stations, on note qu'un pH plus élevé est mesuré dans l'exutoire de l'étang amont (voisin de 5,4). Il est un peu plus faible au niveau des exutoires des étangs du milieu (entre 4,68 et 5,34 selon les campagnes) et aval (entre 4,88 et 5,21). Le pH du ruisseau des Œilletts, hors influence des étangs, est compris entre 4,79 et 5,17.

Il est possible que le pH légèrement plus élevé au niveau de l'exutoire de l'étang amont puisse résulter d'apport de matériaux alcalin (chaux par exemple) dans l'étang amont pour favoriser la production piscicole et astacicole. On rappelle cependant que le dernier chaulage date de 1992.

A noter également que lors de la campagne de faible débit de juin 2015, les valeurs les plus acides étaient observées au niveau des exutoires des étangs du milieu et aval (respectivement 4,68 et 4,88) contre 5,38 en restitution de l'étang amont.

Les valeurs des deux stations pouvant servir de référence étaient plus élevées : 5,28 pour les écoulements à l'amont de l'étang amont et 5,17 pour le ruisseau des Œilletts.

L'hypothèse d'une eau de fond plus acide parce qu'issue de piquage plus profond est émise (restitution de l'aquifère)

## **Oxygène dissous et taux de saturation :**

Différentes observations sont effectuées selon les campagnes.

**En eau moyenne, on note une augmentation progressive de l'oxygénation dans les exutoires au fur et à mesure du passage dans les étangs.** L'oxygénation atteint ainsi 10,78 mg/L et 107,8% dans l'exutoire de l'étang aval le 16/04/2015. L'activité photosynthétique des végétaux des étangs conduit en période diurne à une augmentation de l'oxygénation. On rappelle que l'activité photosynthétique conduit à un piégeage du CO<sub>2</sub> et à une libération d'oxygène dans l'eau. **Sur le tronçon à l'aval des étangs, la concentration en oxygène diminue passant à 8,43mg/L et 84,9% de saturation sur la station située avant la confluence du ruisseau des Œilletts.**

**L'oxygénation est plus forte sur cet affluent avec 9,91 mg/L et 94,2%. (température plus froide, pente supérieure)**

**Lors de la campagne d'eau basse et de forte chaleur, les écoulements dans la zone humide en amont de l'étang amont sont très faibles et leur oxygénation de même : 5,97 mg/L et 60,9%. L'oxygénation augmente au passage de l'étang amont, mais les valeurs mesurées dans l'exutoire montrent toujours une nette sous-saturation : 6,94 mg/L et 78,1%. Les valeurs évoluent peu, après le passage dans l'étang du milieu (6,34 mg/L et 73,3% dans l'exutoire) mais augmentent légèrement au passage de l'étang aval (7,31 mg/L et 79,8%). Ces valeurs se maintiennent à l'aval de la chaîne d'étang, avec des teneurs de 7,21 mg/L et 77,6% à l'amont de la confluence avec le ruisseau des Cèllets.**

**Ainsi lors de la campagne d'étiage, le ruisseau de Francogney présente à l'aval des étangs une nette sous-saturation tandis que les valeurs restent très bonnes sur le ruisseau des Cèllets : 9,57 mg/L et 91,7%.**

**Il faut évidemment y voir l'effet des débits et de la thermie comparés des 2 ruisseaux, associé à l'impact de l'évaporation des étangs et du réchauffement induit.**

Après leur confluence, l'oxygénation est de 8,95 mg/L et la saturation de 88,6%.

#### **Conductivité :**

La conductivité est extrêmement faible sur ces cours d'eau de tête de bassin vosgienne, en lien avec les très faibles teneurs en calcium et magnésium du grès qui constitue la roche mère. Les valeurs ne dépassent pas 40 mg/L attestant d'une très faible minéralisation de l'eau. Les valeurs les plus faibles sont mesurées au niveau des exutoires des étangs milieu et aval.

### 5.8.2.2. Analyses physico-chimiques complètes

Les analyses plus complètes effectuées sur les stations 1, 4 et 5 sont présentées dans le tableau ci-dessous. Les classes d'état pour les éléments DCE sont proposées.

Tableau 13 : Résultats des analyses complètes sur les stations 1, 4 et 5

	campagne d'eau moyenne 05/05/15			campagne d'étiage 04/06/15		
	1 : Exutoire étang amont	4 : Aval étang aval	5 : ru. des Cèllets	1 : Exutoire étang amont	4 : Aval étang aval	5 : ru. des Cèllets
heure	11h00	12h30	12h	11h	12h30	12h15
débit	4	8	29	0,7	2	7
Température eau (°C)	16,9	15,3	11,1	19,6	17,4	12,1
pH	5,48	4,86	4,79	5,38	5,05	5,17
Oxygène dissous (mg/L)	7,52	8,32	9,75	6,94	7,21	9,57
Taux de saturation( %)	81,6	87,1	92,9	78,1	77,6	91,7
DBO5 (mg/L d'O2)	2,7	3,8	1,1	4	4,7	1,8
COD (mg/L C)	7,06	8,9	2,35	6,76	10,5	1,73
Ammonium NH4+ (mg/L)	0,05	0,01	<0,01	0,25	0,09	0,08
Nitrites NO2- (mg/L)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
Nitrates NO3- (mg/L)	<0,5	<0,5	1,7	<0,5	<0,5	2,4
Phosphates (mg/L)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Phosphore total (mg/L)	0,05	0,06	0,03	0,05	0,05	0,05
Azote Kjeldahl (mg/L)	2	1,2	1	2	1,9	2,9
Matières en suspension (mg/L)	11	14	4,8	38	14	2,9
Conductivité (µS/cm²)	34,2	22,9	31,6	37,1	25,3	38,2
phéopigments (mg/L)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
chlorophylle a(mg/L)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
chlorophylle b (mg/L)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
chlorophylle c (mg/L)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Titre alcalimétrique complet (°F)	non recherché			<2	<2	<2
Titre hydrotimétrique (°F)	non recherché			1,07	0,72	1,2
Chlorures (mg/L)	non recherché			3	2,3	2,3
Sulfates (mg/L)	non recherché			4,6	1,9	4,6
Calcium (mg/L)	non recherché			2,93	1,65	3,04
Magnésium (mg/L)	non recherché			0,819	0,749	1,08
Sodium (mg/L)	non recherché			1,59	1,35	1,40
Potassium (mg/L)	non recherché			2,12	1,56	2,07

Tableau 14 : Classes d'état DCE indicatives des trois stations étudiées

Élément de physico-chimie	1 : Exutoire étang amont	4 : Aval étang aval	5 : ru. des Cèllets
Bilan de l'oxygène	état moyen	état médiocre	très bon état
Nutriments	bon état	bon état	très bon état
Acidification	état médiocre	état médiocre	état médiocre
Thermie	très bon état	très bon état	très bon état

**Remarque :** la classe d'état DCE reste indicative, la définition d'un état écologique nécessitant à minima 4 campagnes annuelles.

Concernant **l'élément thermie**, les valeurs restent dans la gamme de très bon état. Le réchauffement du ruisseau de Francogney située entre les étangs et la confluence du ruisseau des étangs est très net.

Concernant **l'élément acidification**, l'état est médiocre. Les valeurs de pH, détaillées précédemment, montrent que les eaux sont en effet acides. **La minéralisation** est également très faible: les concentrations en calcium et les titres hydrotimétriques et alcalimétriques présentent également des concentrations dans la gamme de qualité médiocre du SEQ EAU. Il reste toutefois difficile de discerner dans quelle mesure ces faibles valeurs résultent des caractéristiques propres à la roche mère gréseuse et dans quelle mesure elles sont aggravées par les pluies acides et la présence des résineux sur le bassin versant.

**L'élément bilan de l'oxygène** prend en compte la concentration en oxygène et le taux de saturation, ainsi que la DBO5 et le COD.

La concentration en oxygène et le taux de saturation ont été analysés sur l'ensemble de stations dans le chapitre consacré aux mesures de terrain. Si les valeurs restent dans la gamme de bon état pour les stations en aval des étangs, elles montrent une oxygénation nettement moins bonne que sur l'affluent référence qu'est le ruisseau des Cèllets.

La DBO5 et le carbone organique dissous (COD) constituent des paramètres indicateurs de la teneur en matières organiques respectivement biodégradable et persistante.

Ces paramètres présentent de très bonnes valeurs sur le ruisseau des Cèllets, les valeurs maximales sur les 2 campagnes étant de 1,8 mg/L pour la DBO5 et de 2,35 mg/L pour le COD. Des valeurs supérieures à ces références sont mesurées dès l'exutoire de l'étang amont, les valeurs les plus élevées pour cette station étant respectivement de 4 mg/L et 7,06 mg/L. Une hausse est observée suite au passage dans les étangs du milieu et aval, puisque sur la station en aval de la chaîne d'étangs les valeurs maximales sont de 4,7 mg/L pour la DBO5 et de 10,5 mg/L pour le COD.

Les valeurs en COD sont donc déclassantes sur le ruisseau de Francogney, en état moyen au niveau de l'exutoire de l'étang amont et en état médiocre sur la station en aval des étangs. Le COD comprend l'ensemble des composés organiques naturels simples (comme les lipides, les protéines, les acides aminés) ou complexes (acides humiques et fulviques). Les fortes teneurs mesurées en aval des étangs résultent principalement d'une décomposition de la matière végétale se déposant dans les étangs et dans le cours d'eau en aval. Cette matière peut être issues des végétaux aquatiques mais surtout des litières provenant des arbres bordant l'étang et le cours d'eau en aval de l'étang. Le tronçon de cours d'eau en aval immédiat des étangs, pénalisé par un faible débit voit en effet s'accumuler de nombreux débris végétaux. La décomposition des litières par les invertébrés et la faune microbienne est bien plus lente que celle des végétaux aquatiques et elle constitue un des processus clé du fonctionnement des têtes de bassin. Toutefois lorsque la quantité de litière parvenant dans le milieu aquatique est supérieure à sa capacité de dégradation, des concentrations anormalement élevées en composés organique peuvent être mesurées. De plus une forte réduction des taux de décomposition des litières en milieu acide a classiquement été mise en évidence (Baudoin 2007). Il est ainsi possible que la dégradation morphologique, le faible débit, l'acidification du ruisseau de Francogney et les perturbations qui en découlent sur l'activité microbienne et invertébrée conduise à ralentir les processus de dégradation de la matière organique et à l'obtention des valeurs de COD observées.

**L'élément nutriment** est composé des différentes formes minérales de l'azote et du phosphore. Les stations influencées par les étangs se situent dans la gamme de bon état tandis que la station du ruisseau des Œillettes demeure en très bon état.

**L'Azote Kjeldahl** désigne la somme de l'azote ammoniacal et de l'azote organique. Lors de la campagne d'eau moyenne, la valeur la plus élevée (2mg/L) est mesurée au niveau de l'exutoire de l'étang amont. En aval des étangs, la valeur reste plus faible (1,2 mg/L) tout comme sur le ruisseau des Œillettes (1 mg/L).

Lors de la campagne d'étiage de juin, l'exutoire de l'étang amont conserve une valeur de 2 mg/L. Sur le ruisseau des Œillettes une valeur de 2,9 mg/L correspondant à une qualité moyenne est mesurée. Sur la station du ruisseau de Francogney située à l'aval des étangs et après un linéaire de 200m où les écoulements sont faibles et le lit colmatés par les débits végétaux et les matières fines, la valeur est de 1.9 mg/L et définit un fonctionnement assez proche de celui de la campagne d'eau moyenne. Compte tenu des très faibles concentrations en ammonium, l'azote se présente essentiellement sous forme organique. Tout comme le carbone organique dissous, cet azote organique est probablement issu de la dégradation des litières et débris végétaux.

**L'ammonium** n'atteint pas le très bon état qu'au niveau l'exutoire de l'étang amont lors de la campagne d'étiage. La valeur obtenue de 0,25 mg/L tranche avec les valeurs des autres stations qui restent très faible. Il est possible qu'en période estivale se produise un relargage de l'ammonium stocké dans les sédiments de l'étang, potentiellement facilité par l'activité des carpes.

**Les nitrites** se trouvent sur toutes les stations en concentration inférieure au seuil de quantification et ne perturbent pas les cours d'eau étudiés.

**Les nitrates** sont inférieurs à 0,5 mg/L sur les stations en aval des étangs, ce qui caractérise des eaux ultra-oligotrophes. Les valeurs sur le ruisseau de référence sont comprises entre 1,7 et 2,4 mg/L donc également très oligotrophes. Les valeurs plus faibles à l'aval des étangs que dans le ruisseau des Œillettes résultent de la consommation des nitrates par les végétaux dans les étangs. Le passage de l'eau dans les étangs accentue donc son caractère oligotrophe.

**Les phosphates et le phosphore total** présentent également des concentrations très faibles. Seule la station en aval de la chaîne d'étangs atteint 0,06 mg/L en eau moyenne, en limite de la gamme de très bon état (0,05 mg/L). De telles valeurs caractérisent des cours d'eau de têtes de bassin très peu productifs et oligotrophes (Nisbet et Verneaux 1970).

**Les matières en suspension se situent** en classe de bonne qualité du SEQ EAU hormis lors de la campagne d'étiage au niveau de l'exutoire de l'étang amont. Elles y atteignent une valeur de 38 mg/L en classe de qualité moyenne. Cette valeur est obtenue en période sèche, ce qui tend à indiquer que l'apport de particules en suspension n'est pas du au ruissèlement sur le sol du bassin versant, mais que les particules sont mises en suspension au droit même de l'étang, en toute vraisemblance par l'activité des carpes fouillant le substrat.

A l'aval de la chaîne d'étang, la valeur reste plus mesurée avec 14 mg/L lors des deux campagnes, mais cette valeur reste supérieure à celle mesurée sur l'affluent de référence où les valeurs sont comprises entre 2,9 et 4,8 mg/L.

Concernant **les chlorophylles a, b, c et phéopigments**, les valeurs restent sous toutes les stations inférieures au seuil de quantification. Ces paramètres sont utilisés comme indicateurs de la biomasse phytoplanctonique dans les eaux. Les résultats ne montrent pas malgré la traversée des étangs d'apports notables de phytoplancton au cours d'eau.

**Conclusion des analyses physico-chimiques :**

- une confirmation d'un impact des étangs sur le débit et la thermie du ruisseau.
- cet impact se répercute sur l'oxygénation du ruisseau de Francogney qui montre une sous-saturation en comparaison du ruisseau des Oeilletts.
- des valeurs de pH indiquant une forte acidité de l'eau sur toutes les stations.
- une très faible minéralisation, typique des têtes de bassin vosgienne sur roche gréseuse.
- un caractère oligotrophe très marqué sur toutes les stations de cours d'eau avec de faibles concentrations en nutriments, qu'ils soient azotés ou phosphorés. Les apports anthropiques en nutriment apparaissent négligeables à l'échelle du bassin versant. La consommation de nutriments par les végétaux des étangs semblent encore accentuer le caractère oligotrophe en aval des plans d'eau où les nitrates sont inférieurs à 0,5 mg/L.
- une hausse de l'ammonium et des MES dans l'exutoire de l'étang amont, en lien probable avec la gestion piscicole (forte présence de carpes) de celui-ci.
- une altération modérée de la qualité de l'eau sur le tronçon en aval des étangs due à des pics de carbone organique dissous. La décomposition de la matière organique (litière, débris végétaux) stockées dans les étangs et dans le cours d'eau en aval explique ces apports excessifs.

## 6. Qualité biologique des cours d'eau

### 6.1. Qualité des peuplements diatomiques

#### 6.1.1. Protocole IBD

##### Principes et protocoles de l'Indice Biologique Diatomée

La qualité biologique d'un cours d'eau peut être estimée au moyen d'une analyse de la flore diatomique benthique (algues brunes microscopiques). Cette analyse permet :

- le calcul d'indices renseignant sur la qualité du milieu prospecté,
- la comparaison des préférendums écologiques de population indiquant également des variations de fonctionnement du système.

En France, l'indice retenu pour évaluer cette qualité est préférentiellement l'Indice Biologique Diatomées (IBD, NF T 90-354).

L'IBD est une méthode de quantification et d'évaluation de l'état des milieux aquatiques couramment utilisée. Elle est performante pour toutes les masses d'eaux courantes et permet d'intégrer les variations passées, contrairement aux données physico-chimiques qui ne renseignent que sur un état momentané.

L'IBD est représentatif en premier lieu de la présence de matières organiques, d'éléments nutritifs (azote et phosphore), de la minéralisation, du pH, et de la présence des toxiques.

L'IBD, fonction à la fois de la variété de la flore et de la nature de ses groupements, exprime la qualité biologique d'une rivière par des valeurs numériques conventionnelles variant de 1 à 20. La valeur déterminée permet alors de rattacher le cours d'eau étudié à une classe bien précise des normes officielles et de définir le degré de pollution et/ou de dégradation du système aquatique étudié.

Pour chaque station, conformément à la norme, le prélèvement de diatomées est effectué sur une superficie d'environ 100 cm<sup>2</sup>, dans une zone éclairée, sur un substrat dur (pierres, galets) de préférence.

Un traitement des échantillons est ensuite effectué au laboratoire, dans le but de pouvoir réaliser une analyse microscopique.

Une analyse des listes floristiques obtenues est établie afin de faire apparaître les particularités de chaque site et un groupement d'espèces représentatif pour la station étudiée.

Interprétations dans le cadre DCE.

Les stations appartiennent à l'Hydro-écorégion Vosges, et le ruisseau de Francogne est répertorié comme très petit cours d'eau. Les limites des classes d'état DCE pour ce ruisseau sont les suivantes :

Hydroécorégion	taille de cours d'eau	Très bon état	Bon état	Etat moyen	Etat médiocre	Etat mauvais
Vosges (4)	très petits, petits, moyens	≥ 16.5	≥ 14	≥ 10.5	≥ 6	< 6

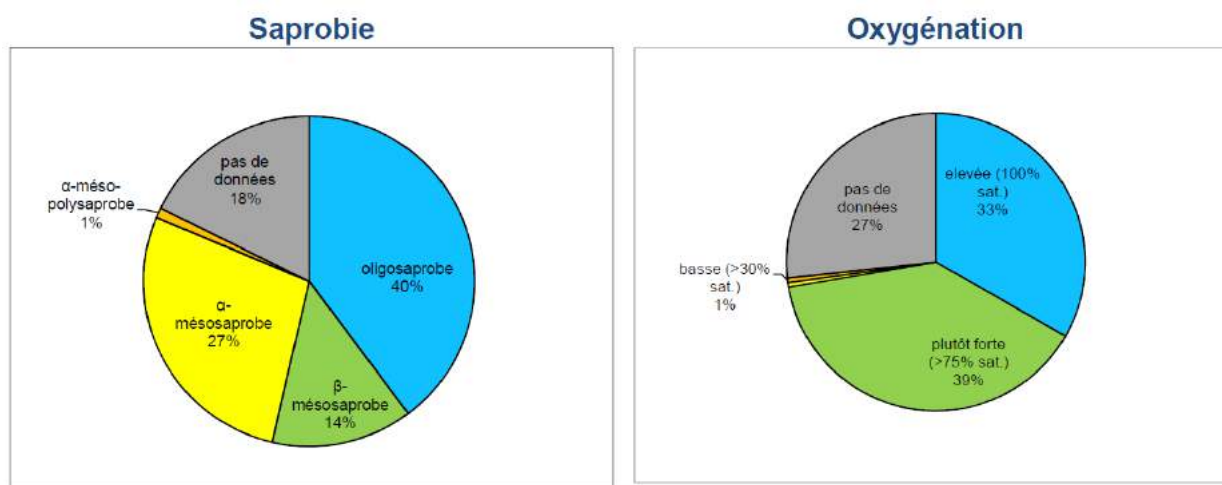
**6.1.2. Résultats station 5 « ruisseau des Œillets »**

L'IBD atteint la valeur maximale de 20/20 (liste floristique détaillée en annexe).

**Tableau 15 : Résultats des IBD sur la station 5 « ruisseau des Œillets ».**

Date	IBD	IPS	diversité spécifique	Indice de Shannon	Equitabilité
26/05/2015	20	19.5	31	3.48	0.7

Le peuplement épilithique de cette station est dominé par *Eunotia exigua* (27,7%) espèce  $\alpha$ -mésosaprobe et indifférente à la trophie (Van Dam *et al.*, 1994). Elle est accompagnée de *Eunotia incisa* (20,5%), espèce oligosaprobe et oligotrophe (Van Dam *et al.*, 1994), de *Psammothidium helveticum* (8,4%), espèce oligosaprobe et mésotrophe (Van Dam *et al.*, 1994), de *Achnanthydium minutissimum* sensu lato (7,9%), espèce  $\beta$ -mésosaprobe et indifférente à la trophie (Van Dam *et al.*, 1994), du genre EUNOTIA (7,7%) ainsi que de *Eunotia minor* (7,4%), espèce oligosaprobe (Van Dam *et al.*, 1994).

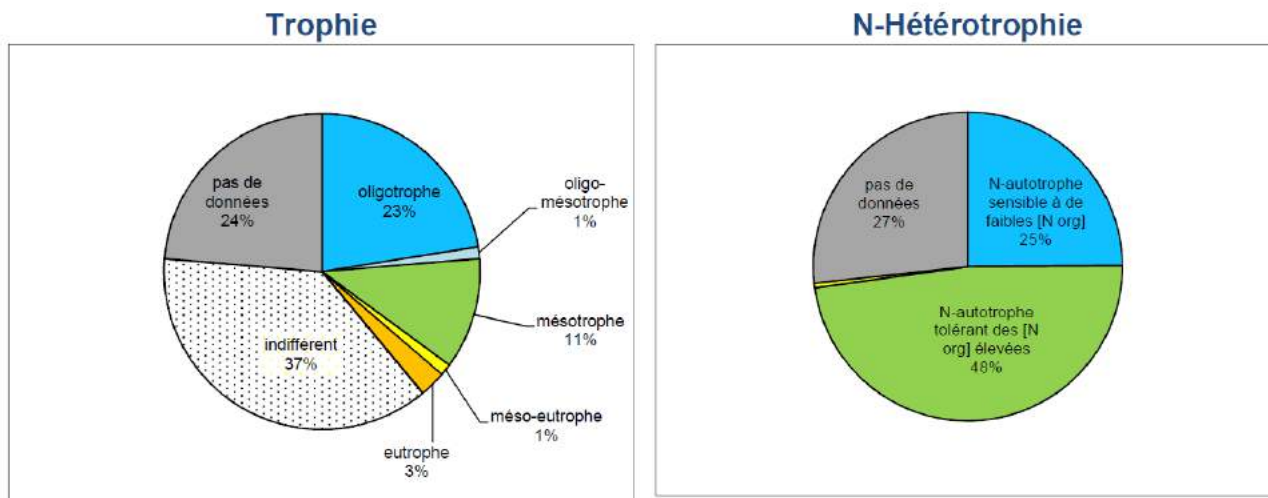


La figure montre une dominance de taxons oligosaprobies (très sensibles à la présence de matière organique) avec 40% d'abondance. On trouve néanmoins une part de taxons moins sensibles à ce paramètre avec 28% du cortège ( $\alpha$ -mésosaprobies et  $\alpha$ -méso-polysaprobies).

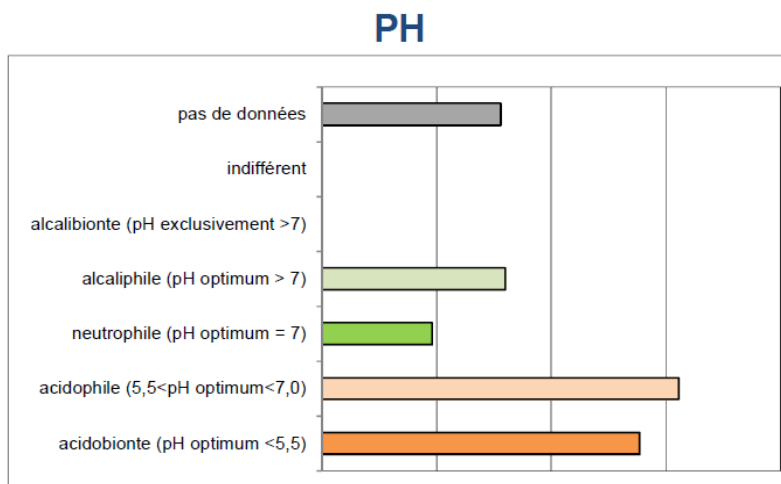
Concernant l'oxygénation, le cortège est plutôt dominé par des taxons ayant une préférence pour une oxygénation plutôt forte à élevée (saturation >75%).

Sur cette station, les taxons indifférents à la trophie dominent avec 37% du cortège, puis les taxons oligosotrophes avec 23%.

Le cortège est partagé entre le type N-autotrophe sensible à de faibles concentrations en azote organique et le type N-autotrophe mais tolérant de fortes concentrations en azote organique au sein du milieu.



De type acidophile l'optimum de pH pour ce cortège est entre 5,5 et 7).



**Sur la station du ruisseau des Oillets, le cortège floristique est dominé par la présence d'espèces sensibles à la matière organique mais également à l'eutrophisation. Il reflète un milieu non impacté par des apports en matière organique ou en nutriments.**

### 6.1.3. Résultats station 4 « aval des étangs »

En préambule, on précise que sur cette station où le substrat est presque entièrement colmaté par des sédiments fins et des débris végétaux, les prélèvements ont été effectués sur des galets de grande taille récolté sur le bassin versant et immergés sur la station un mois avant les prélèvements. Ce délai permet une colonisation du substrat par les diatomées.

L'IBD atteint la valeur maximale de 20/20 (liste floristique détaillée en annexe).

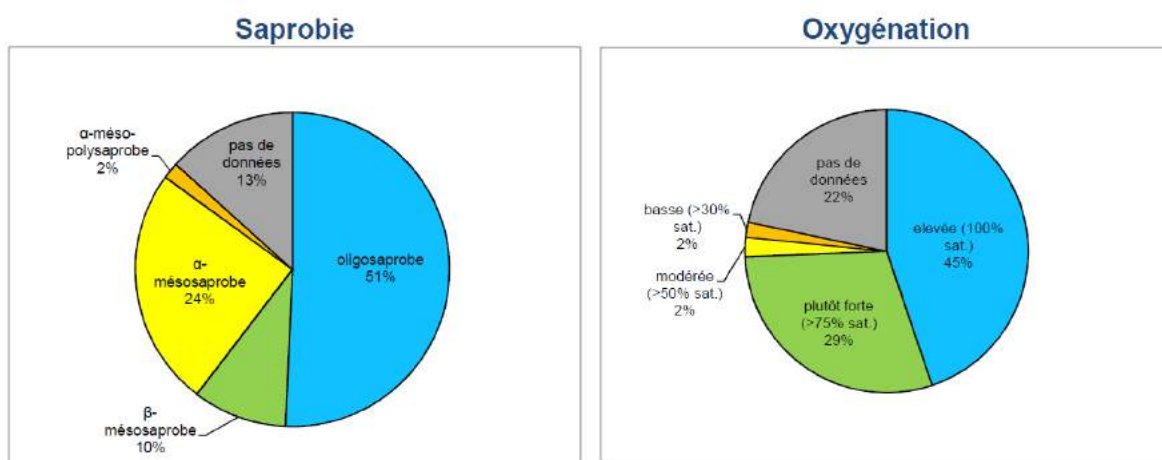
Tableau 16 : Résultats des IBD sur la station 4 « Aval des étangs ».

Date	IBD	IPS	diversité spécifique	Indice de Shannon	Equitabilité
26/05/2015	20	19.1	35	3.57	0.7

Le peuplement épilithique de cette station est dominé par *Gomphonema exilissimum* (25,9%) espèce oligosaprobe et oligotrophe (Van Dam *et al.*, 1994). Elle est accompagnée de *Eunotia exigua* (23,9%) espèce  $\alpha$ -mésosaprobe et indifférente à la trophie (Van Dam *et al.*, 1994), de *Eunotia minor* (9,2%) espèce oligosaprobe (Van Dam *et al.*, 1994) ainsi que de *Eunotia tenella* (7,2%), taxon oligosaprobe et oligotrophe (Van Dam *et al.*, 1994) et de *Eunotia incisa* (5%), espèce oligosaprobe et oligotrophe (Van Dam *et al.*, 1994).

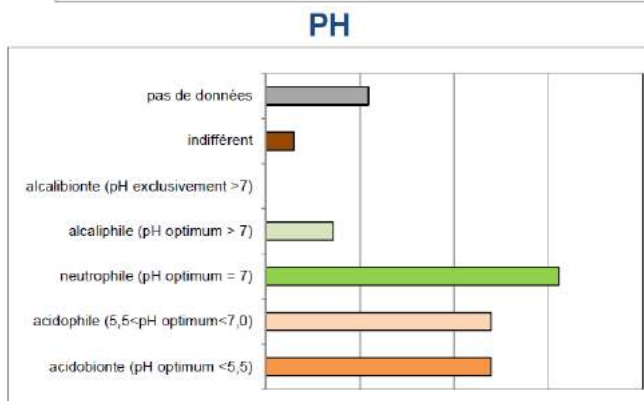
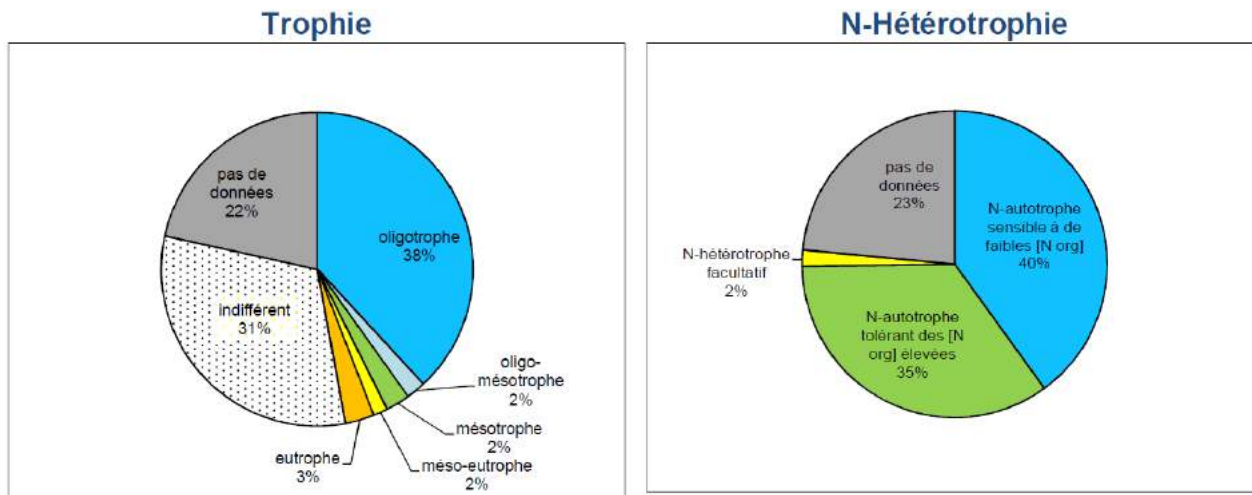
La figure suivante montre une dominance de taxons oligosaprobés (très sensibles à la présence de matière organique) avec 51% d'abondance. On trouve néanmoins une part de taxons moins sensibles à ce paramètre avec 26% du cortège ( $\alpha$ -mésosaprobés et  $\alpha$ -mésopolysaprobés).

Concernant l'oxygénation, le cortège est plutôt dominé par des taxons ayant une préférence pour une oxygénation plutôt forte à élevée (saturation >75%).



Sur cette station, les taxons oligotrophes dominent avec 38% du cortège, puis les taxons indifférents à ce paramètre avec 31%.

Le cortège est partagé entre le type N-autotrophe sensible à de faibles concentrations en azote organique et le type N-autotrophe mais tolérant de fortes concentrations en azote organique au sein du milieu.



De type neutrophile l'optimum de pH pour ce cortège est proche de 7 mais les taxons acidophiles et acidobiontes sont également très bien représentés (caractères acide du cours d'eau).

**Ce cortège floristique est dominé par la présence d'espèces sensibles à la matière organique mais également à l'eutrophisation. Ce cortège reflète un milieu non impacté par des apports en matière organique ou en nutriments.**

#### 6.1.4. Comparaison des peuplements de diatomées

**Les stations étudiées sur le ruisseau de Francogney en aval des étangs et sur le ruisseau des Cèllets présentent toutes deux un IBD maximal de 20/20.** L'indice ne marque pas de différence notable sur la qualité du peuplement de diatomées à l'aval des étangs et les deux stations sont caractérisées par un peuplement typique de milieux non impactés par les nutriments et les apports de matière organique.

**Le pourcentage de taxons oligotrophe est un peu plus élevé sur la station du ruisseau de Francogney en aval des étangs que sur le ruisseau des cèllets (38% contre 23%) tandis que le pourcentage de taxons mésotrophes est un peu plus élevé sur le ruisseau des Cèllets (11% contre 2%).** La station 4 présente donc une tendance légèrement plus oligotrophe, qui pourrait être liée à la consommation de nutriments par les végétaux au niveau des étangs. Observations confirmées par les mesures physico-chimiques (conductivité en particulier).

Ces informations sont intéressantes en termes d'impact. Elles confirment que la chaîne d'étang du ruisseau de Francogney n'est pas une source d'apports organiques ou de nutriments susceptibles de modifier la trophie du cours d'eau. L'ensemble semble géré par le caractère acide du milieu, qui définit des transformations lentes de la matière organique stockée dans les étangs.

## 6.2. Qualité des peuplements macroinvertébrés

*Le principe des méthodes biologiques est d'utiliser la structure du peuplement macrobenthique de la station comme intégrateur de la qualité biologique du milieu aquatique. Complémentaire de l'approche physico-chimique, l'étude du macrobenthos permet d'intégrer une dimension spatiotemporelle des modifications de la qualité physico-chimique de l'eau. Cette méthode est particulièrement adaptée à la mise en évidence de pollutions de type organique.*

*D'autre part, la structure du peuplement de macroinvertébrés benthiques mémorise également certaines modifications de la qualité physique du milieu aquatique.*

### 6.2.1. Protocole IBGN

- Echantillonnage

L'échantillonnage de macrobenthos est réalisé selon le protocole de l'IBGN (AFNOR, 2004).

8 prélèvements sont réalisés par station, choisis en recherchant une représentativité maximale de tous les types d'habitats présents. Chaque habitat correspond à un couple substrat/vitesse de courant. Les substrats sont divisés en 10 catégories numérotées de 9 à 0 selon l'ordre d'habitabilité. Les vitesses de courant sont réparties en 5 classes selon leur disposition au développement du macrobenthos.

Un couple substrat/vitesse de courant est donné par une combinaison de deux chiffres : le premier correspondant au substrat et le second à la classe de vitesse.

Dans un souci de représentativité, on effectue les 8 prélèvements dans 8 substrats différents, par ordre d'hospitalité décroissante. Le prélèvement est réalisé sur le support où la gamme de vitesse est la plus représentée. Si la station ne présente pas 8 habitats différents, le nombre de prélèvements est complété à 8 en doublant le(s) substrat (s) dominants (s) dans une autre classe de courant. Les couples substrat/vitesse des prélèvements des stations sont résumés dans la deuxième ligne des listes faunistiques annexées.

Les prélèvements s'effectuent grâce à un échantillonneur de type Surber dont la surface du cadre est de  $1/20^{\text{ème}}$  de  $\text{m}^2$  et le vide de maille du filet de 500 micromètres.

- Détermination des indices IBGN

Les macroinvertébrés sont déterminés à la famille pour la plupart.

Pour calculer l'IBGN, 138 taxons sont utilisés, parmi lesquels 38 sont indicateurs. Ces 38 taxons ont été répartis en 9 groupes faunistiques indicateurs affectés d'un chiffre de 9 à 1 par ordre décroissant de polluosensibilité.

La classification des taxons en groupe indicateur est basée sur les recherches écologiques concernant la polluosensibilité globale. L'IBGN est obtenu à partir d'un tableau d'analyse comportant en abscisse les classes de variété taxonomique (nombre total de taxons dans la station) et en ordonnée les groupes faunistiques indicateurs.

Pour déterminer le groupe faunistique indicateur de la station, on prospecte l'ordonnée du tableau du groupe indicateur le plus sensible au moins sensible et on sélectionne le premier groupe pour lequel la présence du taxon est significative (au moins 3 individus).

La valeur de l'IBGN, cotée de 0 à 20, correspond à la cellule se trouvant à l'intersection de la variété taxonomique et du groupe indicateur. Généralement, la variété taxonomique est en lien avec la qualité physique de l'habitat, alors que le groupe indicateur nous renseigne sur la qualité chimique de l'eau.

La Robustesse, ou IBGN -1, consiste à supprimer le premier taxon indicateur et établir une note avec le second taxon. Elle permet selon l'écart entre les notes de relativiser la valeur de l'IBGN.

L'IBGN permet de définir l'état du peuplement d'invertébré dans le cadre de la DCE. Le tableau suivant précise les limites des classes d'état pour l'hydro-écorégion Vosges

**Tableau 17 : Limite des classe d'état pour l'IBGN**

Hydroécorégion	taille de cours d'eau	Très bon état	Bon état	Etat moyen	Etat médiocre	Etat mauvais
Vosges (4)	toutes tailles	≥ 15	≥ 13	≥ 9	≥ 6	< 6

**D'autres indices favorisant l'interprétation sont également déterminés :**

- le coefficient d'aptitude biogène (cb2) (Verneaux 1982, méthode de calcul en annexe)
- l'indice de diversité de Shannon et l'équitabilité
- le coefficient morphodynamique (Verneaux non publié), fonction de la qualité et de la variété des habitats, prélevés, renseigne sur le potentiel d'habitat de la station.

## 6.2.2. Résultats des IBGN

Les listes faunistiques complètes de chaque station sont présentées en annexe.

### 6.2.2.1. Station 5 « ruisseau des Oeillets ».

Le peuplement en macroinvertébrés du ruisseau des Oeillets est caractérisé par un IBGN de 14/20, ce qui est satisfaisant compte tenu du contexte très apical de cette tête de bassin. Selon les références de la Directive Cadre sur l'Eau, ce résultat IBGN se place dans la classe du bon état écologique. La valeur du cb2, proche de l'IBGN, confirme la qualité biologique correcte dans le contexte de ce ruisseau.

Tableau 18 : Indices descripteurs de la qualité du peuplement macroinvertébrés, station 5

Taxon indicateur	Groupe Indicateur	Variété taxonomique	Classe de variété	Note IBGN	Robustesse	Abondance
Philopotamidae	8/9	23	7/14	14/20	14/20	1718

cb2	In	Iv
13.6/20	8.5/10	5.1/10

indice de Shannon	équitabilité
2.33	0.51

#### Taxon Indicateur

Deux familles de Trichoptère du groupe de polluosensibilité 8/9 ont été échantillonnées sur la station : les *Philopotamidae* (genre *Wormaldia*) et les *Odontoceridae* (genre *Odontocerum*). La présence de ces deux familles sensibles, avec respectivement 9 et 7 individus, témoigne d'une bonne qualité d'eau et permet à la robustesse de maintenir une valeur identique à l'IBGN (14/20). Le sous indice In « nature de faune » du cb2 est également élevé avec 8,5/10, confirmant également la bonne qualité d'eau.

Les *Philopotamidae* et notamment le genre *Wormaldia* sont capables de coloniser de très petits ruisseau à proximité des sources, où leur présence est alors indicatrice d'une qualité d'eau préservée. Les larves de *Philopotamidae* vivent entre les pierres ou à leur face inférieure en courant rapide à très rapide. Elles tissent un filet en forme de sac fréquemment recouvert de particules vaseuses. Elles se nourrissent exclusivement de matériel végétal, algues et diatomées qu'elles recueillent dans leur filet grâce à leurs pièces buccales adaptées. Les effectifs restent toutefois assez faibles avec 9 individus échantillonnés. Il est possible que l'acidité du ruisseau limite le développement de cette famille, très sensible à cette problématique. Une étude menée sur 14 cours d'eau Vosgiens (Guerold et al 1991) a montré la disparition des *Philopotamidae* des cours d'eau dont le pH est inférieur à 5,6 comme c'est le cas sur le ruisseau des Oeillets, alors qu'ils sont très abondants dans les ruisseaux non acides.

Les Odontoceridae sont eux aussi des Trichoptère sensibles à la qualité d'eau. Ils fréquentent les parties calmes ou moyennement courantes des cours d'eau et les substrats de petits graviers et sables, éléments minéraux dont ils constituent leurs fourreaux.

Cet affluent abrite également d'autres taxons assez sensibles : citons les Plécoptères Leuctridae (genre Leuctra) du groupe indicateur 7 et Nemouridae (genres Nemoura et Protonemoura) du groupe indicateur 6 ainsi que les Trichoptères Goeridae (genre Silo) du groupe indicateur 7 et Sericostomatidae (genre Sericostoma) du groupe indicateur 6.

On note part contre l'absence des familles de Plécoptères du groupe indicateur maximal 9/9. Il est toutefois difficile de déterminer si cette absence est liée à la qualité d'eau (altérations légères) ou si c'est le très faible gabarit et le caractère très apical de la station qui freine leur implantation.

On note également qu'une étude menée dans le massif vosgien (Guerold et al 1991) comparant les peuplements de 14 ruisseaux acides ou non-acides, a montré que les grands Plécoptères Setipalpes ne sont plus récoltés dans les cours d'eau touchés par l'acidification. (trouver le graph d'amplitude typo biblio de genre dans la biblio ordiperso thomas)

### ***Variété taxonomique***

La variété taxonomique est de 23 taxons et l'indice de variété Iv du cb2 est de 5,1/10. Ces valeurs sont modestes mais en accord avec le contexte typologique très apical de la station. En effet, sur un ruisselet à proximité des sources, les conditions de vie sont particulières, avec un régime thermique froid et une offre en habitat naturellement peu diversifiée. Dans ces conditions, seules les espèces adaptées peuvent s'implanter, la variété est donc naturellement modeste.

Dans le cas de l'affluent étudié, l'habitat reste tout de même assez intéressant, avec un coefficient morphodynamique de 14,4. On note la présence de substrats attractifs : bryophytes (5% de recouvrement), litières et branchages (40%), galets (15%), graviers (30%). Les sables ne représentent que 10% de recouvrement. Comme mentionné plus haut, la variété des substrats reste limitée avec 5 types différents, tandis que la variété des vitesses, avec 3 classes, est correcte.

Cet habitat permet à la station d'abriter 2 familles de Plécoptères, 7 familles de Plécoptères, 6 familles de diptères, 2 de coléoptères et 2 d'odonates (genres Calopteryx et Cordulegaster).

En revanche les Ephéméroptères sont absents de la station. Il est probable que l'acidité du cours d'eau empêche sa colonisation par les Ephéméroptères. D'après l'étude menée par Guerold (1991) sur les cours d'eau Vosgiens, les Ephéméroptères se révèlent les insectes aquatiques les plus sensibles aux conditions acides et disparaissent totalement des cours d'eau touchés par cette problématique.

### ***Abondance***

L'abondance est naturellement modeste sur la station, avec 1718 individus au total des 8 prélèvements. L'indice de Shannon de 2.33 et l'équitabilité de 0.51 sont correctes pour un peuplement d'invertébré. On ne note pas de prolifération d'un taxon particulier, les familles les mieux représentées sont les Leuctridae (117 individus), les Elmidae (194 individus), les Chironomidae (891 individus) et les Simuliidae (312 individus).

### 6.2.2.2. Station 4 « Aval des étangs ».

Le peuplement en macroinvertébrés est caractérisé par un IBGN de 13/20, ce qui selon les références de la Directive Cadre sur l'Eau, place la station dans la classe du bon état écologique. Le cb2 est très proche de l'IBGN, avec une valeur de 12,8/20.

**Tableau 19 : Indices descripteurs de la qualité du peuplement macroinvertébré station 4**

Taxon indicateur	Groupe Indicateur	Variété taxonomique	Classe de variété	Note IBGN	Robustesse	Abondance
Leuctridae	7/9	24	7/14	<b>13/20</b>	12/20	1865

cb2	In	Iv
12.8/20	7.5/10	5.3/10

indice de Shannon	équité
1.08	0.24

#### *Taxon Indicateur*

Sur cette station en aval proche de la chaîne d'étangs, le groupe indicateur est de 7/9, avec la famille de Plécoptères *Leuctridae* (genre *Leuctra*). Il s'agit d'un Plécoptère filipalpes moyennement sensibles à la qualité d'eau et dont la plupart des espèces sont tolérantes à l'acidification (Guerold 1991).

La robustesse perd 1 point par rapport à l'IBGN, avec une valeur de 12/20. Les *Leuctridae* sont en effet le seul taxon du groupe 7 présents en abondance significative sur la station. La robustesse est obtenue avec le groupe indicateur 6, les *Nemouridae* et *Sericostomatidae* étant les seconds taxons les plus sensibles sur la station.

A signaler la présence de la famille d'Epheméroptère *Leptophlebiidae* (genre *Habrophlebia*), du groupe indicateur 7/9, mais avec une abondance de seulement 2 individus, ne permettant pas de l'intégrer au calcul des différents indices. Cet Epheméroptère est assez sensible à la qualité d'eau ainsi qu'à l'acidification, mais est également sensible à la qualité des interstices entre les éléments des substrats. Le très faible effectif obtenu pourrait résulter d'une combinaison entre l'acidité, l'altération de la qualité d'eau et le colmatage du substrat sur cette station.

**On note, comparativement à la liste faunistique du ruisseau des œillets, l'absence des taxons les plus polluo-sensibles : *Philopotamidae* et *Odontoceridae* (groupe indicateur 8/9) et *Goeridae* (groupe 7/9), en lien avec une moindre qualité de l'eau et de l'habitat.**

#### *Variété taxonomique*

La qualité de l'habitat est nettement moins bonne sur cette station à l'aval des étangs que sur la station de l'affluent. Le coefficient morphodynamique est de seulement 9,14 (contre 14,4 sur l'affluent), en raison d'un habitat moins attractif et moins varié. Seulement 4 types de substrats sont présents contre 5 sur l'affluent et seulement 2 classes de vitesse contre 3 sur l'affluent.

On note également l'absence des bryophytes, substrat le plus biogène et la nette dominance des sédiments fins organiques (55%), alors qu'ils sont absents de la station référence.

Malgré cet habitat de moindre qualité, la variété est quasiment identique à celle de la station référence avec 24 taxons, soit un taxon supplémentaire. L'analyse des listes faunistiques indique cependant des différences notables dans la composition des peuplements.

Par rapport à la station de l'affluent, ne sont pas retrouvés :

- les Trichoptères Goeridae, Hydropsychidae, Odontoceridae et Philopotamidae. Ce sont des familles sensibles à la qualité d'eau (hormis Hydropsychidae) et affectionnant les substrats de galets et graviers propres.
- la larve de Lépidoptère aquatique Pyralidae
- les Planariidae, prédateurs d'invertébrés typique des petits cours d'eau. Il est possible que leur absence en aval des étangs soit liée au réchauffement de l'eau. Certaines espèces de Planariidae sont inféodées aux eaux froides. L'espèce présente n'a pas été déterminée (spécialisation), mais on précise à titre indicatif que les limites de survie de *Crenobia alpina* se situent entre 12 à 14°C et celle de *Polycelis felina* entre 16 et 17°C (Pattee 1966).

En revanche apparaissent les taxons suivant :

- Trichoptères *Leptoceridae* et *Rhyacophilidae*, assez peu sensibles à la qualité d'eau (groupe indicateur 4/9)
- Ephéméroptère *Leptophlebiidae*, dont la présente est plutôt positive, mais l'effectif de seulement 2 individus indique une population fragile.
- Coléoptère *Dytiscidae*, Héteroptère *Gerridae*, Mégaloptère *Sialidae* et Achète (Sangsues) *Glossiphonidae*. Il s'agit de taxons peu sensibles à la qualité d'eau et typiques des parties calmes des cours d'eau ou des bras morts. Elles indiquent un caractère plus lentique du ruisseau en aval des étangs et sont capables de tolérer le réchauffement.

### **Abondance**

L'abondance de 1865 individus pour 8 placettes est très proche de celle de la station du ruisseau des Œillets, **mais l'indice de Shannon et l'équitabilité nettement plus faible que sur l'affluent indiquent un peuplement moins équilibré.**

En effet, la comparaison d'abondance des taxons les mieux représentés indique une tendance à la prolifération des *Chironomidae* qui représente à eux seuls 84% de l'abondance. On note également une plus forte abondance d'Oligochètes. Une tendance au développement des taxons appréciant la matière organique fine est donc constatée à l'aval des étangs.

D'autres taxons montrent au contraire une abondance nettement moins forte en aval des étangs que sur la station de référence.

**Tableau 20 : comparaison de l'abondance des taxons dominants**

Famille	Abondance station 4 aval étangs	abondance station 5 ruisseau des Oeillets
Chironomidae	1573	891
Oligochètes	60	11
Cordulegasteridae	2	19
Simuliidae	61	312
Elmidae	1	194
Leuctridae	175	117
Sphaeridae	7	36

**Bilan de la comparaison entre les stations :**

La comparaison des indices et des listes faunistiques atteste d'une moins bonne qualité de l'eau et de l'habitat sur la station à l'aval des étangs par rapport à la station de référence. La régression des taxons polluosensibles, exigeant une eau froide et un substrat non colmaté s'accompagne d'un développement des taxons saprobiontes (appréciant la matière organique), typiques des eaux calmes et des substrats fins.

**Tableau 21 : comparaison des indices relatifs à la qualité de la faune invertébrée.**

	station 4 aval étangs	station 5 ruisseau des Oeillets
IBGN	13/20	14/20
Groupe indicateur	7/9	8/9
Variété	24	23
Robustesse	12/20	14/20
Groupe indicateur robustesse	6/9	8/9
indice shannon	1.08	0.24
équitabilité	2.33	0.51

## 6.3. Qualité des peuplements piscicoles

### 6.3.1. Protocole d'échantillonnage et méthode d'analyse des données

L'échantillonnage du peuplement piscicole a été effectué par pêche électrique. Etant donnée la faible largeur du cours d'eau, une seule électrode a été employée, avec un matériel portatif de type « Martin-Pêcheur ».

La stratégie d'échantillonnage appliquée habituellement est la pêche par enlèvements successifs, type « De Lury » avec 2 passages. Or dans le cadre de la présente étude, et conformément aux recommandations de la police de l'eau, un seul passage a été effectué sans entrer dans le cours d'eau (très faible largeur) afin d'éviter le piétinement. Compte tenu du très faible gabarit des cours d'eau et de la bonne capturabilité de la truite (comparativement au chabot par exemple), cet unique passage permet tout de même une très bonne efficacité de l'échantillonnage.

Les biomasses et les densités numériques ont ensuite été calculées et converties en classes d'abondance comprises entre 0 et 5.

Les travaux conduits par Verneaux (Verneaux J. 1973) sur le réseau hydrographique du Doubs ont montré que dans un cours d'eau théorique se succèdent longitudinalement des niveaux typologiques qui correspondent chacun à une structure particulière de la biocénose, définis par la nature, le nombre et l'abondance des espèces. En conséquence 10 biotypes ont été définis (notés de 0 à 9), correspondant chacun à un groupement d'espèces typologiquement affines, dont les caractéristiques écologiques sont voisines (Verneaux J. 1973).

En prenant en compte six paramètres mésologiques à travers les trois facteurs fondamentaux que sont les facteurs thermiques, trophiques et morphodynamiques, il est possible de calculer le niveau typologique théorique d'une station de cours d'eau (Verneaux J. 1977).

- ▶ le facteur thermique  $T_1$  prend en compte la moyenne des températures maximales des 30 jours consécutifs les plus chauds ( $\theta_{max}$ ). Des sondes enregistrant la température en continu ont été installées sur les stations d'Avril à Décembre 2015.
- ▶ le facteur géotrophique  $T_2$  est fonction de la distance à la source ( $d_0$  en km) et de la dureté calco-magnésienne ( $D$  en mg/L)
- ▶ le facteur morphodynamique  $T_3$  est lié à la section mouillée à l'étiage ( $S_m$  en  $m^2$ ), à la pente du lit ( $p$  en ‰) et à la largeur du lit mineur ( $l$  en m)

Chaque facteur, composante du niveau typologique, se calcule de la manière suivante :

$$T_1 = 0,55 \theta_{max} - 4,34$$

$$T_2 = 1,17 [\text{Ln}(d_0 \times D / 100)] + 1,50$$

$$T_3 = 1,75 [\text{Ln}(S_m / (p \times l^2) \times 100)] + 3,92$$

Le niveau typologique théorique (NTT) s'obtient grâce à la formule finale :

$$\text{NTT} = 0,45 \times T_1 + 0,30 \times T_2 + 0,25 \times T_3$$

Connaissant le niveau typologique théorique, il est possible de lui associer le peuplement piscicole théorique correspondant. A partir d'un ensemble de stations

référentielles, la délégation régionale du CSP de Lyon (CSP/DR n° 5, 1995) a fourni des références de classes d'abondance pour chaque espèce et pour chaque niveau typologique, ainsi que le nombre d'espèce optimal du type (n). n étant connu, on doit sélectionner les espèces le constituant : on choisit parmi les espèces présentes dans le bassin hydrographique celles qui présentent la plus forte affinité pour le biotype théorique. Si n n'est pas atteint, on complète avec les espèces les plus apicales puis les plus basales en favorisant celles capturées sur la station.

L'analyse proprement dite consiste ensuite à comparer pour chaque espèce la classe d'abondance observée à la classe d'abondance théorique du niveau typologique théorique de la station ainsi qu'à analyser la structure en taille de la population de chaque espèce.

**L'Indice Poisson Rivière est également calculé.** L'IPR a été mis au point par l'ONEMA, qui fournit gracieusement un logiciel permettant de calculer l'indice, ainsi qu'un guide d'utilisation (Roset et Belliard, ONEMA 2006). Cet indice est celui utilisé dans le contexte de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau pour l'évaluation de l'état des peuplements piscicoles. Cet indice consiste globalement à mesurer l'écart entre la composition du peuplement en un endroit donné, observée à partir d'un échantillonnage par pêche électrique, et la composition du peuplement attendu en situation de référence, c'est-à-dire dans des conditions pas ou très peu modifiées par l'homme.

L'indice repose sur 7 métriques descriptives du peuplement piscicole :

- Nombre total d'espèce (NTE)
- Nombre d'espèces lithophiles (NEL)
- Densités d'individus invertivores (DII)
- Densité totale d'individus (DTI)
- Nombre d'espèces rhéophiles (NER)
- Densité d'individus tolérants (DIT)
- Densités d'individus omnivores (DIO)

Des modèles de références ont été établis à partir d'un jeu de 650 stations pas ou faiblement impactées par les activités humaines et réparties sur l'ensemble du territoire métropolitain et pour lesquelles il a été possible de modéliser la répartition de 34 espèces de poissons. Dans la pratique, les modèles de régression permettent par exemple d'évaluer la probabilité de présence d'une espèce ou sa densité en situation de « référence » en utilisant 9 variables environnementales (distance à la source, pente, profondeur moyenne, altitude, température moyenne de l'air en Janvier et Juillet, surface du bassin versant, unité hydrographique). Pour chaque métrique, on obtient donc une valeur théorique.

**Tableau 22 : Variables environnementales utilisées pour le calcul de l'IPR**

	Ruisseau des Cèllets (station 5)	Aval étang (station 4)
Surface bassin versant (km <sup>2</sup> )	0.84	0.84
Distance source (km)	0.91	0.81
largeur moyenne (m)	0.45	0.65
pente (‰)	23	9.1
profondeur moyenne (m)	0.22	0.2
altitude (m)	370	365
température juillet (°C)	18.86	18.86
température janvier (°C)	0.98	0.98
unité hydrographique	RHON	RHON

Pour chacune des métriques, l'écart entre la valeur prédite par le modèle et la valeur observée, évalué en termes de probabilité, permet de calculer un score. La somme des 7 scores correspond à l'IPR. Un peuplement conforme à la référence obtient une note de 0, et plus le peuplement est altéré, plus l'IPR augmente. Il n'a pas de limite finie.

Cinq classes ont été définies en fonction des notes IPR (Tableau 23).

**Tableau 23 : Classes de qualité de l'IPR**

Note IPR	Classe de qualité
<7	Excellente
[7-16]	Bonne
[16-25]	Médiocre
[25-26]	Mauvaise
>36	Très mauvaise

### 6.3.2. Calculs des niveaux typologiques

Le tableau ci-dessous présente le détail du calcul des niveaux typologiques des stations de pêche électrique.

**Tableau 24 : calcul du niveau typologique des stations de pêche électrique.**

station	L (m)	section (m <sup>2</sup> )	D (mg/L)	Do (km)	penne (‰)	Tmax (°C)	NTT
station 4 Aval étang aval	0,65	0,13	2,4	0,81	9,1	18,9	3,30
station 5 Ruisseau des Œillets	0,45	0,1	4,1	0,91	23	12,7	1,80

**Sur la station du ruisseau des Œillets, non concernée par la problématique des étangs, le niveau typologique 1,8 correspond à un biocénotype B1+.** La station se situe donc en limite de la zone piscicole, dans un contexte de zone à truite supérieure où seule la truite est présente. Ce contexte typologique très apical est obtenu par un gabarit très modeste du ruisseau, une faible minéralisation, une forte pente mais surtout grâce à un régime thermique froid et tamponné : **le paramètre thermique « moyenne des températures maximales des 30 jours les plus chauds » n'est que de 12,7°C** alors que 2015 se caractérise par un été chaud et sec.

**Sur la station située sur le ruisseau de Francogney en aval de la chaîne d'étang, le niveau typologique actuel correspond à un B3+.** Ce niveau typologique correspondant à la zone à truite moyenne. **Ce niveau est toutefois très largement influencé par la présence des étangs et leur impact thermique. Le paramètre thermique atteint en effet 18,9°C, valeur anormale dans le contexte d'une tête de bassin forestière du massif vosgien.**

En effectuant le calcul avec le paramètre thermique du ruisseau des Œillets, qui sert de référence, un niveau typologique « hors impact thermique » est approché, avec une valeur correspondant à un B2.

Sur cette station, le peuplement en place sera comparé au peuplement attendu pour le niveau typologique mesuré et pour le niveau typologique approché « hors perturbation thermique ».

### 6.3.3. Résultats des pêches électriques

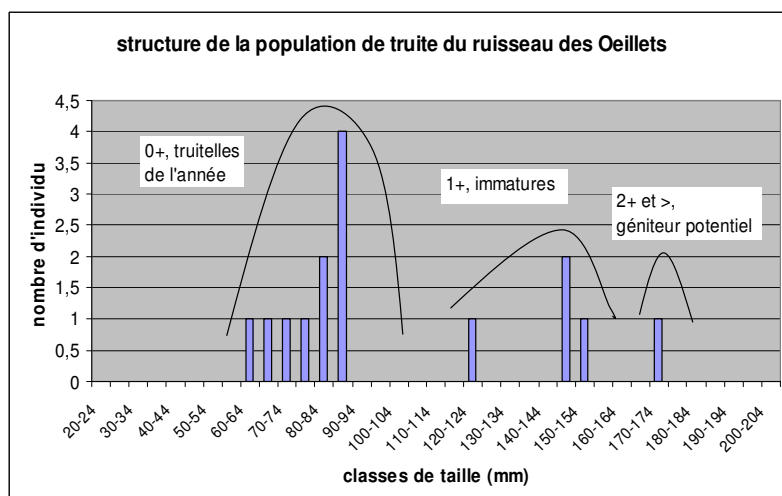
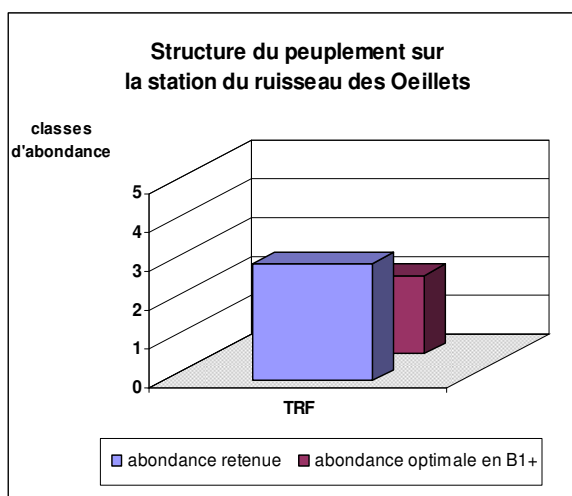
Les pêches électriques ont été effectuées le 30 Octobre 2015 dans des conditions de débits permettant un échantillonnage efficace.

#### 6.3.3.1. Station 5 « ruisseau des Oeillets ».

Sur le ruisseau des Oeillets, la station échantillonnée atteint 55m de long pour 0,45m de largeur moyenne. La truite est naturellement la seule espèce présente dans un contexte aussi apical. 15 individus ont été capturés portant **la densité à 600 individus pour 10ares et la biomasse à 64,8 Kg/ha.**

Figure 29 : résultats de la pêche électrique sur la station 4 : Ruisseau des Oeillets

espèce	total capturé	densité numérique (ind./ 10ares)	densité pondérale (kg/ ha)	IPR
Truite fario	15	600	64,80	15.1



**Les valeurs de densité et de biomasses sont assez fortes compte tenu du contexte apical,** permettant d'obtenir une classe d'abondance 3. Cette abondance est tout à fait satisfaisante, le modèle typologique théorique prévoyant une classe d'abondance 2 pour le niveau typologique de la station. l'IPR se situe en classe de bon état.

L'étude de la structure de la population reste limitée par le nombre d'individu capturé (15) et l'absence de données scalimétriques conduit à une certaine incertitude quant à l'âge des plus grands individus. Toutefois elle indique que plusieurs classes de taille sont présentes.

**L'effectif est dominé par les truitelles de l'année (0+) avec 10 individus.** Leur taille est comprise entre 60 et 88mm.

Quatre individus font partie de la cohorte 1+, avec une taille comprise entre 121 et 151 mm. La plus grande truite capturée mesure 170mm. Compte tenu de la croissance très lente sur les têtes de bassin vosgiennes peu minéralisée, il est possible que ce sujet appartienne à la cohorte 2+ voire plus et puisse être considéré comme un géniteur potentiel.

La densité et la dominance des truitelles de l'année sur le ruisseau des Œillets permettent de préciser son intérêt en tant que ruisseau « pépinière », c'est-à-dire favorable à la reproduction de la truite ainsi qu'à la croissance des juvéniles.

Cet affluent allie en effet plusieurs caractéristiques nécessaires à l'accomplissement du cycle biologique de la truite :

- un substrat de cailloux et graviers non colmatés.
- Une bonne qualité d'eau (hormis un excès d'acidité)
- Un régime thermique froid même en été
- Un débit d'étiage suffisant
- Un habitat relativement préservé, avec des caches de petite dimension en sous-berge utilisables par les truites de taille modeste.

On note que sur cet affluent la qualité de l'habitat piscicole est accrue par les travaux anciens d'aménagements (micro-seuils en rondins).

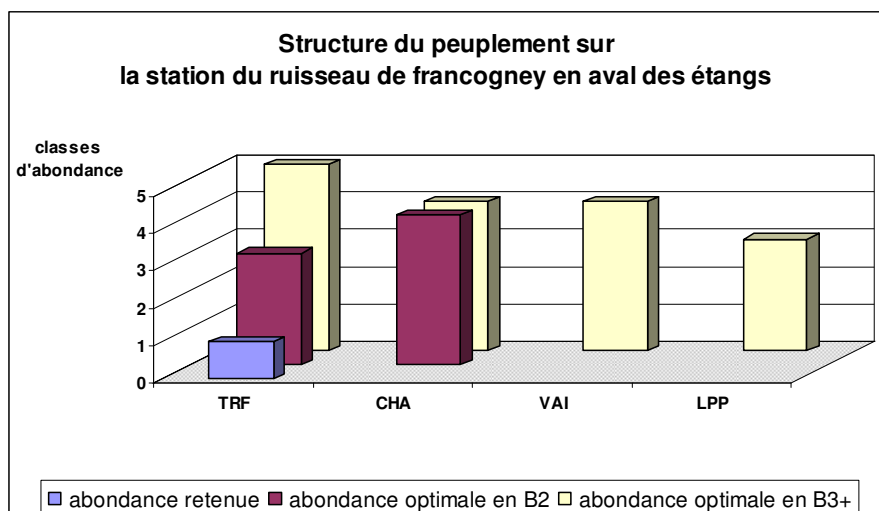
### 6.3.3.2. Station 4 « Aval des étangs ».

Sur le ruisseau de Francogney à l'aval étangs, la station échantillonnée mesure 50m de long pour 0,65m de largeur moyenne. Elle est représentative du tronçon du ruisseau de Francogney situé entre l'étang aval et la confluence du ruisseau des Œillets.

**Seule une truite a été capturée sur cette station**, au niveau d'une des rares zones profondes où des branches tombées à l'eau formaient une cache.

Figure 30 : résultats de la pêche électrique sur la station 5, ruisseau de Francogney en aval des étangs

espèce	total capturé	densité numérique (ind./10ares)	densité pondérale (kg/ha)	IPR
truite fario	1	30	13,94	26.3



**Conséquence de cette unique capture, biomasse et densité sont très faibles et la classe d'abondance obtenue de 1 est nettement inférieure à celle attendue que ce soit en B3+ (biotype actuel) ou en B2 (biotype originel approché).**

**L'IPR correspond à un état mauvais, un lien avec des déficits de densité d'individus invertivores et de densité totale. .**

On note également l'absence des autres espèces qui pourraient être présentes compte tenu du niveau typologique. Cette absence concerne principalement le chabot.

(La présence de vairon et lamproie est attendue en B3+, mais ce niveau typologique influencé par l'impact thermique des étangs ne reflètent pas réellement le potentiel piscicole du site)

### **Bilan de la comparaison entre les stations :**

**Comparativement au ruisseau des Œilletts, le ruisseau de Francogney en aval des étangs (mais amont de la confluence avec le ruisseau des Œilletts) présente une abondance de truite extrêmement réduite. La densité est 20 fois plus faible que sur le ruisseau de référence et la biomasse 5 fois plus faible.**

**D'autre part la seule truite capturée est un géniteur potentiel (173mm) et aucun juvénile de l'année ou immature n'est capturée sur la station.** Contrairement au ruisseau des Œilletts, le tronçon du ruisseau de Francogney situé entre l'étang aval et la confluence apparaît défavorable à la reproduction de la truite.

Plusieurs facteurs peuvent limiter le développement de cette espèce exigeante à l'aval des étangs :

- un régime thermique perturbé, avec des maximales enregistrées en 2015 à 22°C alors que la gamme de confort thermique de la truite est comprise entre 4 et 19°C et la température létale est de 25°C.
- un débit trop faible en étiage.
- un substrat colmaté par les débits végétaux et les matières fines, peu propice à la reproduction.
- un habitat de qualité passable, avec une surlargeur réduisant la hauteur d'eau et la quasi-absence de caches en sous-berge.
- Une qualité d'eau perturbée par des pics d'azote organiques notamment.

Si l'impact des étangs sur la qualité piscicole apparaît très fort sur le tronçon en aval immédiat des étangs (longueur de 230m), il est difficile d'apprécier son impact sur le peuplement piscicole en aval de la confluence avec le ruisseau des Œilletts, en l'absence de données de pêche électrique. Le débit et le régime thermique froid de cet affluent permettent vraisemblablement une moindre perturbation qu'à l'aval immédiat des étangs.

<b>Conclusion pour la biologie</b>
------------------------------------

Les impacts des étangs précédemment détaillés sur le milieu physique et la qualité d'eau agissent en synergie et influencent la structure et la composition des biocénoses aquatiques. L'impact sur la biologie peut être appréhendé par la comparaison des données du ruisseau de référence et du ruisseau de Francogney en aval immédiat des étangs.

**Tableau 25 : Bilan des indices biologiques.**

		4 : Aval étang aval	5 : ru. des Œilletts
Diatomées	<b>IBD</b>	<b>20/20</b>	<b>20/20</b>
	diversité spécifique	35	31
	% de taxons oligotrophes	38	23
<hr/>			
Invertébrés benthiques	<b>IBGN</b>	<b>14/20</b>	<b>13/20</b>
	variété	23	24
	groupe indicateur	8/9	7/9
	abondance	1718	1865
<hr/>			
Poissons	<b>IPR</b>	<b>26.3</b>	<b>15.1</b>
	densité truite (ind/10ares)	30	600
	biomasse truite (kg/ha)	13.9	64.8

**Au niveau des diatomées**, les deux stations étudiées sur le ruisseau de Francogney en aval des étangs et sur le ruisseau des Œilletts présentent toutes deux un IBD maximal de 20/20, en très bon état DCE. L'indice ne marque pas de différence notable sur la qualité du peuplement de diatomées à l'aval des étangs et les deux stations sont caractérisées par un peuplement typique de milieux non impactés par les nutriments et les apports de matière organique assimilables. On précise que les diatomées sont surtout influencées par ces derniers facteurs, mais peu influencées par la qualité de l'habitat et la thermie.

Le pourcentage de taxons oligotrophes est un peu plus élevé sur la station du ruisseau de Francogney en aval des étangs que sur le ruisseau des œilletts (38% contre 23%) tandis que le pourcentage de taxons mésotrophes est un peu plus élevé sur le ruisseau des Œilletts (11% contre 2%). La station 4 présente donc une tendance légèrement plus oligotrophe, probablement liée à la consommation de nutriments par les végétaux au niveau des étangs.

**Les IBGN** se situent sur les deux stations dans la gamme de bon état DCE, mais on note la perte d'un point pour l'IBGN et le groupe indicateur sur le ruisseau de Francogney. Si cette différence peut sembler modeste, l'analyse des listes faunistiques atteste d'une moins bonne qualité de l'eau et de l'habitat sur la station à l'aval des étangs par rapport à la station de référence. La régression des taxons polluosensibles, exigeant une eau froide et un substrat non colmaté (*Odontoceridae*, *Philopotamidae*, *Goeridae*, *Planariidae*) s'accompagne d'un développement des taxons saprobiontes (appréciant la matière organique) et des taxons typiques des eaux calmes et des substrats colmatés (chironomidae, oligochètes)

**Au niveau du peuplement piscicole**, la truite est la seule espèce présente sur les deux ruisseaux. Aucune perturbation du peuplement par des espèces atypiques issues des étangs n'est constatée.

En revanche, comparativement au ruisseau des Œillets, le ruisseau de Francogney en aval des étangs (mais amont de la confluence avec le ruisseau des Œillets) présente une abondance de truite extrêmement réduite. La densité est 20 fois plus faible que sur le ruisseau de référence et la biomasse 5 fois plus faible ; aucun juvénile n'est capturé.

En outre, contrairement au ruisseau des Œillets, le tronçon du ruisseau de Francogney situé entre l'étang aval et la confluence, ne montre aucun faciès favorable à la reproduction de la truite.

Plusieurs facteurs peuvent limiter le développement de cette espèce exigeante à l'aval des étangs :

- un régime thermique perturbé, avec des maximales enregistrées en 2015 à 22°C alors que la gamme de confort thermique de la truite est comprise entre 4 et 19°C et la température létale est de 25°C.
- un débit trop faible en étiage.
- un substrat colmaté par les débits végétaux et les matières fines, peu propice à la reproduction.
- un habitat de qualité passable, avec une sur largeur réduisant la hauteur d'eau et la quasi-absence de caches en sous-berge.
- Une qualité d'eau perturbée, notamment par des pics d'azote organiques

## **7. Conclusion du diagnostic.**

### **7.1.La géologie**

Le secteur est marqué par deux aquifères principaux :

**L'aquifère du Bundsanstein supérieur** : Niveau à porosité moyenne avec restitution lente.

**L'aquifère du Bundsanstein moyen** : Niveau à forte porosité qui constitue un aquifère important alimenté par les formations sus-jacentes

Ces aquifères jouent un rôle majeur dans l'alimentation d'étiage du ruisseau de Francogney et du ruisseau des Œilletts. La restitution du premier traduit la faible capacité de stockage (pourtant renforcée par la présence des étangs). Le ruisseau des Œilletts montre au contraire un soutien de débit d'étiage remarquable en lien avec un aquifère plus puissant.

#### **Le plan d'eau amont**

Le plan d'eau amont n'est pas alimenté par une source ou un ru même temporaire. L'alimentation du plan d'eau se fait par les parties supérieures de l'aquifère sous jacent.

#### **Le plan d'eau intermédiaire**

Le plan d'eau n'est pas alimenté de façon visible par l'étang amont en étiage. L'alimentation du plan d'eau se fait par l'aquifère sous jacent.

#### **Le plan d'eau aval**

Le plan d'eau est alimenté par le débit de fuite du plan d'eau intermédiaire. L'alimentation du plan d'eau se fait également par l'aquifère sous jacent.

#### **L'affluent en rive droite**

L'affluent en rive droite est alimenté par une double source au niveau de l'aquifère du Bundsanstein moyen mis a jour par des failles qui décalent les compartiments géologiques.

## 7.2. Les bassins versants topographiques

**Le bassin versant topographique associé au ruisseau de Francogney à l'aval des étang (confluence du ruisseau des Œillets) une surface d'environ 0,86 km<sup>2</sup>** (environ 20 fois la surface des trois étangs). Non urbanisé et traversé seulement par des pistes forestières, il est essentiellement couvert de forêts feuillues ou mixtes (incluant quelques plantations résineuses) ; il intègre également quelques parcelles de prairies sur le secteur de Maupotel. L'eau transitant par ce bassin ne subit donc pas d'altération particulière avant de se concentrer dans les étangs (CEN-L 2014).

**Le bassin versant du ruisseau des Œillets, affluent rive droite du ruisseau de Francogney** présente une surface de **0,85 km<sup>2</sup>**. Ce ruisseau, qui conflue en aval des étangs de Francogney, peut être utilisé comme cours d'eau « témoin ». Il ne présente pas d'étang sur son linéaire et une superficie extrêmement proche de celle du Ruisseau de Francogney, en amont de leur confluence.

**De superficie parfaitement comparable**, ces bassins versants de par leur nature géologique différente, définissent une hydrologie qui confère au ruisseau des Œillets, des débits d'étiage très largement dominants.

Sur le ruisseau de Francogney ; la présence des étangs renforce la capacité de stockage **du Bundsanstein supérieur**.

## 7.3. Configuration des étangs

### Alimentation en eau :

L'alimentation apicale de l'étang amont provient de l'écoulement situé en amont dans l'axe de la vallée par l'aquifère sous-jacent; celui-ci ne forme cependant pas un ruisseau délimité mais présente un faciès **d'écoulement diffus**

Pour l'étang du milieu outre l'alimentation temporaire par le déversoir de l'étang amont., l'alimentation s'opère par l'aquifère géologique gréseux sous-jacent

Pour l'étang du bas, outre l'alimentation temporaire par la restitution (trop plein et fuites) de déversoir de l'étang du milieu, l'alimentation s'opère par l'aquifère géologique gréseux sous-jacent

Digue: Pour les 3 étangs, les digues sont des ouvrages poids, établis en barrage dans le fond de vallon et constitués de terre et de pierres ; La digue de l'étang amont est renforcée par un mur maçonné coté étang.

Les digues sont en état variable. Bon pour l'étang amont, fuyardes pour l'étang du milieu, affaiblie par les submersion pour l'étang aval. La digue de l'étang amont est renforcée par un mur maçonné coté étang.

La végétation arborescente, qui pousse sur les digues nécessitera un entretien pour la sauvegarde des ouvrages. La présence de gros chênes sur le parement amont de l'étang du milieu le rend le plus vulnérable à cette problématique.

### **Systèmes de vidange :**

Les systèmes de vidanges sont obsolètes sur l'étang amont et l'étang du milieu

- moine non fonctionnel sur l'étang amont
- crémaillère complètement altérée sur l'étang du milieu (système de buse + bouchon de chêne)

Le système serait encore fonctionnel sur l'étang aval mais il ne semble pas possible de réaliser une vidange complète...

Pour les 3 étangs, les débits réservés ne sont pas assurés par des restitutions d'eau de fond.

### **Déversoir et surverse d'orage :**

Sur l'étang amont, un déversoir d'orage, implanté en rive gauche, constitue, de fait, le seul exutoire de l'étang et reste en charge tant que la côte d'eau le permet.

Pour l'étang du milieu et l'étang aval, les dépôts sédimentaire semble limiter l'efficacité des surverses de crues disposées en rive droite des ouvrages.

### **Bathymétrie et marnage :**

En conditions de hautes eaux, l'étang du milieu présente une surface proche de 2,1 hectares tandis que la surface de l'étang aval est de 0,82 hectares. (2,5 fois plus faible).

En termes de volume, l'étang du milieu (24 645 m<sup>3</sup>) permet de stocker un volume 3,14 fois plus important que l'étang aval (7 842 m<sup>3</sup>).

Les profondeurs maximales sont assez proches, 1,9m pour l'étang du milieu et 1,78m pour l'étang aval. La profondeur moyenne est légèrement plus élevée sur l'étang du milieu avec 1,17m contre 0,95m pour l'étang aval.

Les configurations bathymétriques sont cependant fort différentes en termes de capacité d'accueil d'une végétation amphibie rivulaire.

L'étang amont à partir de l'isobathe 0.75 m présente des pentes douces qui après abaissement de la côte de remplissage maxi pourrait permettre l'installation de belles ceintures de végétations intégrant des groupements pionniers de vasières.

L'étang aval, plus homogène et plus encaissé ne permet pas une telle adaptation.

Enfin en termes de marnage et dans les configurations actuelles de restitution les amplitudes approchées sont de 0.50 m sur l'étang amont, inférieures à 0.30 m sur l'étang du milieu et de l'ordre de 0.10 m sur l'étang aval.

### **Les sédiments:**

#### **Les sédiments des deux étangs (milieu et aval) présentent logiquement des qualités assez proches**

Ils sont granulométriquement dominés tous deux par les sables issus de l'altération des grès du bassin versant, avec une texture plus fine pour l'étang du milieu.

Ils apparaissent assez pauvres en nutriments, phosphates et nitrates notamment. En revanche, en lien avec le contexte acide et forestier et le climat rigoureux, la matière organique tends à s'accumuler dans les sédiments, expliquant les concentrations conséquentes en Azote Kjeldahl et en Carbone Organique Total.

### **Flore patrimoniale**

L'étang du milieu ne présente actuellement aucune flore amphibie sensible, la seule espèce patrimoniale est le *Drosera rotundifolia* représenté par 1 ou 2 pieds. Il pourrait cependant en fonction du programme de gestion devenir favorable à la présence du Fluteau nageant (espèce pionnière acceptant une profondeur jusqu'à 1.5-2m)

L'étang aval présente quant à lui, un gazon de bordure acide et le scirpes flottant qui ne toléreront pas une modification permanente des niveaux d'eau estivaux. Sur cet étang, le fluteau nageant n'a pas été retrouvé depuis 2001, en lien probable avec l'absence d'exondation (à-sec). Les herbiers à Utriculaire sont également intéressants mais peuvent être en compétition avec le Fluteau.

### 7.3. Configuration des ruisseaux

#### Hydrologie.

L'étang amont (courbe jaune) ne restitue plus dès le 25 juin. A cette date les suintements ou très faibles apports amont sont déjà compensés par l'évaporation : la surverse est dénoyée. Aucun apport n'est observé par pertes ou contournement de la digue.

Les débits moyens calculés sur le ruisseau de Francogney sur l'ensemble du suivi sont de :

- 0.37 l/s en sortie de l'étang du milieu
- 0.63 l/s en sortie de l'étang aval

L'étang du milieu montre une restitution moyenne faible, issue de son trop-plein et de fuites à travers la digue

L'étang aval montre une restitution moyenne presque deux fois supérieure à celle de l'étang du milieu.

La présence des barrages sur le ruisseau de Francogney, accroît la recharge de nappe. Pour l'heure cet accroissement de recharge permet de soutenir les niveaux des étangs.

Le ruisseau des œillets montre la présence d'un aquifère beaucoup plus puissant les débits moyens sont près de 6 fois supérieurs pour un bassin versant de superficie équivalente.

En conséquence, l'intérêt piscicole de la tête de bassin s'établit naturellement sur cet affluent.

#### Thermie.

La thermie des 2 ruisseaux est très contrastée.

Les eaux du Ruisseau des Oeillets sont en permanence très fraîches et très tamponnées. Ces qualités sont à rapporter à un bassin versant forestier et à des débits d'étiage particulièrement soutenus

Les eaux du ruisseau de Francogney, sont sans conteste impactées thermiquement par la restitution de la chaîne d'étangs. Elles montrent cependant 250m à l'aval des caractéristiques encore proches de celles des exigences thermiques de la truite fario : 6 jours dépassant 19°C (limite de confort) en moyenne journalière et 15 jours en température maxi instantanée. Aucun jour dépassant 25°C (température létale)

L'impact thermique est accentué par la faiblesse des débits d'étiage, il est probablement atténué par la densité du couvert forestier.

En termes d'écart thermiques des deux ruisseaux les résultats sont sans appel

	<b>Delta thermique entre les 2 ruisseaux en °C</b>
<b>Tp maximale instantanée</b>	<b>7.9</b>
<b>Moyenne des maximales des 30 jours les plus chauds</b>	<b>6.2</b>
<b>Amplitude journalière</b>	<b>2.1</b>

### **Physico-chimie :**

Des valeurs de pH indiquant une forte acidité de l'eau sur toutes les stations.

Une très faible minéralisation, typique des têtes de bassin vosgienne sur roche gréseuse.

Un caractère oligotrophe très marqué sur toutes les stations de cours d'eau avec de faibles concentrations en nutriments, qu'ils soient azotés ou phosphorés. Les apports anthropiques en nutriment apparaissent négligeables à l'échelle du bassin versant.

## 7.4. Impacts des étangs

### impact morphologique :

Les observations de terrain et la comparaison au ruisseau de référence (ruisseau des Œillets) indiquent que le linéaire de 250m du ruisseau de Francogney situé entre l'étang aval et la confluence avec le ruisseau des Œillets présente une nette dégradation de sa qualité physique : surlargeur conduisant à un étalement de la lame d'eau, quasi-absence de zones profondes, homogénéité des faciès d'écoulement, colmatage par les matières organiques fines...

Cette altération trouve une double origine :

- La modification sur quatre-vingt mètres du tracé du ruisseau a conduit à la formation d'un lit homogène, rectiligne et surdimensionné.
- Les déficits hydriques estivaux et l'apport de matières en suspension (issues des étangs) qui réduisent les vitesses d'écoulement, les hauteurs d'eau et favorisent la sédimentation.

A l'aval de la confluence des 2 ruisseaux, la qualité physique est préservée, le lit n'ayant pas subi de modification de son tracé. Les apports de sédiments par le ruisseau de Francogney maintiennent cependant un colmatage partiel dans les faciès les plus calmes, tandis que les apports d'eau soutenus par le ruisseau des Œillets permettent de conserver une diversité intéressante d'écoulement et de hauteur d'eau.

### Impact hydrologique

Pour les 2 étangs aval et comparativement à un écosystème de type forêt, le déficit de débit lié à l'évaporation des étangs, est reporté en l/s et s'établit entre 0.27 l/s et 0.35 l/s

Ces valeurs ne sont pas négligeables et sont à rapprocher de celle de la restitution d'étiage moyenne, mesurée lors du suivi à 0.49 l/s en sortie d'étang aval.

### Impact thermique

L'étang amont restitue par surverse une eau de surface, son système de moine étant obsolète. L'étang du milieu restitue par un système de tuyau de l'eau de surface, mais un apport d'eau de fond est également observé qui pourrait provenir de son système de vanne, obsolète ou de sa digue fuyarde..

L'étang du bas restitue par un tuyau une eau dont on ignore la cote de piquage (plusieurs dizaine de centimètres sous la surface).

Les apports à l'étang amont sont temporaires. La restitution d'eau par l'étang amont est temporaire.

Les restitutions de l'étang du milieu et de l'étang aval sont **permanentes**.

Lors de la journée la plus chaude (6 juin 2015) la température moyenne journalière de l'eau est de 23,3°C pour l'exutoire de l'étang amont, 24,8°C pour l'exutoire de l'étang du milieu et de 26,6°C en surface de l'étang aval. Pour les températures maximales, celles-ci sont

respectivement de 25,1°C, 26,6°C puis 29,7°C. Les autres variables descriptives du réchauffement confirment cette tendance.

La chaîne d'étangs joue donc bien un rôle de réchauffement net en période estivale. Cet impact doit cependant être pondéré par la faiblesse des apports du Thalweg à l'amont de l'étang amont (régime temporaire) et par l'altération de l'ensemble des systèmes de restitution.

La simple mise en place d'une restitution par 1 moine sur l'étang aval permettrait de réduire l'impact thermique de 7.1°C pour la température maximale et de 6.1°C pour la moyenne des maximales des 30 jours les plus chauds de l'année.

### Impact physico-chimique

L'oxygénation du ruisseau de Francogney montre une sous-saturation en oxygène en comparaison du ruisseau des Oeillets.

La consommation de nutriments par les végétaux des étangs semblent encore accentuer le caractère oligotrophe en aval des plans d'eau où les nitrates sont inférieurs à 0,5 mg/L.

Une altération modérée de la qualité de l'eau s'observe sur le tronçon en aval des étangs ; elle est due à des pics de carbone organique dissous. La décomposition de la matière organique (litière, débris végétaux) stockées dans les étangs et dans le cours d'eau en aval explique ces apports excessifs.

### Impact biologique

Les impacts des étangs précédemment détaillés sur le milieu physique et la qualité d'eau agissent en synergie et influencent la structure et la composition des biocénoses aquatiques.

L'impact sur la biologie peut être appréhendé par la comparaison des données du ruisseau de référence et du ruisseau de Francogney en aval immédiat des étangs.

**Tableau 26 : Bilan des indices biologiques.**

		4 : Aval étang aval	5 : ru. des Oeillets
Diatomées	<b>IBD</b>	<b>20/20</b>	<b>20/20</b>
	diversité spécifique	35	31
	% de taxons oligotrophes	38	23
Invertébrés benthiques	<b>IBGN</b>	<b>14/20</b>	<b>13/20</b>
	variété	23	24
	groupe indicateur	8/9	7/9
	abondance	1718	1865
Poissons	<b>IPR</b>	<b>26.3</b>	<b>15.1</b>
	densité truite (ind/10ares)	30	600
	biomasse truite (kg/ha)	13.9	64.8

**Au niveau des diatomées**, les deux stations étudiées sur le ruisseau de Francogney en aval des étangs et sur le ruisseau des Œillets présentent toutes deux un IBD maximal de 20/20, en très bon état DCE. L'indice ne marque pas de différence notable sur la qualité du peuplement de diatomées à l'aval des étangs et les deux stations sont caractérisées par un peuplement typique de milieux non impactés par les nutriments et les apports de matière organique assimilables. On précise que les diatomées sont surtout influencées par ces derniers facteurs, mais peu influencées par la qualité de l'habitat et la thermie.

Le pourcentage de taxons oligotrophes est un peu plus élevé sur la station du ruisseau de Francogney en aval des étangs que sur le ruisseau des œillets (38% contre 23%) tandis que le pourcentage de taxons mésotrophes est un peu plus élevé sur le ruisseau des Œillets (11% contre 2%). La station 4 présente donc une tendance légèrement plus oligotrophe, probablement liée à la consommation de nutriments par les végétaux au niveau des étangs.

**Les IBGN** se situent sur les deux stations dans la gamme de bon état DCE, mais on note la perte d'un point pour l'IBGN et le groupe indicateur sur le ruisseau de Francogney. Si cette différence peut sembler modeste, l'analyse des listes faunistiques atteste d'une moins bonne qualité de l'eau et de l'habitat sur la station à l'aval des étangs par rapport à la station de référence. La régression des taxons polluosensibles, exigeant une eau froide et un substrat non colmaté (*Odontoceridae*, *Philopotamidae*, *Goeridae*, *Planariidae*) s'accompagne d'un développement des taxons saprobiontes (appréciant la matière organique) et des taxons typiques des eaux calmes et des substrats colmatés (*chironomidae*, *oligochètes*)

**Au niveau du peuplement piscicole**, la truite est la seule espèce présente sur les deux ruisseaux. Aucune perturbation du peuplement par des espèces atypiques issues des étangs n'est constatée.

En revanche, comparativement au ruisseau des Œillets, le ruisseau de Francogney en aval des étangs (mais amont de la confluence avec le ruisseau des Œillets) présente une abondance de truite extrêmement réduite. La densité est 20 fois plus faible que sur le ruisseau de référence et la biomasse 5 fois plus faible ; aucun juvénile n'est capturé.

En outre, contrairement au ruisseau des Œillets, le tronçon du ruisseau de Francogney situé entre l'étang aval et la confluence, ne montre aucun faciès favorable à la reproduction de la truite.

Plusieurs facteurs peuvent limiter le développement de cette espèce exigeante à l'aval des étangs :

- un régime thermique perturbé, avec des maximales enregistrées en 2015 à 22°C
- un débit trop faible en étiage.
- un substrat colmaté par les débits végétaux et les matières fines, peu propice à la reproduction.
- un habitat de qualité passable, avec une surlargeur réduisant la hauteur d'eau et la quasi-absence de caches en sous-berge.
- Une qualité d'eau perturbée, notamment par des pics d'azote organiques

BIBLIOGRAPHIE
---------------

**ARSEGUEL D. & ROUSSENAC S., 2003.** *Inventaire du patrimoine naturel du sud-ouest du département des Vosges*. Conservatoire des Sites Lorrains. 33 p. + annexes

**BARBE ET al 2003** : Protocole actualisé de la diagnose rapide des plans d'eau. 23 pages + annexes. Agence de l'eau et CEMAGREF.

**BARDIN P. 2001** : plan national d'actions 2012-2016 en faveur du fluteur nageant (*Lurionium natans*). 184 pages.

**BOUDOT J.P. & JACQUEMIN G., 2002.** – *Inventaire et statut des Libellules de Lorraine*. SLE, DIREN, 68p.

**CEN LORRAINE, 2012.** *Etude relative à la diversité des étangs de la Vôge – Zone biogéographique de la Vôge (88)*. 43 p. + annexes.

**CEN LORRAINE, 2014** : Diagnostic écologique 2014. Etangs de Francogney des bois. Site naturel remarquable ENS 88 E18. 45 pages + annexes.

**DAMBRINE, E., PARTY, J. P., POLLIER, B., NICOLAÏ, M., PROBST, A., ROZIN, C. H., & DUC, M.** (1999) *Acidification des eaux de source et saturnisme dans le Massif vosgien*. Revue forestière française, (2), 173-183.

**DUMOUTIER Q., VIGIER L. ET CAUDRON A. 2010.** Macro Excel d'Aide au Calcul de variables thermiques appliquées aux Milieux Aquatiques Salmonicoles, MACMASalmo1.0. Rapport SHL293.2010 / FDP74.10/03 disponible sur [http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1\\_bis.php?categ=5](http://www.pechehautesavoie.com/telechargement1_bis.php?categ=5)

**FLETCHER A. R., MORISON A. K. & HUME D. J., 1985.** Effects of carp, *Cyprinus carpio* L., on communities of aquatic vegetation and turbidity of waterbodies in the lower Goulburn River basin. Australian Journal of Marine and Freshwater Research 36: 311-327.

**FLUVIALIS & ECODEVE, 2012** : Etude hydro géomorphologique sur les cours d'eau du bassin du Coney. Phase 1 Diagnostic du territoire 135 pages.

**FOURVEL 2010**: Minéralisation de la matière organique d'un étang piscicole extensif au cours d'un assec de gestion. <http://web04.univ-lorraine.fr/ENSAIA/marie/web/ntic/pages/2010/fourve.html>

**GREULICH S, 1999.** Compétition, perturbation et productivité potentielle dans la définition de l'habitat d'espèce rare : étude expérimentale du macrophyte aquatique *Lurionium natans* (L.) Rafin. Thèse universitaire Claude Bernard – Lyon I, 144p.

**MEIJER M.-L., DE HAAN M. W., BREUKELAAR A. W. & BUITEVELD H., 1990.** Is reduction of the benthivorous fish an important cause of high transparency following biomanipulation in shallow lakes ? *Hydrobiologia* 200(201):303-315.

**NISBET M. & VERNEAUX J., 1970**: Composantes chimiques des eaux courantes, discussion et propositions de classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques. *Annls. Limnol.* 6(2): 161-190.

**PATTEE E. 1966** : Coefficients thermiques et écologie de quelques planaires d'eau douce. Annales de Limnologie t2 fasc 3 1966 p 469-475.

**RAHON J. 2007:** Détermination des exigences écologiques et des causes de la rareté du fluteur nageant (*Lurionium natans*). Synthèse bibliographique Licence IMACOF Université de Tours. 12 pages.

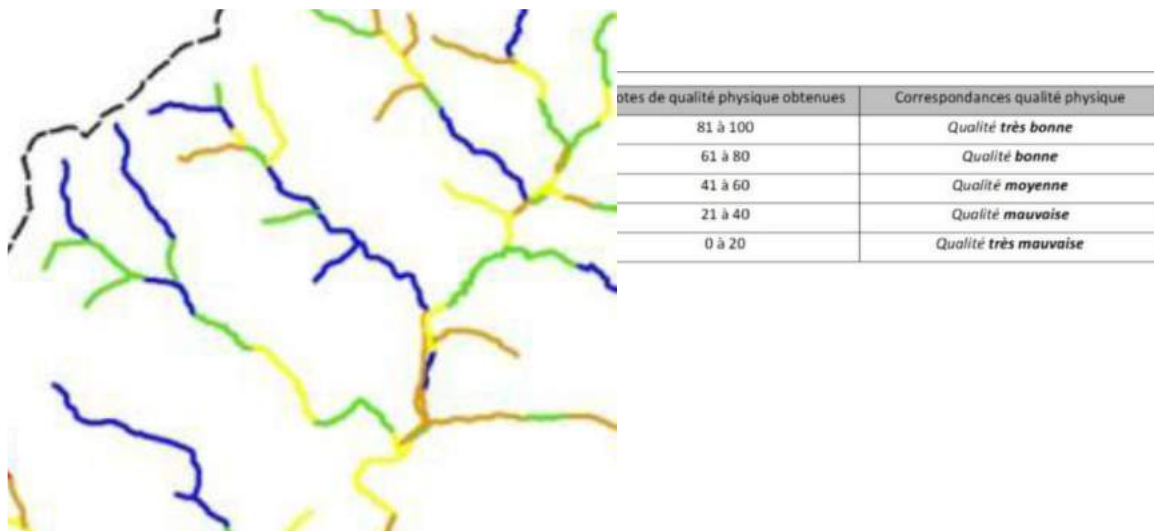
**ROSET ET BELLIARD, ONEMA 2006 :** l'Indice poisson rivière. Notice de présentation et utilisation.

**VERNEAUX J. 1982 :** Expression biologique, qualitative et pratique de l'aptitude des cours d'eau au développement de la faune benthique. Un coefficient d'aptitude biogène : le CB2. Ann. Sci Univ. Besançon Biol. Anim.

**VERNEAUX J. 1977 :** Biotypologie de l'écosystème « eau courante ». Déterminisme approché de la structure biotypologique. C.R. Acad. Sc. Paris 284 : pp 77-79.

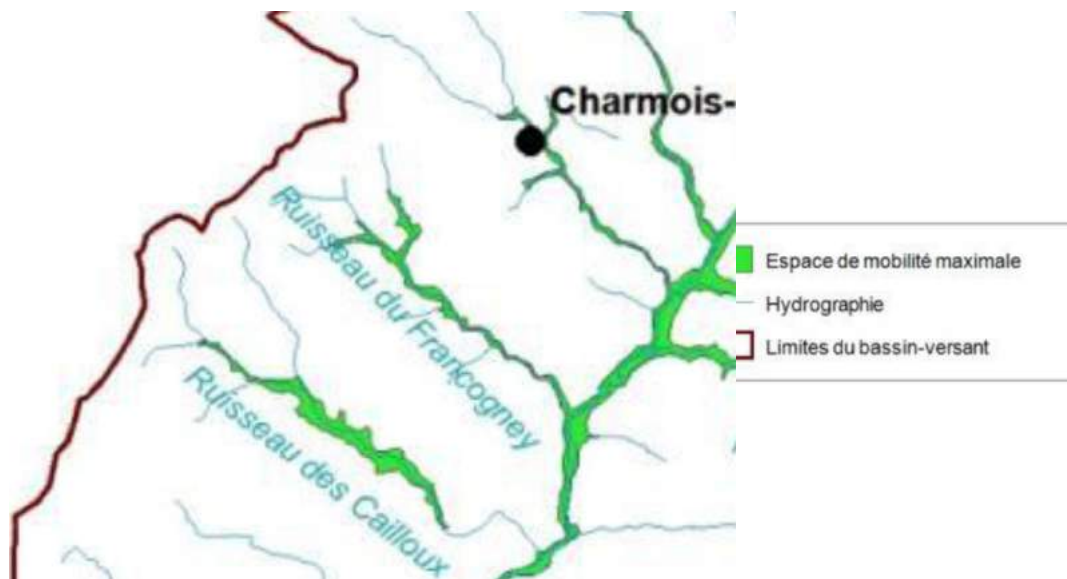
**VERNEAUX J. 1973 :** Cours d'eau de Franche-Comté. Recherche sur le réseau hydrographique du Doubs. Essai de biotypologie. Thèse d'Etat Univ. Fr.Comté, Besançon 275 pages

**ANNEXE 1: EXTRAIT DE L'ETUDE HYDROMORPHOLOGIQUE 2012, DU CONEY ET DE SES AFFLUENTS (FLUVIAL.IS & ECODEVE, 2012).**



**Qualité physique global selon la méthode QUALIT.IS (FLUVIAL.IS 2012)**

Le ruisseau de Francogney est caractérisé par une qualité physique bonne à très bonne. Le ruisseau est globalement préservé du fait de son contexte topographique avec des versants prononcés et boisés, notamment sur sa moitié aval.



**Espace de mobilité maximale du ruisseau de Francogney (FLUVIAL.IS 2012)**

L'espace de mobilité maximale correspond à la largeur disponible pour le cours d'eau afin qu'il puisse ajuster sa dynamique à long terme. Dans cet espace, le cours d'eau dispose d'une

amplitude qui lui permet de développer ses méandres et du stock alluvial qui lui sert de provision en charge solide. L'espace de mobilité la plus grande sur le ruisseau de Francogney est située sur sa première partie. Sur la partie aval, la vallée du ruisseau s'encaisse et l'espace de mobilité max est réduite.



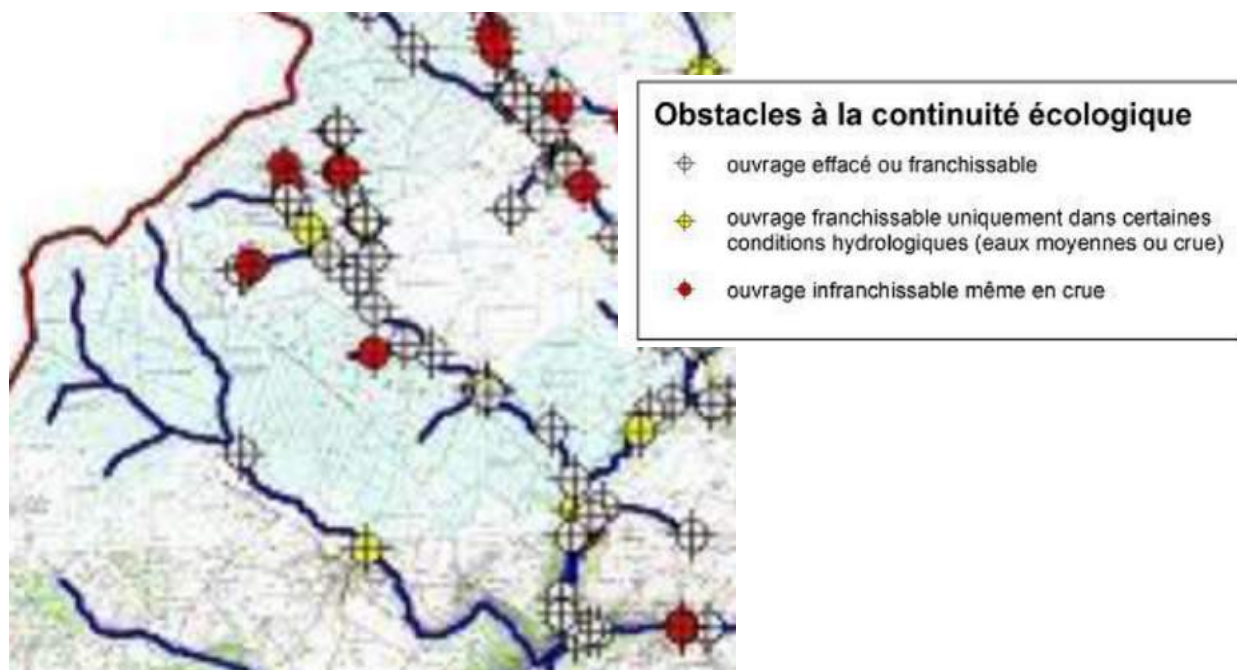
Recouvrement par les plantes envahissantes (FLUVIL.IS 2012)

Une majeure partie de la ripisylve, des cours d'eau de la tête de bassin du Coney, est envahie par la balsamine. D'après les reconnaissances FLUVIAL.IS 2012, le ruisseau de Francogney est encore épargné par cette plante invasive.



Qualité de la ripisylve et problématiques sur les berges (FLUVIAL.IS 2012)

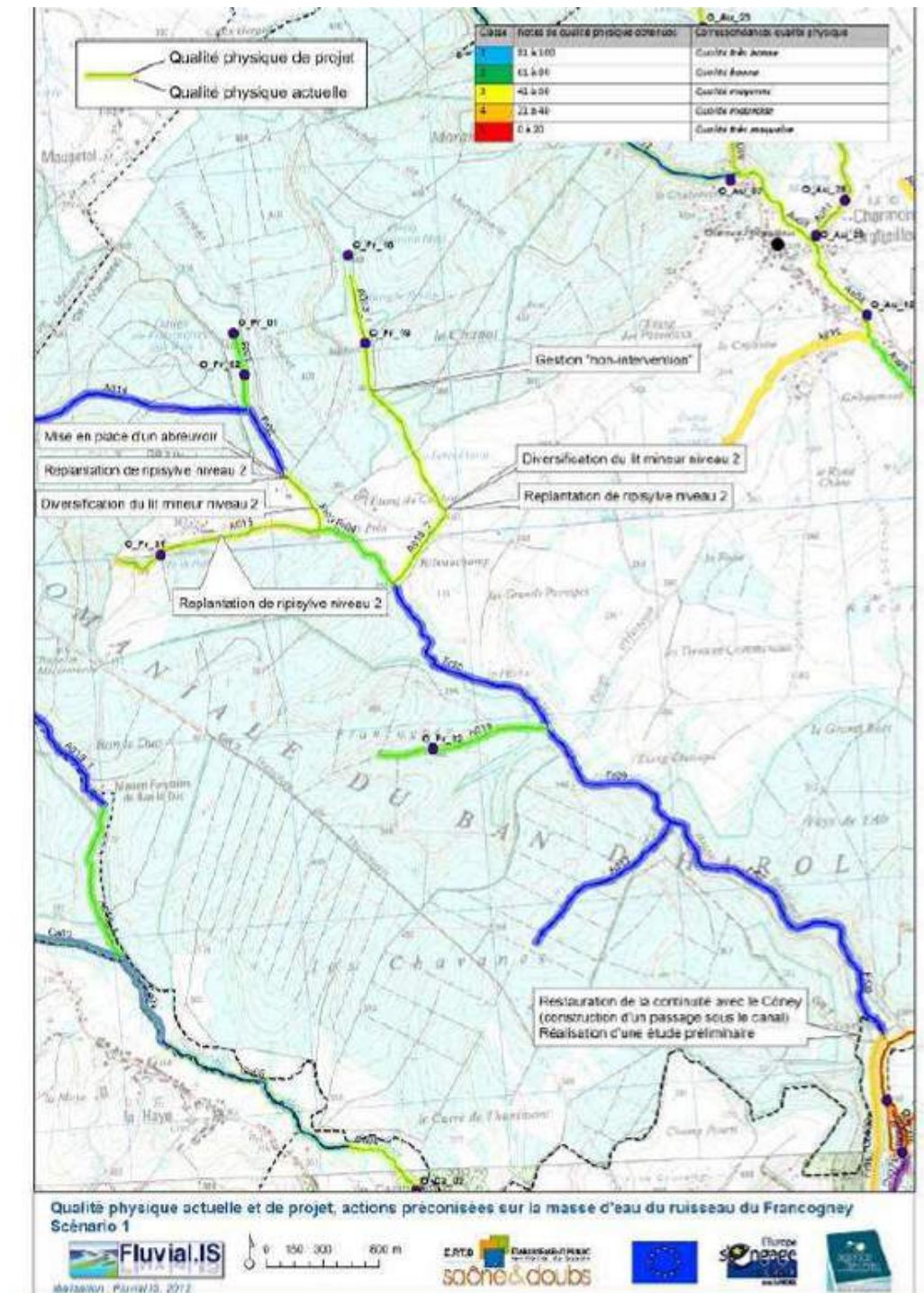
La qualité de la ripisylve sur l'ensemble du linéaire était jugée bonne à très bonne. La fonctionnalité de la ripisylve de deux affluents montre des altérations. Deux zones de piétinement par le bétail étaient relevées sur la partie apicale.

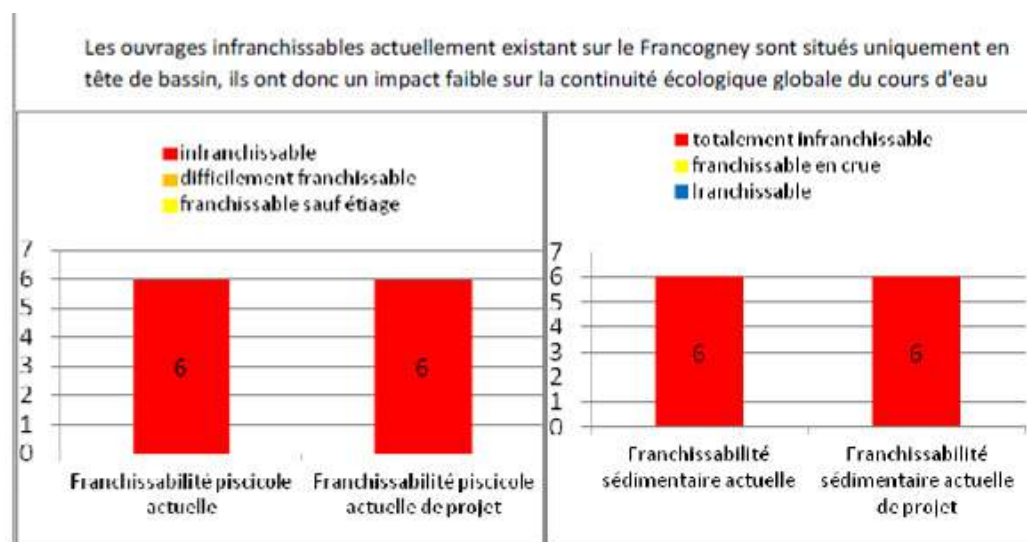
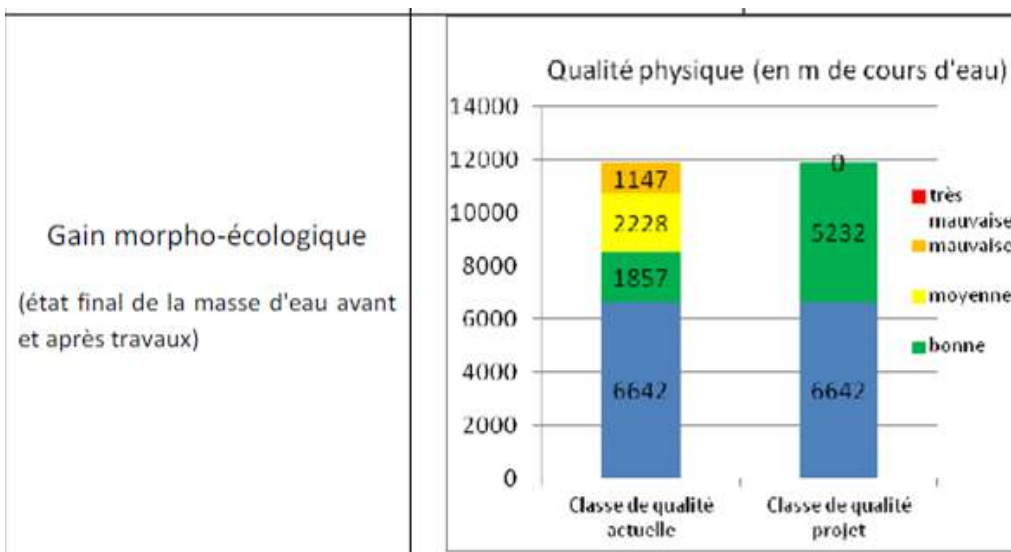


Localisation des obstacles à la continuité écologique (FLUVIAL.IS 2012)

La continuité écologique du ruisseau est perturbée par 11 ouvrages. Sur ce lot, 9 ouvrages sont jugés être totalement infranchissable et 2 ouvrages sont infranchissables en étiage. Les obstacles que constituent les étangs de Francogney des bois sont représentés en rouge au niveau de la source du ruisseau.

Les préconisations d'action 2012 portaient principalement sur la restauration de ripisylve, la diversification du lit mineur et la création d'abreuvoir. Les principaux obstacles infranchissables étant situés sur les parties apicales du réseau, la restauration de la continuité écologique n'était pas mentionnée comme pas un objectif à développer.





**Préconisations d'actions sur le ruisseau de Francogney FLUVIAL.IS 2012**

## ANNEXE 2 : LISTE FLORISTIQUES DETAILLEE DES PRELEVEMENTS IBD

**Liste floristique station 4 « Aval des étangs ».**

## Liste floristique :

Taxons	Effectif	%
EEXI Eunotia exigua (Brebisson ex Kützing) Rabenhorst	98	23,8808
GOMP GOMPHONEMA C.G. Ehrenberg	7	1,74129
PHEL Psammothidium helveticum (Hustedt) Bukhtiyarova et Round	6	1,49254
GPAR Gomphonema parvulum (Kützing) Kützing var. parvulum f. parvulum	5	1,24378
AAMB Aulacoseira ambigua (Grunow) Simonsen	4	0,99502
PPRI Pinnularia perirrorata Krammer	4	0,99502
NIGR Nitzschia gracilis Hantzsch	4	0,99502
PINU PINNULARIA C.G. Ehrenberg	4	0,99502
EMIN Eunotia minor (Kützing) Grunow in Van Heurck	37	9,20398
NDIF Navicula(dicta) difficillima Hustedt	3	0,74627
NAVI NAVICULA J.B.M. Bory de St. Vincent	3	0,74627
ETEN Eunotia tenella (Grunow in Van Heurck) Hustedt in Schmidt & al	29	7,21393
EINC Eunotia incisa Gregory var.incisa	20	4,97512
ENNG Encyonema neogratile Krammer	2	0,49751
FSBH Fallacia subhamulata (Grunow in V. Heurck) D.G. Mann	2	0,49751
FVIR Fragilaria virescens Ralfs	2	0,49751
FVUL Frustulia vulgaris (Thwaites) De Toni	2	0,49751
EOMI Eolimna minima(Grunow) Lange-Bertalot	2	0,49751
FSLU Fallacia sublucidula (Hustedt) D.G. Mann	2	0,49751
AUPU Aulacoseira pusilla (Meister) Tuji et Houki	2	0,49751
PVIR Pinnularia viridis (Nitzsch) Ehrenberg var.viridis morphotype 1	2	0,49751
DCOT Diademesis contenta (Grunow ex V. Heurck) Mann	14	3,48259
VUCO Diatomées non identifiées vue connectives	14	3,48259
EBIL Eunotia bilunaris (Ehr.) Mills var. bilunaris	12	2,98507
BNEG Brachysira neglectissima Lange-Bertalot	11	2,73632
GEXL Gomphonema exilissimum(Grun.) Lange-Bertalot & Reichardt	104	25,8708
NITZ NITZSCHIA A.H. Hassall	1	0,24876
PFIB Peronia fibula (Breb.ex Kütz.)Ross	1	0,24876
NCRY Navicula cryptocephala Kützing	1	0,24876
PTCO Platessa conspicua (A.Mayer) Lange-Bertalot	1	0,24876
FPRU Fragilaria pararumpens Lange-Bertalot, Hofmann & Werum in Hofmann & al.	1	0,24876
SPUP Sellaphora pupula (Kützing) Mereschkowksy	1	0,24876
SSVE Staurosira venter (Ehr.) Cleve & Moeller	1	0,24876
DPST Discoostella pseudostelligera (Hustedt) Houk et Klee	1	0,24876
XXXX DIATOMEE NON IDENTIFIEE (indéterminée)	1	0,24876

### Liste floristique station 5 « ruisseau des Œillets ».

#### Liste floristique :

Taxons		Effectif	%
EINC	Eunotia incisa Gregory var.incisa	83	20,4938
ETEN	Eunotia tenella (Grunow in Van Heurck) Hustedt in Schmidt & al	8	1,97531
ADPY	Achnanthydium pyrenaicum (Hustedt) Kobayasi	7	1,7284
APED	Amphora pediculus (Kützing) Grunow	6	1,48148
VUCO	Diatomées non identifiées vue connectives	6	1,48148
FVIR	Fragilaria virescens Ralfs	5	1,23457
NCTE	Navicula cryptotenella Lange-Bertalot	5	1,23457
XXXX	DIATOMÉE NON IDENTIFIÉE (indéterminée)	4	0,98765
TVEN	Tabellaria ventricosa Kützing	4	0,98765
PHEL	Psammothidium helveticum (Hustedt) Bukhtiyarova et Round	34	8,39506
ADMI	Achnanthydium minutissimum (Kützing) Czarnecki	32	7,90123
EUNO	EUNOTIA C.G. Ehrenberg	31	7,65432
EMIN	Eunotia minor (Kützing) Grunow in Van Heurck	30	7,40741
FSLU	Fallacia sublucidula (Hustedt) D.G. Mann	3	0,74074
NDIS	Nitzschia dissipata (Kützing) Grunow ssp.dissipata	3	0,74074
EOMI	Eolimna minima(Grunow) Lange-Bertalot	2	0,49383
ENRE	Encyonema reichardtii (Krammer) D.G. Mann in Round Crawford & Mann	2	0,49383
PLFR	Planothidium frequentissimum(Lange-Bertalot)Lange-Bertalot	2	0,49383
CLCT	Caloneis lancettula (Schulz) Lange-Bertalot & Witkowski	2	0,49383
SSVE	Staurosira venter (Ehr.) Cleve & Moeller	2	0,49383
PINU	PINNULARIA C.G. Ehrenberg	2	0,49383
NTPT	Navicula tripunctata (O.F.Müller) Bory	2	0,49383
AMID	Amphora indistincta Levkov	2	0,49383
EEXI	Eunotia exigua (Brebisson ex Kützing) Rabenhorst	112	27,6543
NAVI	NAVICULA J.B.M. Bory de St. Vincent	10	2,48914
RABB	Rhoicosphenia abbreviata (C.Agardh) Lange-Bertalot	1	0,24691
KARA	KARAYEVIA Round & Bukhtiyarova	1	0,24691
TFLO	Tabellaria flocculosa (Roth) Kützing	1	0,24691
FMIT	Fallacia mitis (Hustedt) D.G.Mann	1	0,24691
NEID	NEIDIUM E. Pfitzer	1	0,24691
ACHD	ACHNANTHIDIUM F.T. Kützing	1	0,24691

**ANNEXE 3 : Calcul du coefficient d'aptitude biogène (Cb<sub>2</sub>) :**

$$\boxed{\mathbf{Cb}_2 = \mathbf{In} + \mathbf{Iv}}$$

avec :  $\mathbf{In} = 1,21 (\Sigma i/k)$  avec  $k = n/4$   
 $\mathbf{Iv} = 0,22 N$

**Cb<sub>2</sub>** : Coefficient d'aptitude biogène arrondi à l'unité ou la demi-unité la plus proche.

**In** : Indice de nature de la faune.

**Iv** : Indice de variété de la faune.

In et Iv sont arrondis par excès à une décimale près.

**N** : Nombre total de taxons présents dans l'échantillon.

**n** : nombre de taxons indicateurs.

Pour être pris en compte comme indicateur, un taxon doit :

- être affecté d'un coefficient *i*.
- être représenté dans l'échantillon par au moins 3 individus.

**k** : premier entier  $\geq n/4$  représentant le nombre de taxons indicateurs affectés des coefficients *i* les plus élevés et entrant dans le calcul de  $\Sigma i$ .

**i** : coefficient indicateur unitaire  $1 \leq i \leq 9$

**$\Sigma i$**  : Somme des *k* meilleurs coefficients des taxons indicateurs.

**$\Sigma i/k$**  : Rapport calculé à deux décimales sans approximation

**Répertoire des 92 taxons indicateurs classés selon i et par ordre alphabétique :**

<b>i = 9</b>	<b>i = 6</b>	<b>i = 3</b>
Astacidae Beraeidae Chloroperlidae Perlodidae Thremmatidae	Athericidae Dryopidae Haliplidae Helodidae Hydroptilidae Leptophlebiidae Leuctridae Nemouridae Osmylidae Phryganeidae Polycentropodidae Psychodidae Psychomyidae Rhyacophilidae	Caenidae Corixidae Dendrocoelidae Gammaridae Hydrobiidae Hydropsychidae Limnaeidae Neritidae Physidae Piscicolidae Viviparidae
<b>i = 8</b>	<b>i = 5</b>	<b>i = 2</b>
Brachycentridae Capniidae Goeridae Oligoneuriidae Perlidae Philopotamidae Siphonuridae Taeniopterygidae	Aeschnidae Blephariceridae Bythinellidae Ceratopogonidae Cordulegasteridae Ecnomidae Elmidae Gomphidae Hydraenidae Leptoceridae Libellulidae Limoniidae Planariidae Sialidae Stratiomyidae Tipulidae	Atyidae Ancyliidae Baetidae Bithyniidae Glossiphoniidae Orconectes Planorbidae Valvatidae
<b>i = 7</b>	<b>i = 4</b>	<b>i = 1</b>
Empididae Ephemeridae Glossosomatidae Helophoridae Heptageniidae Lepidostomatidae Molannidae Odontoceridae Polymitarcidae Potamanthidae Sericostomatidae	Aphelocheiridae Calopterygidae Coenagrionidae Dugesiiidae Dytiscidae Ephemerellidae Gyrinidae Limnebiidae Limnephilidae Platycnemididae Simuliidae Sphaeridae Tabanidae Unionidae	Asellidae Chironomidae Dreissenidae Erpobdellidae Oligochètes

## ANNEXE 4 : LISTES FAUNISTQUES DETAILLEES DES PRELEVEMENTS IBGN

## Liste faunistique station 5 « ruisseau des Œillets ».

26/05/2015

		SV1	SV2	SV3	SV4	SV5	SV6	SV7	SV8	Abondance	
		5 3	2 3	7 1	6 3	6 5	7 3	9 3	5 5	Cumulée	Relative
<b>INSECTES</b>											
<b>PLECOPTERES</b>	<b>genre</b>										
<i>Leuctridae</i>	<i>Leuctra</i>	30		2	15	3	1	62	4	117	6,8%
<i>Nemouridae</i>	<i>Nemoura et Protonemoura</i>	1		1		2		1	4	9	0,5%
<b>TRICHOPTERES</b>											
<i>Goeridae</i>	<i>Silo</i>					1				1	0,1%
<i>Hydropsychidae</i>	<i>Hydropsyche</i>					1				1	0,1%
<i>Limnephilidae</i>	<i>Limnephilinae et 1 Drusus</i>	6		10		1	10	13	3	43	2,5%
<i>Odontoceridae</i>	<i>Odontocerum</i>	3			1	1	1		1	7	0,4%
<i>Philopotamidae</i>	<i>Wormaldia</i>	1				7			1	9	0,5%
<i>Polycentropodidae</i>	<i>Plectrocnemia</i>		2							2	0,1%
<i>Sericostomatidae</i>	<i>Sericostoma</i>		1	7		2	7	5		22	1,3%
<b>COLEOPTERES</b>											
<i>Curculionidae</i>				1						1	0,1%
<i>Elmidae</i>		32	6	2	39	45	1	5	64	194	11,3%
<b>DIPTERES</b>											
<i>Ceratopogonidae</i>					1					1	0,1%
<i>Chironomidae</i>		39	40	100	36	5	470	170	31	891	51,9%
<i>Empididae</i>				1						1	0,1%
<i>Limoniidae</i>		3	4	1		1	1	5	3	18	1,0%
<i>Simuliidae</i>		14				142	2	22	132	312	18,2%
<i>Tabanidae</i>								1		1	0,1%
<b>ODONATES</b>											
<i>Calopterygidae</i>					1	1		1		3	0,2%
<i>Cordulegasteridae</i>		1	4	4	1	1	4	3	1	19	1,1%
<b>LEPIDOPTERES</b>											
<i>Pyralidae</i>				1						1	0,1%
<b>MOLLUSQUES</b>											
<b>BIVALVES</b>											
<i>Sphaeriidae</i>							2	34		36	2,1%
<b>VERS</b>											
<b>TRICLADES</b>											
<i>Planariidae</i>		4			1	2			11	18	1,0%
<b>OLIGOCHETES</b>			2			4			5	11	0,6%

<b>Abondance cumulée</b>	134	59	130	95	219	499	322	260	1718
<b>Abondance relative</b>	8%	3%	8%	6%	13%	29%	19%	15%	100%

Taxon(s) indicateur(s)	GI	Variété taxonomique	Classe de variété	Note IBGN
<b>Philopotamidae</b>	<b>8</b>	<b>23</b>	<b>7</b>	<b>14/20</b>

## Liste faunistique station 4 « Aval des étangs ».

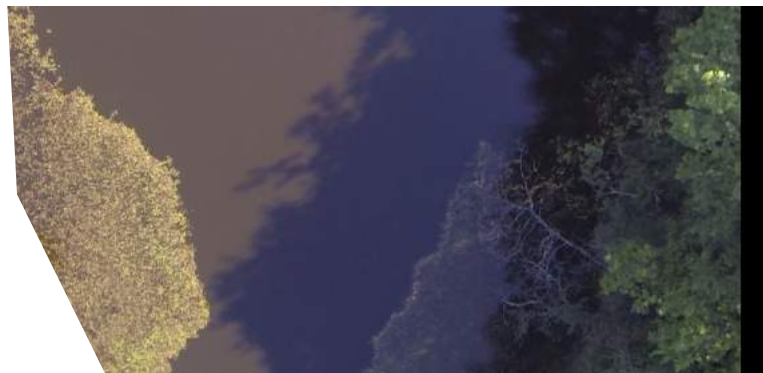
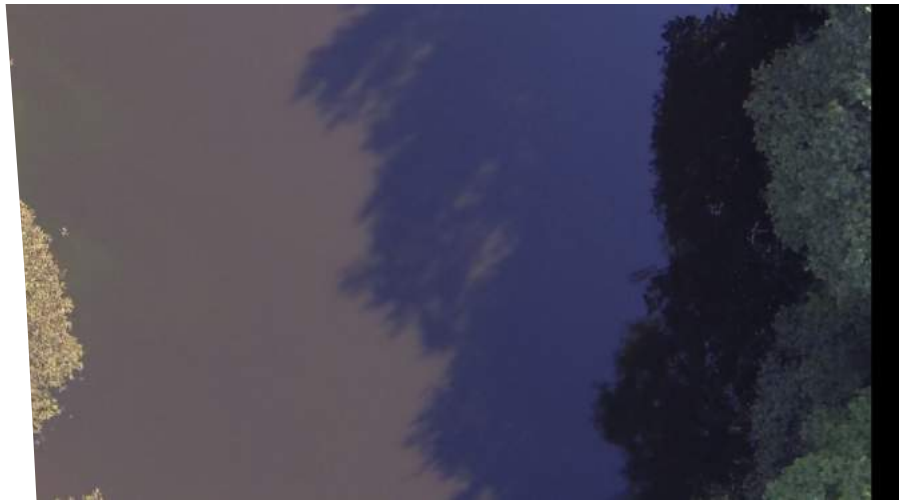
		26/05/2015								Abondance	
		SV1	SV2	SV3	SV4	SV5	SV6	SV7	SV8	Cumulée	Relative
<b>INSECTES</b>	-	7	3	2	3	2	5	7	5		
<b>PLECOPTERES</b>	<b>genre</b>										
<i>Leuctridae</i>	<i>Leuctra</i>	16					34	18	7	75	4,0%
<i>Nemouridae</i>	<i>Nemoura</i>	2						2	1	5	0,3%
<b>TRICHOPTERES</b>											
<i>Leptoceridae</i>	<i>Oecetis</i>					2			1	3	0,2%
<i>Limnephilidae</i>	<i>Limnephilinae</i>		2				3	8	1	14	0,8%
<i>Polycentropodidae</i>	<i>Plectrocnemia</i>	5					2	1		8	0,4%
<i>Rhyacophilidae</i>	<i>Rhyacophila</i>						1			1	0,1%
<i>Sericostomatidae</i>	<i>Sericostoma</i>		2	3	1		1	1	4	12	0,6%
<b>EPHEMEROPTERES</b>											
<i>Leptophlebiidae</i>	<i>Habrophlebia</i>	2								2	0,1%
<b>HETEROPTERES</b>											
<i>Gerridae</i>								1		1	0,1%
<b>COLEOPTERES</b>											
<i>Curculionidae</i>							1			1	0,1%
<i>Dytiscidae</i>								1		1	0,1%
<i>Elmidae</i>						1				1	0,1%
<b>DIPTERES</b>											
<i>Ceratopogonidae</i>		2	1	4	1	3	1			12	0,6%
<i>Chironomidae</i>		236	202	117	417	180	86	117	218	1573	84,3%
<i>Empididae</i>							1			1	0,1%
<i>Limoniidae</i>				3			12	4		19	1,0%
<i>Simuliidae</i>		9		1			46	4	1	61	3,3%
<i>Tabanidae</i>					1					1	0,1%
<b>ODONATES</b>											
<i>Calopterygidae</i>			1							1	0,1%
<i>Cordulegesteridae</i>								1	1	2	0,1%
<b>MEGALOPTERES</b>											
<i>Sialidae</i>		2			1					3	0,2%
<b>MOLLUSQUES</b>											
<b>BIVALVES</b>											
<i>Sphaeriidae</i>		1	1			4	1			7	0,4%
<b>VERS</b>											
<b>ACHETES</b>											
<i>Glossiphoniidae</i>						1				1	0,1%
<b>OLIGOCHETES</b>		10	8	15	2	5			20	60	3,2%

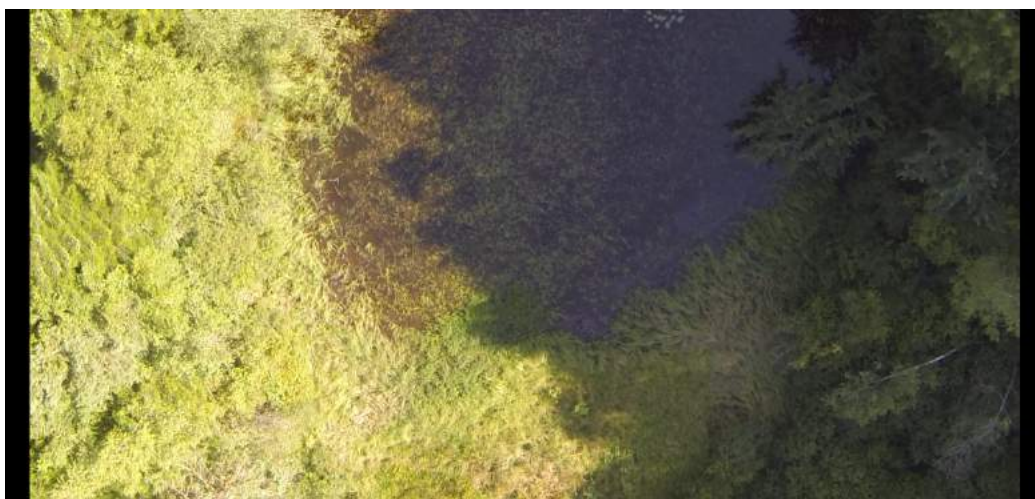
<b>Abondance cumulée</b>	285	217	143	423	196	189	158	254
<b>Abondance relative</b>	15%	12%	8%	23%	11%	10%	8%	14%

1865
100%

Taxon(s) indicateur(s)	GI	Variété taxonomique	Classe de variété
<b>Leuctridae</b>	<b>7</b>	<b>24</b>	<b>7</b>

<b>Note IBGN</b>
<b>13/20</b>





**ANNEXE 5 : Photographie 20 : vue d'une partie de l'étang aval réalisée à l'aide d'un drone (31/08/15)**

