Contrat :
2014546

Cartographie de la Mulette épaisse dans le site Natura 2000 FR1102007 « Rivière du Vannetin »

Fédération de Seine-et-Marne pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique

Décembre 2014

collection des études

biotope
faune, flore & environnement

Cartographie de la Mulette épaisse dans le site Natura 2000 FR1102007 « Rivière du Vannetin »

Fédération de Seine-et-Marne pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique

Décembre 2014

Responsable Projet
Xavier Cucherat
03 21 10 51 52
xcucherat@biotope.fr
ZA de la Maie/Avenue de l'Europe
62720 Rinxent (France)

Introduction

Le site Natura 2000 FR1102007 « Rivière du Vannetin », dans le département de la Seine-et-Marne, correspond à un cours d'eau de plaine appartenant au grand bassin hydrographique de la Seine. La rivière ou ru du Vannetin est un affluent du Grand Morin, lui-même affluent de la Marne. Le périmètre Natura 2000 correspond au lit mineur de la rivière et a été désigné en raison de la préence du Chabot commun (*Cottus gobio*) et de la Lamproie de Planer (*Lampreta planeri*).

La Mulette épaisse (*Unio crassus*) est un mollusque inscrit aux annexes II et IV de la Directive « Habitats-Faune-Flore ». BIOTOPE (2010) considérait le Ru du Vannetin comme favorable à sa présence. Elle a été observée dans cette rivière, à Marolles-en-Brie, en 2012 (Cucherat, Patry, Philippe et Tapko, observations personnelles).

La Fédération de Seine-et-Marne pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique a sollicité le bureau d'études Biotope pour que, selon un plan d'échantillonnage adapté, soit déterminée la distribution géographique de la Mulette épaisse au sein du site Natura 2000 et que des premiers éléments quantitatifs, en l'occurrence des données d'abondance, soient apportés.

Sommaire

État des connaissances sur la Mulette épaisse 1
I. Description de l'espèce 2
II. Systématique 2
III. Statuts de conservation et de protection 3
IV. Répartition géographique 4
V. Biologie et écologie 5

Matériel et méthodes 11
VI. Localisation 12
VII. Équipe de travail 12
VIII. Stratégie d'échantillonnage 12

Résultats 15
I. Effort d'observation 16
II. Espèces observées 16
III. Distribution des espèces observées 16

Discussion / conclusion 21

Bibliographie 24

Annexes cartographiques 28

État des connaissances sur la Mulette épaisse

Cette partie expose une synthèse bibliographique des connaissances sur l'écologie et la biologie de la Mulette épaisse

I. Description de l'espèce

La description présentée ici est adaptée d'ADAM (1960). Elle correspond aux individus adultes. Nous ne détaillerons pas les descriptions anatomiques, qui ne sont pas utiles pour l'identification de l'espèce.

La coquille est petite à moyenne et atteint la longueur maximale de 97 mm (généralement 50-70 mm), avec un périostracum généralement brun foncé, plus rarement brun clair. Elle peut également présenter des plages de coloration vert-bouteille. Le ligament est court et bien visible (Figure 1).

Les deux valves sont égales. Elles sont courtes antérieurement et longues postérieurement, et ont une forme ovalaire, parfois plus ou moins rhombiforme (Figure 1). Le sommet (umbo) est aplati et présente des ridules caractéristiques chez les spécimens non érodés. Les stries d'accroissement ou lignes de croissance sont nettement visibles. Elles marquent la coquille et le périostracum. Chez les adultes, la bordure ventrale n'est pas sinuée. Les juvéniles ressemblent à de petits adultes et peuvent être confondus avec d'autres espèces.

Intérieurement (Figure 2), les valves sont bleuâtres, voire roses nacrées très brillantes avec des impressions musculaires marquées, en particulier dans la partie antérieure. La valve gauche montre deux dents cardinales coniques bien séparées en avant du sommet et deux dents latérales derrière elles. La valve droite possède une dent cardinale conique bien développée et à bords crénelés, ainsi qu'une dent latérale, qui se loge dans les deux dents latérales de la valve gauche. La ligne palléale est plus ou moins marquée sur les deux valves selon les individus, en particulier à l'avant. Le test est épais sur toute sa longueur.

Figure 1 : Vue extérieure de la valve droite d'une Mulette épaisse (origine : bassin de la Seine) (© V. Prié/Biotope, 2011).

Figure 2 : Vue intérieure de la valve droite d'une Mulette épaisse (origine : bassin de la Seine) (© V. Prié/Biotope, 2011).

II. Systématique

- Phylum Mollusca Cuvier, 1795
- Classis Bivalvia Linnaeus, 1758
- Subclassis Eulamellibranchia Pelseneer, 1889
- Superordo Palaeheterodonta Newell, 1965
- Ordo Unionoida Stoliczka, 1870
- Superfamilia Unionoidea Rafinesque, 1820
- Familia Unionidae Rafinesque, 1820
- Subfamilia Unioninae Rafinesque, 1820
- Genus *Unio* Philipsson, 1788
- Subgenus *Crassiana* Servain, 1882
- Specie *crassus* Philipsson, 1788

III. Statuts de conservation et de protection

III.1 Statuts de conservation

✶ ***Monde***

Au niveau mondial, la Mulette épaisse est considérée comme une espèce en danger (EN A2ace) (VAN DAMME 2011).

✶ ***Europe***

Le statut de menace de la Mulette épaisse a été récemment évalué (CUTTELOD *et al.* 2011) et l'espèce est considérée comme vulnérable (VU A2ac+3ce), avec des populations en diminution.

✶ ***France***

FIERS *et al.* (1997) ne donnent pas de statut de menace à l'échelle nationale pour cette Mulette. On soulignera que depuis l'espèce n'a pas encore été évaluée selon les critères UICN.

L'évaluation de l'état de conservation des espèces de la DH sur l'exercice 2007-2012 en France indiquait un état de conservation défavorable à mauvais.

✶ ***Île-de-France***

L'espèce est considérée comme est considérée comme en danger critique d'extinction BIOTOPE 2010).

III.2 Statuts de protection

✶ ***Europe***

La Mulette épaisse est inscrite aux annexes II et IV de la DH. Elle est également inscrite à l'annexe II de la Convention de Berne.

✶ ***France***

La Mulette épaisse est une espèce protégée au titre de l'article 2 de l'arrêté du 23 avril 2007 fixant la liste des mollusques protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection :

- I. Sont interdits sur tout le territoire métropolitain et en tout temps la destruction ou l'enlèvement des œufs, la destruction, la mutilation, la capture ou l'enlèvement, la perturbation intentionnelle des animaux dans le milieu naturel.
- II. Sont interdites sur les parties du territoire métropolitain où l'espèce est présente ainsi que dans l'aire de déplacement naturel des noyaux de populations existants la destruction, l'altération ou la dégradation des sites de reproduction et des aires de repos des animaux. Ces interdictions s'appliquent aux éléments physiques ou biologiques réputés nécessaires à la reproduction ou au repos de l'espèce considérée, aussi longtemps qu'ils sont effectivement utilisés ou utilisables au cours des cycles successifs de reproduction ou de repos de cette espèce et pour autant que la destruction, l'altération ou la dégradation remettent en cause le bon accomplissement de ces cycles biologiques.
- III. Sont interdits sur tout le territoire national et en tout temps la détention, le transport, la

naturalisation, le colportage, la mise en vente, la vente ou l'achat, l'utilisation, commerciale ou non, des spécimens prélevés :

- dans le milieu naturel du territoire métropolitain de la France, après le 24 novembre 1992,
- dans le milieu naturel du territoire européen des autres États membres de l'Union européenne, après la date d'entrée en vigueur de la directive du 21 mai 1992 susvisée.

✶ ***Ile-de-France***

La Mulette épaisse n'a pas de statut de protection régional.

III.3 Synthèse des statuts de protection et de conservation

Le tableau 1 synthétise l'ensemble des statuts de la Mulette épaisse.

Tableau 1 : statuts de la Mulette épaisse			
Monde	***Europe***	***France***	***Ile-de-France***
Conservation			
En danger	Vulnérable	Défavorable mauvais	En danger critique d'extinction (BIOTOPE 2010)
Protection			
-	Annexe II et IV de la DH Annexe II de la CB	Article 2 de l'arrêté du 23 avril 2007	-

IV. Répartition géographique

Europe

La Mulette épaisse est une espèce confinée à l'Europe et à la partie occidentale de l'Asie, de la Péninsule Ibérique à l'ouest à la région Ponto-Caspienne à l'est (NAGEL 1988). Cependant, cette répartition est à nuancer. En effet, des travaux taxonomiques récents mettent en évidence que la famille des Unionidae, dont fait partie la Mulette épaisse, serait plus riche en espèces que ce qui est actuellement reconnu (ALTABA 2007).

France

La Mulette épaisse occupe des cours d'eau avec une assez faible amplitude altitudinale. Elle est présente du niveau de la mer, en Basse Loire, à moins de 300 m, dans le Massif central.

Elle se rencontre dans les bassins de la Loire, de la Seine, du Rhône, du Rhin et de la Meuse (PRIE & PUILLANDRE 2013). Il existe quelques observations de spécimens dans la Sorgue dans le Vaucluse, correspondant très vraisemblablement à des populations isolées depuis les dernières glaciations et rencontrant dans ce cours d'eau des conditions d'habitat comparables aux cours d'eau du nord de l'Europe (PRIE, communication personnelle). Des données anciennes venant des petits fleuves côtiers de la façade atlantique et de la Manche viennent compléter la répartition de l'espèce. La Mulette épaisse semble absente des bassins du sud-ouest.

Ile-de-France

Les données franciliennes de la Mulette épaisse sont de nature muséologique et bibliographique. Les sources muséologiques sont très peu représentées, mais ce sont les plus fiables parce qu'il a été possible de vérifier l'attribution taxonomique. En revanche, les mentions bibliographiques sont plus nombreuses, mais ont un degré de fiabilité moindre parce qu'il n'est pas possible de vérifier les identifications des auteurs. Il est possible qu'ils aient confondu la Mulette épaisse avec d'autres espèces et, sans collection correspondante, l'observation ne peut être validée. Par ailleurs, les concepts d'espèces qui prévalaient à l'époque de ces publications naturalistes étaient souvent différents des concepts actuels. Les sources bibliographiques ont donc été manipulées avec précaution.

En se référant à la synonymie actuelle, la Mulette épaisse est citée par PASCAL (1873), sous le nom d'*Unio batavus*, sans préciser l'autorité. Dans cette source bibliographique, la Mulette épaisse est indiquée de la Seine, de l'Oise, de la Marne et de l'Yvette. LOCARD (1881) indiquera de nombreuses autres localités dans les mêmes cours d'eau. Il n'est pas possible de vérifier les indications de PASCAL (1873), mais celles de LOCARD (1881) peuvent l'être puisqu'il existe de nombreux spécimens de sa collection conservés au MNHN. QUIDEAU (1952a, 1952b, 1953, 1954a, 1954b, 1966) indiquera successivement la présence de la Mulette épaisse dans le Loing, ainsi que dans la Seine. Les informations de QUIDEAU ne sont pas vérifiables non plus, compte tenu qu'aucune collection n'a pu être consultée.

Il existe de nombreux spécimens de Mulette épaisse récoltés dans des localités non publiées au sein des collections du MNHN. On notera néanmoins que l'essentiel des récoltes franciliennes des spécimens de cette moule se concentre de la moitié du XIXe siècle à la fin des années 1960. Quelques coquilles présentant un aspect récent ont été récoltées à la fin des années 1980. Des coquilles vides mais récentes proviennent de la haute vallée de l'Essonne (CUCHERAT/BIOTOPE 2008), tandis que des coquilles anciennes proviennent de la Seine et de la vieille Seine (CUCHERAT/BIOTOPE 2008). Plus récemment, les services de l'ONEMA du département des Yvelines ont trouvé des spécimens vivants de cette mulette dans l'Opton, sur la commune de Houdan (EMMANUELLE JEAN, in litt. 20 avril 2010). Des spécimens ont également été observés vivants dans le Loing (MARIE-PIERRE PINON, communication personnelle 2011) et dont l'identification a été vérifiée par analyse génétique. De même, des coquilles relativement récentes ont été observées dans le Petit Morin francilien (CUCHERAT, observation personnelle 2011). Plus récemment, la Mulette épaisse a été trouvée vivante dans le Lunain (BRIARD *et al*. 2014, communication personnelle).

V. Biologie et écologie

V.1 Biologie

La biologie des populations de la Mulette épaisse dans les cours d'eau du bassin de la Seine n'est pas connue. Les éléments apportés ici sont tirés des recherches et études effectuées soit en France, soit ailleurs en Europe.

- ***Cycle de développement***

Les moules d'eau douce présentent un cycle de développement complexe, qui nécessite la présence d'un hôte vertébré, généralement un poisson. Après la fécondation, une larve dotée de deux fines coquilles, la glochidie (glochidium), va parasiter l'hôte. Entre 9 000 et 100 000 larves sont

maintenues dans les branchies de la moule (BAUER 2000), puis sont relâchées dans le milieu lorsque l'hôte est à proximité ou non. L'infestation du poisson hôte se fait soit sur les tissus externes le l'hôte, soit sur les filaments des branchies des poissons.

La Mulette épaisse est une moule a sexe séparé, qui expulse ses glochidies dès qu'elles sont mâtures (espèce dite tachytictique). La période de reproduction de la Mulette épaisse est courte et est printanière. HOCHWALD (2000) a montré que des femelles de la Mulette épaisse pouvaient s'arrêter de frayer pendant une année. Par ailleurs, la Mulette épaisse est capable de frayer plusieurs fois au cours d'une saison de reproduction. Ainsi, HOCHWALD (2000) rapporte qu'une femelle de Mulette épaisse a été capable de frayer deux fois au cours de la saison de reproduction. D'autres observations viennent appuyer ces faits. ENGEL (1990) a trouvé un individu ayant frayé trois fois en une saison, alors que NAGEL (1991) a observé cinq individus ayant frayé deux fois. Toutefois le nombre de fraies diminue avec l'espérance de vie de l'animal dans une population (HOCHWALD 2000). Autrement dit, plus l'animal vieilli moins il se reproduit.

Il n'existe pas de données concernant la durée d'incubation des embryons. Comme toutes les Mulettes, le sperme est évacué dans le milieu aquatique par les siphons. Il est filtré par les individus situés en aval. Après la fécondation, les œufs sont incubés dans le marsupium, qui est une modification des quatre branchies de la moule où vont se développer les glochidies.

L'influence de l'élévation de la température sur l'expulsion des larves par les individus n'a pas été appréhendée. Il est reconnu que l'élévation de température de l'eau, parfois brutale, provoque la libération des glochidies (ALDRIDGE & MCIVOR 2003). Les glochidies de la Mulette épaisse mesurent environ 220 x 195 µm (ENGEL 1990, HOCHWALD 1997). La larve a des crochets sur la bordure ventrale et ceux-ci sont recouverts de petites dents. La glochidie est capable de s'accrocher sur les téguments des poissons hôtes (branchies principalement).

La Mulette épaisse est une espèce ayant un large éventail de poissons hôtes. BAUER (2000) indique environ 12 espèces de poissons, répartis en cinq familles, pouvant accueillir les glochidies. Parmi ces 12 espèces, on peut citer : le Chabot de rivière (*Cottus gobio*), l'Épinoche (*Gasterosteus aculeatus*), l'Épinochette (*Pungitius pungitius*), la Perche fluviatile (*Perca fluviatilis*), le Chevesne (*Leuciscus cephalus*), le Vairon (*Phoxinus phoxinus*), le Rotengle (*Scardinius erythrophthalmus*), la Vandoise (*Leuciscus leuciscus*). Récemment, TAEUBERT *et al.* (2011) et TAEUBERT *et al.* (2012) ont étudié la relation entre la Mulette épaisse et ses poissons hôtes dans le bassin du Danube. Ils montrent que le Chevesne, le Vairon, et dans un moindre mesure le Chabot, sont deux bons poissons hôtes en laboratoire. En milieux naturel, le Chevesne, le Rotengle, le Naseau (*Chondostroma nasus*) et le Vairon sont toujours les poissons hôtes privilégiés. Toutefois, le Chabot, l'Épinoche, l'Ide mélanote (*Leuciscus ide*) et la Perche fluviatile sont considérés comme des « bons-mauvais » hôtes. Ce qualificatif de bons-mauvais hôtes dépend des lignées génétiques des espèces chez l'Épinoche et le Chabot. Dans certaine lignée, le développement de la larve en jeune Mulette se fait en totalité, tandis que dans d'autres lignées génétiques le développement n'aboutit pas à de jeunes Mulettes.

HOCHWALD (1997) a démontré que le taux d'infestation du Rotengle par les glochidies de la Mulette épaisse diminuait lorsque les hôtes avaient été préalablement infestés par les larves glochidies d'Anodonte des rivières (*Anodonta anatina*). Cela signifierait que les poissons développent des réactions immunitaires contre les larves.

Il n'y a pas de données sur le taux de croissance des juvéniles, ni sur le temps nécessaire pour qu'ils deviennent adultes. De plus, leur écologie précise n'est pas connue. Néanmoins, TUDORANCEA & GRUIA (1968) indiquent que les juvéniles vivent enfoncés jusqu'à 10 cm dans le sédiment.

- ***Régime alimentaire***

Le régime alimentaire de la Mulette épaisse n'est pas connu. Compte tenu du fait que la Mulette

épaisse adulte est un organisme filtreur, elle doit se nourrir d'éléments qu'elle filtre à partir de la colonne d'eau. Ce n'est peut être pas le cas des juvéniles, mais cela n'est pas encore connu chez la Mulette épaisse. Chez la Mulette perlière (*Margaritifera margaritifera*), les juvéniles se nourrissent grâce à de petites papilles présentes sur le pied. Ainsi, les juvéniles, dans leur stade très précoce, ne filtrent pas, mais se nourrissent très certainement du microfilm organique recouvrant les grains de sables ou les racines (JANSEN *et al*. 2000). Le mode d'alimentation évolue vers la filtration avec le temps.

- ***Activité***

Les bivalves sont des organismes qui se déplacent peu. Les adultes ne montrent pas de comportement migratoire et sont donc sédentaires au milieu où ils se trouvent. Toutefois, ils sont capables de faire des déplacements horizontaux de plusieurs mètres dans le substrat du cours d'eau. Ils sont également capables de faire des migrations verticales, en s'enfonçant de plusieurs dizaines de centimètre dans le fond de la rivière (STRAYER 2008). Le stade fortement mobile est le stade larvaire. Ce stade permet aux larves de se déplacer à grande distance via le poisson hôte, en particulier lorsque celui-ci effectue des grands déplacements dans le cours d'eau ou lorsqu'il est migrateur. Dans ce dernier cas, cette aptitude migratrice peut permettre à la larve de passer d'un bassin hydrographique à un autre.

V.2 Structure des populations

- ***Mode de distribution***

Le mode de distribution semble être de type agrégatif (tendance à faire des groupes d'individus) (TUDORANCEA & GRUIA 1968). TUDORANCEA & GRUIA (1968) décrivent des taches de plusieurs dizaines d'individus séparés des autres dans un mètre carré dans la rivière Nera. Par ailleurs, ils rapportent que les densités la Mulette épaisse sont plus importantes dans les zones de courant faible. De plus, le nombre d'individus diminue depuis les berges vers le centre de la rivière où le courant est le plus fort.

- ***Taille de la population***
  - ***Niveau mondial***

Les effectifs mondiaux de la Mulette épaisse ne sont pas connus. Une étude effectuée dans deux cours d'eau finlandais a montré que l'effectif de la Mulette épaisse s'élevait à trois millions d'individus (VALOVIRTA 2007, 2008), tandis que ZETTLER & JUEG (2007) estiment que l'effectif de population allemande est de l'ordre de 1,5 millions d'individus. À notre connaissance, il n'existe que ces deux travaux qui estiment des effectifs de l'espèce à l'échelle d'un cours d'eau ou à une échelle nationale.

  - ***En France***

Il n'existe pas d'estimation de la taille des populations de la Mulette épaisse en France qui soit publiée. En revanche, il existe quelques éléments d'information concernant des estimations de densité de l'espèce. Ainsi, MOUTHON (1994) estime que la densité de la Mulette épaisse dans les cours d'eau français est inférieure à un individu par mètre carré, avec un maximum observé de 43 individus par mètre carré et un écart-type de 2. Dans ce travail, 447 stations ont été échantillonnées sur l'ensemble des bassins hydrographiques français parmi lesquelles 43 hébergeaient la Mulette épaisse.

❖ ***Île-de-France***

Il n'existe pas d'estimation de l'abondance de la Mulette épaisse en région Île-de-France.

✶ ***Classes d'âge***

❖ ***Niveau mondial***

HOCHWALD (2000) précise que la température influence la biologie de l'espèce, tout autant que la concentration en nitrate (NO_3^-). Les individus vivants dans des eaux froides sont plus grands que ceux vivants dans des eaux plus chaudes. L'espérance de vie peut aller de 8 à 23 ans selon les populations. Toutefois, au nord de son aire de répartition, TIMM & MUTVEI (1993) et TIMM (1994) ont trouvé des Mulettes épaisses atteignant une espérance de vie de plus de 75 ans, avec des individus de plus de 97 mm en Estonie.

La durée de vie est inversement proportionnelle au taux de croissance, autrement dit, les populations qui croissent vite vivent moins longtemps que celles qui croissent plus lentement. Cela serait dû à des différences de métabolismes entre population (HOCHWALD 2000).

Une étude détaillée récemment effectuée en Allemagne (ZETTLER & JUEG 2007) montre que les populations germaniques sont vieillissantes, avec une dominance des classes d'âge correspondant à des classes de tailles comprises entre 40 et 60 mm. ZETTLER & JUEG (2007) rapportent, après un suivi réalisé sur une période de dix années (1996-2006), que le recrutement s'est arrêté depuis l'année 2001.

❖ ***France***

Il n'existe pas de données concernant les classes d'âges de la Mulette épaisse à l'échelle nationale. Cependant, BIODIVERSITA (2004) rapporte que sur la base de 66 individus récoltés dans le bassin hydrographique de la Clouère, dans le département de la Vienne, 78% de ceux-ci avaient un âge estimé à moins de six ans, suggérant que cette population se reproduit.

❖ ***Île-de-France***

Il n'existe pas de données concernant les classes d'âges de la Mulette épaisse en région Île-de-France. La présente étude apporte donc les premières informations sur ce thème pour la région.

V.3 Écologie

La Mulette épaisse vit totalement ou partiellement enfouie (Figure 3) dans les substrats meubles des cours d'eau, allant de petits ruisseaux à eau claire à Truite, où elle vit quelque fois associée à la Mulette perlière (non présente dans la région francilienne), aux rivières et fleuves ayant une production primaire plus importante, où elle peut être associée à la Grande Mulette. Toutefois, les exigences en microhabitats ne sont pas encore bien connues, en particulier en ce qui concerne les paramètres physiques et chimiques qui régissent l'installation des juvéniles.

Figure 3 : Adulte de Mulette épaisse dans le Ruisseau d'Esch, affluent de la Moselle (© Cucherat/Biotope 2010).

V.4 Menaces

En milieu naturel non perturbé, il existe très peu de menaces qui mettent en péril les stades adultes et juvéniles des moules d'eau douce. Le stade le plus sensible est le stade larvaire, parce qu'il dépend de la réussite de la fixation sur le poisson hôte. Ce sont surtout les activités humaines qui représentent des menaces pour les bivalves. Ces menaces ont largement été étudiées et sont bien documentées. Elles sont multiples et affectent tous les stades de développement. De plus, elles ne sont pas propres à la Mulette épaisse, mais à l'ensemble des grands bivalves qui réagissent plus ou moins de la même façon.

Le tableau 2 hiérarchise et explicite ces menaces générales pour les trois stades du cycle biologique des bivalves : le stade adulte, le stade larvaire et parasitaire et le stade post-parasitaire et juvénile.

Tableau 2 : Hiérarchisation des menaces générales sur la Mulette épaisse	
Rang	***Type de menace et effet de celle-ci***
Stade adulte	
1	**Pollution du milieu aquatique** Les grands bivalves sont des organismes filtreurs, peu mobiles qui vivent enfoncés en permanence dans le sédiment du lit mineur. En cas de pollution chimique directe ou indirecte, ils ne peuvent s'en soustraire comme peuvent le faire les poissons. La pollution affecte la densité des individus, en la diminuant, ce qui est particulièrement préoccupant chez les espèces dioïques, comme la Mulette épaisse. En effet, la diminution de la densité amène à un seuil en dessous duquel la densité n'est plus assez suffisante pour que la reproduction ait lieu. La pollution affecte les individus en les tuant lorsqu'elle est directe. Les effets indirects se traduisent par une baisse de la fertilité ou un arrêt de la reproduction. L'eutrophisation, liée en partie par l'augmentation non naturelle de nitrate dans l'eau, limite voire stoppe le recrutement des juvéniles chez la Mulette épaisse. Les fortes concentrations sont létales. Ainsi, les cours d'eau ayant des concentrations inférieures à 8.9 – 10 $mg.L^{-1}$ NO_3^- présente des juvéniles dans les cours d'eau en Allemagne (KÖHLER 2006, ZETTLER & JUEG 2007). Les nitrates affectent à la fois les adultes sur leur activité de reproduction, mais aussi les juvéniles (cf. ci-après).
2	**Changement et perte des habitats** La construction de barrages et de seuils a un effet direct sur les naïades en modifiant la nature des habitats aquatiques, en augmentant l'envasement à l'amont et en modifiant la courantologie. Les effets directs se traduisent également par la séparation et la fragmentation des populations, ainsi que par l'empêchement des déplacements des poissons hôtes (BAUER & WÄCHTLER 2000). La recalibrage des cours d'eau pour les besoins de la navigation, mais aussi pour la lutte contre les crues affectent directement les moules. Les travaux lors du recalibrage détruisent des individus et induisent une perte de faciès naturels favorables du lit mineur du fait du changement du régime hydrique. Enfin, les moules souffrent beaucoup des opérations d'entretien des cours d'eau, mais aussi de l'exploitation des sédiments des cours d'eau, en l'occurrence des curages et des faucardages (ALDRIDGE 2000). En effet, ces opérations ont un effet direct et indirect sur les peuplements. Les opérations de curage et de faucardage de la végétation retirent physiquement et détruisent beaucoup d'individus. Les matières mises en suspension dans l'eau altèrent la respiration et le mode d'alimentation des espèces sur de grandes distances. Par ailleurs, la remise en suspension de sédiment asphyxie les individus restant et laisse un substrat impropre (substrat dur et compact) à l'installation des juvéniles (cf. ci-après).
3	**L'introduction des espèces non indigènes** L'impact de l'introduction de la Moule zébrée (*Dreissena polymorpha*) sur les espèces de grands bivalves est bien documenté en Amérique du Nord (BOGAN 1995). Cette moule a causé la disparition de nombreuses espèces. Cela n'est pas clairement démontré en Europe, mais les coquilles conservées dans les musées montrent des traces d'invasion de la Moule zébrée sur les Unionidae (Cucherat, observations personnelles). De plus, la présence de grappes de Moule zébrée sur les coquilles de grands bivalves en milieu naturel a été observée à plusieurs reprises (Cucherat, observations personnelles). Il n'y a cependant pas de preuves concernant la disparition d'espèces européennes indigènes à cause de la Moule zébrée. La Moule zébrée a besoin d'une surface dure et stable pour pouvoir se développer. En dehors des milieux aquatiques n'ayant pas de substrats durs et stables pour se fixer, elle se fixe sur la partie émergée des moules d'eau douce. En particulier, elle se fixe sur la partie postérieure de l'animal où sortent les siphons inhalants et exhalants. Les moules ainsi fixées rentrent en compétition pour la filtration des eaux.

	L'impact de la Corbicule (*Corbicula fluminea*) n'est pas clairement établi, en tout cas à partir des études effectuées aux États-Unis d'Amérique (Miller & Payne 1998). On notera que l'espèce était présente dans les couches d'âge Pléistocène en compagnie de la plupart des espèces actuelles de moule (CHEVALIER 2000). Enfin, le Rat musqué (*Ondatra zibethicus*) peut avoir un impact fort sur les peuplements de moules d'eau douce. Il a été montré que ce mammifère pouvait se spécialiser dans la prédation de certaines espèces, dont la Mulette épaisse (JANSEN *et al.* 2000). Le Rat musqué peut localement être responsable du déclin de cette espèce.
4	**L'exploitation commerciale** L'exploitation des moules d'eau douce a surtout été marqué au XIXe siècle et au début du XXe. L'exploitation des Mulettes se faisait principalement pour leur nacre (industrie textile pour la fabrication de bouton) et pour les perles que certaines espèces étaient capables de produire. Secondairement, certaines espèces étaient exploitées pour nourrir les animaux de basse-cours comme c'était le cas de la Mulette épaisse. À ce jour, il n'y a pas de preuve d'exploitation commerciale en région Bourgogne. Toutefois, le risque est que l'exploitation concerne les milieux de collectionneurs de coquilles d'espèces rares. Ces coquilles peuvent se vendre très chers sur les bourses aux coquilles.
Stade larvaire et parasitaire	
1	**Disponibilité en poisson hôte** Le stade glochidial est particulièrement résistant à la pollution, mais il est sensible à la disponibilité des poissons hôtes. L'absence de poisson hôte limite le succès de fixation des larves sur les téguments et la reproduction des espèces.
2	**Pollution thermique** Il a été montré que la durée de vie des glochidies dans l'eau dépendait de l'espèce, mais aussi de la température de l'eau (JANSEN *et al.* 2000). L'augmentation de la température de l'eau induit une importante diminution du taux de survie de glochidies dans le milieu aquatique, et donc de chance de réussite de fixation sur les poissons hôtes.
3	**Compétition avec d'autres espèces** Il a été montré que l'infestation préalable de larves de certaines espèces de moules diminuait les chances d'infestations d'autres espèces. Le poisson développe des réactions immunitaires. Ainsi, l'infestation préalable du Rotengle par des glochidies d'*Anodonta anatina* diminuait les chances de succès d'infestation des larves la Mulette épaisse sur ce poisson (HOCHWALD 1997, 2000). Ce point peut s'avérer important dans le cas de cours d'eau eutrophisés, dans la mesure où elle favorise des espèces comme *A. anatina* et peut donc rentrer en compétition avec des populations survivantes de la Mulette épaisse.
Stade post-parasitaire et juvénile	
1	**Pollution du milieu aquatique et du sédiment** Après la phase parasitaire réussie, une petite moule s'échappe de l'hôte pour rejoindre le fond de la rivière. Le mode de vie étant endogé, la moule vit dans les interstices du substrat. De tous les stades, il s'agirait du plus sensible (BAUER & WÄCHTLER 2000). Il est supposé que les processus de dénitrification dans le substrat seraient particulièrement toxiques pour ce stade de développement (BAUER & WÄCHTLER 2000). De plus, l'enrichissement du substrat en matière organique induirait une diminution de la concentration en O_2 auquel le juvénile est particulièrement sensible (PATZNER & MÜLLER 2000).
2	**Changement et pertes des habitats** Du fait du mode de vie de la jeune moule et de sa sensibilité aux paramètres physico-chimiques du substrat, l'envasement et le comblement des facies sableux et graveleux ont un impact sur leur survie. De plus, la modification de la qualité physique des fonds de rivière à la suite des recalibrages et de l'entretien courant des cours d'eau (curage et faucardage), rend impropre le milieu à l'installation des juvéniles. La présence de ripisylves et d'embâcles est particulièrement important, parce que ces structures offrent des éléments nutritifs pour la croissance et le développement des juvéniles.

Matériel et méthodes

VI. Localisation

L'aire d'étude est le lit mineur du ru du Vannetin, entre sa confluence avec le Grand Morin, sur la commune de Saint-Siméon dans le département de la Seine-et-Marne, et la route départementale 215 à Choisy-en-Brie également en Seine-et-Marne. Cette section du ru du Vannetin se trouve incluse dans le périmètre du site Natura 2000 FR1102007 « Rivière du Vannetin » (Annexes cartographiques – Carte 1). La partie du ru située à l'amont de Choisy-en-Brie a été exclue de l'étude, compte tenu de son caractère temporaire ce qui est rédhibitoire au maintien des mulettes. On précisera que le périmètre du site Natura 2000 FR1102007 « Rivière du Vannetin » correspond au lit mineur de la rivière.

Le ru du Vannetin est un affluent rive gauche du Grand Morin, lui-même affluent de la Marne appartenant au grand bassin hydrographique de la Seine. Cette rivière prend sa source à Leudon-en-Brie et après avoir parcouru environ 20 km, elle conflue avec le Grand Morin à Saint-Siméon. Il prend le nom de « Ru de la Piétrée » sur la commune de Saint-Siméon.

Le ru du Vannetin a une largeur moyenne de 3-4 mètres et est plus ou moins encaissé. La section étudiée est bordée de prairies, de formations boisées et de jardins privés. Trois ouvrages hydrauliques se trouvent le long de la partie qui a été étudiée ici (Annexes cartographiques – Carte 2). D'aval vers l'amont, ces ouvrages sont le Moulin de Mizande, le seuil du Château de Marolles-en-Brie et le seuil du bois des Fourneaux. Les deux premiers sont des seuils dont le but est d'alimenter un plan d'eau et l'autre une section d'agrément du Vannetin. Le dernier, le plus à l'amont, n'a pas de réelle fonction actuellement.

VII. Équipe de travail

Le tableau 3 synthétise l'ensemble des personnes étant intervenues dans la réalisation de cette expertise.

Tableau 3 : Liste des personnes ayant intervenu au cours de l'expertise.

Domaine d'intervention	*Agents*
Directeur d'études, relevés de terrains, rédaction, cartographie	Xavier Cucherat - Biotope
Ingénieur de recherche, réalisation des relevés	Xavier Cucherat - Biotope
Accompagnement et réalisation des relevés	Klaire Houeix - FSMPPMA 77 Clémentine Gand - FSMPPMA 77
Relecteur de l'étude	Etienne Hubert - Biotope

VIII. Stratégie d'échantillonnage

L'objectif de l'étude est de confirmer la présence de la Mulette épaisse (*Unio crassus*) dans les sections de cours d'eau permanents inclus dans le périmètre du site Natura 2000. Pour cela, nous avons adopté un **double échantillonnage pour stratification ultérieure** (THOMPSON 2002, VILLELA & SMITH 2005) pour étudier la présence de l'espèce sur de grands linéaires de cours d'eau (étape 1) et apporter les éléments nécessaires pour estimer, le cas échéant, les effectifs de la Mulette épaisse dans l'aire d'étude (étape 2). Seule la méthode correspondant à la première phase du double échantillonnage, objet du présent marché, est détaillée ci-après.

Le principe de cette technique de sondage est d'effectuer, dans un premier temps, une sélection

aléatoire de tronçons du cours d'eau, d'une surface ou d'une longueur définie (fixée ici à 100 m), dans lesquels les mulettes sont recherchées de manière semi-quantitative pendant un temps fixé.

À l'issue de cette première étape, il est possible de classer les tronçons en différentes classes. Nous avons opté pour le classement suivant :

- Classe 1 : tronçons sans mulettes,
- Classe 2 : tronçons avec mulettes mais sans l'espèce cible,
- Classe 3 : tronçons avec l'espèce cible, mais avec moins de 5 individus observés pendant 60 min (ou 30 min pour un seul observateur),
- Classe 4 : tronçons avec l'espèce cible, mais avec plus de 5 individus observés pendant 60 min (ou 30 min pour un seul observateur).

Ces classes permettront la mise en œuvre de la seconde phase du double échantillonnage pour stratification ultérieure. Dans cette seconde phase, il s'agit d'effectuer un tirage aléatoire des différents tronçons classés dans chacune des classes définies précédemment, puis de réaliser un échantillonnage plus précis des effectifs et des densités des mulettes dans les tronçons sélectionnés. Cette deuxième étape du double échantillonnage ne faisait pas partie de la commande. Compte tenu de l'imprécision des limites du site Natura 2000 et de l'imprécision du linéaire de cours d'eau dans la BD Carthage®, le cours d'eau a été redessiné à partir d'un fond SCAN 25® de l'Institut Géographique National (IGN) à l'aide d'un Système d'Information Géographique (ESRI 2007). Ensuite, le cours d'eau a été découpé en tronçons de 100 m.

Pour chaque tronçon de 100 m, un numéro d'identifiant a été affecté et l'équivalent de 20 % du nombre total de tronçons (n=100) a été sélectionné aléatoirement à l'aide d'Hawth's Analysis Tools pour ESRI. Au total, 20 tronçons ont été sélectionnés (Annexes cartographiques- Carte 2). Le choix d'échantillonner 20 % est arbitraire. En effet, sachant qu'il n'existe aucune information préalable sur la répartition des mulettes dans l'aire d'étude, il n'existe pas de règle d'or sur le nombre minimum de tronçons à sélectionner pour la première étape du plan d'échantillonnage. Dans chacun des tronçons sélectionnés, les mulettes ont été recherchées pendant une durée totale d'une heure : 30 min à deux personnes. La durée des prospections a été chronométrée pour chaque tronçon. Chaque personne a recherché l'espèce à l'aide d'un bathyscope (Figure 4). Toutes les mulettes rencontrées, quelles que soient les espèces, ont été identifiées, quantifiées et mesurées à l'aide d'un pied à coulisse. Les poissons visibles et identifiables sans les capturer ont également été notés.

Figure 4 : Recherche de la mulette épaisse à l'aide d'un bathyscope dans la rivière du Pont-de-Sains dans le département du Nord. Le bathyscope est un entonnoir inversé à fond vitré qui permet de visualiser le fond des milieux aquatiques peu turbides et peu ou moyennement profonds (© Béduchaud/PNRA 2014).

Cette technique de sondage est recommandée pour des études à grande échelle (STRAYER & SMITH 2003). Elle s'affranchit du dire d'expert et oblige à prospecter des tronçons qui pourraient être considérés comme *a priori* défavorables. En effet, la Mulette épaisse peut être trouvée dans des tronçons de cours d'eau qui s'éloignent fortement des habitats décrits dans la littérature. Les

prospections ont été effectuées au cours du mois de juillet 2014, dans de très bonnes conditions météorologiques. Toutefois, le cours d'eau était en étiage, ce qui ne permettait pas d'avoir des conditions optimales pour observer les mulettes avec le bathyscope.

Résultats

I. Effort d'observation

Les 20 tronçons sélectionnés ont été prospectés. Un tronçon a dû être décalé par rapport au tirage aléatoire initial, du fait que ledit tronçon se trouvait dans un remous assez profond d'un ouvrage hydraulique.

II. Espèces observées

Les espèces observées vivantes au cours des prospections sont :

- L'Anodonte des rivières (*Anodonta anatina*),
- La Mulette épaisse (*Unio crassus*),
- La Mulette méridionale (*Unio mancus*).

L'identité des espèces observées dans la rivière du Vannetin a été précisée par des analyses génétiques et les résultats de ces séquençages figurent dans PRIE & PUILLANDRE (2013).

III. Distribution des espèces observées

III.1 Résultats globaux

La totalité des 20 tronçons prospectés hébergent des mulettes ou des anodontes. Le nombre d'espèces par tronçon varie entre un à trois.

III.2 Mulette épaisse

La Mulette épaisse a été observée sur 17 tronçons, dont 5 où elle a été trouvée vivante les autres tronçons correspondant à des coquilles anciennes charriées par le courant de la rivière (Tableau 4).

Un individu a été observé en dehors du tronçon d'étude n°69 (Annexes cartographiques – Carte 3). Cet individu était en dehors du sédiment, couché sur le flanc, vraisemblablement mourant. À l'exception d'un individu observé à proximité du tronçon n°69, toutes les observations de Mulette épaisse ont été faites entre le seuil du Château de Marolles-en-Brie et celui du bois des Fourneaux (Annexes cartographiques – Carte 3).

Il est difficile d'interpréter la présence des coquilles anciennes dans les tronçons. Leur origine peut être multiple. Elles peuvent provenir de stocks conservés dans les berges du cours d'eau, de spécimens morts à l'amont du lieu d'observation, de spécimens morts dans les tronçons, etc. Dans le cas des cours d'eau où l'espèce n'a pas été observée vivante, les coquilles anciennes témoignent d'une présence ancienne de la Mulette épaisse dans la rivière.

III.3 Autres espèces

L'Anodonte des rivières a été contactée dans 13 tronçons, dont 10 ont des spécimens vivants (Tableau 4). La Mulette méridionale a été trouvée dans 14 tronçons, dont 9 ont des spécimens vivants (Tableau 4).

Toutes les observations de mulettes et anodontes se localisent entre le seuil du Château de Marolles-en-Brie et celui du bois des Fourneaux (Annexes cartographiques – Cartes 4 et 5). Toutes les observations situées à aval du seuil du Château de Marolles-en-Brie de Mulette méridionale et d'Anodonte des rivières - même si des spécimens de Mulette méridionale ont été trouvés à l'aval de cet ouvrage à l'occasion de prospections dans le cadre de l'animation du site (Houeix, communication personnelle) - correspondent à des coquilles anciennes charriées par le courant.

Tableau 4 : Détail des occurrences des bivalves observés par tronçons.

Numéro du tronçon	*Espèces*		
	Mulette épaisse	*Anodonte des rivières*	*Mulette méridionale*
7	Ancienne		
19		Vivante	Vivante
20		Vivante	
26	Ancienne	Vivante	
28	Ancienne	Vivante	
29	Ancienne	Vivante	Ancienne
34	Vivante	Vivante	Vivante
37	Vivante	Vivante	Vivante
38	Vivante	Vivante	Vivante
40		Vivante	Vivante
43	Vivante	Vivante	Vivante
45	Vivante	Vivante	Vivante
63	Ancienne	Ancienne	Vivante
66		Ancienne	Ancienne
69	Ancienne		Vivante
83	Ancienne		Ancienne
90	Ancienne		Ancienne
94	Ancienne	Ancienne	Ancienne
95	Ancienne		
97	Ancienne		

III.4 Abondance des espèces

III.4.1 Remarques liminaires

La première phase du double échantillonnage pour stratification ultérieure apporte des données semi-quantitatives relatives à une unité de temps (ici la minute). Cela correspond au Catch Per Unit Effort (CPUE) des anglo-américains. En aucun cas les données quantitatives recueillies à cette occasion ne permettent d'estimer précisément l'effectif total des individus dans l'aire d'étude, parce que nous ne sommes pas capables de mesurer l'incertitude liée à l'estimation des effectifs à partir de ce type de données. Pour cela, il aurait fallu réaliser des comptages sur des placettes de dimensions fixées, ce qui n'était prévu dans l'étude.

Bien qu'il ne soit pas possible d'estimer les effectifs de chacune des espèces observées, il est possible de déterminer les tronçons où les mulettes sont les plus abondantes par unité de temps. Toutefois, compte tenu de l'étiage du cours d'eau, l'abondance rapportée par minute est très certainement sous-estimée.

III.4.2 Résultats

Toutes espèces confondues, le nombre d'individus vivants observés par tronçon est compris entre 0.016 ind.min^{-1} et 0.27 ind.min^{-1}, avec une moyenne de 0.08 ind.min^{-1} ± 0.07 ind.min^{-1} par tronçon (Tableau 4). L'Anodonte des rivières a une abondance entre 0.02 et 0.25 ind.min^{-1}, tandis que la Mulette épaisse et la Mulette méridionale ont respectivement une abondance comprise entre 0.016 et 0.22 ind.min-1 et 0.016 et 0.27 ind.min^{-1} (Annexes cartographiques – cartes 6, 7 et 8).

On ne peut pas dire si l'une des trois espèces est plus abondante qu'une autre ; on ne peut démontrer de différence entre les effectifs observés (test de Kruskal-Wallis Chi-carré = 1.3582, df = 2, P = 0.5071) (Tableau 5).

Le plan d'échantillonnage n'ayant pas été bâti pour démontrer l'effet des obstacles à l'écoulement des eaux sur les abondances de mulettes, il n'est donc pas possible de déterminer si les abondances varient entre l'amont et l'aval de ces ouvrages hydrauliques. On soulignera toutefois qu'il n'y a qu'une observation de Mulette épaisse à l'aval de l'ouvrage du Château de Marolles-en-Brie et l'essentiel des spécimens se trouvent entre l'ouvrage du Château de Marolles-en-Brie et celui du bois des Fourneaux.

Tableau 5 : Effectif observés par tronçon (temps de prospection = 60 min).

Numéro du tronçon	*Effectif observé*	*CPUE (nbre d'ind.min^{-1})*
Anodonte des rivières		
FDP77_Vannetin_019	3	0.05
FDP77_Vannetin_020	1	0.016666667
FDP77_Vannetin_026	1	0.016666667
FDP77_Vannetin_028	4	0.066666667
FDP77_Vannetin_029	1	0.016666667
FDP77_Vannetin_034	6	0.1
FDP77_Vannetin_037	15	0.25
FDP77_Vannetin_038	4	0.066666667
FDP77_Vannetin_040	2	0.033333333
FDP77_Vannetin_043	3	0.05
FDP77_Vannetin_045	9	0.15
Mulette épaisse		
FDP77_Vannetin_034	2	0.033333333
FDP77_Vannetin_037	6	0.1
FDP77_Vannetin_038	1	0.016666667
FDP77_Vannetin_043	13	0.216666667
FDP77_Vannetin_045	1	0.016666667
Mulette méridionale		
FDP77_Vannetin_019	1	0.016666667
FDP77_Vannetin_034	4	0.066666667
FDP77_Vannetin_037	6	0.1
FDP77_Vannetin_038	6	0.1
FDP77_Vannetin_040	9	0.15
FDP77_Vannetin_043	16	0.266666667
FDP77_Vannetin_045	6	0.1
FDP77_Vannetin_063	3	0.05
FDP77_Vannetin_069	2	0.033333333

III.5 Classes de taille des mulettes et anodontes observées

Toutes les mulettes et les anodontes observées ont été mesurées. Les figures 2 à 4 montrent les classes de taille (basées sur la longueur de la coquille) des trois espèces de bivalves contactées lors des prospections. On soulignera que la taille des individus est liée à son âge, mais il n'est pas possible de déterminer précisément l'âge d'un individu à partir de sa taille. D'une population à

l'autre et d'un cours d'eau à l'autre, des individus de la même espèce ayant un âge identique pourront avoir une taille différente.

L'approche méthodologique la plus sûre pour estimer l'âge d'une population est le comptage des vraies stries d'accroissement des individus en coupant la coquille de son sommet vers sa périphérie. N'étant pas un objectif principal de l'étude, cette démarche n'a pas été réalisée.

III.5.1 Mulette épaisse

La classe de taille dominante est celle correspondant à la taille 46-50 mm (Figure 5). On observe l'absence de spécimens ayant une taille comprise entre 30 et 35 mm. L'absence de spécimens ayant une taille inférieure à 25 mm suggère l'absence de spécimens issus de recrutement récent ou l'incapacité de les détecter. On notera que quelques spécimens de grandes tailles (L > 55 mm) ont été observés.

III.5.2 Autres espèces

Pour **l'Anodonte des rivières**, les petites classes de taille, c'est-à-dire ici celles correspondant à des longueurs inférieures à 35 mm, sont peu représentées (Figure 6). De plus, les spécimens ayant une longueur inférieure à 25 mm n'ont pas été observés ou non détectés. Les classes de taille dominantes sont celles qui correspondent à une longueur supérieure à 35 mm, avec la classe 35-40 mm qui prédomine. La fréquence des classes diminue ensuite, avec un sursaut pour la classe de taille 55-60 mm.

Pour la Mulette méridionale, aucun spécimen ayant une taille inférieure à 30 mm n'a été observé parmi les spécimens récoltés (Figure 7). La classe de taille dominante est celle des spécimens ayant une longueur comprise entre 50-60 mm. Les grands spécimens ayant une longueur supérieure à 70 mm sont peu représentés.

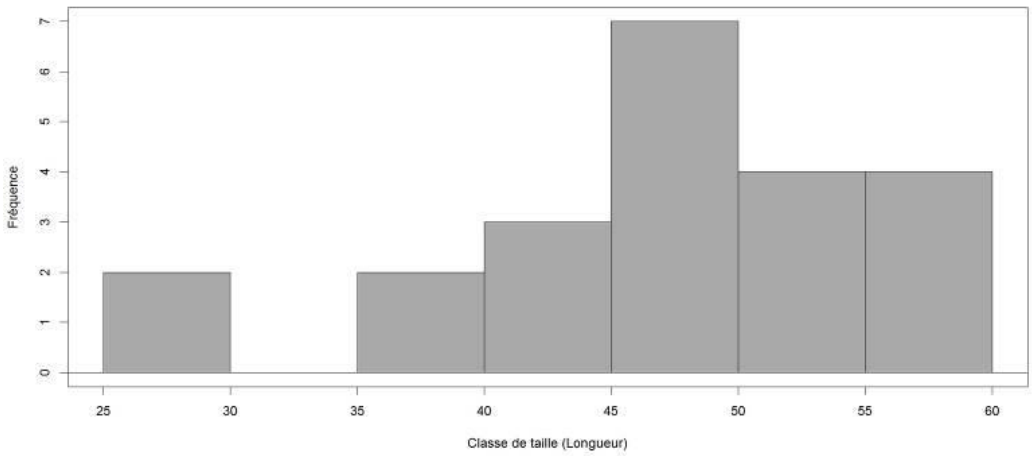


Figure 5 : Classes de taille des spécimens de Mulette épaisse observés dans les tronçons d'étude en 2014.

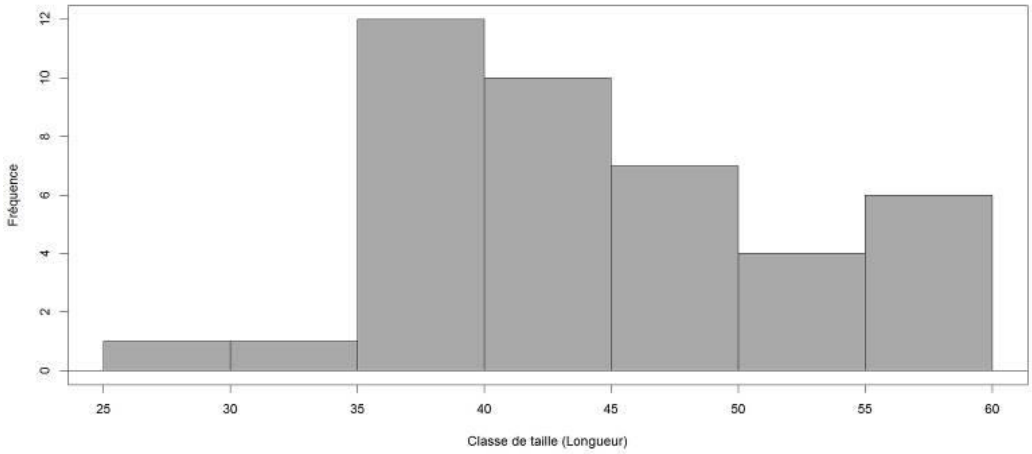


Figure 6 : Classes de taille des spécimens d'Anodonte des rivières observés dans les tronçons d'étude en 2014.

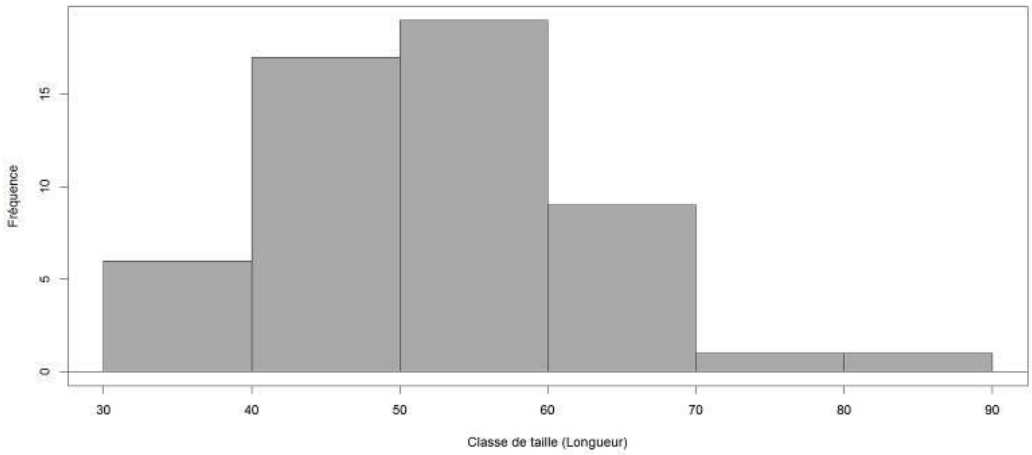


Figure 7 : Classes de taille des spécimens de Mulette méridionale observés dans les tronçons d'étude en 2014.

III.6 Degré de maturité des individus

Le degré de maturité des mulettes et des anodontes s'estime en entrouvrant les valves des individus et en regardant, pour les individus femelles, si les branchies sont chargées de larves glochidies. Cette manipulation implique de forcer l'animal à s'ouvrir et peut occasionner des lésions au niveau des muscles adducteurs, risquant de ne plus permettre à l'individu de se refermer correctement.

Par conséquent, il n'est pas possible de dire si les individus femelles, quelles que soit l'espèce, étaient gravides ou pas au moment des prospections. Il n'est pas non plus possible de d'avoir une idée du sex-ratio de chacune des espèces observées dans le site Natura 2000.

Discussion / conclusion

- Répartition de la Mulette épaisse et des autres espèces

La première mention de la Mulette épaisse dans la rivière du Vannetin a été effectuée en 2012, à Marolles-en-Brie (Cucherat, Patry, Philippe et Tapko, observations personnelles). À l'exception d'un individu vraisemblablement mourant observé à l'aval du seuil du Château de Marolles-en-Brie, toutes les mulettes épaisses ont été trouvées entre ce dernier seuil et celui du bois des Fourneaux. Les autres espèces de mulettes rencontrées montrent le même patron de distribution au sein de l'aire d'étude.

Il est probable que la distribution des mulettes soit la conséquence des impacts des ouvrages hydrauliques sur la rivière, qui empêchent la libre circulation des sédiments. Par conséquent, la rivière du Vannetin montre des signes sévères d'incisions à l'aval des ouvrages hydraulique, où le sédiment meuble est décapé au profit de grande surface de lit mineur dominé par de la roche-mère (marne). Ce type de substrat est impropre pour les mulettes. Elles ne peuvent pas s'enfoncer, se maintenir et réaliser l'ensemble de leur cycle biologique. Cela n'est pas aussi marqué à l'aval du seuil du bois des Fourneaux, sans que l'on puisse en expliquer les raisons. Toutefois, l'objet de l'étude n'était pas d'étudier l'impact de ces ouvrages, puisque le plan d'échantillonnage a été construit indépendamment de l'existence de ces seuils. Des investigations supplémentaires pourraient être menées avant toutes propositions d'action pour le rétablissement de la continuité écologique. En l'occurrence, il pourrait être opportun de poursuivre les recherches de mulette entre les seuils Moulin de Mizande et celui du Château de Marolles-en-Brie de manière à déterminer les densités et de les comparer avec celles mesurées entre les seuils du Château de Marolles-en-Brie et celui du bois du Fourneau.

- Classe de taille de la Mulette épaisse et des autres espèces

Les classes de taille mesurées à partir des spécimens récoltés montrent l'absence de certaines classes de taille. Ces « trous » peuvent être la conséquence des impacts des seuils, de pollutions ponctuelles ou de difficultés de détection de certaines classes (*cf.* plus bas). Les seuils empêchent la libre circulation des poissons hôtes. Le cycle biologique de ces derniers se trouverait altéré, ce qui aurait un impact sur la reproduction des mulettes. On peut suggérer que la faible production de juvéniles de poissons hôtes – stade préférentiel pour l'enkystement des larves de mulette - pourrait être impliquée. D'autres évènements peuvent également s'être produits et qui auraient eu un effet sur la reproduction des mulettes, mais il nous est impossible de le déterminer sur la base des informations recueillies. Il arrive parfois aussi que les femelles ne se reproduisent pas une ou plusieurs années d'affilées, sans que l'on sache pourquoi.

- Détectabilité de la Mulette épaisse et des autres espèces

L'approche méthodologique utilisée ici pour rechercher les mulettes n'est pas optimale pour détecter les juvéniles de Mulette épaisse ou des autres espèces, mais elle permet tout de même d'observer des spécimens de 10-15 mm de longueur. Ici, la hauteur de l'eau ne le permettait pas, puisqu'il arrivait parfois que le bathyscope ne pouvait pas être mis dans l'eau. Les risques de non détection des petits spécimens étaient donc réels. L'objectif de l'étude n'était pas de prouver la reproduction de l'espèce, mais de cartographier la Mulette épaisse et de donner des premiers éléments semi-quantitatifs sur les effectifs. Pour déterminer si l'espèce se reproduit, donc de savoir si la population est fonctionnelle, il est nécessaire, compte tenu du comportement cryptique des juvéniles, d'employer des méthodes d'excavation du sédiment. Le sédiment récupéré est ensuite tamisé.

- Effectifs observés de la Mulette épaisse et des autres espèces, et perspectives futures

En l'absence de données publiées, il est difficile de dire si les effectifs observés par unité de temps dans les tronçons étudiés de la rivière du Vannetin sont importants ou pas par rapport à d'autres

cours d'eau de France. Les données recueillies ici sont de nature semi-quantitative et correspondent à une première étape du protocole d'estimation d'abondance de l'espèce sur le site.

Les éléments sont suffisamment précis pour que la seconde phase de l'échantillonnage puisse s'opérer et permettre d'estimer précisément la taille de la population de la Mulette épaisse dans la rivière. Cette seconde étape consiste à mettre en œuvre un échantillonnage plus précis des individus dans les tronçons étudiés. Un échantillonnage systématique pourrait être mis en place, où les mulettes épaisses seraient comptées dans des quadrats de 50 x 50 cm régulièrement répartis sur l'ensemble des tronçons où elles ont été observées. Pour démontrer la reproduction, il est possible de coupler cet échantillonnage avec des excavations de sédiment. Cela améliorera l'estimation de l'abondance et permettrait de trouver des juvéniles enfouis. Enfin, pour évaluer le degré de fonctionnalité de la population il est possible d'étudier en parallèle le stock de poisson hôte (cf. première partie du présent rapport) et de dire si les densités de poisson sont suffisantes ou non pour assurer la survie de la Mulette épaisse dans la rivière. Ces possibilités d'études complémentaires permettront d'apporter des éléments nécessaires pour rédiger des actions spécifiques au profit de la Mulette épaisse et des autres espèces de grands bivalves.

Bibliographie

Adam, W. 1960. Faune de Belgique. Mollusques 1 - Mollusques terrestres et dulcicoles. Bruxelles. (Institut royal des Sciences naturelles de Belgique): 402 pages.

Aldridge, D. C. & McIvor, A. L. 2003. Gill evacuation and release of glochidia by *Unio pictorum* and *Unio tumidus* (Bivalvia: Unionidae) under thermal and hypoxic stress. *Journal of Molluscan Studies*, 69: 55-59.

Aldridge, D. C. 2000. The impact of dredging and weed cutting on a population of freshwater mussels (Bivalvia: Unionidae). *Biological Conservation*, 95: 247-257.

Altaba, C. R. 2007. Freshwater bivalve biodiversity: new insights into ecology, biogeography and conservation. In: Jordaens, K., Van Houtte, N., Van Goethem, J. & Backeljau, T., World Congress of Malacology - Antwerp, Belgium - 15-20 July 2007 - ABSTRACTS. 7. Antwerp. (Unitas Malacologica).

Bauer, G. & Wächtler, K. 2000. Environmental relationships of Naiads: threats, impact on the ecosystem, indicator function. In: Bauer, G. & Wächtler, K., Ecology and evolution of the freshwater mussels Unionoida. Ecological Studies, 145: 311-315. Berlin. (Springer).

Bauer, G. 2000. Life-history variation of different taxonomic levels of Naiads. In: Bauer, G. & Wächtler, K., Ecology and evolution of the freshwater mussels Unionoida. Ecological Studies, 145: 83-91. Berlin. (Springer).

Biodiversita 2004. Bivalves à valeur patrimoniale (*Unio crassus*) du bassin hydrographique de la Clouère (86) : répartition, démographie, conservation. SIA du Val de Clouère. 41 pp.

Biotope 2010. Étude préalable à la définition d'un plan d'action de restauration de six espèces de mollusques menacées en Île-de-France. Direction Régionale et Interdépartementale de l'Environnement et de l'Énergie d'Île-de-France/Biotope. 95 pp + annexes et annexes cartographiques

Bogan, A. E. 1995. Freshwater bivalves in North America. The invasion of the zebra mussel into North America. *Tentacle*, 5: 5-6.

Brainwood, M., Burgin, S. & Byrne, M. 2008. The impact of small and large impoundments on freshwater mussel distribution in the Hawkesbury-Nepean River, Southeastern Australia. *River Research and Applications*, 24: 1325-1342.

Chevalier, H. 2000. Taxonomie des *Corbicula* (Bivalvia: Corbiculidae) introduite dans le sud-ouest de la France. *Vertigo*, 7: 15-21.

Cucherat, X. 2013. Bilan des connaissances sur les espèces de mollusques continentaux de la Directive "Habitats-Faune-Flore" dans la région Nord – Pas-de-Calais durant la période 1992-2011. MalaCo, 9 : 467-484.

Cuttelod, A., Seddon, M. & Neubert, E. 2011. European Red List of non-marine molluscs. Luxembourd. (Publications Office of the European Union): x + 97 pages.

DIREN Nord – Pas-de-Calais, 2006. Liste des espèces déterminantes pour la modernisation des ZNIEFF dans le Nord Pas-de-Calais.

Engel, H. 1990. Untersuchungen zur Autökologie von *Unio crassus* (Philipsson) in Nord-deutschland. Universität Hannover. pp. Hannover.

ESRI 2007. ArcGIS 9.3. Redlands, Environmental Systems Research Institute.

Fiers, V., Gauvrit, B., Gavazzi, E., Haffner, P., Maurin, H. & coll., e. 1997. Statut de la faune de France métropolitaine. Statuts de protection, degrés de menace, statuts biologiques. Collection Patrimoine Naturels, Paris. (Muséum national d'Histoire naturelle): 225 pages.

Hochwald, S. 1997. Populationsökologue der Bach muschel (*Unio crassus*). *Bayreuther Forum Ökologie*, 50.

Hochwald, S. 2000. Plasticity of life-history in *Unio crassus*. In: Bauer, G. & Wächtler, K., Ecology and evolution of the freshwater mussels Unionoida. Ecological Studies, 145: 127-141. Berlin. (Springer).

Jansen, W., Bauer, G. & Zahner-Meike, E. 2000. Glochidial mortality in freshwater mussels. In: Bauer, G. & Wächtler, K., Ecology and evolution of the freshwater mussels Unionoida. Ecological Studies, 145: 185-211. Berlin. (Springer).

Köhler, R. 2006. Observations on impaired vitality of Unio crassus (Bivalvia, Najadae) populations in conjunction with elevated nitrate concentration in running waters. *Acta hydrochemica et hydrobiologica*, 34: 346-348.

Layzer, J. B. & Scott, E. M. J. 2006. Restoration and colonisation of freshwater mussels and fish in a southeastern united states tailwater. *River Research and Applications*, 22: 475-491.

Locard, A. 1881. Contributions à la faune malacologique française, II. Catalogue des Mollusques terrestres et aquatiques des environs de Lagny (Seine-et-Marne). *Annale de la Société Linnéenne de Lyon*, 28: 97-125.

Mouthon, J. 1994. Fréquence et densité des espèces de mollusques dans les cours d'eau français. *Vertigo*, 4: 19-28.

Nagel, K. O. 1988. Anatomische, morphologische und biochemische Untersuchungen zur Taxonomie und Systematik der europäischen Unionacea (Mollusca: Bivalvia). 100 pp. Kassel.

Nagel, K. O. 1991. Gefährdete Flussmuscheln in Hessen: Wahstum, Reproduktionsbiologie und Schutz der Bachmuschel (Bivalvia: Unionidae: *Unio crassus*). *Zeitschrift für Angewandte Zoologia*, 78: 205-218.

Pascal, L. 1873. Catalogue des Mollusques terrestres et des eaux douces du département de la Haute-Loire et des environs de Paris. *Archives des Missions scientifiques et littéraires*, 3 (1): 327-407.

Patzner, R. A. & Müller, D. 2000. Effects of eutrophication on Unionids. In: Bauer, G. & Wächtler, K., Ecology and evolution of the freshwater mussels Unionoida. Ecological Studies, 145: 327-335. Berlin. (Springer).

Prié V, Puillandre N. 2013. Molecular phylogeny, taxonomy and distribution of French Unio species (Bivalvia, Unionidae). Hydrobiologia, in press.

Quideau, Y. 1952a. Mollusques observés sur les bords du Loing à Nemours. *Bulletin de l'Association des Naturalistes de la Vallée du Loing*, 28 (6-7): 75-76.

Quideau, Y. 1952b. Pélécypodes fluviatiles et palustres trouvés dans la région de Fontainebleau. *Bulletin de l'Association des Naturalistes de la Vallée du Loing*, 28 (4): 42.

Quideau, Y. 1953. Mollusques observés à Nemours et Bagneaux-sur-Loing. *Bulletin de l'Association des Naturalistes de la Vallée du Loing*, 29 (8-9): 80-81.

Quideau, Y. 1954a. Promenade malacologique au bord du Loing. *Bulletin de l'Association des Naturalistes de la Vallée du Loing*, 30 (8-9): 77.

Quideau, Y. 1954b. Sur la systématique des mollusques de Fontainebleau. *Bulletin de l'Association des Naturalistes de la Vallée du Loing*, 30 (6-7): 69-70.

Quideau, Y. 1966. Les sortues de juin 1966. *Bulletin de l'Association des Naturalistes de la Vallée du*

Loing, 42 (9-10): 104.

Quideau, Y. 1996. Les sortues de juin 1966. *Bulletin de l'Association des Naturalistes de la Vallée du Loing*, 42 (9-10): 104.

Schmidt & Partner GbR 2004 Life-Project: "Large freshwater mussels Unionoidea in the border area of Bavaria, Saxony and the Czech Republic, "http://www.life.bezirk-oberfranken.de/pictrep.html

Strayer, D. L. & Smith, D. R. 2003. A guide to sampling freshwater mussel populations. Bethesda. (American Fisheries Society): xi + 103 pages.

Strayer, D. L. 2008. Freshwater mussel ecology - A multifactorial approach to distribution and abundance. Freshwater ecology series, Berkeley. (University of California Press): 204 pages.

Taeubert, J.-E., Gum, B. & Geist, J. 2011. Host-specificity of the endangered thick-shelled mussel (*Unio crassus*, Philipsson 1788) and implication for conservation. *Aquatic Conservation: marine and freshwater ecosystems*, 22 (1): 36-46.

Taeubert, J.-E., Posada Martinez, A. M., Gum, B. & Geist, J. 2012. The relationship between endangered thick-shelled mussel (*Unio crassus*) and its host fishes. *Biological Conservation*, 155: 94-103.

Thompson, S. K. 2002. Sampling - Second edition. Wiley series in probability and statistics, New York. (John Wiley & Sons): xvii + 367 pages.

Timm, H. & Mutvei, H. 1993. Shell growth of the freshwater Unionid *Unio crassus* from Estonian rivers. *Proceeding of Estonian Academy of Science of Biology*, 42 (1): 55-67.

Timm, H. 1994. Big clams of the Estonian freshwater: comparision of the age, shell length, and shell weight in different species and populations. *Proceeding of Estonian Academy of Science of Biology*, 43 (3): 149-159.

Tudorancea, C. & Gruia, L. 1968. Observation on the *Unio crassus* Philipsson population from the Nera River. *Travaux du Muséum d'histoire naturelle "Grigore Antipa"*, 8 (1): 381-394.

Valovirta, I. 2007. New inventory and conservation methods of the threatened freshwater bivalve *Unio crassus*. World Congress of Malacology, Antwerp, Belgium, 10-20 July 2007, Unitas Malacologica.

Valovirta, I. 2008. How to monitor and protect the three million individuals of *Unio crassus* in the Finnish capital Helsinki. 5th Congress of the European Malacological Societies, Azores.

Van Damme, D. 2011. *Unio crassus*. In: IUCN, IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.2. Gland.

Vaughn, C. C. & Taylor, C. M. 1999. Impoundments and the decline of freshwater mussels: a case study of an extinction gradient. *Conservation Biology*, 13 (4): 912-920.

Villela, R. F. & Smith, D. R. 2005. Two-phase sampling to estimate river-wide population of freshwater mussels. *Journal of North American Benthological Society*, 24 (2): 357-368.

Watters, G. T. 1996. Small dams as barriers to freshwater mussels (Bivalvia, Unionoida) and their hosts. *Biological Conservation*, 75: 79-85.

Weibel, D. & Peter, A. sous presse. Effectiveness of different types of block ramps for fish upstream movement. *Aquatic Science*: 10.

Zettler, M. L. & Jueg, U. 2007. The situation of the freswater mussel *Unio crassus* (Philipsson, 1788) in north-east Germany and its monitoring in terms of the EC Habitats Directive. *Mollusca*, 25 (2): 165-174.

Annexes cartographiques

Carte n°1. Localisation de l'aire d'étude. 29

Carte n°2. Localisation des tronçons d'étude. 30

Carte n°3. Localisation des observations de la Mulette épaisse. 31

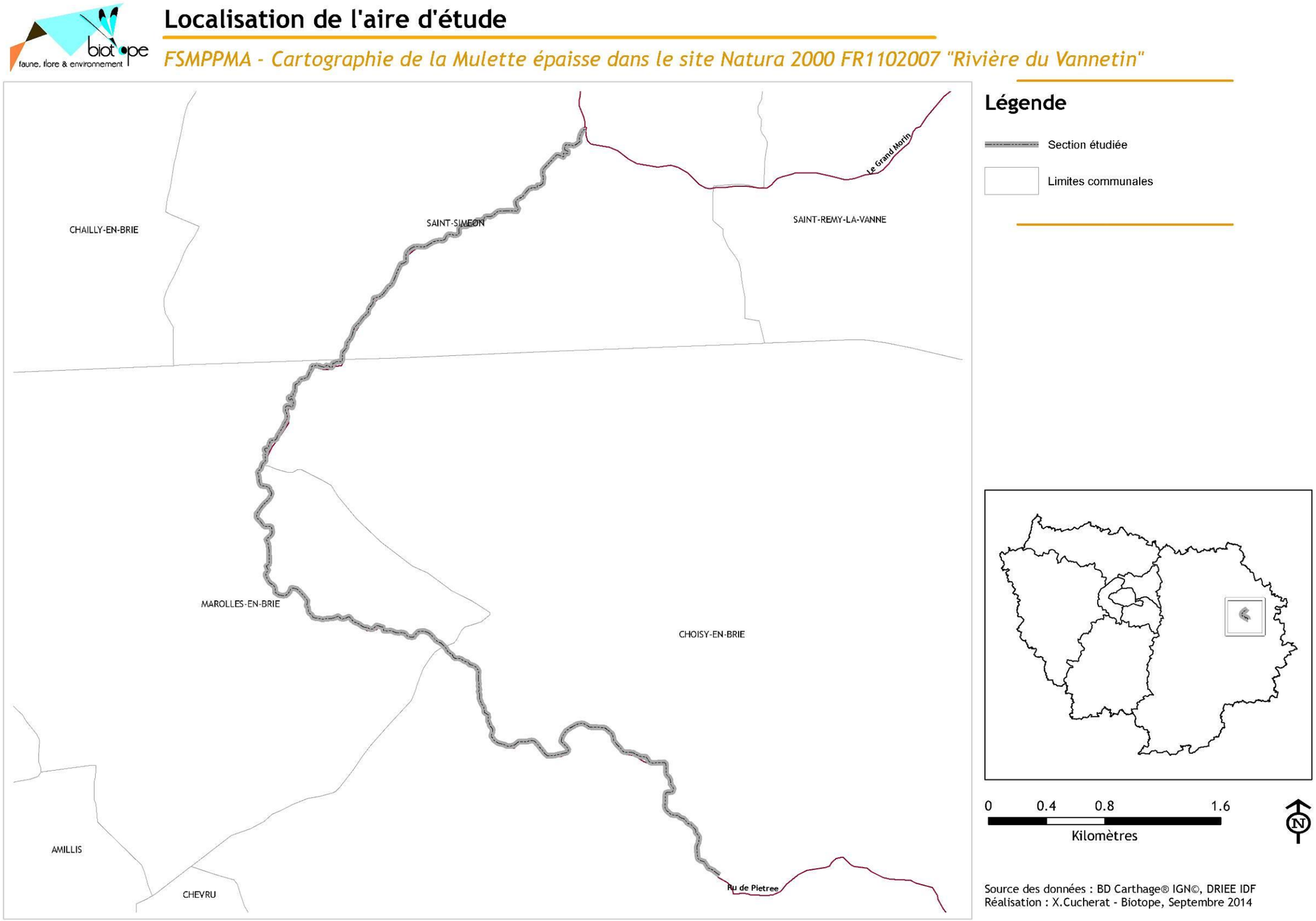
Carte n°4. Localisation des observations de l'Anodonte des rivières. 32

Carte n°5. Localisation des observations de la Mulette méridionale. 33

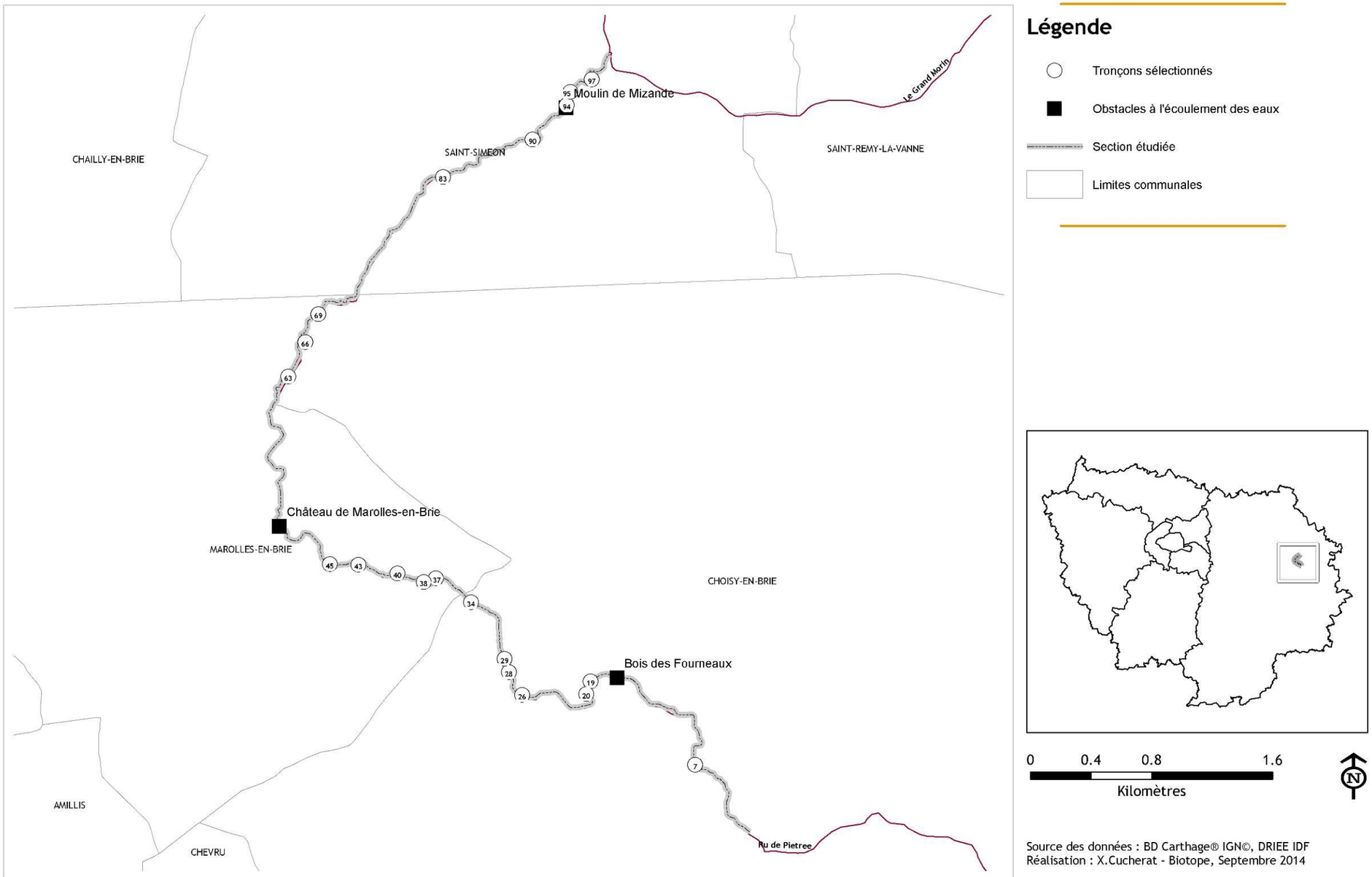
Carte n°6. Effectifs observés de la Mulette épaisse. 34

Carte n°7. Effectifs observés de l'Anodonte des rivières. 35

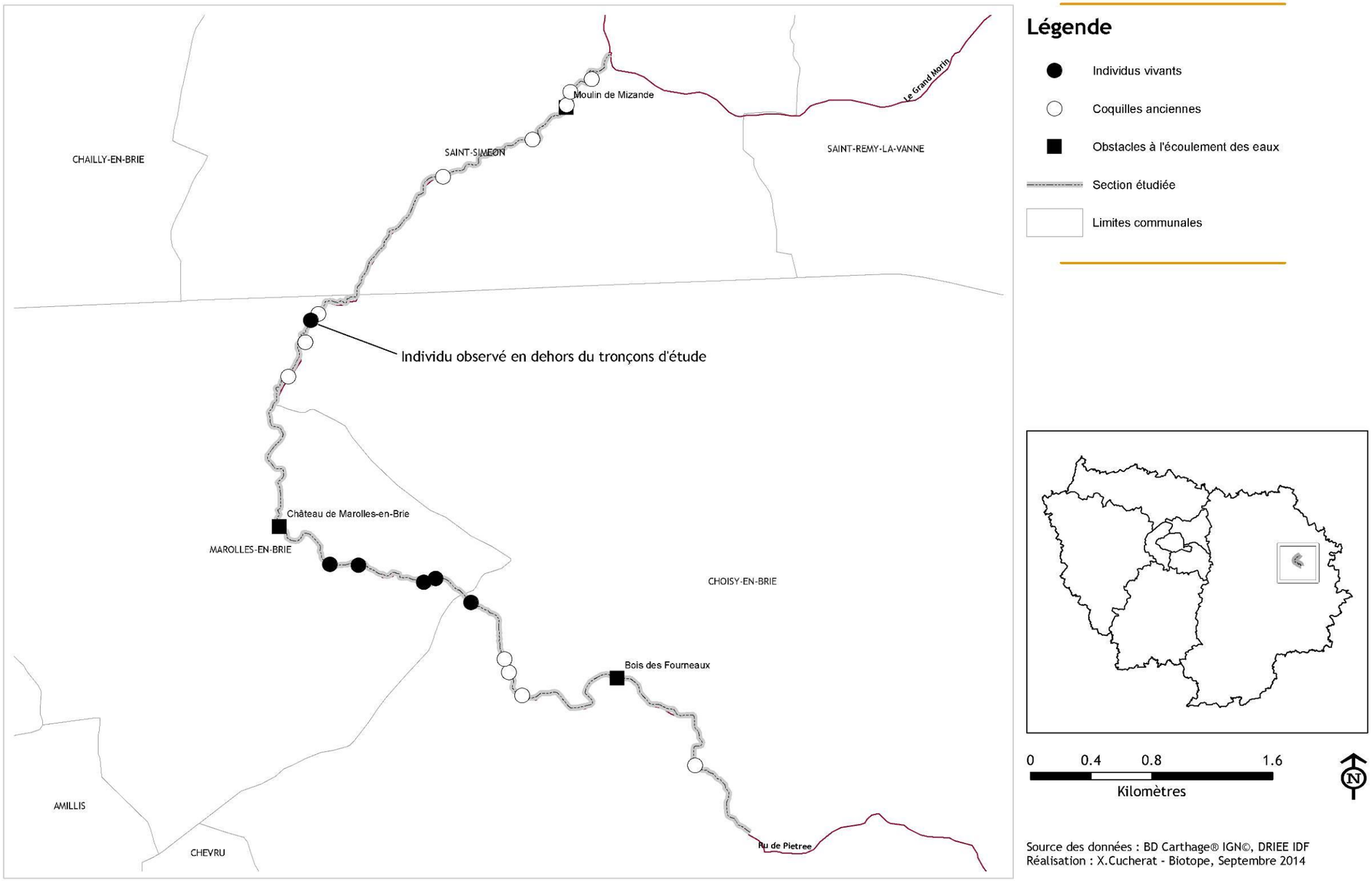
Carte n°8. Effectifs observés de la Mulette méridionale. 36



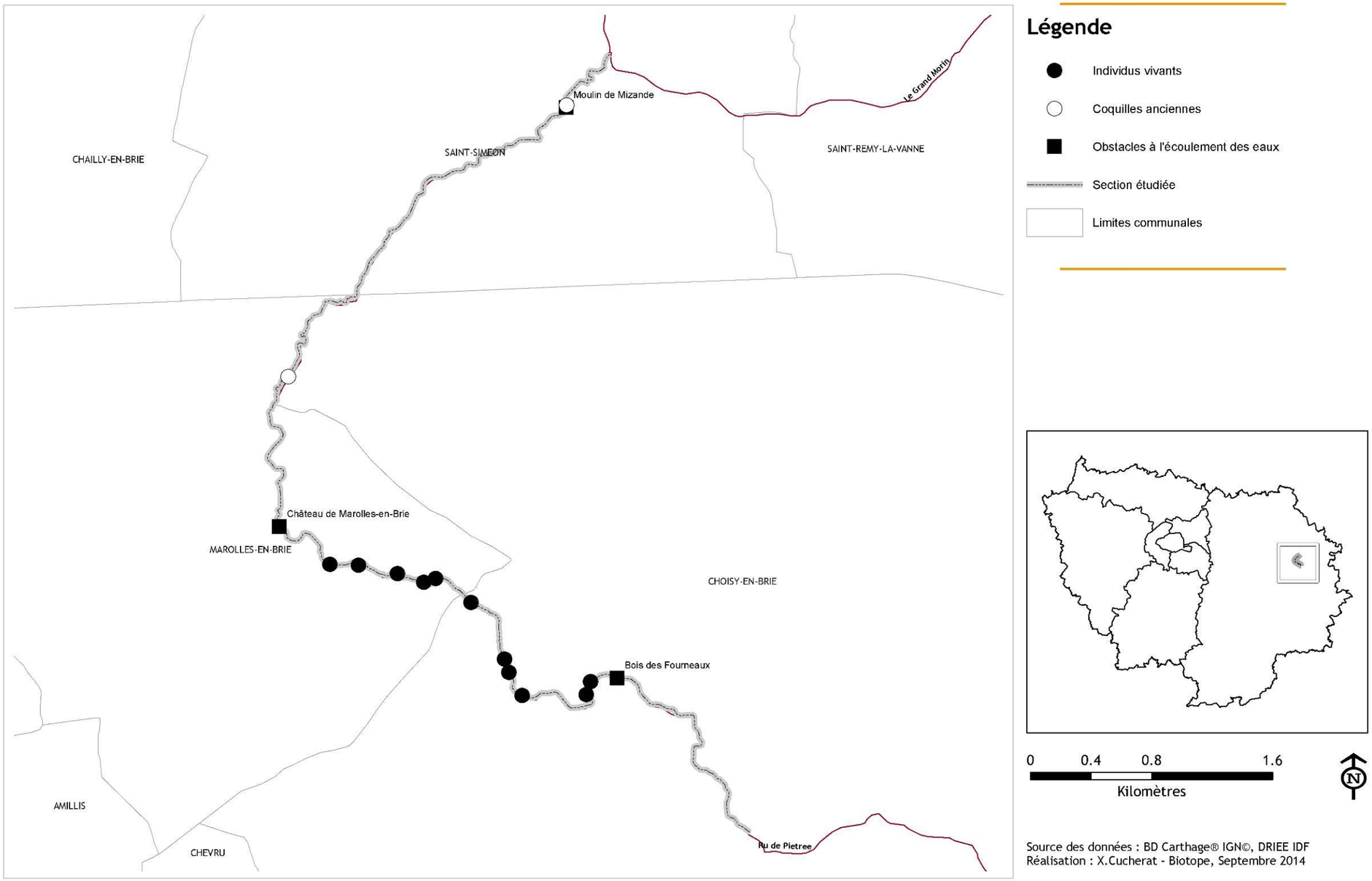
Carte n° 1. ***Localisation de l'aire d'étude.***



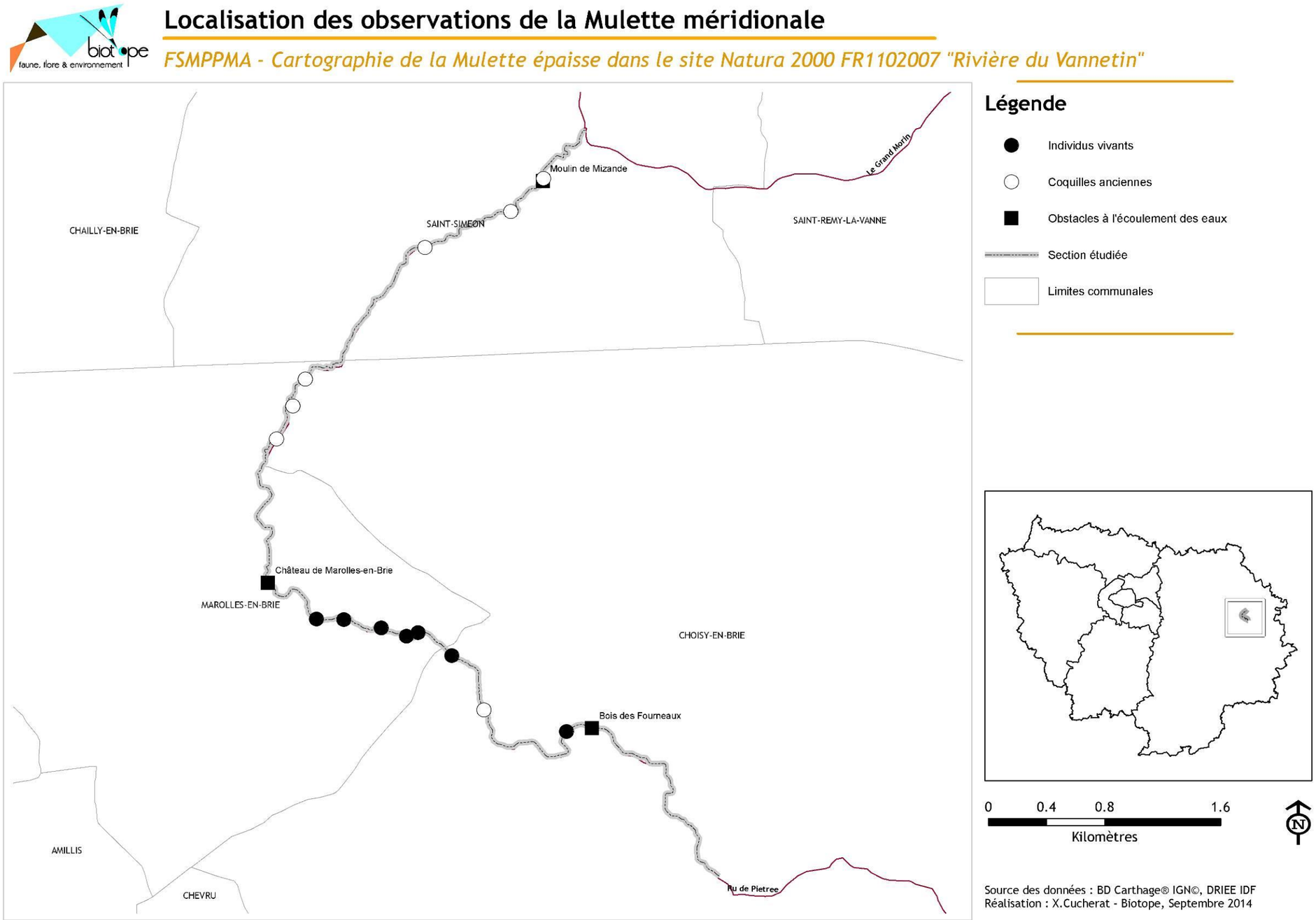
Carte n° 2. Localisation des tronçons d'étude.



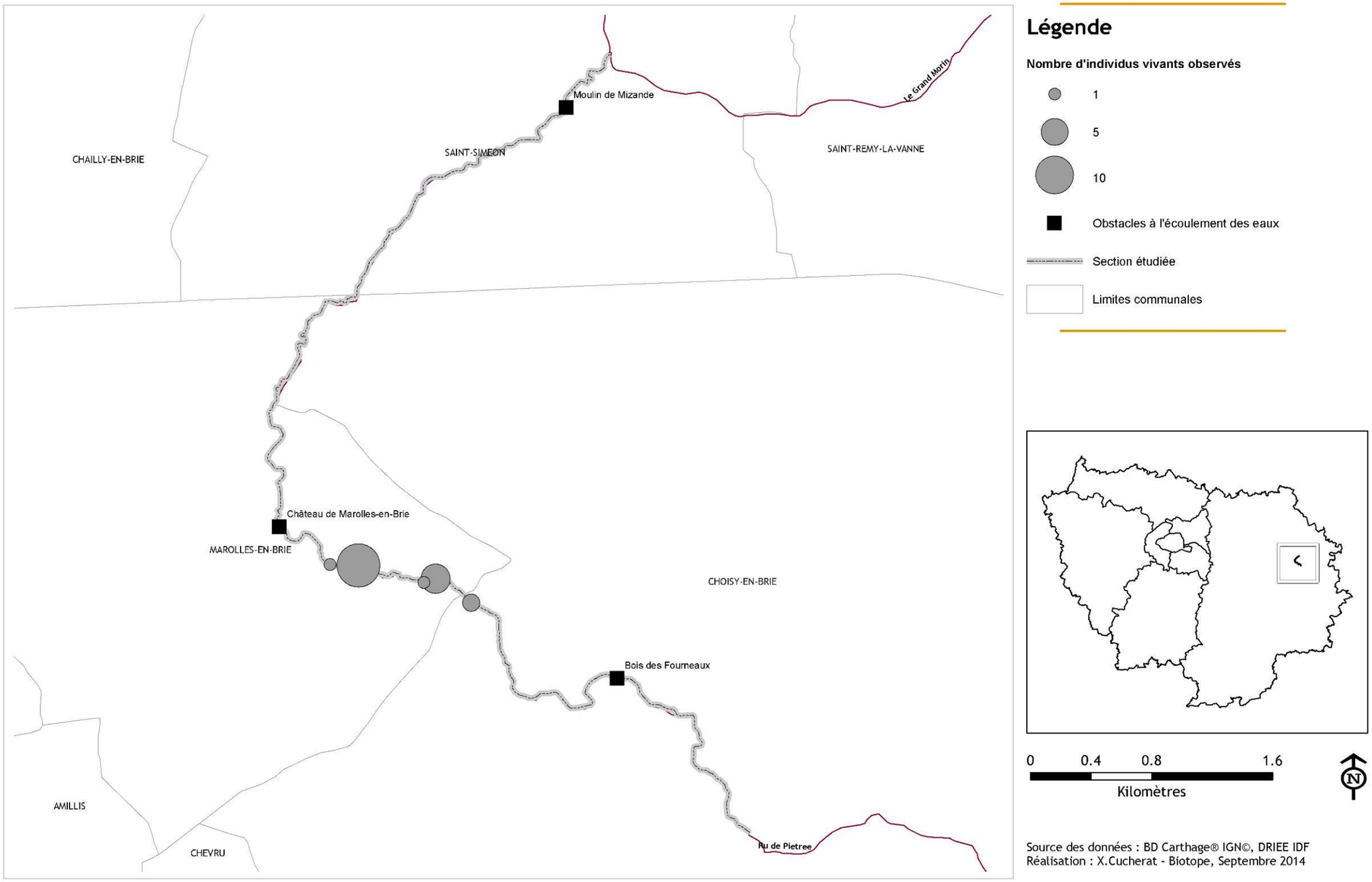
Carte n° 3. Localisation des observations de la Mulette épaisse.



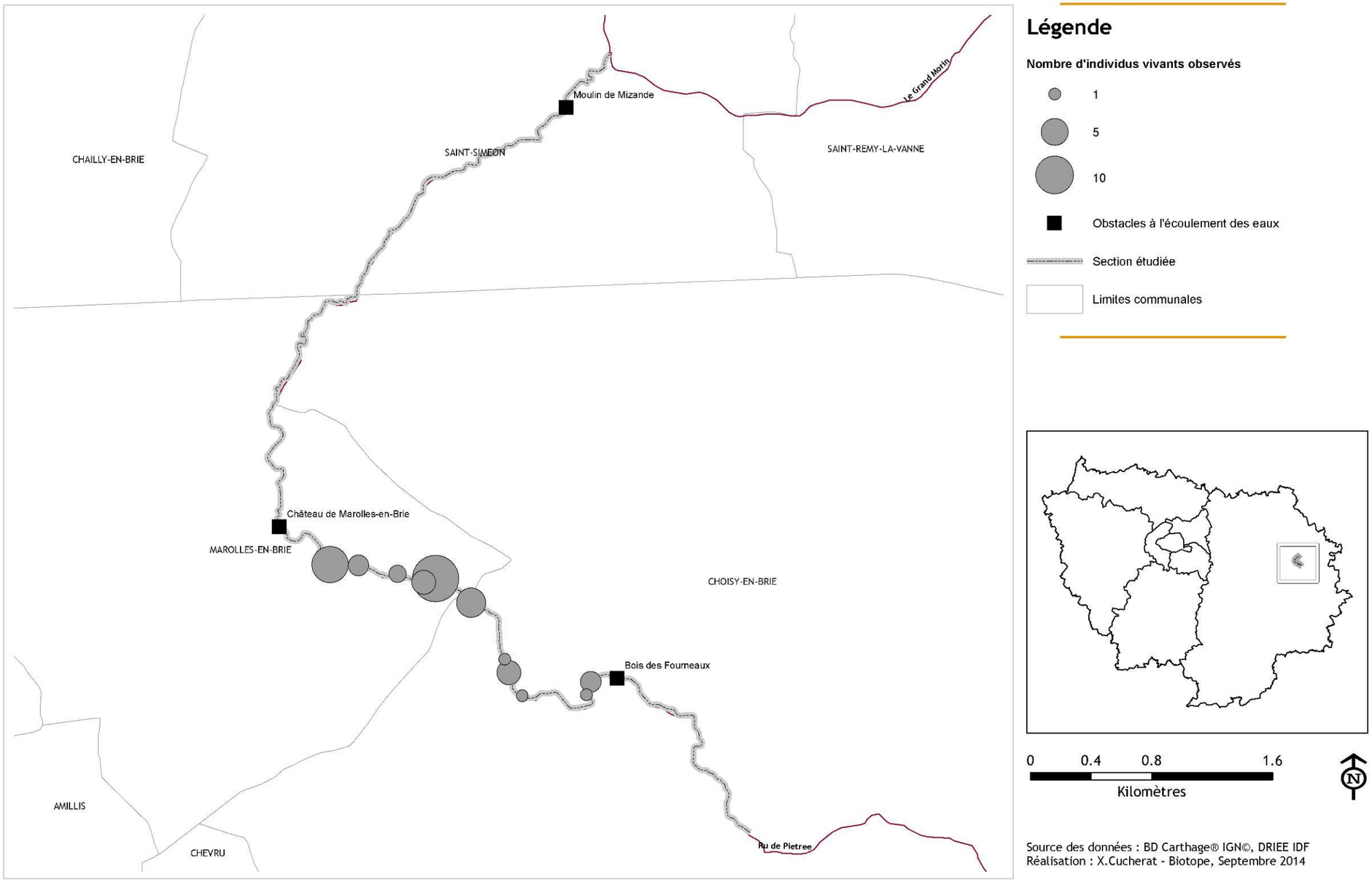
Carte n°4.Localisation des observations de l'Anodonte des rivières.



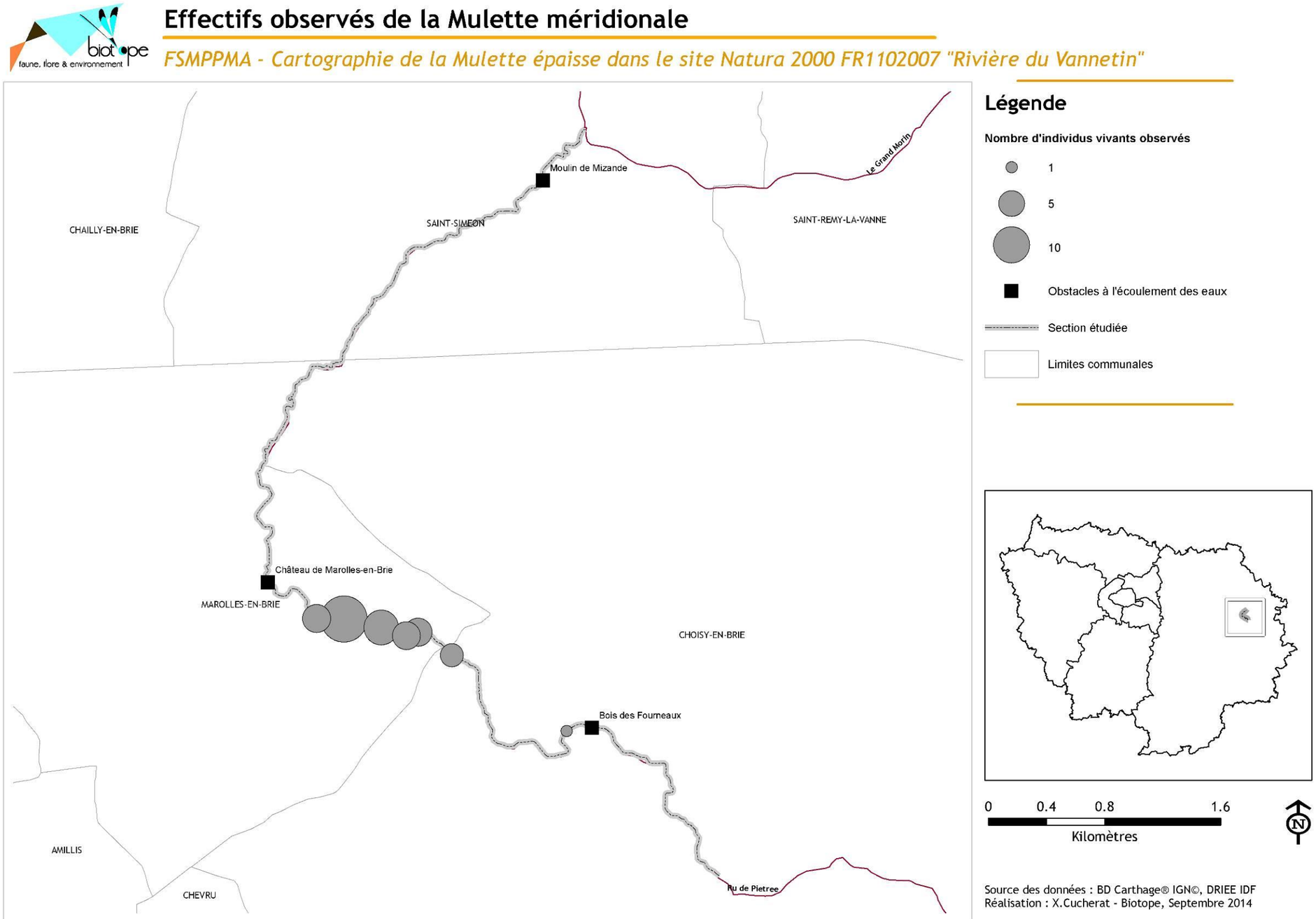
Carte n° 5. ***Localisation des observations de la Mulette méridionale.***



Carte n°6. Effectifs observés de la Mulette épaisse.



Carte n° 7. Effectifs observés de l'Anodonte des rivières.



Carte n°8. ***Effectifs observés de la Mulette méridionale.***