Définition de l’espace de bon fonctionnement des cours d’eau :

Définir les bassins versants à enjeux et développer une méthodologie locale de définition de l’espace de bon fonctionnement des cours d’eau du bassin versant de la Sambre

Defosse Célestine
U32005505
Master 1, Dynamique des milieux et des risques (Dynarisk)
Université Paris-Est-Créteil

Paysage bocager à proximité de Marbaix, Defosse Célestine

Année universitaire 2023-2024

Encadrante université, Nathalie Thommeret nathalie.thommeret@u-pec.fr

Encadrant structure d’accueil, Luc Girardot luc.girardot@parc-naturel-avesnois.com

Sommaire

I. Introduction 4
II. Etat de l'art 6
1. Localisation de l'étude 6
2. Les cours d'eau 12
a La Sambre 13
b Les sous bassins versants 15
3. L'Espace de Bon Fonctionnement des cours d'eau 25
III. Détermination des méthodes à utiliser 28
1. Caractérisations des cours d'eau 28
2. Définition des styles fluviaux 34
IV. Délimitation des EBF 36
1. Méthode méandriforme 37
a Périmètre Morphologique 38
b Périmètre Hydraulique 41
c Périmètre Biologique 42
d Périmètre Biogéochimique 43
e Périmètre Hydrogéologique 45
2. Méthode rapide 48
a Contexte morphologique 48
b Contexte hydraulique 50
c Prise en compte des autres contextes environnementaux 51
V. Discussion 53
VI. Conclusion 56
Bibliographie 57
Liste des figures 60
Liste des tableaux 61
Liste des annexes 61
Résumé 65
Abstract 65

Remerciements

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements au parc naturel régional de l'Avesnois pour m'avoir offert l'opportunité de réaliser mon stage au sein de leur structure. Ce fut une expérience enrichissante et formatrice qui m'a permis d'acquérir de nouvelles compétences, de travailler sur un projet motivant et concret.

Je tiens également à remercier toute l'équipe pour son accueil chaleureux et sa disponibilité tout au long de mon stage. Leur soutien et conseils précieux ont grandement contribué à ma progression et à ma compréhension du fonctionnement du Parc et des interactions entre les services.

Grâce à eux tous, j'ai pu grandir, travailler en bonne autonomie et me familiariser avec le monde professionnel.

Un merci tout particulier à Luc Girardot, mon tuteur de stage pour m'avoir fait confiance, pour sa présence tout au long du stage, sa pédagogie, son regard bienveillant et expert sur mes travaux. C'est une chance d'avoir pu profiter de ses conseils et de son expérience dans le domaine de la gestion de l'eau.

Merci également à l'Université de Paris Est Créteil et spécialement Mme Thommeret pour le suivi et l'accompagnement, avant et pendant le stage. Je me suis rendu compte que les cours dispensés sont essentiels pour nous apporter le socle de connaissance pour bien démarrer dans le monde professionnel.

Grace à toutes ces personnes, cette expérience m'a permis de prendre conscience de mes capacités et de me sentir plus confiante dans mes choix professionnels futurs.

I. Introduction

Les cours d'eau ont été et sont toujours aménagés et utilisés par les Hommes, que ce soit pour se servir de leur énergie avec des moulins, des barrages, des industries ou pour le loisir. On dit que les cours d'eau sont anthropisés. En prenant conscience de cette pression exercée sur les cours d'eau, et surtout du changement d'objectif, il y a une volonté de restaurer ces milieux naturels. Ainsi différentes politiques sont instaurées à l'échelle de la France et de l'Europe afin d'atteindre le bon état écologique des cours d'eau, ce sont actuellement la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) de 2000 pour l'Europe et la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) de 2006 en France qui régissent les réglementations. Selon le site eaufrance la définition de l'état écologique des cours d'eau est la suivante : « L'état écologique d'une masse d'eau de surface résulte de l'appréciation de la structure et du fonctionnement des écosystèmes aquatiques associés à cette masse d'eau. Il est déterminé à l'aide d'éléments de qualité : biologiques (espèces végétales et animales), hydromorphologiques et physico-chimiques, appréciés par des indicateurs (par exemple les indices invertébrés ou poissons en cours d'eau) ».

C'est dans ce contexte que la notion d'espace de bon fonctionnement des cours d'eau (EBF) intervient.

Une première notion appelée espace de liberté du cours d'eau apparaît dans les années 1990, c'est un espace qui permet un mouvement latéral du cours d'eau, notamment lors d'inondations. Cependant, ce n'est qu'une partie de l'espace de bon fonctionnement, notion plus récente. L'espace de bon fonctionnement des cours d'eau s'appuie sur 5 fonctions : hydraulique, morphologique, biogéochimique, biologique et hydrogéologique.

L'espace de liberté correspond uniquement à la fonction morphologique.

L'espace de bon fonctionnement des cours d'eau va au-delà du lit majeur, plusieurs éléments entrent en compte, ce qui permet une meilleure continuité écologique.

Divers documents de planification sont mis en place pour aider à la mise en application de cette politique. On retrouve notamment les Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SDAGE) qui servent d'outil de planification des grands bassins hydrographiques français. Il y a également les Schémas d'Aménagement de Gestion des Eaux (SAGE) qui permettent de décliner sur des sous-bassins versants les orientations identifiées par le SDAGE. Le SAGE permet de travailler à l'échelle du bassin versant des cours d'eau. Pour rappel et selon Cosandey (2004), un bassin versant est une unité hydrologique drainée à partir d'un seul exutoire bien identifié. Le parc naturel régional de l'Avesnois est la structure au sein de laquelle est porté le SAGE. Des compétences comme la compétence Gestion des Milieux Aquatiques et Prévention des Inondations (GEMAPI) sont également créées afin d'avoir une compétence juridique.

La définition des espaces de bon fonctionnement des cours d'eau est demandée par les agences de l'eau. Ainsi, portés par les SAGE, ce sera aux structures ayant la compétence GEMAPI de les mettre en place et d'en faire la cartographie.
Les SAGE sont régis par le Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion de l'Eau (SDAGE). Dans le SDAGE 2022-2027 Artois Picardie, il est fait mention des espaces de bon fonctionnement des cours d'eau dans la disposition A-5.1 (Figure 1). Cette disposition est prise à la suite de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) pour permettre l'atteinte du bon état écologique des cours d'eau. Ainsi, pour la mise en conformité, chaque SAGE doit délimiter cet EBF avant 2027.

Disposition A-5.1 ( ) : Définir l'espace de bon fonctionnement* des cours d'eau*

Les collectivités compétentes en matière de GEMAPI sont chargées de réaliser la cartographie de l'espace de bon fonctionnement* des cours d'eau*, en priorité sur les bassins versants à enjeux identifiés par les Commissions Locales de l'Eau des SAGE. Il est essentiel que cette cartographie soit achevée à l'échéance du présent SDAGE et soit annexée aux SAGE lors de leur adoption ou de leur révision. Les documents d'urbanisme* assurent la préservation de ces espaces au titre de leur compatibilité avec le(s) SAGE(s) qui les concernent et mettent en œuvre les dispositions permettant d'assurer une telle préservation.

Figure 1 : Disposition du SDAGE Artois Picardie 2022-2027 conférant aux autorités compétentes la définition des EBF

L'EBF n'a pour le moment pas de valeur réglementaire propre, c'est pourquoi il est inclus dans le SAGE afin de disposer des mêmes valeurs réglementaires que le Plan d'Aménagement et de Gestion Durable (PAGD). Dans le cadre d'un SAGE ils doivent être mis en compatibilité avec les documents d'urbanisme (SCoT, PLUi).
Ainsi, l'objectif du stage au parc naturel régional de l'Avesnois est de définir une méthodologie pour la délimitation de l'espace de bon fonctionnement des cours d'eau du bassin versant de la Sambre et de délimiter les zones prioritaires à son élaboration. Pour délimiter l'Espace de Bon Fonctionnement des cours d'eau, on s'appuie sur le guide technique Rhône Méditerranée Corse (RMC) de 2016 car c'est le premier bassin à avoir des EBF validés. Cependant, les cours d'eau du bassin RMC ont un fonctionnement et une morphologie différentes de ceux présents sur le territoire Artois-Picardie. Il est donc nécessaire de s'interroger sur comment mettre en place une méthode adaptée aux cours d'eau du bassin versant de la Sambre pour délimiter l'espace de bon fonctionnement.

II. Etat de l'art

1. Localisation de l'étude

La zone étudiée est le bassin versant de la Sambre en France, elle se trouve dans les départements du Nord et de l'Aisne à la frontière avec la Belgique.

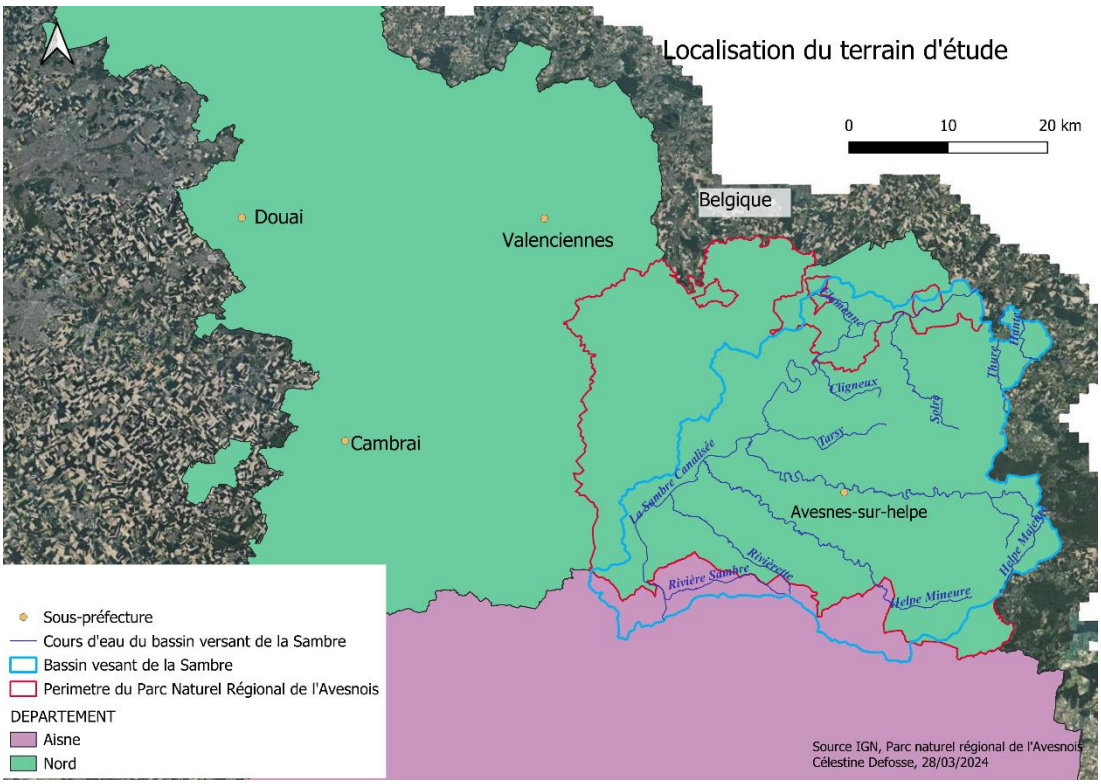


Figure 2 Carte de localisation du terrain d'étude.

Plus largement, la Sambre traverse principalement des territoires ruraux mais également des zones urbaines comme l'agglomération de Maubeuge en France ou Charleroi en Belgique.

La gestion du bassin versant de la Sambre est un enjeu transfrontalier nécessitant la coopération entre la France et la Belgique.

Des comités bilatéraux sont nécessaires pour coordonner les efforts de gestion de l'eau, de la protection environnementale et de la prévention des risques.

Le projet Sambre 2030 a été lancé entre les deux pays pour travailler entre autres ces problématiques.

L'étude réalisée dans le cadre de ce stage sera centrée sur le territoire français.

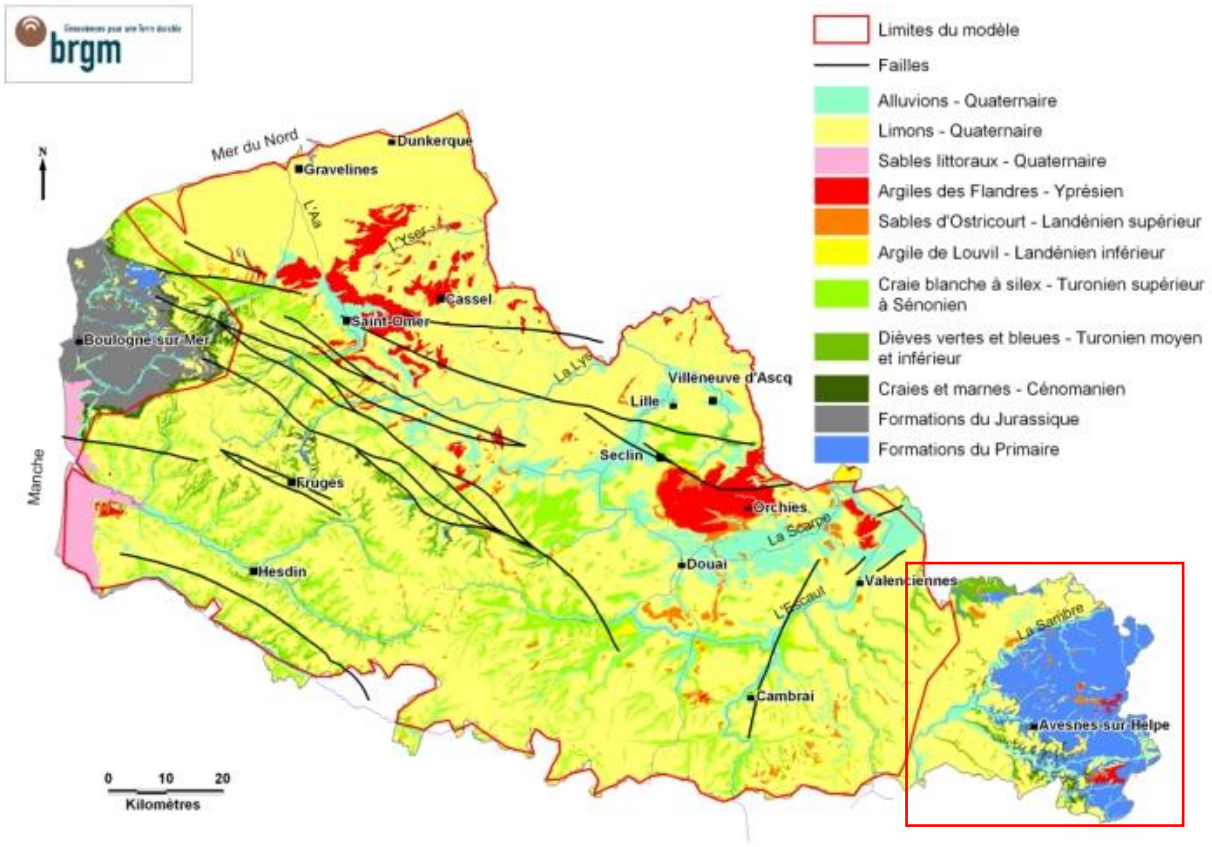


Figure 3 Carte Géologique du Nord Pas-de-Calais, source BRGM

Le département du Nord est une partie de l'ancien bassin parisien. Il est donc essentiellement constitué de roches sédimentaires. On observe sur la Figure 3, qui est une carte du BRGM (Bureau de Recherches Géologique et Minières), qu'il y a principalement des argiles et des limons sur cet espace. Cette géologie explique les importantes mines de charbon fortement exploitées dans le passé. Cela explique également la présence importante d'agriculture aujourd'hui. En effet, la présence de limon rend le sol plus meuble, donc facile à travailler et fertile. Cependant, les sols sont également plus poreux et ils arrivent plus rapidement à saturation lors d'épisodes pluvieux répétés. Il y a néanmoins une zone qui se distingue du reste du département : l'Avesnois. Étant sur les contreforts du massif des Ardennes, la composition du sous-sol y est particulière, on retrouve notamment beaucoup de calcaire, ce qui n'est pas le cas dans le reste du département. Le territoire est connu pour la pierre bleue, une roche sédimentaire calcaire, qui a beaucoup servi pour la construction, notamment en Belgique et dans le nord de la France (Figure 4).

Figure 4 Construction en pierre bleue à Bavay, 15/04/2024

D'un point de vue plus scientifique, le diagnostic territorial réalisé par le parc naturel régional de l'Avesnois nous apprend que dans le bassin versant de la Sambre, le sol est formé principalement de sols bruns lessivés décarbonatés, argileux, limoneux ou sableux, reposant sur des matériaux divers comme les grès, les schistes et les marnes ; mais aussi de sols bruns lessivés et de sols lessivés limoneux à limono-argileux hydromorphes.

L'Avesnois est un système faillé semblable à celui d'un système karstique, ce qui est d'ailleurs très visible à proximité du cours d'eau du Cligneux où plusieurs avens (aussi appelés bétoires) se sont formés.

Figure 5 Bétoires à St Rémy du Nord, Source Agglomération Maubeuge Val de Sambre

Le Parc Naturel Régional de l'Avesnois (PNRA) est un syndicat mixte. Le PNRA a été créé en 1998. En 2022, le périmètre du parc compte 145 communes pour une superficie d'environ 125 hectares. Le parc se situe au sud-est de la ville de Valenciennes, à l'extrémité sud du département du Nord. La charte sur laquelle repose le classement est en cours de révision. Le territoire du parc se situe principalement dans l'arrondissement d'Avesnes-sur-Helpe, ville sous-préfecture. Ce n'est cependant pas la ville la plus peuplée ; sur le territoire du parc, c'est l'agglomération Fourmies-Wignehies et, dans l'arrondissement, c'est l'agglomération de Maubeuge.

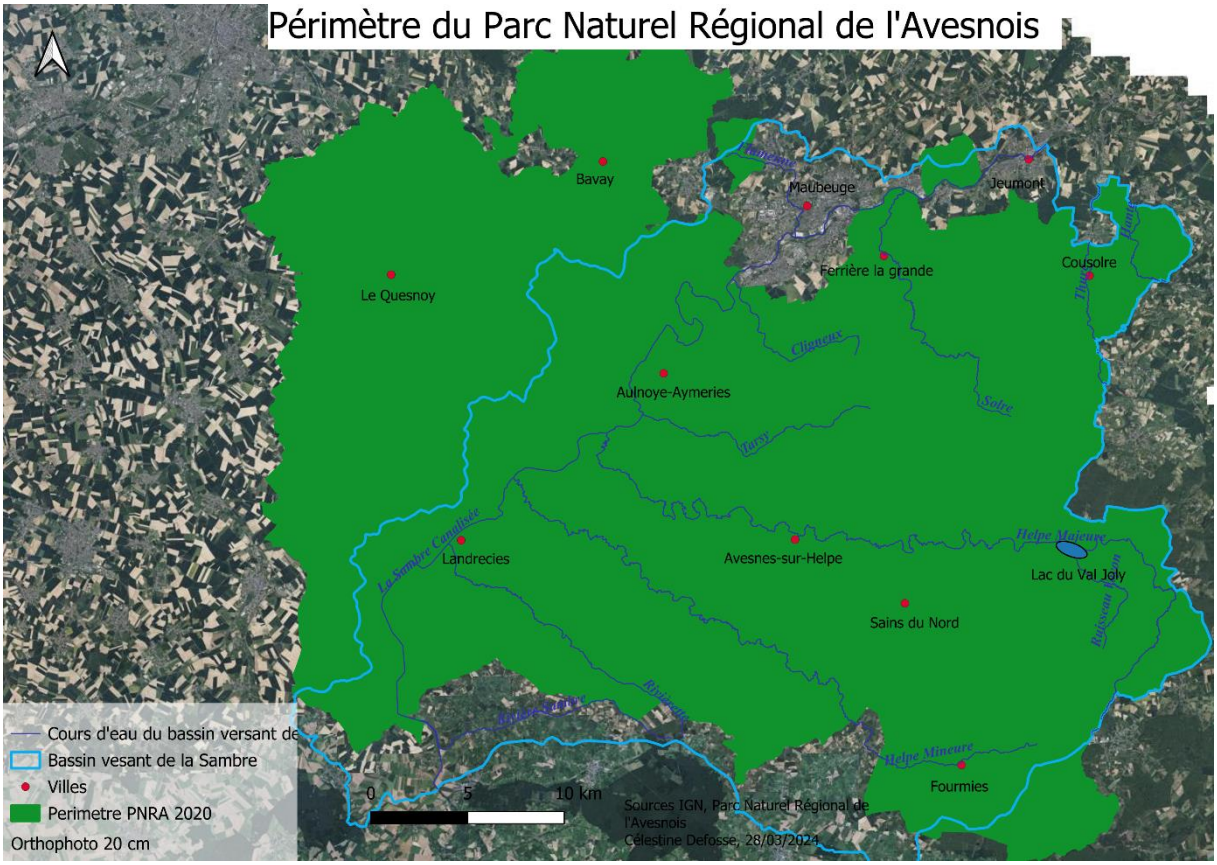


Figure 6 Périmètre du parc naturel régional de l'Avesnois avec l'agglomération de Maubeuge

La Figure 6 est une carte du périmètre du parc naturel régional de l'Avesnois incluant l'agglomération de Maubeuge, qui selon la charte n'en fait pas partie mais est comprise dans le SAGE. Dans l'Avesnois, le bocage occupe une place importante dans le paysage. C'est un véritable atout pour la biodiversité, qui y est d'ailleurs très riche. On trouve 5 sites de zones Natura 2000, soit des Zones de Protection Spéciale (ZPS), des Zones Spéciales de Conservation (ZSC), ou encore des Sites d'Importance Communautaire (SIC). En revanche, sur le territoire du parc, il y a peu de continuité entre ces zones. En particulier, au niveau du lac du Val Joly, on retrouve plusieurs SIC rapprochés mais pas une seule grande zone, ce qui est en lien avec les espaces et les habitats protégés. Le réseau hydrographique sur le territoire du parc est dense, principalement en raison de la géologie, surtout sur le bassin versant de la Sambre. Le territoire du parc se situe à cheval sur deux bassins versants. Au sud-est du territoire, il y a la Sambre et

son bassin versant. Au nord-ouest, on retrouve le bassin versant de l'Escaut. Ce cours d'eau est aussi transfrontalier, il s'écoule plus au nord et traverse notamment l'agglomération de Valenciennes.

Sur ces cartes, je n'ai représenté que la Sambre et ses principaux affluents car c'est ma zone d'étude, mais également parce que le PNRA porte le SAGE de la Sambre. Le SAGE de l'Escaut est porté par une autre structure (SYMEA- Syndicat Mixte Escaut et Affluents) qui doit également délimiter l'EBF sur son bassin versant.

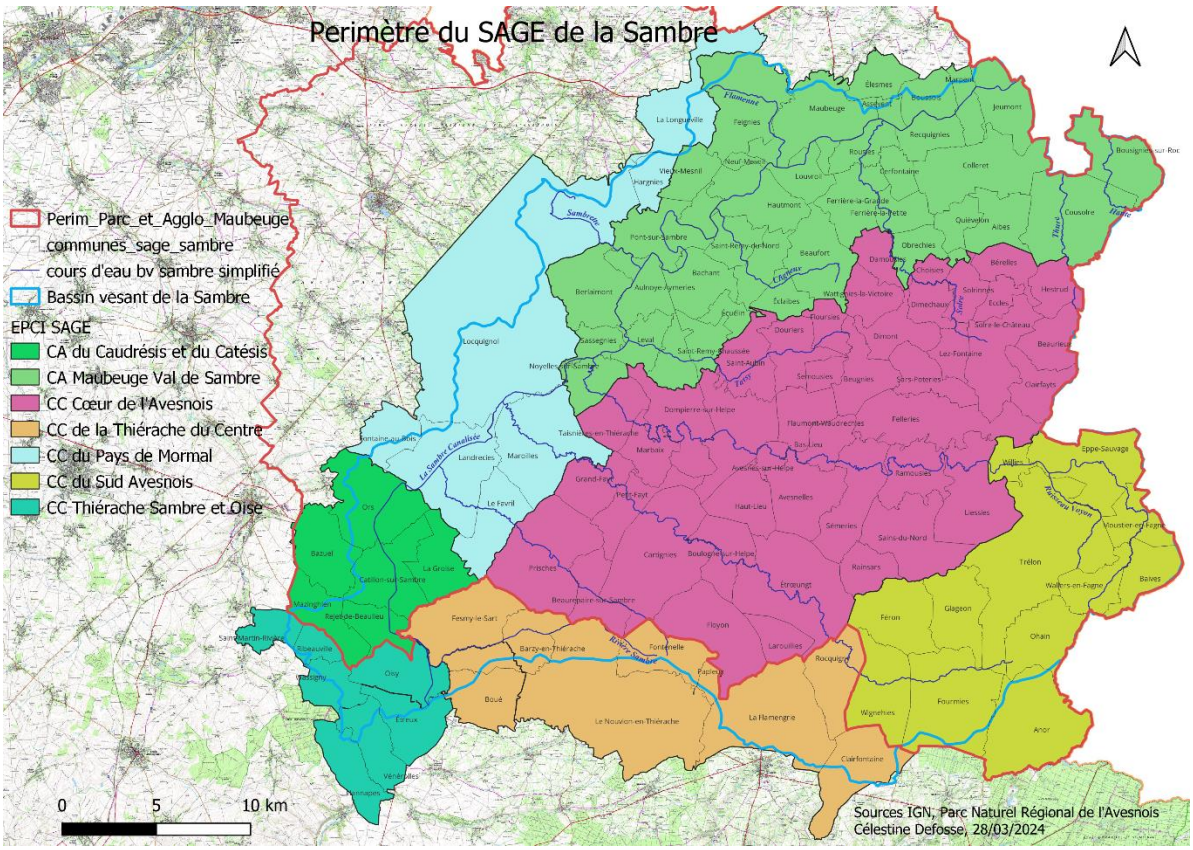


Figure 7 Le périmètre du SAGE de la Sambre

Le périmètre du SAGE de la Sambre est différent de celui du parc naturel régional de l'Avesnois. Le territoire du parc naturel régional de l'Avesnois intègre uniquement des communes du département du Nord, alors que le périmètre du SAGE de la Sambre englobe le bassin versant ainsi que 17 communes de l'Aisne. Ces dernières font donc partie du SAGE de la Sambre mais ne sont pas sur le territoire du PNRA. Le SAGE de la Sambre à l'est s'arrête à la frontière belge, tandis qu'à l'ouest, c'est la forêt de Mormal qui en dessine les contours. Cette forêt abrite des cours d'eau appartenant au bassin versant de la Sambre mais aussi des cours d'eau du bassin versant de l'Escaut. La forêt de Mormal est la zone de partage des eaux. On retrouve donc la forêt à la fois dans le périmètre du SAGE Escaut et dans celui du SAGE de la Sambre. Les limites administratives des 2 SAGE se chevauchent dans les communes limitrophes.

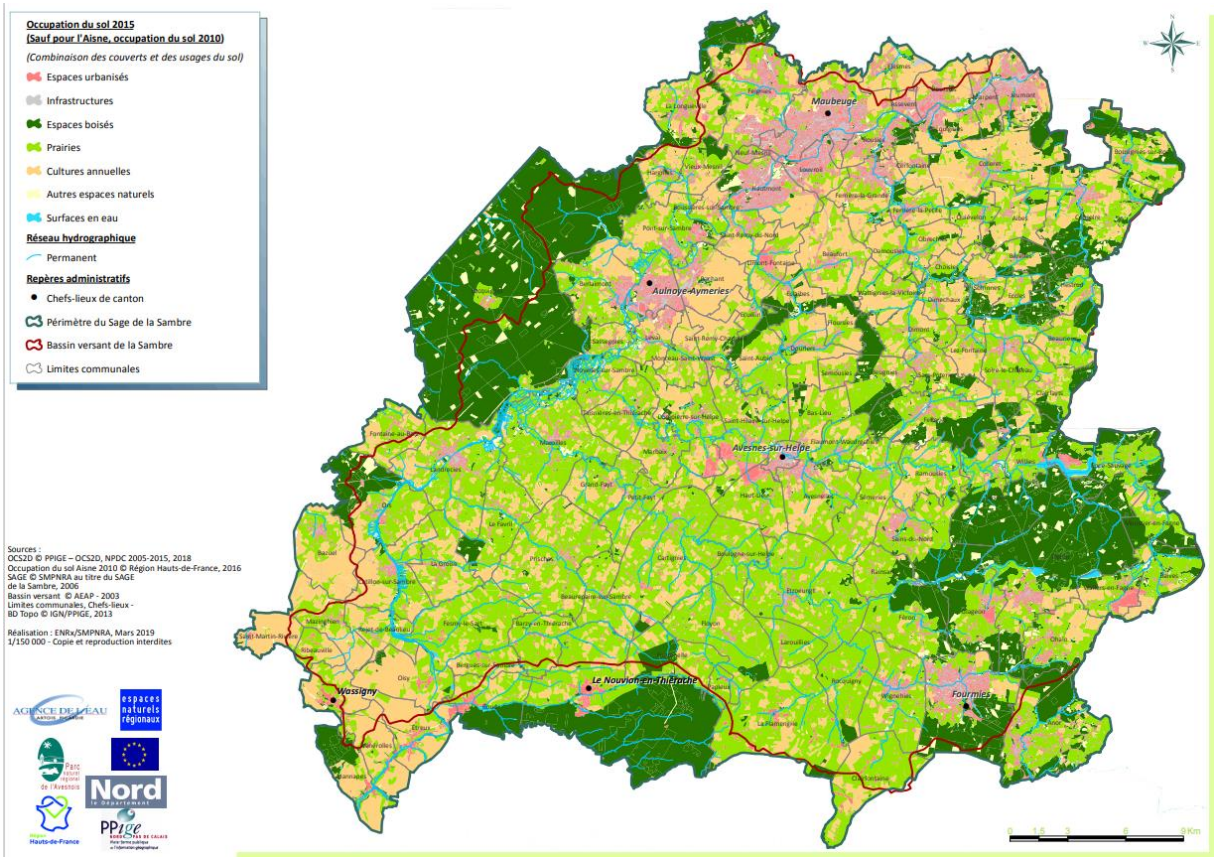


Figure 8 Occupation du sol du Sage de la Sambre, source PNRA

La carte d'occupation du sol met en lumière l'importance de l'espace agricole (prairies et cultures). A l'échelle du périmètre de révision du parc, on retrouve 52350 hectares de prairies, 38487 hectares de terres arables, 30792 hectares de surfaces forestières, 14420 hectares de surfaces urbanisées. Toute la partie sud représentée comme étant des prairies, correspond au bocage. Le bocage se caractérise majoritairement par des prairies bordées de haies. Plus on remonte vers le nord plus on rencontre de terres cultivées ou d'espaces urbanisés. L'agglomération de Maubeuge est le tissu urbain le plus important par rapport au reste du territoire. Les forêts de Mormal à l'Ouest et de Trélon à l'Est sont également bien visibles. La forêt de Trélon est presque entièrement couverte par des zones Natura 2000, c'est un secteur naturellement humide ce qui favorise le développement de la biodiversité. 2900 hectares de zones humides sont inventoriés au titre du SAGE de la Sambre, elles seront représentées sur les cartes suivantes spécifiques aux cours d'eau.

2. Les cours d'eau

La Sambre et ses affluents ont un régime hydrographique pluvial. Ils sont donc plutôt réactifs aux intempéries. Cependant, l'Avesnois n'a pas subi ces derniers mois les importantes inondations du le Pas-de-Calais, département limitrophe, grâce à plusieurs facteurs :

- La géologie est différente, les nappes sont plus profondes et il n'y a pas d'influence maritime.
- Le territoire avait des recharges humides insuffisantes depuis 2017 et subissait un état de sécheresse depuis plus de 2 ans.
- Les précipitations ont été moins importantes que dans le Pas-de-Calais et la façade maritime.

Comme nous l'avons vu avec la Figure 7, sur le territoire du SAGE de la Sambre, l'occupation du sol est variée mais avec 66% du territoire identifié comme espaces agricoles (Figure 9).

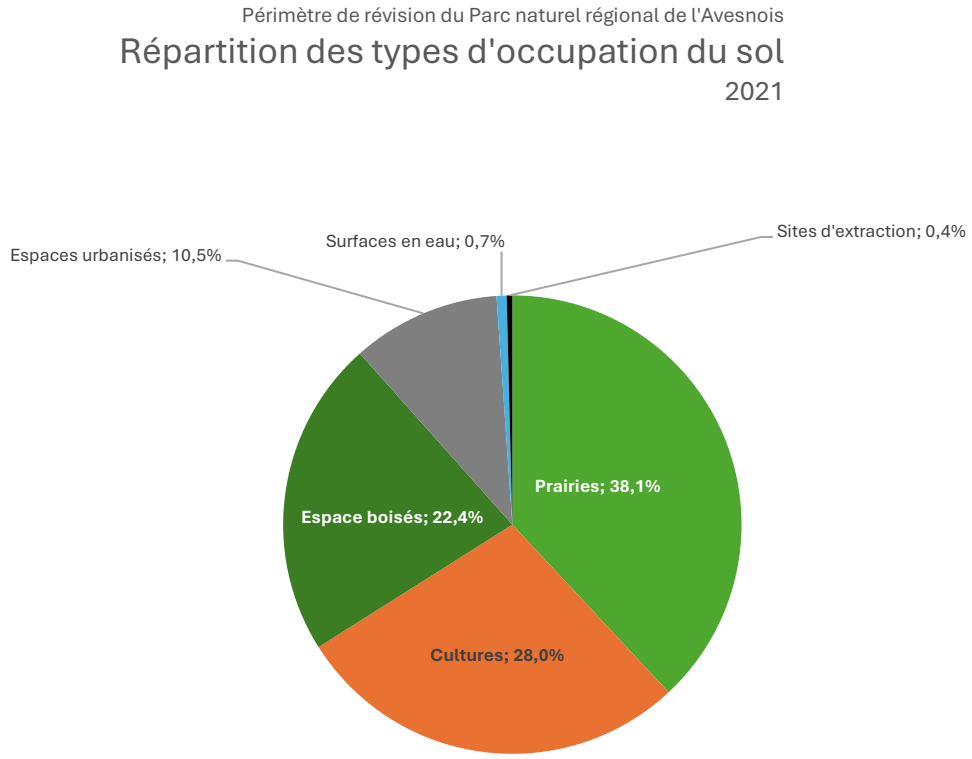


Figure 9 : Graphique de l'occupation du sol source, PNRA d'après OCS2d 2021, Géo2France

Toutes ces occupations du sol, notamment les terres agricoles et le tissu urbain, ont un impact sur la qualité des cours d'eau avec le transfert de pollution notamment en cas de crue.

a La Sambre

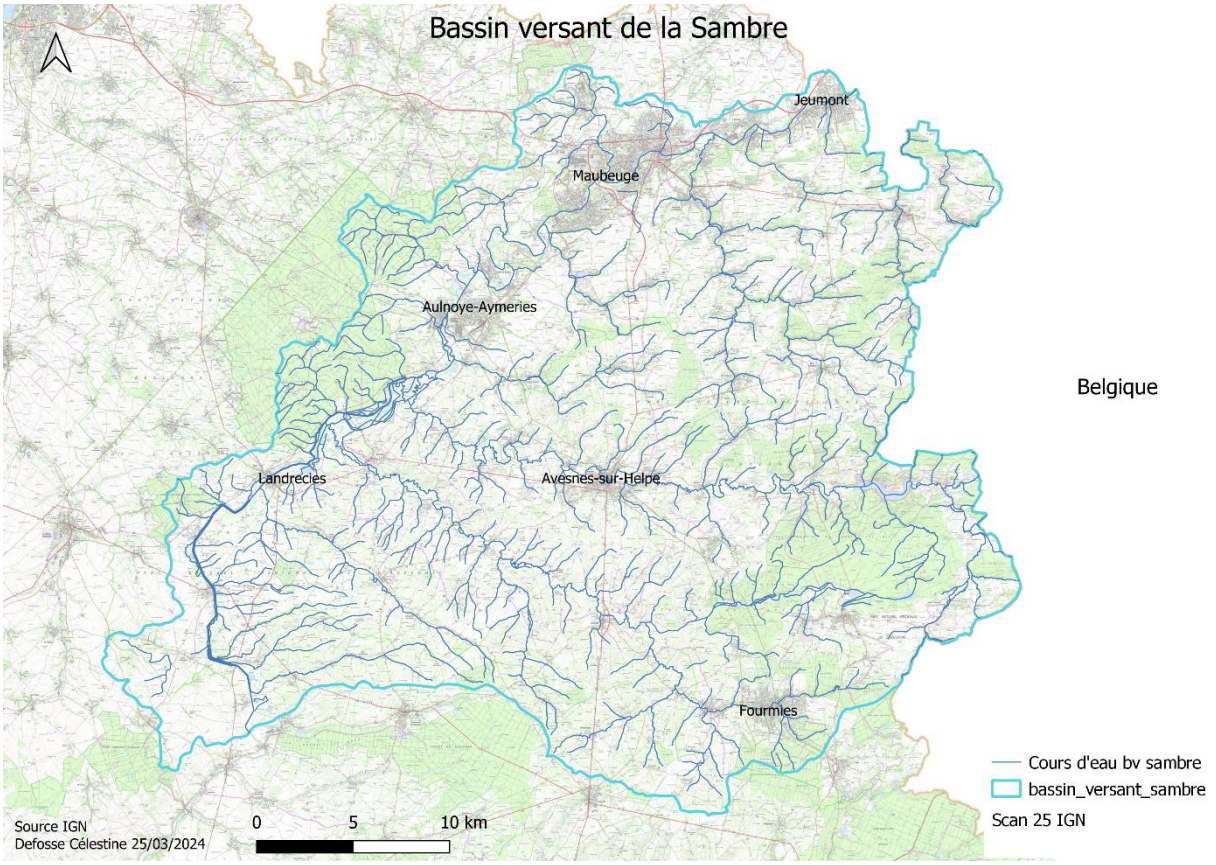


Figure 10 Bassin versant de la Sambre

La Sambre est un cours d'eau transfrontalier du Nord de la France. Elle a une longueur totale de 208 km, dont 128 km en France, sans prendre en compte les affluents. Elle prend sa source à proximité du Nouvion-en-Thiérache, dans le département de l'Aisne, à 210 m d'altitude. C'est un affluent de la Meuse, dont la confluence se trouve à Namur, en Belgique. Le territoire se situe aux prémices du massif des Ardennes.

La Sambre est un cours d'eau domanial navigable, sous la responsabilité des Voies Navigables de France (VNF), qui en assurent la gestion. Cet établissement public assure la navigabilité de la Sambre ainsi que son entretien. On retrouve de nombreuses écluses, 9 sur la Sambre canalisé et une sur le canal de la Sambre à l'Oise.

La Sambre est un cours d'eau très anthropisé. On peut identifier deux parties distinctes : le canal de la Sambre et la Sambre canalisée. Ces sections sont détaillées sur la Figure 11.

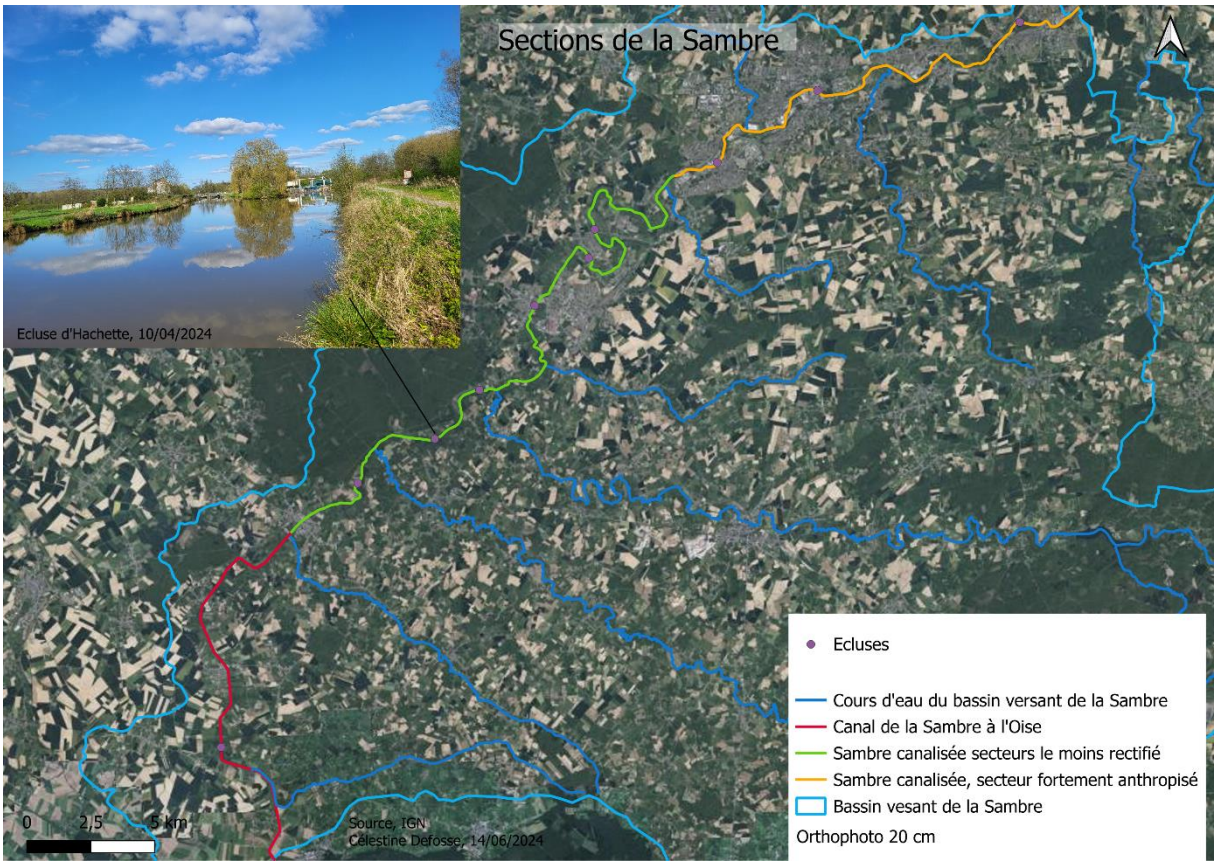


Figure 11 Carte des différentes sections de la Sambre

Le canal est situé en tête de bassin versant pour relier la Sambre à l'Oise. On retrouve ce canal jusqu'à Landrecies. Le canal est caractérisé par un tracé rectiligne entièrement rectifié. Sur cette partie se trouve un affluent en rive droite, la Riviérette, dont la confluence se situe au niveau de Landrecies. L'absence d'apport d'eau engendre un faible débit. Afin de maintenir un niveau de navigation lors des étiages, notamment, de l'eau est pompée dans des biefs voisins.

La Sambre canalisée se poursuit jusqu'à la frontière belge en suivant le tracé naturel du cours d'eau. Cette partie, selon l'indice de sinuosité (1.2), est un chenal sinueux. C'est-à-dire que l'indice est trop faible pour considérer qu'il s'agit de méandres, mais ce n'est pas complètement rectiligne. Sur la partie de la Sambre canalisée, il est même encore possible de distinguer deux zones.

La première partie, entre Landrecies et Pont-sur-Sambre, est le secteur le moins rectifié. C'est également dans cet espace que l'on trouve le plus de zones humides, ainsi que les confluences avec l'Helpe Mineure (à Maroilles) le plus en amont, puis l'Helpe Majeure (à Noyelles-sur-Sambre), la Tarsy, et le ruisseau du Cligneux. Cette partie se caractérise par une sinuosité plus marquée.

La deuxième partie est caractérisée par des traversées urbaines, de Maubeuge jusqu'à la frontière à Jeumont. On y retrouve notamment les confluences avec la Flamenne et la Solre. Malgré l'urbanisation, des zones humides subsistent à ces confluences, notamment celle de la Solre. Cette partie a été exploitée pour l'industrie. La Sambre était un moyen efficace de

transporter les marchandises majoritairement de charbon. C'est grâce à cette industrialisation sur le territoire de l'Avesnois, mais aussi dans la région du Borinage en Belgique, que l'on doit le canal et la rectification de la Sambre au 19e siècle afin de désenclaver ces régions en les reliant à l'Oise et donc à Paris.

b Les sous bassins versants

L'Helpe Mineure

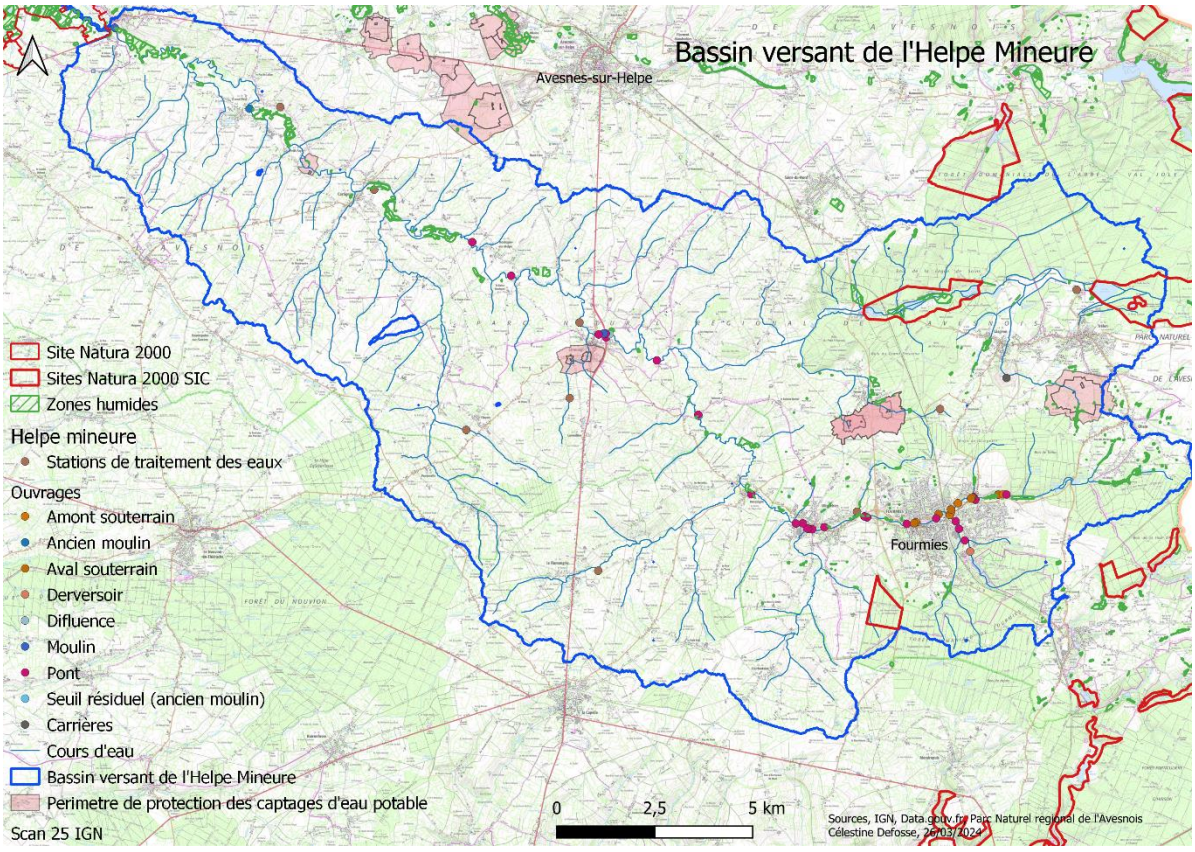


Figure 12 Bassin versant de l'Helpe Mineure

L'Helpe Mineure a une longueur de 51 km, sans prendre en compte les affluents. Elle prend sa source à Ohain, dans le département du Nord, à 240 m d'altitude. C'est un affluent de la Sambre, dont la confluence se situe en aval de Maroilles.

Le bassin versant de l'Helpe Mineure se situe dans le cœur bocager du territoire, ce qui préserve encore le paysage. L'indice de sinuosité de l'Helpe Mineure est de 1,6 qui en fait un chenal à méandres.

L'Helpe Mineure traverse la ville de Fourmies en tête de bassin versant, où elle est contrainte par de nombreux aménagements et est notamment enterrée en grande partie dans la ville. L'Helpe Mineure a de nombreux petits affluents. La densité de zones humides est forte en aval vers Maroilles, mais on en retrouve également en amont principalement dans le fond de vallée. Il semble, d'après la toponymie, qu'il y ait eu beaucoup de moulins. Cela montre une attractivité

du cours d'eau et de potentiels obstacles au bon écoulement de celui-ci. Comme on peut le constater sur la carte ci-dessus (Figure 12).

L'Helpe Majeure

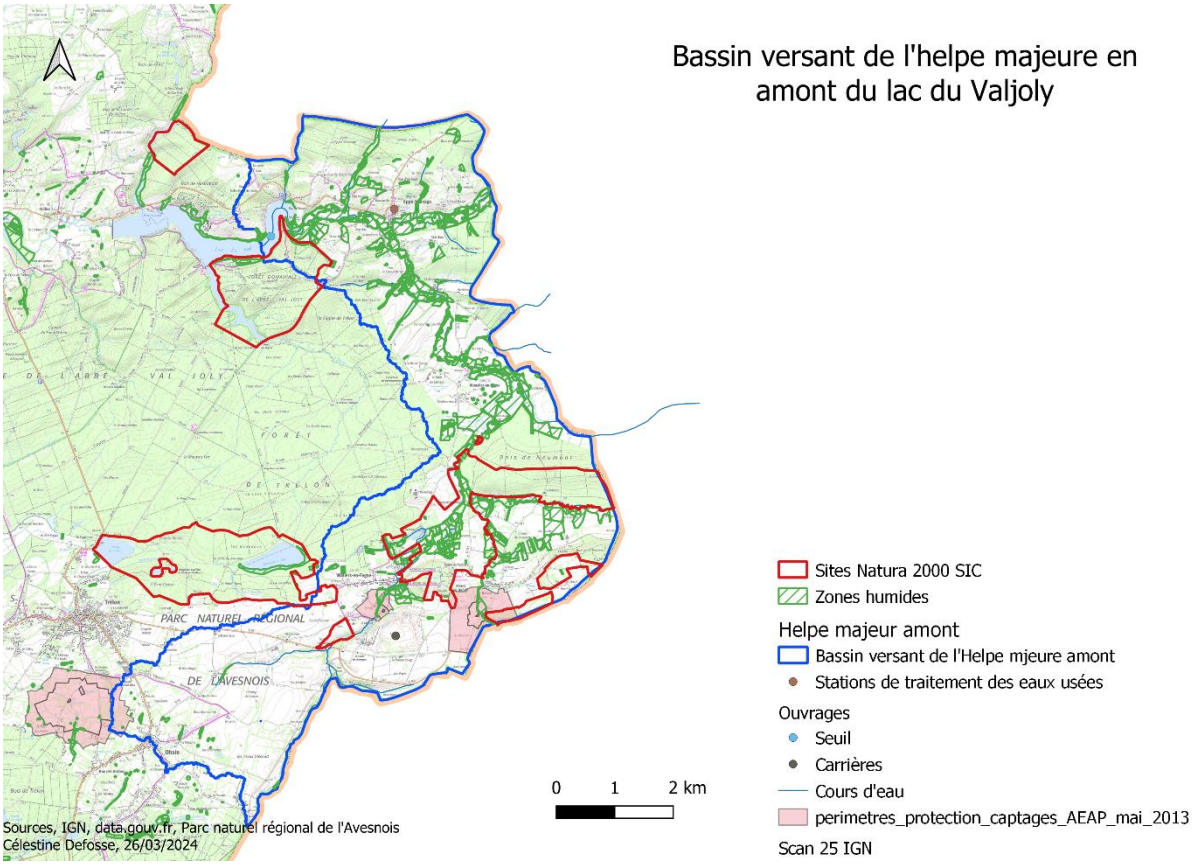


Figure 13 Bassin Versant du l'Helpe Majeure en amont du lac du Val Joly

L'Helpe Majeure est un cours d'eau du Nord de la France d'une longueur de 67 km, sans prendre en compte ses affluents. Elle prend sa source à Momignies, en Belgique. C'est un affluent de la Sambre, dont la confluence se situe à Noyelles-sur-Sambre. Le bassin versant de l'Helpe Majeure est également marqué par des espaces bocagers.

L'indice de sinuosité de l'Helpe Majeure est de 1,8 ce qui en fait un chenal à méandres. Sa tête de bassin versant est à proximité de la forêt de Trélon. Dans cette zone, on retrouve la carrière de Wallers-en-Fagne. Cette carrière à un impact sur le cours d'eau car c'est le rejet de ces eaux d'exhaure qui en défini le débit. Cependant, entre la source et le lac du Val Joly, on trouve de nombreuses zones humides ainsi que le site Natura 2000 « Forêts, bois, étangs et bocage herbager de la Fagne et du plateau d'Anor ». Le lac du Val Joly est un lac artificiel créé pour la construction d'un barrage de retenue à la fin des années 1960. Il a été construit dans le but de servir de réservoir d'eau de refroidissement pour une centrale électrique plus en aval. Depuis, cette centrale a été fermée et le barrage est aujourd'hui utilisé comme base de loisirs. Pour cette étude, on différencie le cours d'eau en amont et en aval de ce barrage comme s'il s'agissait de

deux cours d'eau différents car le lac artificiel le déconnecte complètement d'un point de vue hydraulique.

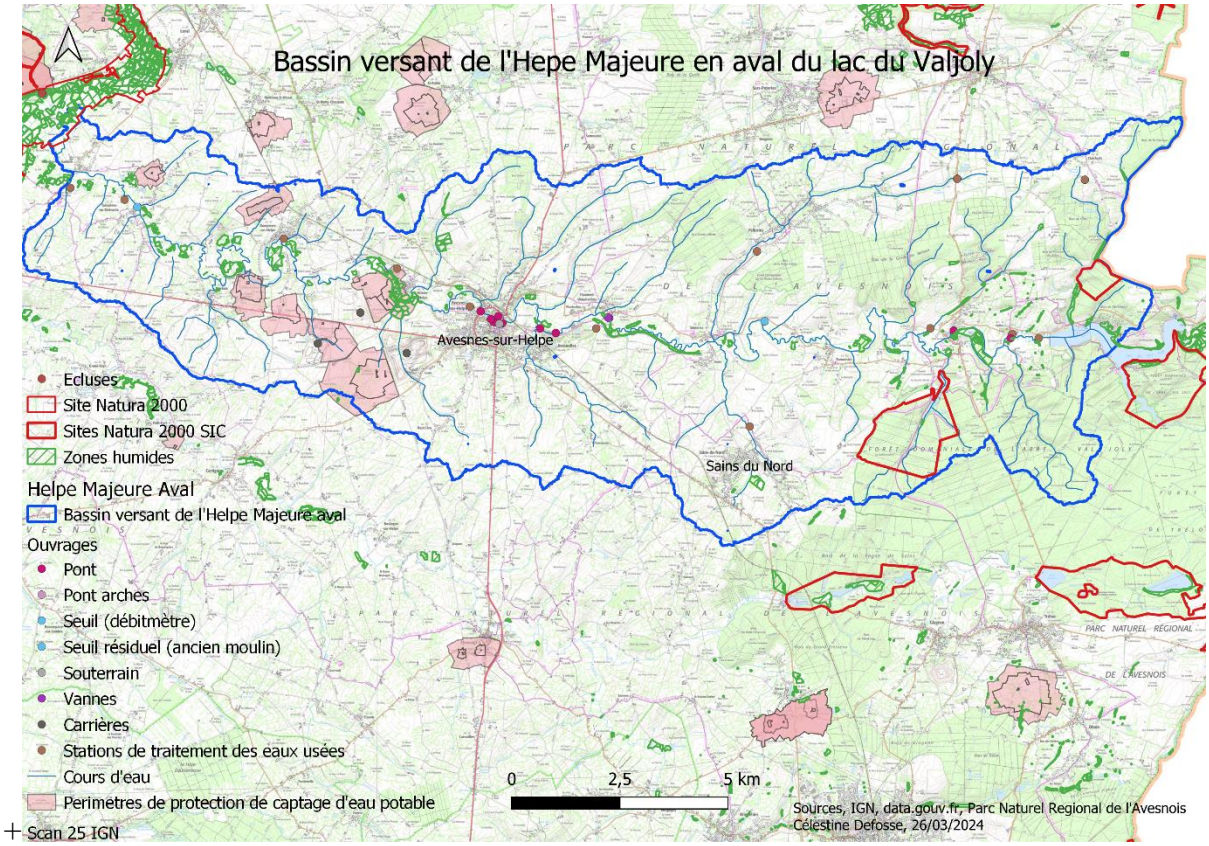


Figure 14 Bassin versant de l'Helpe Majeure en aval du lac du Val Joly

Sur la partie aval de l'Helpe Majeure, c'est également à sa confluence avec la Sambre que l'on trouve le plus de zones humides. Après Avesnes-sur-Helpe, on trouve également les carrières de Eiffage (Haut-Lieu) et Eurovia (Dompierre-sur-Helpe). Lors de sa traversée d'Avesnes-sur-Helpe, l'Helpe Majeure est assez contrainte latéralement en passant au milieu des habitations (voir Annexe 3) mais aussi par la présence d'aménagements tels que des ponts et des souterrains. L'Helpe Majeure, tout comme l'Helpe Mineure, ont de nombreux petits affluents tout au long de leur tracés dont certains sont impactés par les carrières (rectification des cours d'eau et rejet des eaux d'exhaure). Ce sont les deux masses d'eau les plus importantes sur le bassin versant de la Sambre.

La Solre

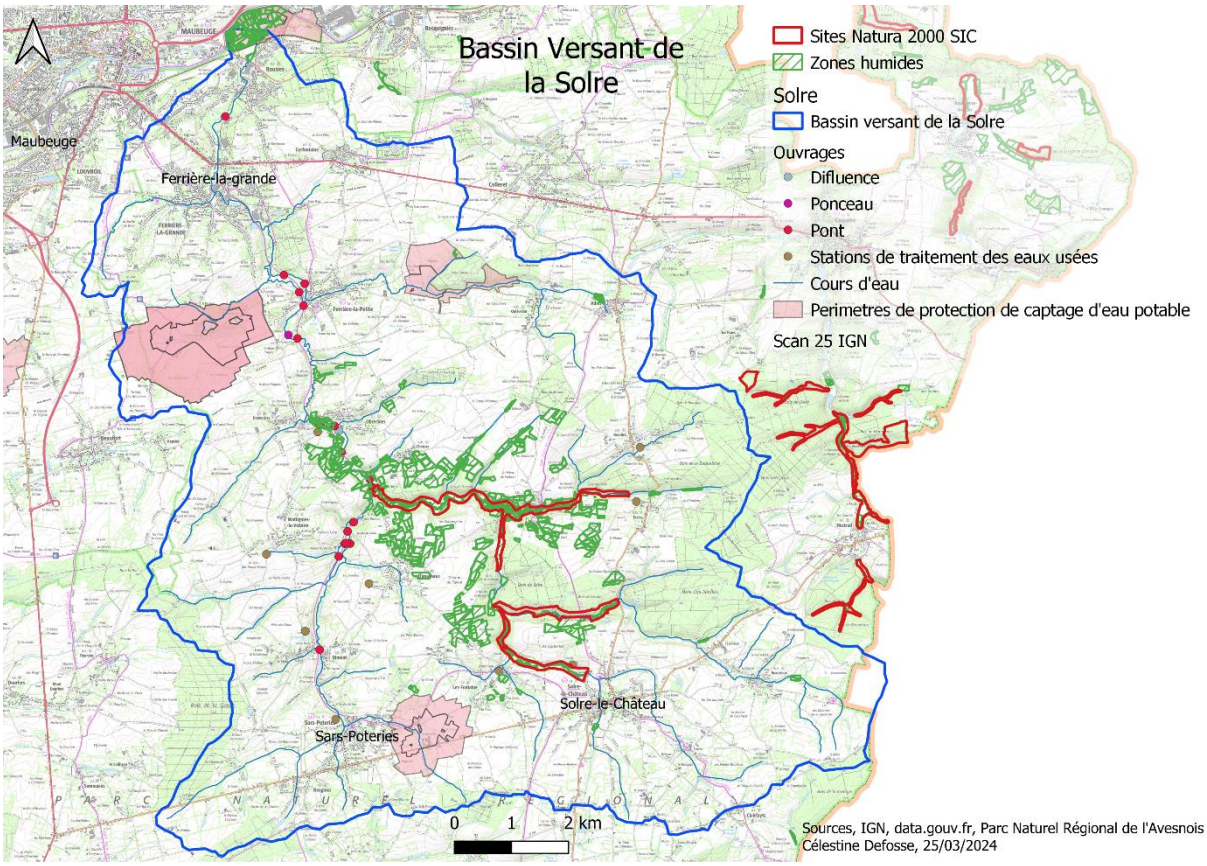


Figure 15 Bassin versant de la Solre

La Solre, sans ses affluents, est un cours d'eau long de 23 km. Elle prend sa source à proximité de Solre-le-Château, à 228 m d'altitude. Sa confluence avec la Sambre se situe au niveau de l'agglomération de Maubeuge.

En amont de la Solre, on retrouve des zones humides qui ont été inventoriées au titre du SAGE de la Sambre, mais il peut en exister d'autres. Elles sont présentes au centre du bassin versant de la Solre, mais également à sa confluence avec la Sambre, comme pour la majorité des affluents de la Sambre. Cela représente un important intérêt écologique. Il y a également le site Natura 2000 « Hautes vallées de la Solre, de la Thure de la Hante et leurs versants boisés et bocagers ».

Plus on va vers l'aval, plus il y a de zones urbaines, on se rapproche de l'agglomération de Maubeuge. Pour la Solre, l'indice de sinuosité est de 1,5 ce qui en fait également un chenal à méandres.

Le Cligneux

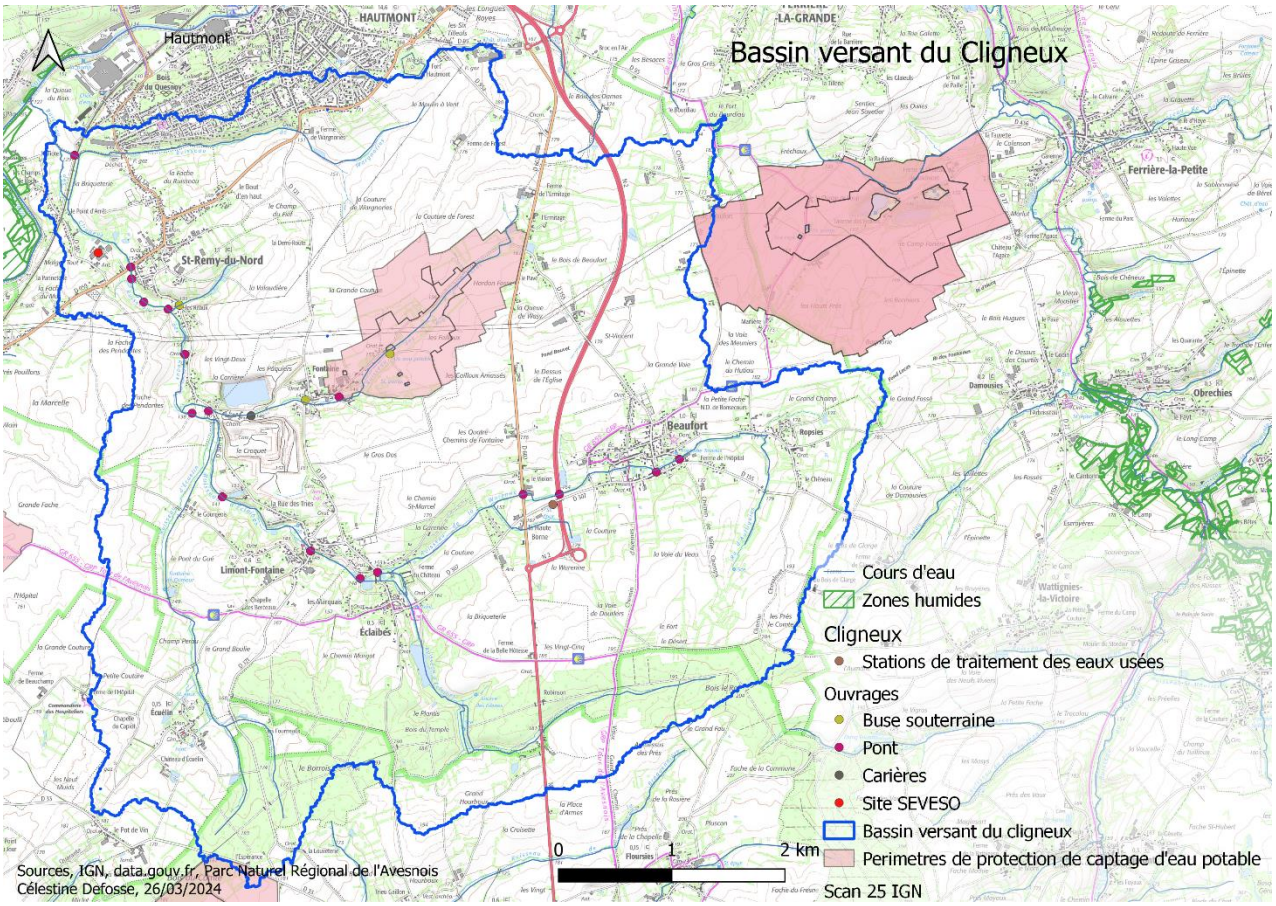


Figure 16 Bassin versant du Cligneux

Le Cligneux est un cours d'eau de 11 km. Sa source se situe à Beaufort, et sa confluence avec la Sambre est à Hautmont. Son indice de sinuosité est de 1,3 ce qui en fait un chenal très sinueux.

En aval de Beaufort, il y a une station de traitement des eaux usées.

Sur son affluent, le ruisseau des Prés à Forêt, on trouve le périmètre de protection de captage des eaux de Fontaine. Puis, en aval de ce captage, se trouve la Carrière du Bassin de la Sambre de Limont Fontaine qui extrait des granulats calcaires. À proximité de la confluence, au niveau de la commune de Saint-Rémy-du-Nord, se trouve un site de l'entreprise ARF classée SEVESO, qui traite des déchets industriels.

La Flamenne

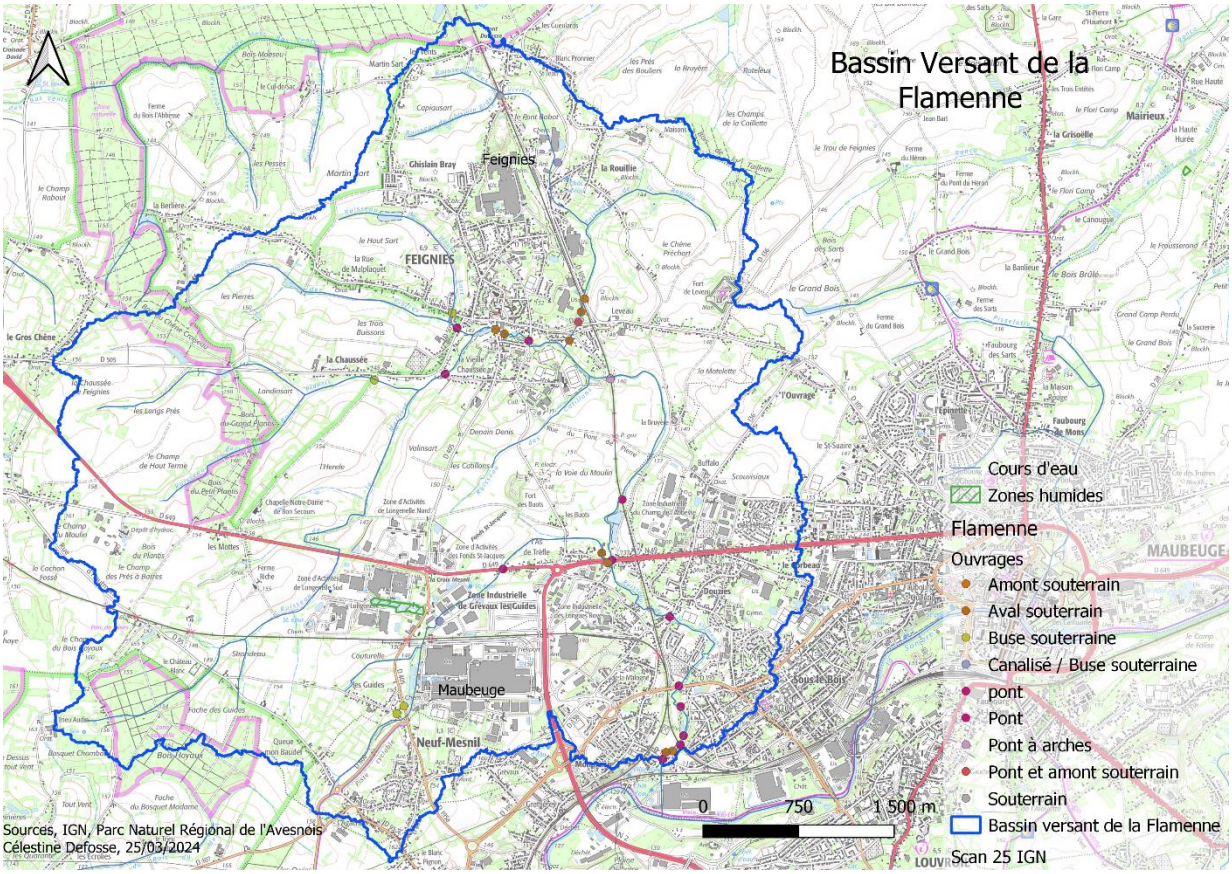


Figure 17 Bassin versant de la Flamenne

La Flamenne a un tracé principal de 8,5 km. Elle prend sa source à Feignies, et sa confluence avec la Sambre se situe en rive gauche à Maubeuge.

L'indice de sinuosité de la Flamenne est de 1,4 ce qui en fait un chenal très sinueux.

C'est un cours d'eau qui traverse des zones très urbaines, malgré une tête de bassin plutôt située dans des champs et des boisements. L'anthropisation est forte ; on retrouve par endroits une canalisation du lit mineur de la Flamenne.

La Hante

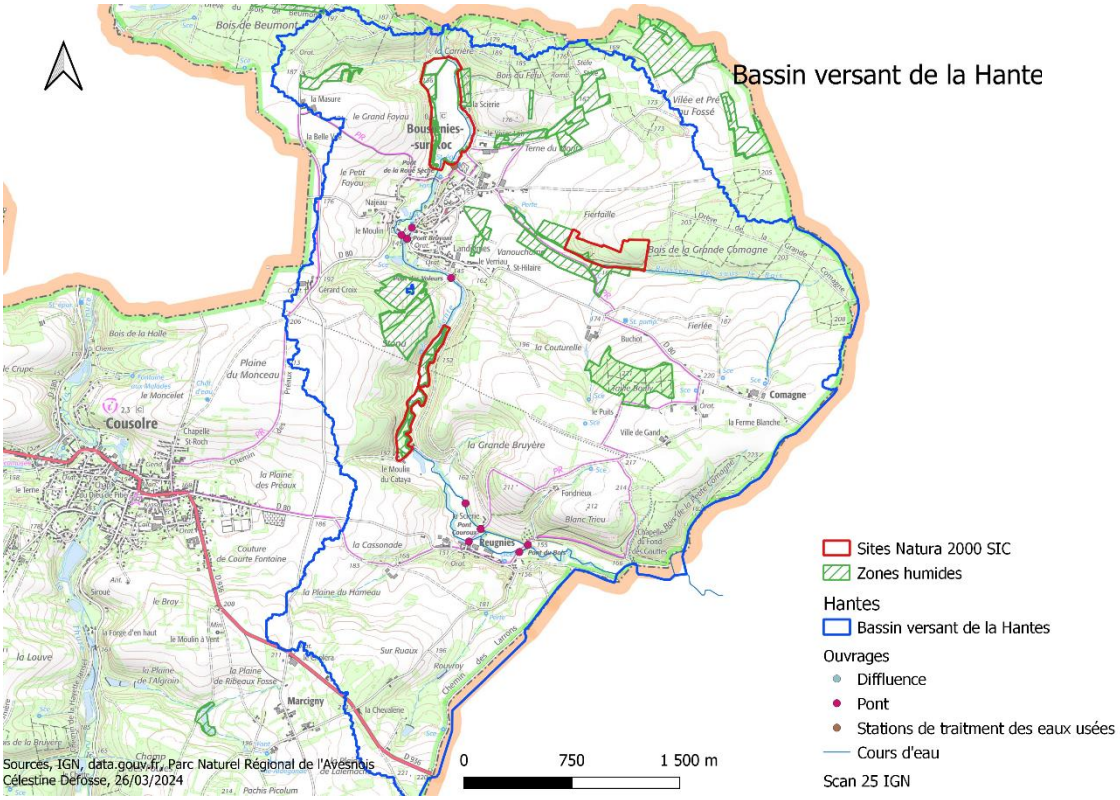


Figure 18 Bassin versant de la Hante

La Hante est un cours d'eau de 31 km au total, sans ses affluents. Elle prend sa source à Froidchapelle en Belgique. Elle traverse l'extrémité de l'Avesnois au niveau de Bousignies-sur-Roc sur environ 6 km, toujours sans les affluents. Sa confluence avec la Sambre se trouve ensuite en Belgique, à proximité de Labuissière, à quelques kilomètres au nord. Pour les besoins du SAGE nous nous intéressons au tronçon en France.

Son indice de sinuosité est de 1,5, ce qui correspond à un chenal à méandres.

On retrouve des zones humides ainsi que le site Natura 2000 « Hautes vallées de la Solre, de la Thure de la Hante et leurs versants boisés et bocagers ». Juste en aval de Bousignies-sur-Roc, il y a une station de traitement des eaux usées.

La Riviérette

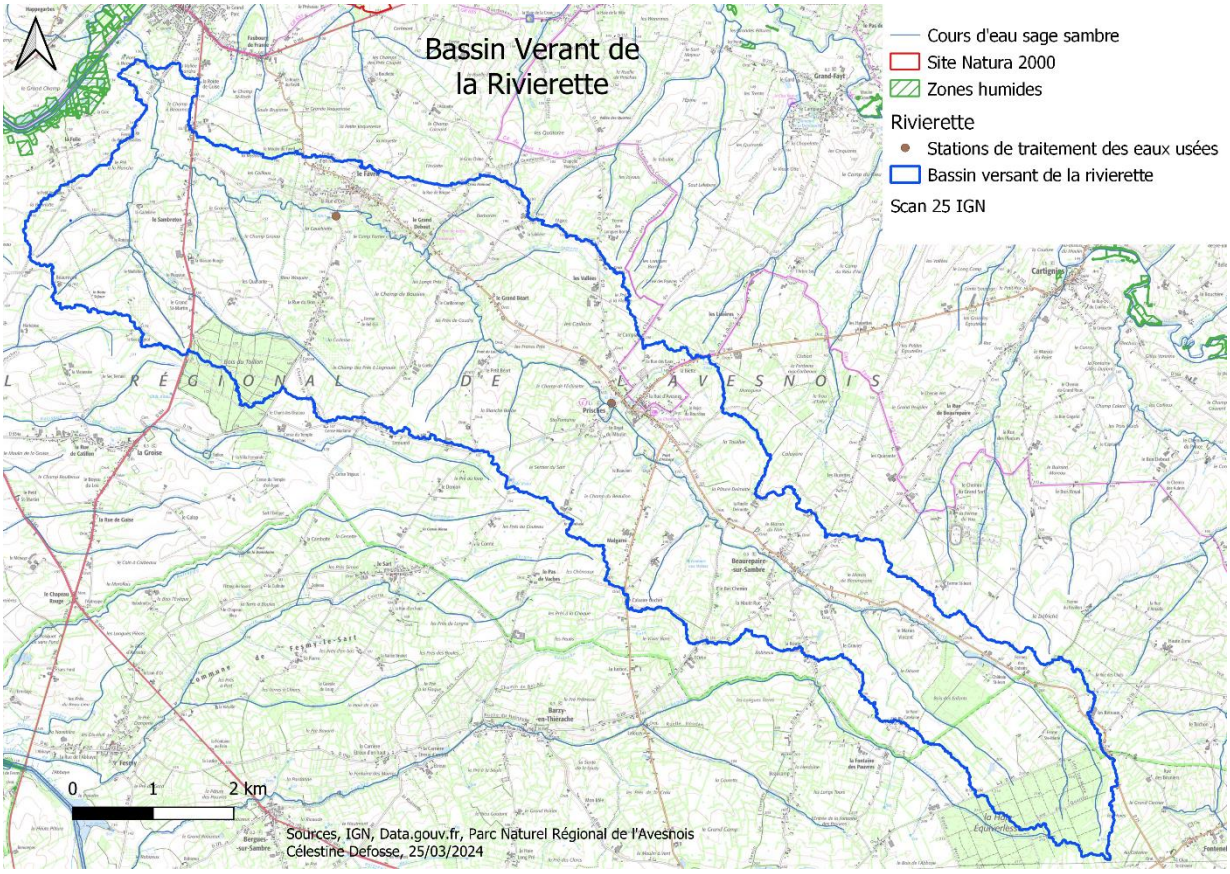


Figure 19 Bassin versant de la Rivierette

La Riviérette est un cours d'eau qui prend sa source dans l'Aisne à Fontenelle. D'une longueur de 20 km hors affluents, sa confluence avec la Sambre se situe à Landrecies dans le département du Nord. Sa confluence est à une extrémité du canal qui relie la Sambre à l'Oise. L'indice de sinuosité de la Riviérette est de 1,2 ce qui en fait un chenal sinueux.
On trouve deux stations de traitement des eaux usées le long de la Riviérette aux alentours des communes de Prisches et de Le Favril. Uniquement à sa confluence avec la Sambre, il y a des zones humides inventoriées. Cependant, on constate qu'il n'y en a aucune sur le bassin versant, ce qui traduit un manque de données sur ce cours d'eau.

La Tarsy

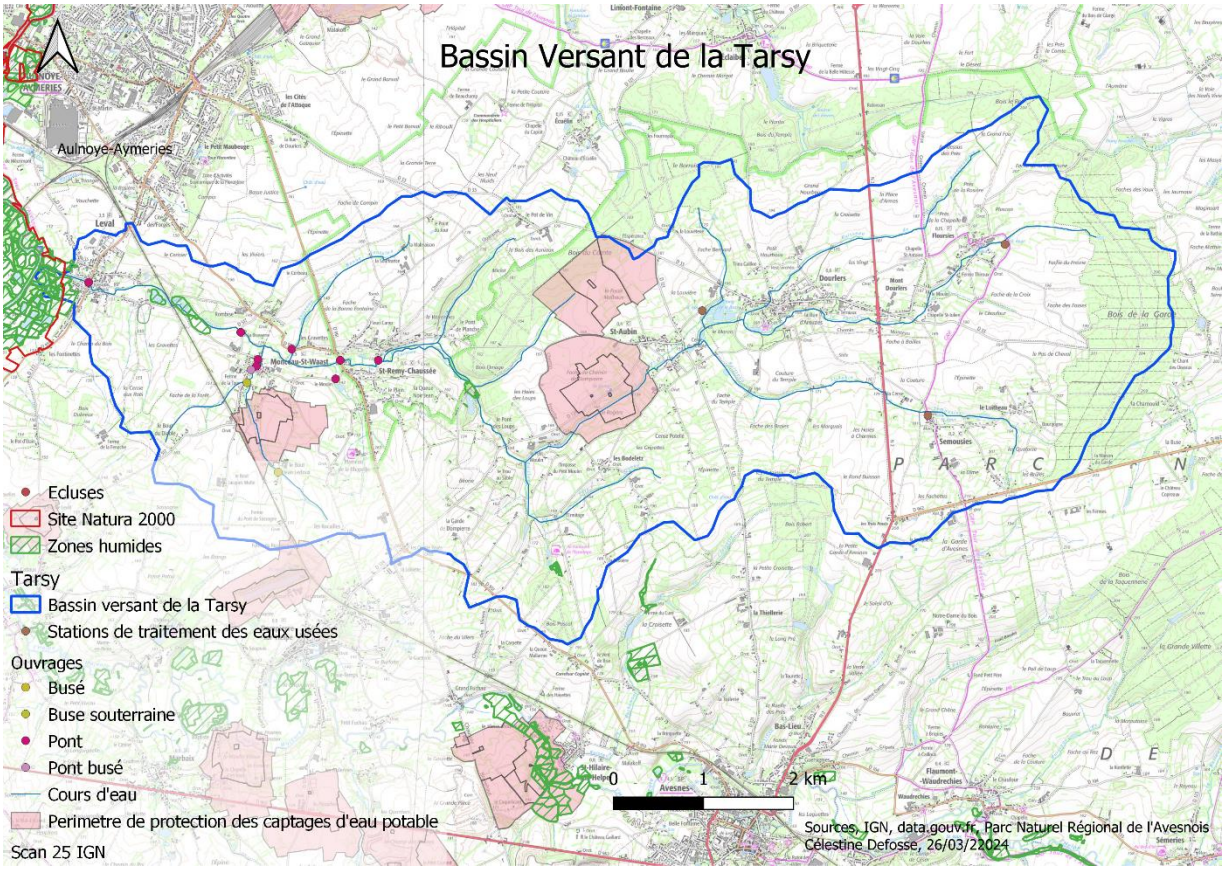


Figure 20 Bassin vesant de la Tarsy

La Tarsy est un cours d'eau de 14 km de long, en dehors de ses affluents. Elle prend sa source à Floursies et sa confluence avec la Sambre se situe à Leval.

L'indice de sinuosité de la Tarsy est de 1,2, ce qui indique un chenal sinueux.

Sur le bassin versant de la Tarsy, on compte trois stations de traitement des eaux usées sur les communes de Floursies, Saint-Aubin et Semousies, ainsi que trois périmètres de captage des eaux sur les communes de St-Aubin et Monceau-St-Waast. En aval du bassin, ainsi qu'à sa confluence avec la Sambre, on trouve la présence de zones humides dans la vallée de la Sambre. Ces zones humides ont un intérêt hydraulique, notamment dans la gestion des inondations particulièrement à l'embouchure du bassin versant sur la commune de Leval.

La Thure

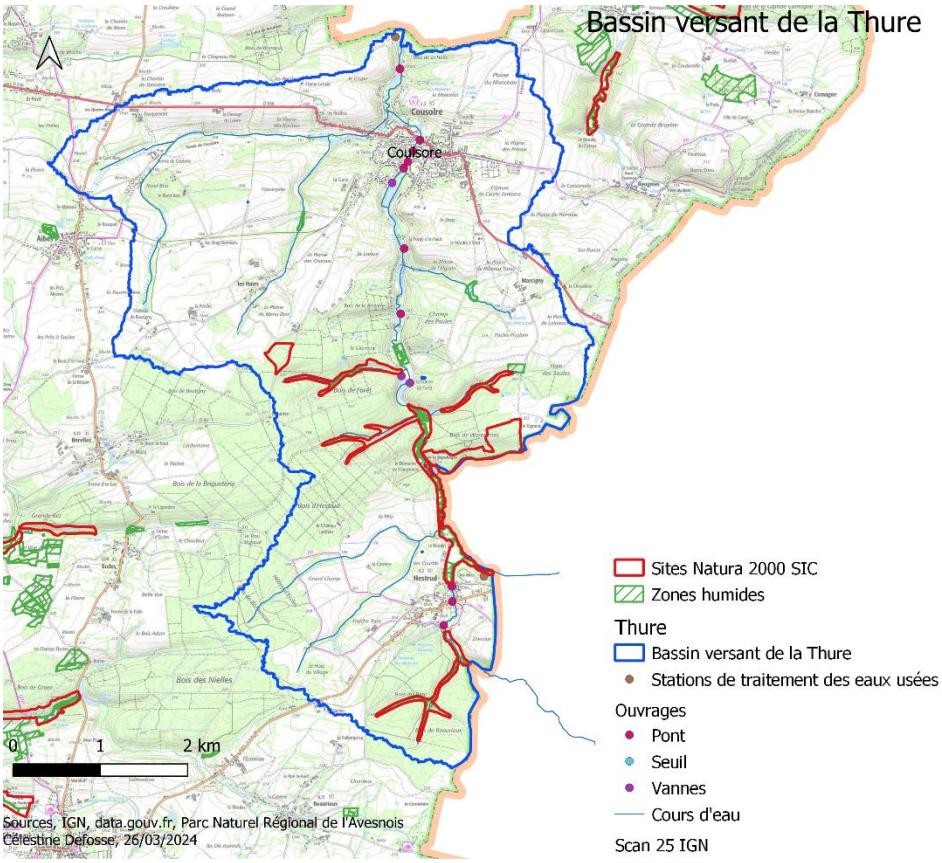


Figure 21 Bassin versant de la Thure

La Thure est un cours d'eau de 25 km sans ses affluents. Sa source se situe en Belgique, et son tracé est parallèle à celui de la Hante. En France, elle passe par la ville de Coulsore. Sa confluence avec la Sambre se situe également en Belgique, à Solre-sur-Sambre, à quelques kilomètres au nord.

Son indice de sinuosité est de 1,2 ce qui en fait un chenal sinueux.

On note la présence de zones Natura 2000, dont le site est le même que celui de la Hante, c'est-à-dire « Hautes vallées de la Solre, de la Thure et de la Hante et leurs versants boisés et bocagers». On note également la présence de zones humides en amont de la Thure, autour de la ville d'Hestrud. Il y a aussi des stations de traitement des eaux usées, aux frontières amont (Hestrud) et aval (Cousolre).

3. L'Espace de Bon Fonctionnement des cours d'eau

L'espace de bon fonctionnement des cours d'eau, comme mentionné précédemment, est un outil visant à atteindre le bon état écologique des cours d'eau. En raison du caractère agricole du territoire et du passé industriel des villes de l'Avesnois, les cours d'eau principaux présentent des états écologiques variés, allant de moyens à médiocres voire mauvais, comme illustré par la Figure 22. Seuls les cours d'eau de la Hante et de la Thure sont actuellement en bon état écologique.

Pour rappel, dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), les cours d'eau devaient atteindre un bon état écologique d'ici 2015. Barraqué (2001) explique que l'une des ambition de la DCE est de : « Se rapprocher d'un « état de référence » qui n'est pas nécessairement l'état naturel d'avant l'humanisation de l'Europe, mais qui doit traduire un respect certain de l'écosystème. ».

Cependant, selon l'état des lieux du bassin Artois-Picardie consultable sur le site Eaufrance, seuls 43,3 % des masses d'eau en France avaient atteint cet objectif en 2019. L'échéance pour atteindre cet objectif a été repoussée à 2027.

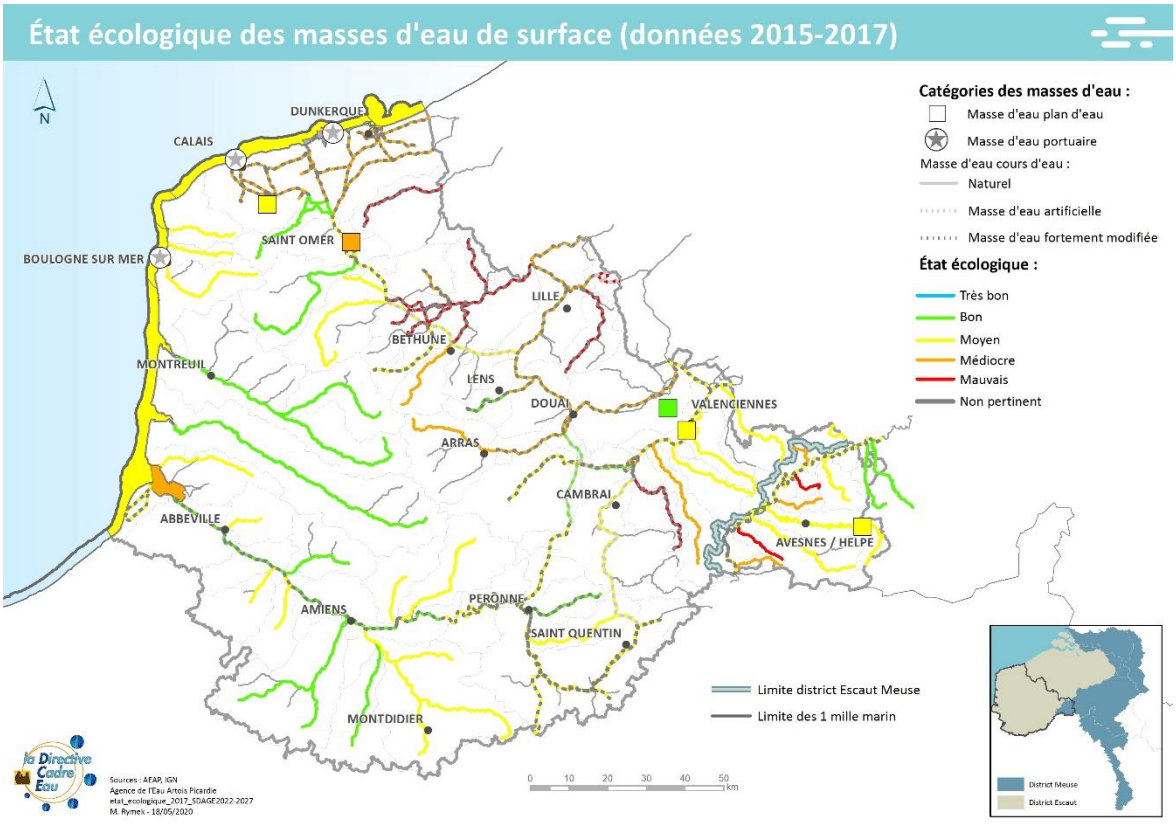


Figure 22 État écologique des masses d'eau de surface, source Agence de l'eau Artois-Picardie

La notion d'espace de bon fonctionnement (EBF) des cours d'eau intègre cinq fonctions essentielles : morphologique, hydraulique, biologique, biogéochimique et hydrogéologique. En allant au-delà du lit majeur, l'EBF vise à prendre en compte le maximum d'interactions

possibles autour du cours d'eau. Ainsi, il y aura une réelle continuité entre le cours d'eau et l'environnement qui l'entoure, et pas seulement au sein du lit majeur.

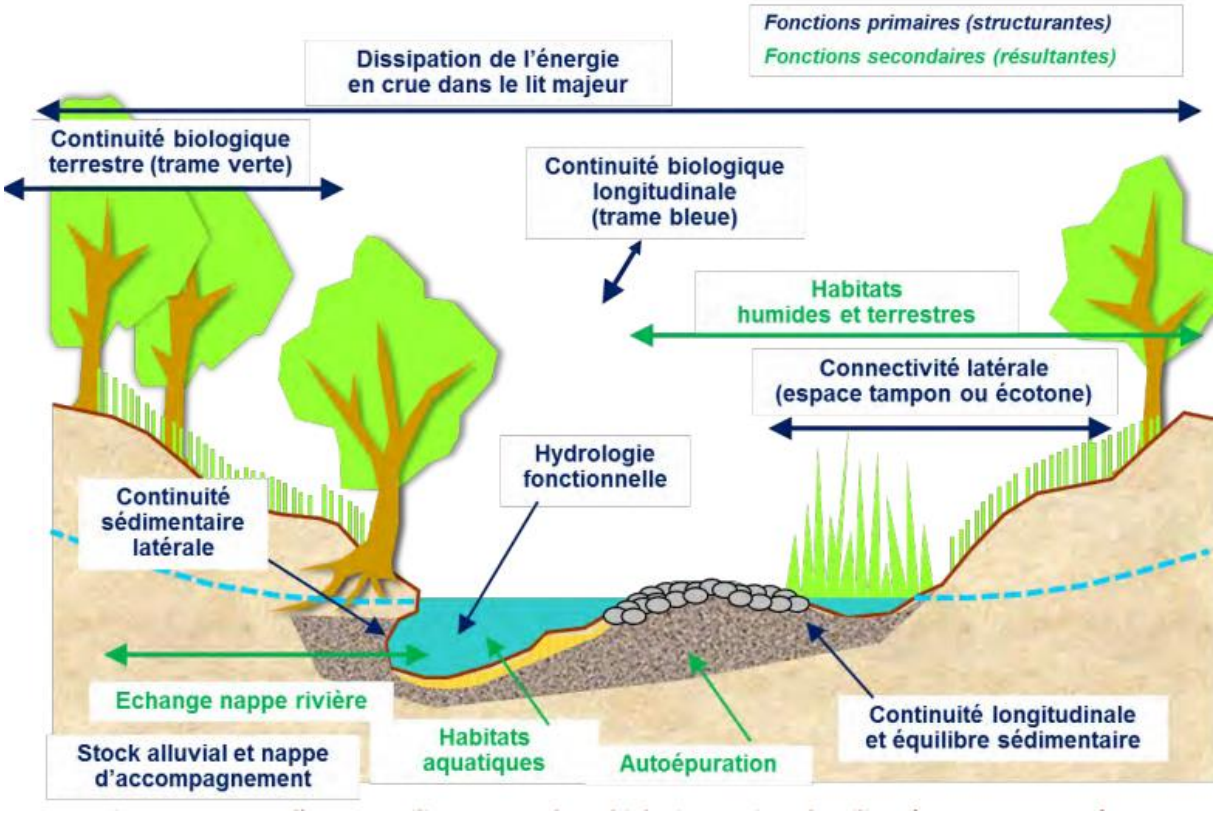


Figure 23 Les multiples interactions autour des cours d'eau, source guide technique RMC

La Figure 23, que l'on trouve dans le guide technique RMC, illustre justement toutes ces interactions. Les échanges nappe-rivière relèvent du contexte hydrogéologique, tandis que les habitats sont liés au contexte biologique. On peut rattacher la connectivité latérale ainsi que l'autoépuration au contexte biogéochimique. La dispersion de l'énergie lors des crues et l'hydrologie fonctionnelle font partie du contexte hydraulique. Enfin, tout ce qui concerne la continuité sédimentaire, biologique et longitudinale se rattache au contexte morphologique.

L'espace de bon fonctionnement des cours d'eau sera délimité et appliqué dans le cadre de la compétence GEMAPI. Cependant, le SAGE de la Sambre ne dispose pas de cette compétence. Sur le territoire du SAGE, cette compétence est répartie essentiellement entre deux organismes: l'Agglomération Maubeuge Val de Sambre (AMVS) au nord du territoire et le Syndicat Mixte d'Aménagement et d'Entretien des Cours d'Eau de l'Avesnois (SMAECEA) au sud.
La Figure 24 représente la répartition de la compétence sur le territoire. On remarque que celle-ci n'est pas faite en fonction des cours d'eau. Une gestion commune est donc nécessaire pour certains d'entre eux, la Sambre évidemment, mais également la Solre, la Tarsy ainsi que la Sambrette dans la forêt de Mormal. En multipliant les acteurs, le travail est plus complexe car il peut faire ressortir des conflits d'intérêts (usages, activités économiques, politique). Le parc, par le biais du SAGE, assure le rôle de coordinateur entre les deux territoires et permet d'avoir une vision globale avec une certaine neutralité. L'AMVS ou le SMAECEA sont dirigés par des élus, et la gestion locale de l'eau au niveau d'un bassin entraîne nécessairement des accords consensuels qui vont permettre de satisfaire l'ensemble des acteurs engagés dans la démarche. Il est néanmoins nécessaire de garder une vision globale.

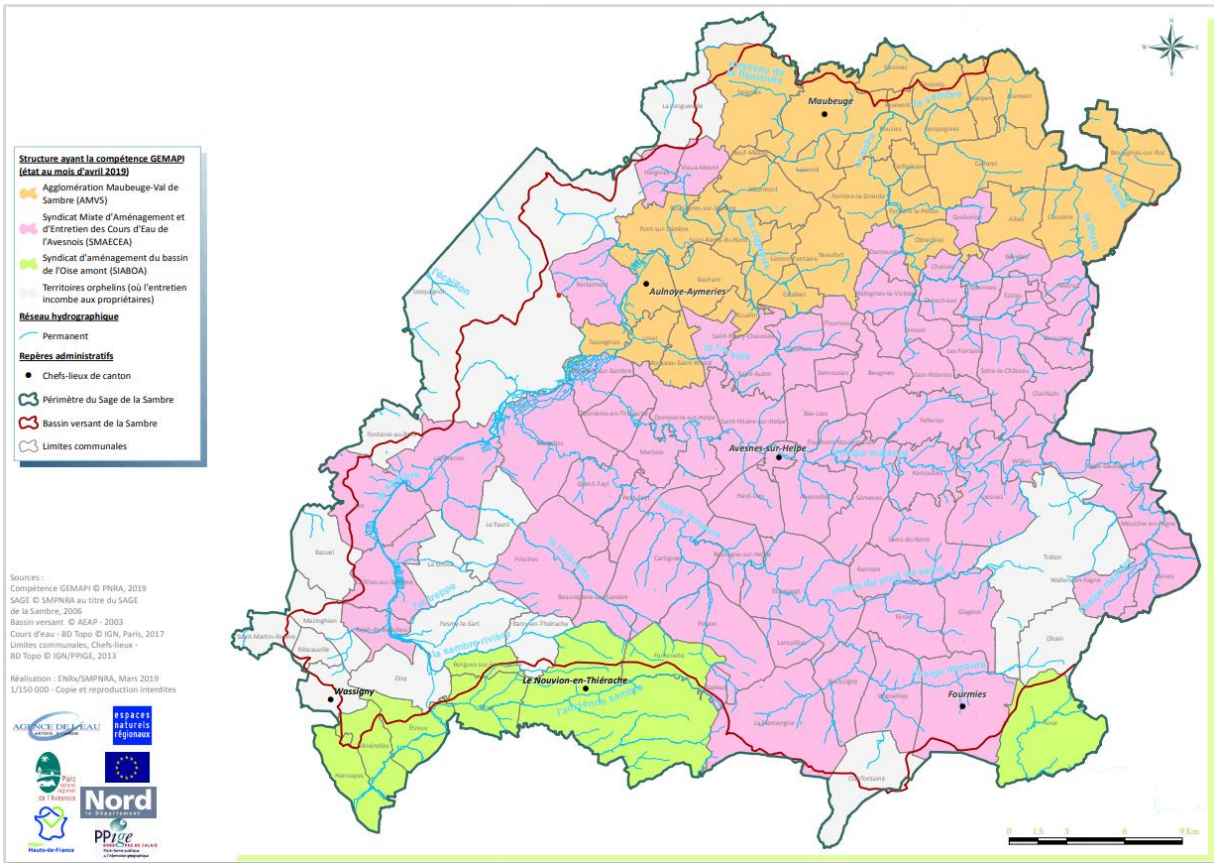


Figure 24 Répartition de la compétence GEMAPI sur le territoire du SAGE, Source PNRA

III. Détermination des méthodes à utiliser

1. Caractérisations des cours d'eau

Il est essentiel de caractériser les cours d'eau afin de déterminer la bonne méthode à utiliser pour chacun d'entre eux. Pour cela divers paramètres sont pris en compte. Il est nécessaire de connaitre l'ordination de Strahler pour avoir une première priorisation des cours d'eau, ainsi que l'indice de sinuosité afin de déterminer si nous somme dans le cas d'un cours d'eau rectiligne, à méandre ou avec un style en tresses et enfin d'avoir connaissance des données disponibles sur le territoire étudier pour identifier les endroits pouvant impacter le cours d'eau (Obstacles à l'écoulement, pollutions du cours d'eau…).

Tout d'abord la méthode de classification du rang de Strahler qui permet de se faire une idée de la taille des cours d'eau. Cette méthode consiste à attribuer un rang d'ordre 1 aux cours d'eau en tête de bassin versant sans affluents, puis dès qu'un cours d'eau du même ordre est rencontré il augmente d'un rang (Deux cours d'eau de rang 1 deviennent un cours d'eau de rang 2). Mais si c'est un cours d'eau d'un ordre inférieur qui est rencontré le rang du plus élevé ne change pas (un cours d'eau de rang 2 rencontre un cours d'eau de rang 1 il reste un cours d'eau de rang 2).

Le rang le plus élevé est 3 sur le bassin versant de la Sambre, au vu du nombre d'affluents ce n'est pas très élevé. Cela montre que les petits affluents ont un bassin tellement petit qu'ils ne rencontrent pas d'autre cours d'eau avant d'atteindre la confluence avec les affluents principaux ou avec la Sambre. Tous les affluents principaux après le canal de la Sambre sont de rang 2 sauf l'Helpe mineure qui est de rang 3. Ce cours d'eau à le rang de Strahler le plus élevé. C'est d'ailleurs cet affluent qui élève la Sambre au rang 3 sur cette carte. Cependant comparé à la Figure 10 où sont représentés l'ensemble des cours d'eau on remarque qu'il en manque sur cette carte ci (Figure 25). Cela peut s'expliquer par le fait qu'ils ont été jugés trop petits au moment de la production des données bien que ce soient des cours d'eau permanents et naturels pour certains.

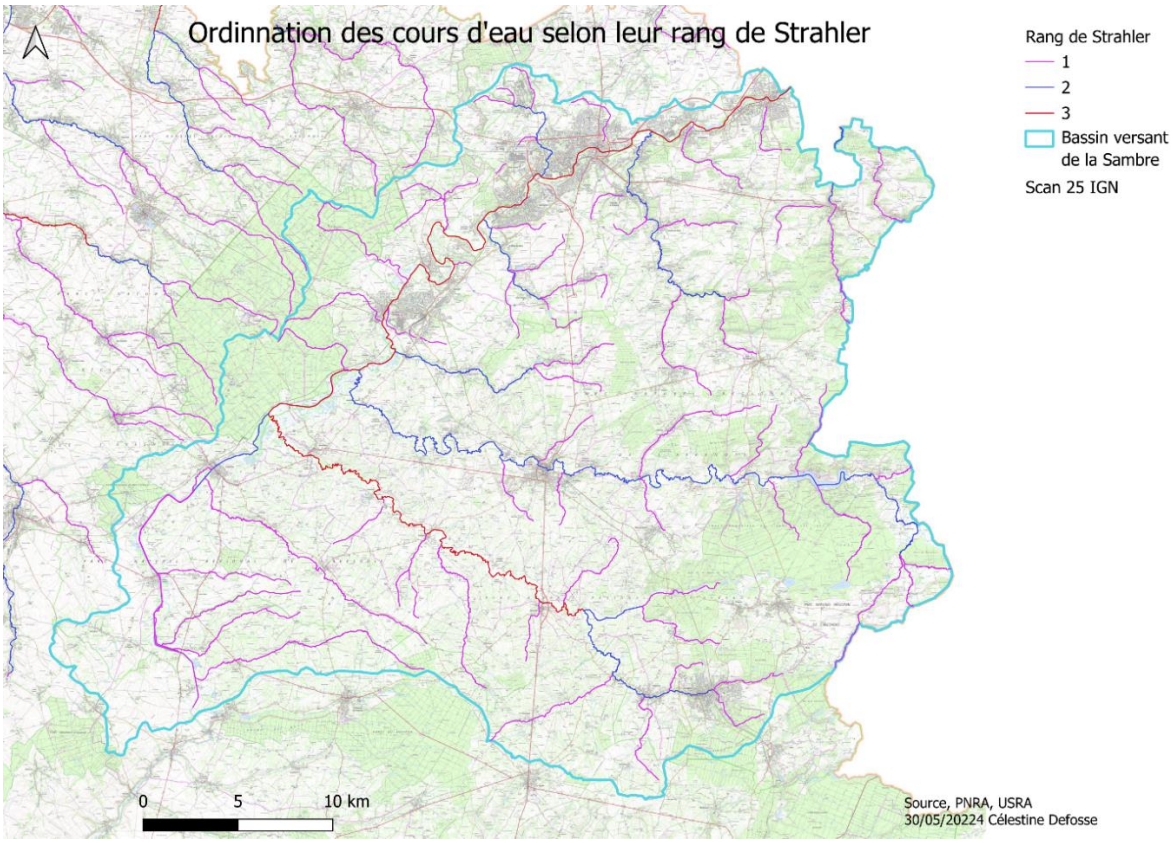


Figure 25 Le rang de Strahler des cours d'eau de la Sambre

Cependant, cette méthode n'est pas suffisante pour décrire un cours d'eau en détail.
On va donc également calculer son indice de sinuosité, qui sera ensuite très utile pour déterminer quel style fluvial utiliser. Connaitre le style fluviale est nécessaire pour déterminer quel sera la méthode la plus adapté dans le guide technique RMC. L'indice de sinuosité a été calculé selon la méthode d'Allen qui consiste à comparer la distance entre le début et la fin de ce tronçon contre sa longueur réelle.

$$\text{Indice de sinuosité} = \frac{Longueur\ du\ cours\ d'eau}{Longueur\ \text{à}\ vol\ d'oiseau\ entre\ deux\ point}$$

Le tracé des points se fait manuellement, les résultats peuvent donc légèrement varier d'une personne à l'autre.
Ensuite pour interpréter le résultat on utilise la classification suivante :

La répartition des classes de sinuosité de Cohen (1998) est la suivante :

CLASSE	VALEUR	QUALIFICATIF
SI 1	SI < 1, 05	Rectiligne
SI 2	1, 05 ≤ SI < 1, 25	Sinueux
SI 3	1, 25 ≤ SI < 1, 5	Très sinueux
SI 4	SI ≥ 1,5	Méandriforme

Figure 26 Répartition des classe de sinuosité, source Office français de la biodiversité

Sur le bassin versant de la Sambre les principaux affluents ont des indices de sinuosités entre 1,2 et 1,8. Nous avons donc 5 cours d'eau sinueux, 2 cours d'eau très sinueux et 4 cours d'eau méandriformes.

Tableau 1 Récapitulatif des indices de sinuosités des cours d'eau du bassin versant de la Sambre

Cours d'eau	Indice de sinuosité	
Sambre canalisée	1,2	
Helpe Mineure	1,6	
Helpe Majeure	1,8	
Solre	1,5	
Cligneux	1,3	
Flamenne	1,4	
Hante	1,5	
Riviérette	1,2	
Tarsy	1,2	
Thure	1,2	

Chaque indice de sinuosité est écrit dans la présentation des cours d'eau précédente. Il y a également l'indice de la Sambre rivière qui est 1,2. Ce cours d'eau est le premier affluent de la Sambre c'est même la source officielle depuis la création du canal mais c'est un cours d'eau pour lequel il n'y a presque pas d'information il n'est donc pas présenté ici. Pour rappel le canal n'a pas été pris en compte dans ces calculs puisqu'il est artificiel et il ne sera pour le moment pas concerné par l'élaboration de l'EBF. De plus le calcul serait faussé puisque toute sinuosité serait complètement artificielle.

D'autres informations sont importantes pour élaborer un EBF, il s'agit des données qui sont disponibles sur le territoire étudié. C'est ce que représente le Tableau 2.

Chaque donnée est classée selon la fonction EBF pour laquelle elle pourrait être utile. En vert on retrouve les données qui sont disponibles sur le territoire du bassin versant de la Sambre et en rouge celles qui manquent. Toutefois pour réaliser l'analyse diachronique les données sont bien sûr disponibles sur le site « remonter le temps » avec des orthophotos ainsi que des cartes anciennes (Cassini et État-Major). Au vu de la superficie du territoire elle n'a pas été faite à cette échelle de manière détaillée. Mais en fonction des tronçons étudiés elle pourra être faite sans problème. Concernant la granulométrie, les digues et les usines polluantes, les structures en charge de la GEMAPI disposent potentiellement de ces informations dans le cadre de la mise en œuvre des plans de gestion et de restauration.

Tableau 2 Données disponibles sur le Bassin versant de la Sambre

Hydraulique	Morphologique	Biologique	Biogéochimique	Hydrogéologique
Cartes Aléas (PNRA)	MNT 25 m	Cartes des Zones Humides (SAGE)	Occupations des sols (PNRA, Corinne Land Cover)	Périmètres de protection des captage d'eau potable (Agence de l'eau Artois-Picardie, PNRA)
Atlas des zones inondables (PNRA)	Analyses diachroniques (remonter le temps, IGN)	Cartes des Zones Natura 2000 (PNRA)	Stations de traitements des eaux usées (Data.Gouv.fr)	Aire d'Alimentation de captages (Agence de l'eau Artois-Picardie, PNRA)
Zones d'inondations pour les crues avec un retour de 30,100 et 1000 ans (Etude PAPI)	Granulométries	Cartes des marres (PNRA)	Usines classés SEVESO	Hydraulique souterraine: Échange nappe-rivière Nappe alluviale
	Obstacles à l'écoulement du cours d'eau: Ponts, Buses, Souterrains, Seuils, Barrages, Moulins, Diffluences, Canal, Écluses (PNRA) Digues	Zones à dominantes humides (PNRA)	Carrières (à partir du MNT)	
			Usines polluantes	

Afin de montrer si le tracé a évolué de manière significative dans le temps, il faut effectuer une analyse diachronique. Pour cela on s'appuie sur des photos aériennes ou bien des cartes anciennes. A l'aide de photos aériennes accessibles sur « remonter le temps » j'ai effectué ce travail sur quelque tronçons que je présente en exemple. La Figure 27 représente l'Helpe Majeure au niveau de Taisnière sur Thiérache sur le tronçon juste avant sa confluence avec la Sambre.

Figure 27 Analyse diachronique de L'Helpe Majeure au niveau de Tainière sur Thiérache

Afin de voir l'évolution potentielle du cours d'eau j'ai choisi deux dates pour lesquels des photos étaient disponibles sur ce tronçon : 1956 et 1999. La date de l'image aérienne actuel est 2021.

On remarque que les tracés se ressemblent énormément. En zoomant sur un point précis (Figure 28) les traits ne se superposent pas complètement mais cela peut-être un biais dû aux géoréférencements, aux qualités des photos ou bien aux positionnement des points sur la carte qui ne sont pas rigoureusement identiques.

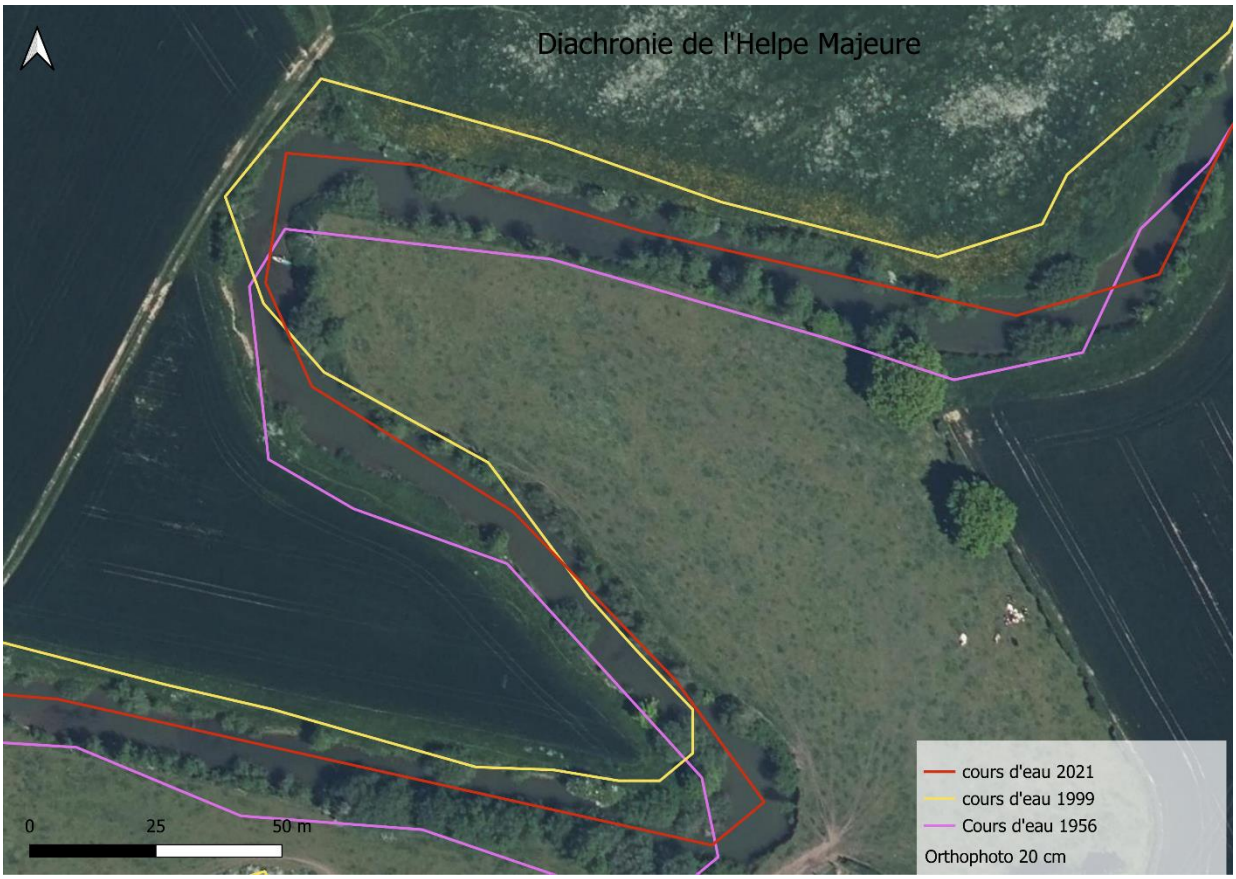


Figure 28 Zoom de la diachronie de l'Helpe Majeure

On peut donc dire qu'ici le cours d'eau est peu mobile.

Ce constat peut être généralisé à l'ensemble des cours d'eau car pour les autres exemples (Annexe 4) ainsi qu'en analysant les cartes anciennes on arrive aux mêmes résultats. Il n'y a pas de changement significatif dans le tracé des différents cours d'eau du bassin versant de la Sambre on en déduit donc qu'ils sont peu mobiles. Quant à la Sambre il y a eu des changements au moment de sa rectification pour faciliter le trafic fluvial.

Sur le territoire de l'Avesnois on retrouve donc des petits cours d'eau peu mobiles et de style méandriforme.

2. Définition des styles fluviaux

Dans le guide technique RMC, on retrouve la description de la méthode pour 3 styles différents. Le style rectiligne à forte pente, le style à bancs alternés ou en tresses et enfin le style méandriforme. Les données précédentes nous indiquent que ce sont des petits cours d'eau peu mobiles sinueux voire avec la présence de méandres pour certains. Nous allons donc nous intéresser à la partie qui correspond au style à méandres.
Le Tableau 3 synthétise cette méthode avec dans la première colonne la méthode optimale et dans la deuxième la méthode nécessaire.

Tableau 3 Synthèse des principes de délimitation des espaces de fonctionnement optimal et nécessaire, source guide technique RMC

Style fluvial de référence	Périmètre	Optimal	Nécessaire
RECTILIGNE A FORTE PENTE (type 1)	**morphologique**	Espace permettant la respiration naturelle du torrent, et les connexions latérales avec les versants et zone d'alimentation, ainsi que la régulation sur le cône de déjection, pour un événement exceptionnel (>100 ans)	Adaptation du périmètre optimal pour prise en compte sur le cône de déjection d'un événement majeur (50 à 100 ans)
	hydraulique	*Sans objet, compris de fait dans le périmètre morphologique*	*Sans objet, compris de fait dans le périmètre morphologique*
BANCS ALTERNES – TRESSES (type 2, 4)	**morphologique**	Espace permettant l'équilibre longitudinal et la continuité latérale au niveau sédimentaire, et intégrant une mobilité et la régulation du transport solide à long terme	Espace permettant la continuité longitudinale et latérale au niveau sédimentaire
	hydraulique	Espace permettant l'écoulement et l'expansion des crues : zones inondables par les plus fortes crues, hors influence des aménagements	Espace des zones de grand écoulement. Intégration des zones d'expansion des crues si efficaces
MEANDRES (MIGRANTS OU DEVELOPPES)	**morphologique**	Espace permettant la mobilité globale à long terme d'un tronçon dans son ensemble (longitudinale et latérale)	Espace permettant la continuité longitudinale et latérale au niveau sédimentaire
	hydraulique	Espace permettant l'écoulement et l'expansion des crues : zones inondables par les plus fortes crues, hors influence des aménagements	Espace des zones de grand écoulement. Intégration des zones d'expansion des crues si efficaces
TOUS STYLES	**contexte biologique**	*Sans objet*	Intégrer à l'espace nécessaire les annexes fluviales
	contexte hydrogéologique	*Sans objet*	Caractériser les échanges nappe – rivière, si possible spatialement
	contexte biogéochimique	*Sans objet*	Adapter la fonction de limitation des transferts de pollution aux usages du lit majeur

Le guide technique RMC nous apprend qu'il y a une autre donnée importante à connaitre c'est la largeur à plein bord des cours d'eau (Lpb). Le plein bord correspond à la hauteur maximal

du cours d'eau dans son lit mineur avant de basculer dans la plaine d'inondation, la largeur à plein bord c'est la largeur qu'atteindra le cours d'eau à ce moment-là. C'est important de la connaitre car les périmètres surtout morphologique sont calculés à partir de cette mesure. Il est possible d'obtenir cette donnée directement sur le terrain en mesurant la largeur à plein bord à l'aide d'un appareil de mesure tel que le télémètre laser par exemple. Mais il est également possible de la calculer de façon théorique pour cela on retrouve dans le guide technique la formule de Hey.

Plusieurs données sont nécessaires pour cette formule :

- Le débit de pointe d'un retour de crue biennal
- Le coefficient de rugosité de strickler
- La pente moyenne du cours d'eau.

Pour le coefficient de rugosité, les données à connaitre pour le définir sont la granulométrie, la présence de mouille profonde ou non et s'il y a de la ripisylve. Comme mentionner plus haut (Tableau 2) nous n'avons pas d'information sur la granulométrie. Il faudrait de toute façon se rendre sur le terrain pour acquérir des données. Il serait alors plus facile d'effectuer la mesure de la largeur plein bord en même temps.

Pour cela il faut cependant avoir accès au terrain et disposer des appareils de mesures nécessaires.

Pour la suite j'ai préféré me baser sur les données disponibles sur l'outil de caractérisation hydromorphologique des cours d'eau (CARHYCE) pour l'application de la DCE en France lors des calculs des périmètres pris en exemple. CARHYCE est un protocole de mesure à l'échelle de la France, dans le but d'obtenir des données uniformes en hydromorphologie des cours d'eau sur tout le territoire (Gob et al., 2014).

IV. Délimitation des EBF

Selon le guide technique RMC, « Délimiter un EBF c'est définir un espace dans lequel pourront ensuite être établies des règles de gestion qui préservent l'équilibre des usages par une gestion qui valorisent les services offerts naturellement par le cours d'eau ».

Sur le territoire de nombreux espaces sont intéressants pour être délimités avec une méthode optimale. Ce sont des espaces ayant un intérêt à être préservés ou restaurés. C'est pour cela que sur la Figure 29 on retrouve beaucoup d'affluents principaux dont la délimitation sera faite avec une méthode optimale. Cependant, en ce qui concerne les petits affluents et certains cours d'eau dont la délimitation ne présente pas d'enjeux spécifique pour le moment, la délimitation de l'EBF sera faite avec une méthode rapide. J'ai distingué la représentation sur la carte de la méthode rapide lors des traversées de villes ou pour les petits affluents. Les cours d'eau lors d'une traversée de ville sont souvent contraints latéralement. Il y a peu de chance que cela change ce qui ne le rend pas propice à une méthode optimale qui, on le verra, demande beaucoup d'espace et paramètres autour du cours d'eau. Deux tronçons n'auront pas de délimitation, le lac du Val Joly et le canal de la Sambre à l'Oise. Ce sont des espaces créés et dont leur fonctionnement n'est plus naturel.

Bien sûr il ne faut pas oublier que ces délimitations ne sont pas figées dans le temps, elles pourront évoluer en même temps que les cours d'eau et les restaurations effectuées.

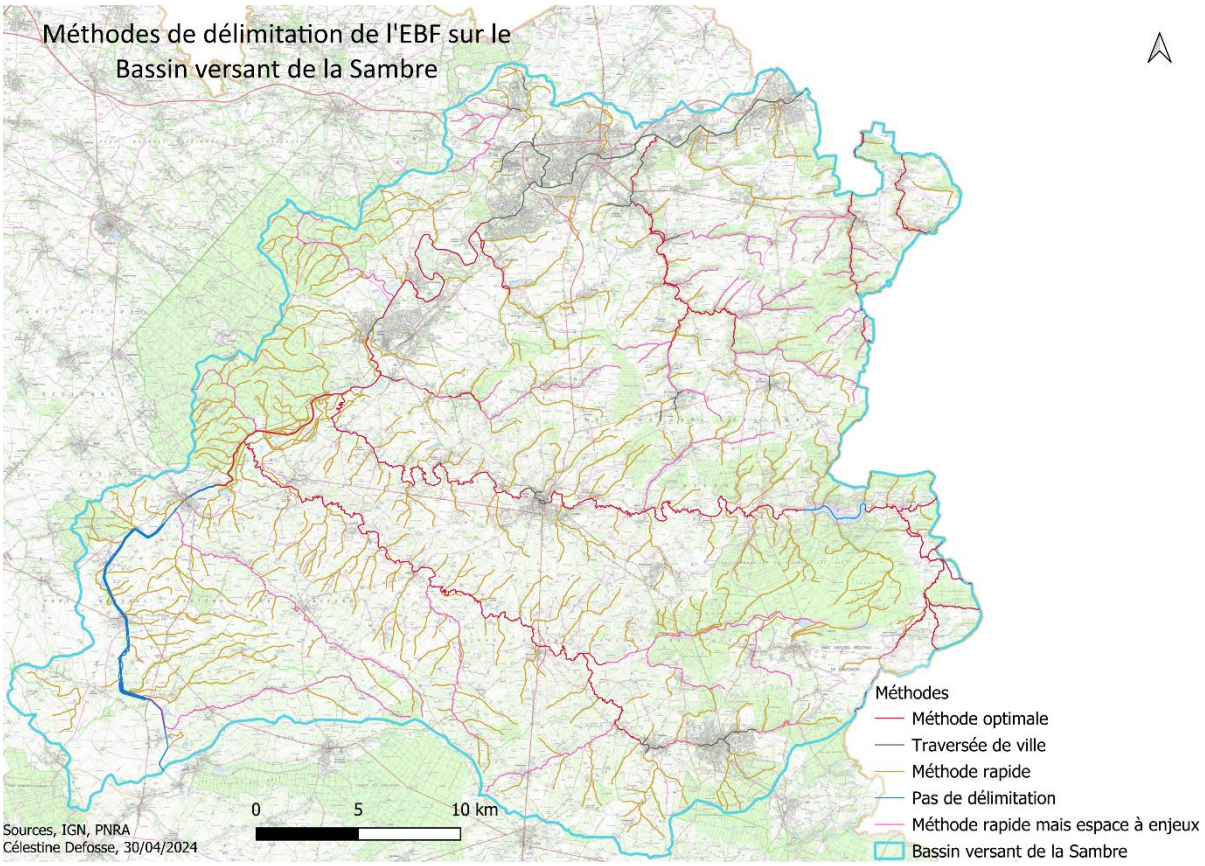


Figure 29 Méthodes de délimitation de l'EBF sur le bassin versant de la Sambre

1. Méthode méandriforme

Le guide technique RMC propose 2 types de méthodes pour des cours d'eau méandriformes, une pour les cours d'eau avec une forte mobilité, une autre pour les cours d'eau peu mobiles. Sur le bassin versant de la Sambre comme nous venons de le voir nous nous intéresserons donc à la méthode pour les cours d'eau peu mobiles. Il différencie également deux périmètres : un optimal et un nécessaire. Cette méthode sera utilisée pour une partie de la Sambre ainsi que ses principaux affluents. Les cours d'eau semblant présenter un intérêt particulier à une délimitation d'un EBF seront également délimités avec une méthode optimale (Figure 29).

Tableau 4 Données à utiliser pour la délimitation de l'EBF selon la méthode méandriforme

<table>
<tr><th></th><th colspan="2">Méthode Méandriforme</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Périmètre morphologique</td><td><u>Optimale :</u>
Périmètre permettant aux méandres de se développer librement ainsi que leur dynamique étendue</td><td><u>Nécessaire :</u>
Périmètre permettant aux méandres de se développer librement ainsi qu'une partie de leur dynamique</td></tr>
<tr><td>Valeurs utilisées :
6 fois la largeur plein bord</td><td>Valeurs utilisées :
La largeur minimale soit 10m de part et d'autre du cours d'eau.</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Périmètre hydrologique</td><td><u>Optimale :</u>
Correspond au minimum au périmètre morphologique optimal. Il regroupe les zones inondables par crues rares</td><td><u>Nécessaire :</u>
Correspond au minimum au périmètre morphologique nécessaire. Cet espace correspond à la zone de grand écoulement et de la zone d'expansion de crues si efficaces.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Valeurs utilisées :
Aléas Q100 réalisé par le bureau d'étude ainsi que l'atlas des zones inondables</td></tr>
<tr><td>Périmètre Biologique</td><td colspan="2">Utilisation des zones humides et Natura 2000 à proximité du cours d'eau</td></tr>
<tr><td>Périmètre Biogéochimique</td><td colspan="2">Utilisation d'une bande tampon sur le cours d'eau pour limiter les transferts d'intrants :
- 15m : 100% du transfert de phosphore particulaire et dissous
- 25m : 75% d'azote et 80% de polluants diffus
- 100m : 90% des transferts en azote vers le cours d'eau</td></tr>
</table>

a Périmètre Morphologique

Le périmètre morphologique est un espace qui permet la mobilité du cours d'eau. On peut dire que le périmètre morphologique correspond à l'espace de liberté qui existait avant l'EBF. Le périmètre morphologique doit permettre aux évolutions naturelles d'avoir la place de se faire que ce soit l'évolution des méandres, l'érosion des berges et les dépôts de sédiments. Cela permet un équilibre entre débit liquide et débit solide du cours d'eau, selon le principe de la balance de Lane. S'il n'y a pas cet équilibre, il y aura une exhaustion ou une incision du cours d'eau. Néanmoins pour trouver un équilibre le cours d'eau ne doit pas être contraint ou le moins possible que ce soit de manière latérale, avec la présence de digues par exemple, ou longitudinale par des écluses, barrages ou seuils. Selon le guide technique RMC, le périmètre morphologique pour le style à méandres doit permettre le développement de ces méandres. Or comme on le disait plus haut, sur le territoire il y a beaucoup de cours d'eau sinueux sans qu'il y ait vraiment de méandres développés. C'est pour cela qu'il faut trouver comment adapter le guide technique RMC au contexte dans lequel on se trouve. Dans le guide RMC il est écrit « Le périmètre morphologique optimal portera, notamment pour les petits cours d'eau, sur une largeur d'un minimum de 10 m, de chaque côté, à partir du haut de berge actuel, en cohérence avec la topographie du lit majeur. ». Le petit cours d'eau n'est pas défini mais au vu de la longueur des cours d'eau, des débits, du rang de Strahler sur le territoire de l'Avesnois ce sont des petits cours d'eau. Ainsi, chaque cours d'eau ayant une délimitation optimale devra avoir au minimum une largeur de 10m de part et d'autre du cours d'eau. La Figure 30 représente un périmètre morphologique minimum qui correspond donc au périmètre nécessaire, quand on le compare à la plaine alluviale cela semble peu.

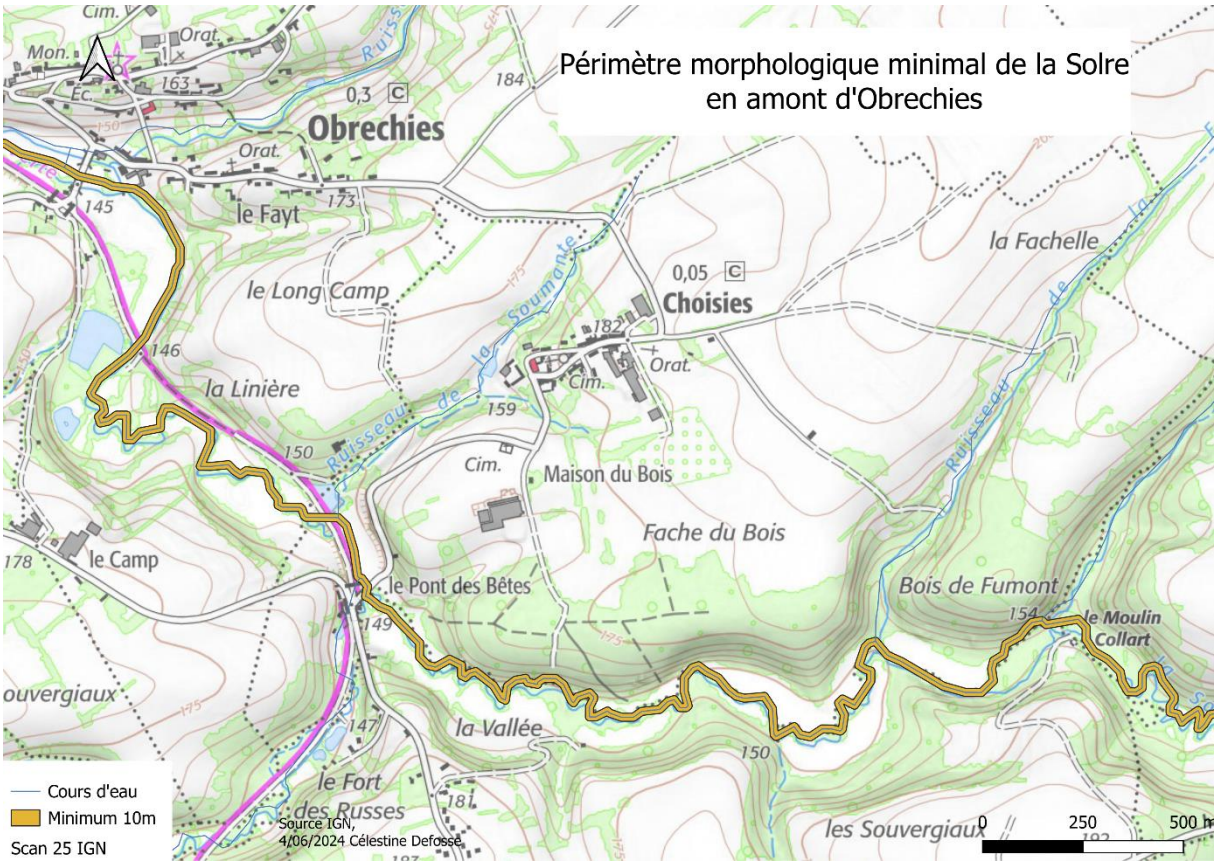


Figure 30 Périmètre morphologique minimum de la Solre en amont d'Obrechies

Au-delà de la largeur minimale pour délimiter le périmètre morphologique le guide RMC propose une largeur globale de 15 à 20 fois la largeur plein bord. Cependant, il y a une distinction pour les petits cours d'eau peu mobiles, où la largeur prise en compte sera de 3 à 6 fois la largeur plein bord. Il est précisé que ce ratio s'applique également pour des cours d'eau ayant été rectifiés il y a très longtemps. C'est ce ratio que l'on appliquera pour tous les cours d'eau du bassin versant de la Sambre y compris la Sambre. Avec ce périmètre le tracé du cours d'eau est encore très marqué.

La Figure 31 illustre cela, dans le cas de la Solre en prenant une largeur plein bord de 9 m selon les données disponibles sur CARHYCE de la station à Ferrière-la -Petite.

En choisissant le périmètre le plus large correspondant au périmètre optimal, soit 6 fois la largeur plein bord, on arrive à 54 m donc 27 m de part et d'autre du cours d'eau.

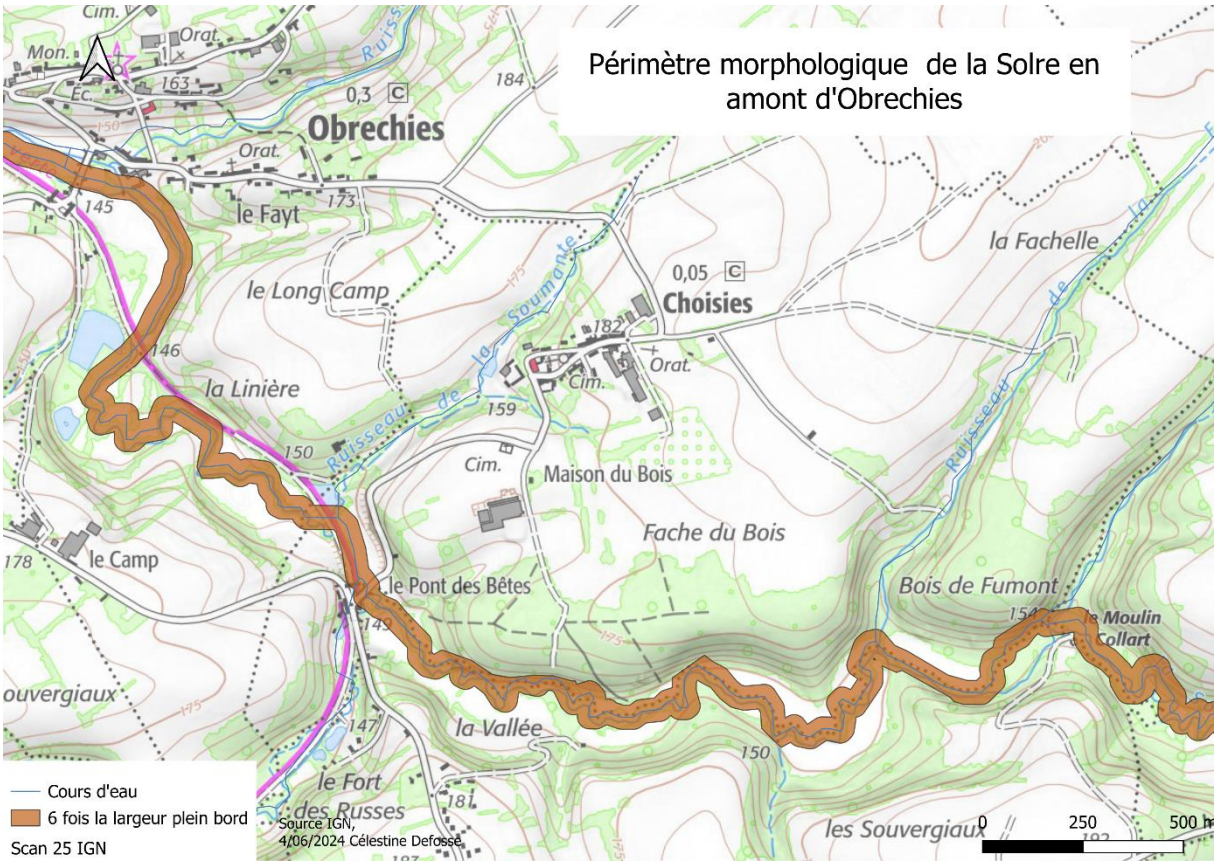


Figure 31 Périmètre morphologique de 6 fois la largeur plein bord de la Solre

La Sambre est un cours d'eau rectifié depuis le 19^{e} siècle, sur les photos anciennes on ne voit pas ces rectifications. On remarque sur la carte d'état-major la présence de méandres qui n'existe plus aujourd'hui notamment au niveau de la confluence des Helpes. La rectification a été créé pour faciliter la navigation notamment pour le transport de marchandise. Le cours d'eau est toujours navigable aujourd'hui, ainsi une renaturation semble compliquée voire impossible. Cependant, certains anciens méandres existent encore, il est donc possible d'inclure ces bras morts dans l'EBF. D'autant plus lors des inondations, il peut subsister un échange entre le cours d'eau et le bras mort en cas de débordement par exemple et ainsi y avoir à nouveau un apport d'eau dans ce bras.

Pour obtenir des cours d'eau en bon état écologique, il est nécessaire de préserver les caractères fonctionnels des hydrosystèmes (Pégay et al., 1996). Certains cours d'eau qui ne sont plus fonctionnels pourraient aussi être restaurés, c'est là tout l'intérêt de ce périmètre morphologique.

b Périmètre Hydraulique

Le périmètre hydraulique est l'espace qui sera mobilisé par le cours d'eau lors de crues. Ce périmètre est très lié au périmètre morphologique. Ainsi le périmètre hydraulique sera au minimum égal au périmètre morphologique.

Comme on l'a déjà évoqué, les aménagements sont des obstacles à cette connexion notamment pour le transfert de sédiments en particulier en cas de crues. Le guide technique RMC préconise de délimiter les zones inondables par crues rares. Pour cela il est possible de s'appuyer sur différents zonages réglementaires déjà existant tels que les Plans de Prévention des Risques inondations (PPRi), Territoire à Risque Important (TRI), l'Atlas des Zones Inondables (AZI). Les retours de crues de 100ans sont les plus adaptés à prendre en compte pour les études. Mais s'il y a eu une crue exceptionnelle récemment il est préférable de choisir le périmètre maximal atteint qui sera moins théorique et plus fiable.

Ce n'est pas le cas de la Sambre mais dans le cadre de la mise en place du PAPI de la Sambre une étude hydraulique a été réalisée par un bureau d'étude. L'étude vient d'être restituée et ce sont les données des crues centennales que j'utiliserai. Il manque cependant quelques tronçons notamment pour l'Helpe Majeure en amont du lac du Val Joly, de ce fait les données de l'AZI pourront être utilisées.

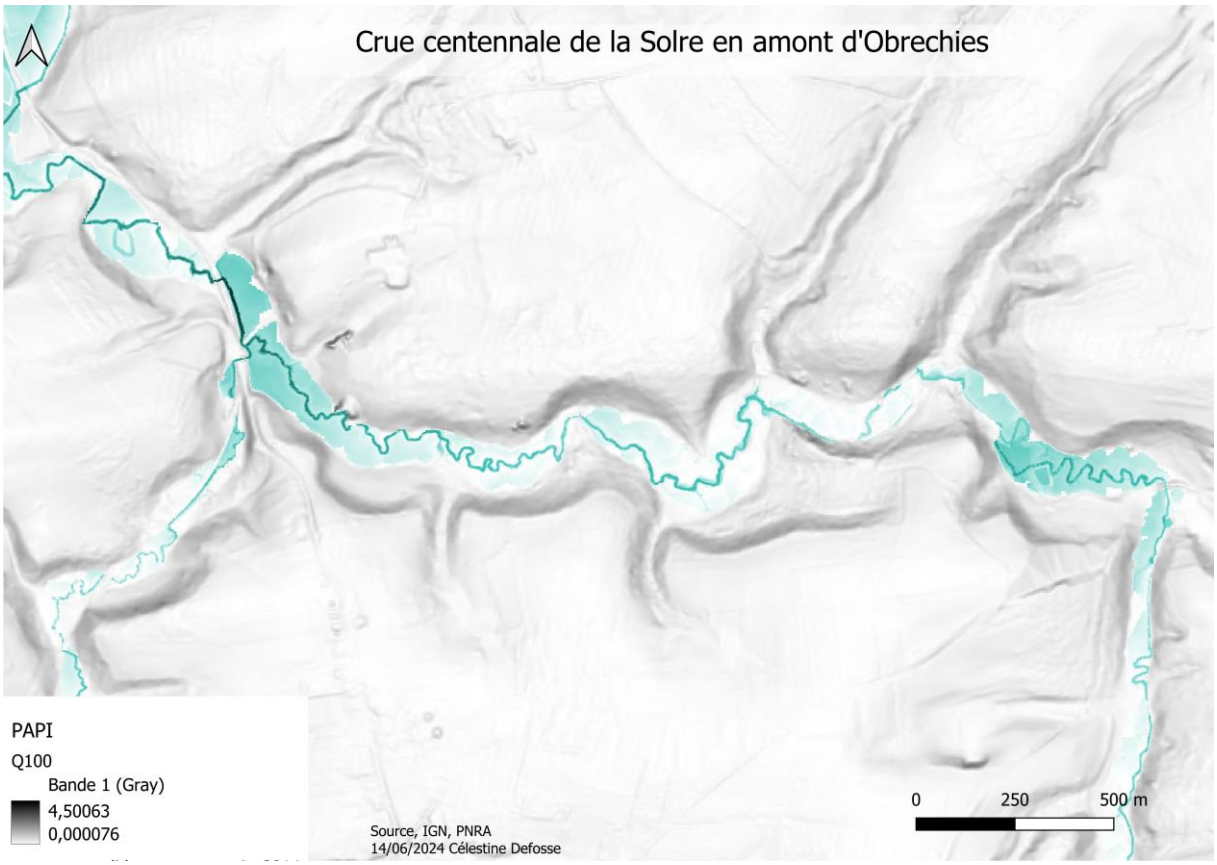


Figure 32 Expansion d'une crue centennale de la Solre

En reprenant le même tronçon que pour le périmètre morphologique, on remarque sur la Figure 32 que pour une crue centennale toute la plaine alluviale est mobilisée. On va donc au-delà du périmètre morphologique pour ce cas. Il faut toujours faire attention à la topographie dans la délimitation du périmètre.
Ce périmètre doit laisser au cours d'eau tout l'espace nécessaire à une expansion de crues. Cette idée se retrouve dans le périmètre morphologique en permettant le développement des méandres. Ce qui montre encore le lien entre ces deux périmètres. C'est essentiellement lors de crues importantes que les cours d'eau vont avoir l'énergie nécessaire pour modifier leur tracé, les cours d'eau cherchant toujours le chemin le plus rapide pour atteindre le point le plus bas.

c Périmètre Biologique

Le périmètre biologique renvoie à un bon fonctionnement des annexes fluviales, c'est à dire des zones humides et des habitats directement reliés au cours d'eau. Cette connexion renvoie aux périmètres morphologiques et hydrauliques. Il y a également un lien fort entre ces 3 périmètres. Il est écrit dans le guide technique RMC que le périmètre morphologique permet « la présence et le renouvellement des différents milieux et des différentes strates de la végétation, des milieux pionniers à la forêt alluviale de bois dur, crues morphogènes ; inondation du lit majeur fréquente, faciès diversifiés, lit non incisé permettant la présence d'une nappe à faible profondeur, substrat mobile dans le lit mineur, etc. ». Quant au périmètre hydraulique, la « fréquence et l'ampleur de l'inondation du lit majeur, déterminant des conditions hygrométriques diversifiées. ». Ce périmètre permet la continuité entre le cours d'eau, les habitats et les zones humides qui sont adjacents.
Ainsi on peut notamment inclure les zones humides inventoriées dans le cadre du SAGE et les zones Natura 2000 dans ce périmètre.
Sur le territoire de l'Avesnois il y a de nombreuses zones humides en fond de vallée. Il y a un vrai enjeu à les intégrer dans l'espace de bon fonctionnement pour les préserver. Elles sont néanmoins distinctes les unes des autres sans pour autant être éloignées. Pour la délimitation il sera donc possible de prendre en compte uniquement les zones humides adjacentes au cours d'eau ou aux périmètres hydraulique et morphologique. Voici ce qui est écrit dans le guide technique RMC « Les zones humides n'ayant pas de lien direct avec le cours d'eau ne sont pas intégrées à l'espace de bon fonctionnement du cours d'eau ».
Les zones humides sont des espaces également très utile lors des crues. Elles permettent d'étendre la zone d'expansion de crue et si elles ne sont pas déjà saturées en eaux elles peuvent servir à écrêter les crues par effet de tamponnement hydraulique.
Il y a également une importante concentration de zones Natura 2000 régis par des directives européennes. Il y a évidemment des Zone de Protection Spéciale (ZPS) qui sont des zones de définis par la Directive Oiseaux de 2009, mais ici les zones Natura 2000 qui nous intéresse sont

des Sites d'Intérêt Communautaire (SIC) qui concernent le reste des espèces et des habitats, définit selon la Directive Habitats-Faune-Flore de 1992.

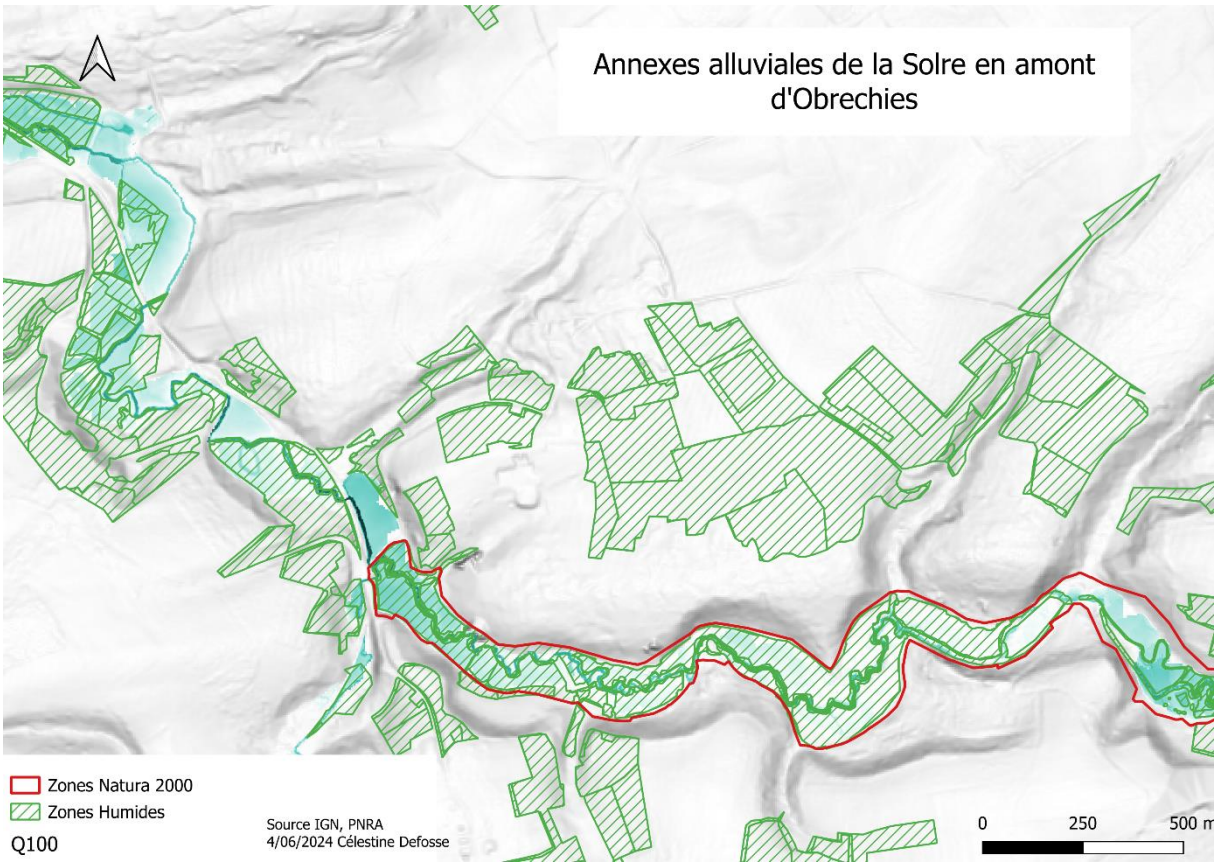


Figure 33 Annexes alluviales de la Solre

Pour la Figure 33 qui représente les annexes alluviales sur le tronçon de la Solre, on remarque l'importante concentration de zones humides. Toutefois, pour le périmètre biologique, on ne retient que celles directement en lien avec le cours d'eau. C'est-à-dire les zones humides directement connectées au cours d'eau lors de crues. Elles sont donc intégrées ou partiellement intégrées au périmètre hydrologique.

d Périmètre Biogéochimique

Le périmètre biogéochimique d'un cours d'eau a une fonction d'autoépuration mais également de limitation des transferts de pollution. Ces paramètres mènent à l'état chimique des cours d'eau. Sur la Figure 34 on peut voir que l'état chimique dans les Hauts de France est mauvais. Cet état chimique ce distingue de l'état écologique des cours d'eau car les polluants sont très difficiles à éliminer. On peut retrouver des traces de certains polluants dans les cours d'eau plusieurs décennies après la fin de leur utilisation. L'Avesnois est un territoire agricole, où des produits phytosanitaires sont utilisés par exemple. C'est également un territoire avec un passé industriel (métallurgie, verreries, textile) où de nombreux produits chimiques ont également pu être utilisés.

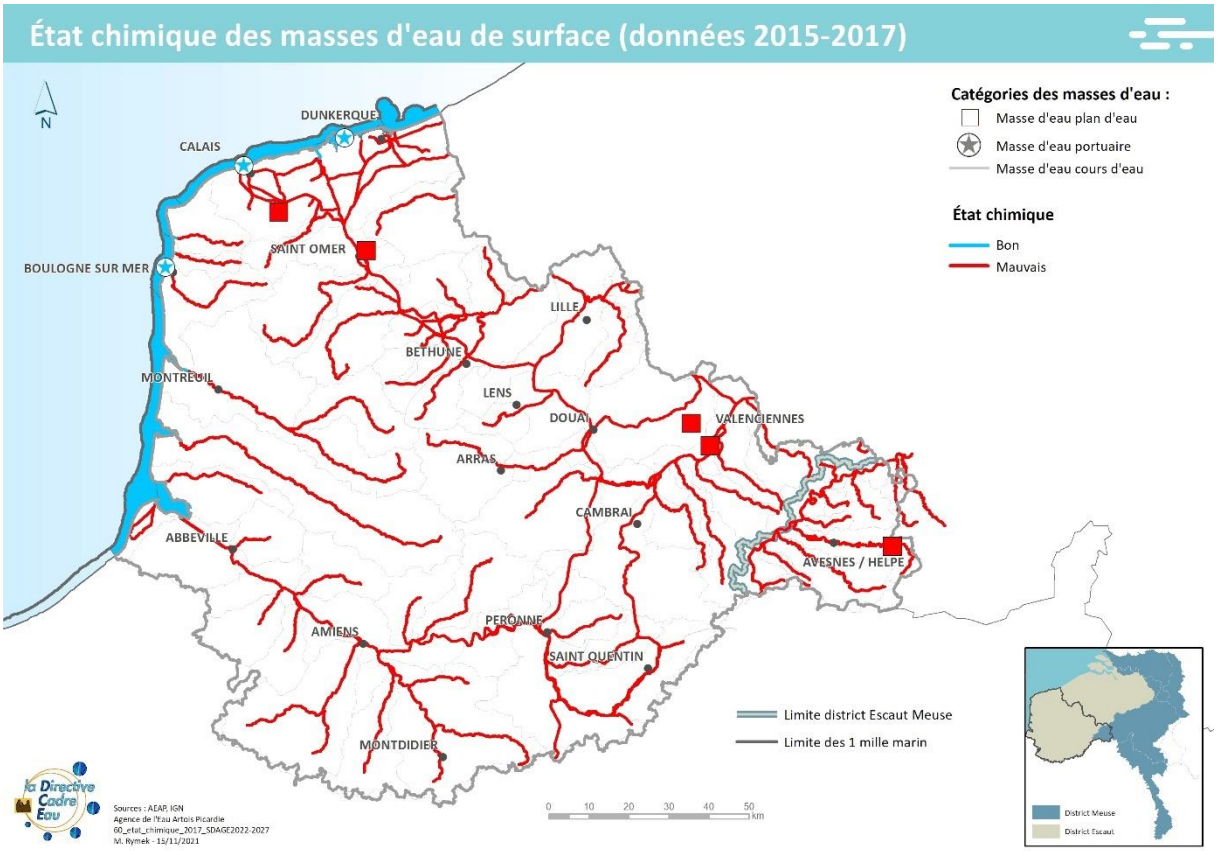


Figure 34 État chimique des masses d'eau de surfaces, source : Agence de l'Eau Artois Picardie

Selon le guide la fonction d'autoépuration est assurée si la fonction morphologique est satisfaisante.

Pour ce qui est des transferts de pollution on s'appuiera sur leur limitation par le biais de zones tampons entre les champs et le cours d'eau. L'objectif est de se servir de la végétation comme de filtre et d'éviter que de trop grandes quantités de produits arrivent dans le cours d'eau. Ce qui pose vraiment un problème c'est la concentration du polluant. Même si certains éléments peuvent être présents naturellement en trop grande concentration ils deviennent nocifs au développement des plantes et espèces aquatiques et crée une eutrophisation du cours d'eau. Les zones tampons seront établies selon les informations de la Figure 35 tirées du guide technique RMC.

Largeur (m)	Estimation des gains
5	• Limitation du transfert de 50% du phosphore particulaire • Limitation du transfert de 50% de l'azote • Limitation au cours d'eau de 90% des produits en cours de pulvérisation • Influence sur la régulation des températures de l'eau
6	• Limitation du transfert de 60% des produits phytosanitaires
10	• Infiltration de 10% du ruissellement
12	• Limitation du transfert de 80% des produits phytosanitaires
15	• Limitation du transfert de 100% du phosphore particulaire et dissous
25	• Limitation du transfert de 75% de l'azote • Epuration de 80% des polluants diffus (phosphorse, nitrate, pesticides)
100	• Limitation du transfert de 90% de l'azote

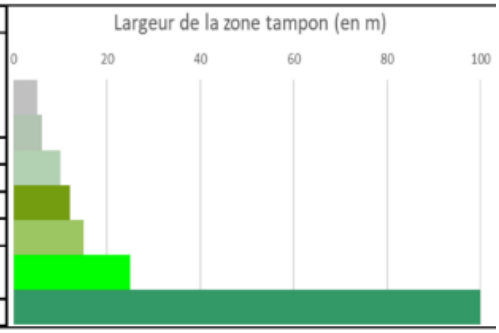


Figure 35 Relation entre la largeur du corridor rivulaire et le gain biogéochimique, source : guide technique RMC

La largeur des zones tampons est différente selon les polluants. Plus on augmente la largeur plus les transferts de pollutions sont limités.

Il est écrit dans le guide qu'en première approche de la délimitation de l'EBF une largeur de 15 m sera retenue car elle permet notamment de limiter le transfert de 100% des phosphores. La largeur optimale reste 25 m en limitant le transfert de la plupart des éléments chimiques.

Ainsi, en reprenant le périmètre morphologique visible sur la Figure 31 qui est de 27 m de part et d'autre du cours d'eau ceci permet d'intégrer la zone tampon de 25 m dans ce périmètre.

On peut également lier le périmètre biologique au périmètre biogéochimique. Certaines annexes alluviales telles que les zones humides peuvent aussi jouer un rôle de limitation du transfert de pollution.

Limiter le transfert de polluant est très important car au-delà de retrouver les polluants dans le cours d'eau, il est possible de les retrouver dans les captages d'eau potable via les échanges entre les nappes et les rivières. L'eau ne serai donc plus potable et il faudrait trouver un autre moyen permanent pour alimenter les villes.

e Périmètre Hydrogéologique

Le périmètre hydrogéologique relève des échanges entre la nappe phréatique et les eaux de surface.

Pour rappel dans l'Avesnois on retrouve des calcaires fissurés proches d'un système karstique mais sans en être un hydrologiquement parlant. Ce qui rend la caractérisation des échanges compliquée. De ce fait nous avons peu de données concernant les échanges nappes-rivières.

La carte produite par l'agence de l'eau Artois-Picardie (Figure 36) illustre les potentiels échanges entre eaux souterraines et eaux de surfaces. Selon cette figure l'Avesnois à un potentiel fort d'échange mais également des entités imperméables à l'affleurement. On distingue même un potentiel très fort le long de la Sambre et de l'Helpe mineure.

Ce sont des informations théoriques sur lesquelles on ne peut pas s'appuyer complètement.

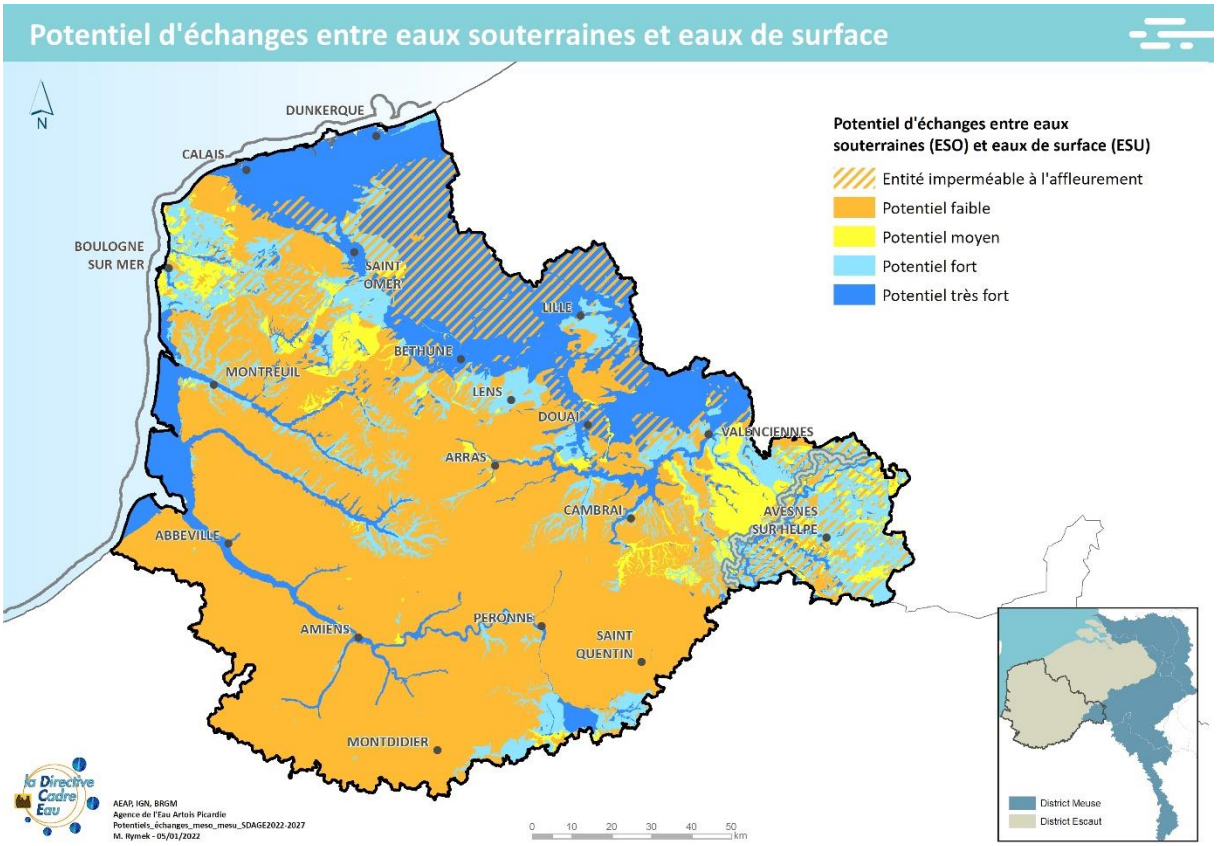


Figure 36 Potentiel d'échanges entre eaux souterraines et eaux de surface, source Agence de l'eau Artois-Picardie

Les seuls indicateurs possibles disponibles sont les données liées aux captages d'eau. On s'appuiera donc sur les aires d'alimentation de captages d'eau pour estimer un périmètre hydrogéologique.

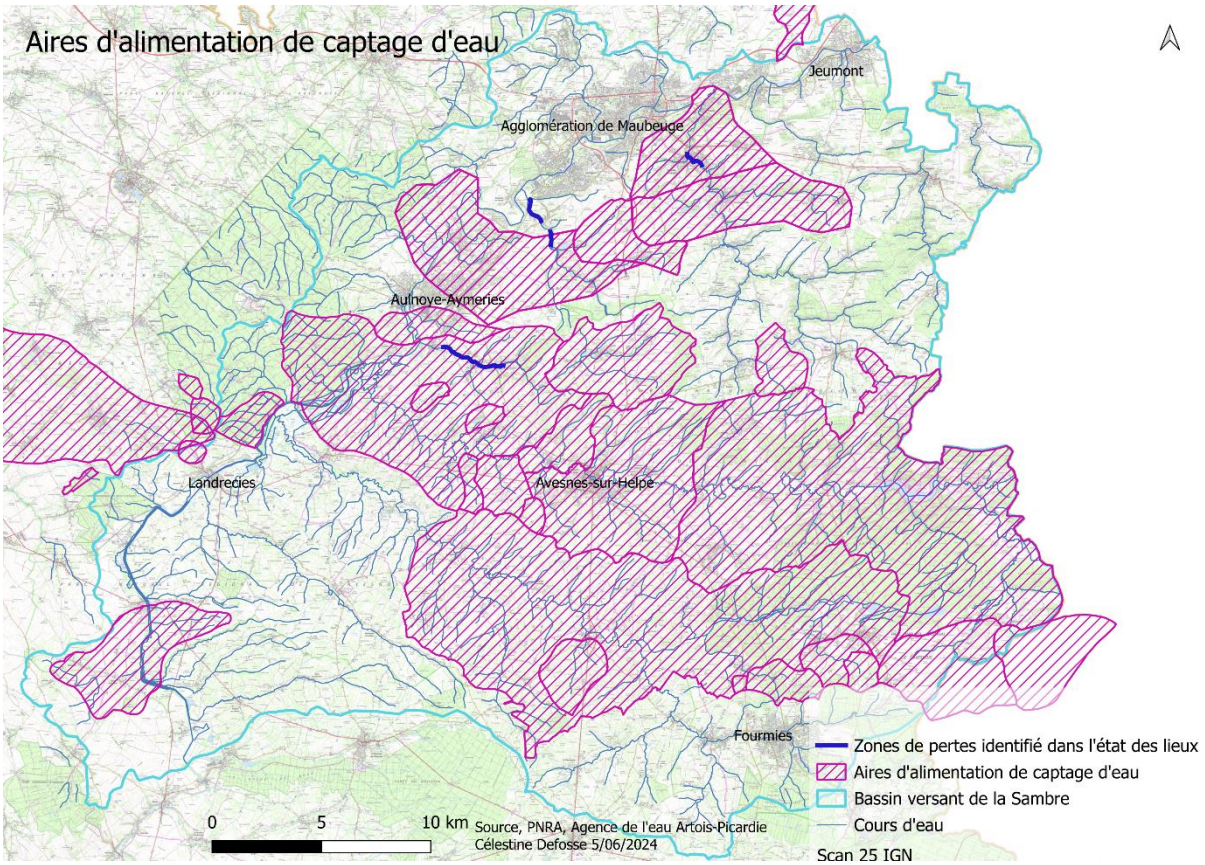


Figure 37 Aires d'alimentation des captages d'eau

La Figure 37 illustre la présence importante des aires d'alimentation de captage sur l'ensemble du territoire du bassin versant de la Sambre. Ces aires suivent particulièrement l'Helpe Majeure et l'Helpe mineure.

Néanmoins pour approfondir ce périmètre avec des données fiables il est nécessaire de mener des études complémentaires pour réellement étudier ces échanges nappes-rivières. Dans l'état des lieux du Parc naturel régional, dans le volet « état qualitatif et vulnérabilité des eaux souterraines sur le bassin versant de la Sambre » il est fait mention de zones de perte identifié. Il serait intéressant d'approfondir cela, de voir s'il y en également ailleurs.

2. Méthode rapide

Cette méthode s'applique pour des petits cours d'eau peu mobiles dont la largeur plein bord ne dépasse pas 15 m. Pour cette méthode il est important de s'assurer du caractère peu mobile du cours d'eau. Pour le bassin versant de la Sambre cette méthode sera utilisée pour les petits affluents annexes, les traversées de villes et les cours d'eau ne présentant pas un intérêt pour une délimitation optimale (Figure 29).

Tableau 5 Données à utilisées pour la délimitation de l'EBF selon la méthode rapide

	Méthode Rapide
Périmètre morphologique	Il correspond à 2 fois la largeur plein bord avec un minimum de 5m de part et d'autre du cours d'eau
Périmètre hydraulique	Il correspond au débit de pointe d'une crue centennale, soit l'aléas Q100 réalisé dans le cadre du diagnostic hydraulique pour le PAPI ainsi que l'atlas des zones inondables
Autres périmètres pris en compte	Sont compris les annexes alluviales directement liées au cours d'eau, c'est-à-dire les zones humides, les zones Natura 2000. Il y a également une bande tampon d'au moins 15m pour limiter le transfert de 100% des phosphores particulaires et dissouts

a Contexte morphologique

Le contexte morphologique est un espace qui permet la mobilité du cours d'eau. Que ce soit dans le cas d'une méthode optimale ou rapide le principe du périmètre morphologique est le même. Pour cela dans le cadre de la méthode rapide il faut tenir compte d'une largeur de 2 fois la largeur plein bord avec un minimum de 5 m de part et d'autre du cours d'eau. C'est ce minimum qui est représenté sur la Figure 38, on y distingue une zone à peine plus large que le cours d'eau.

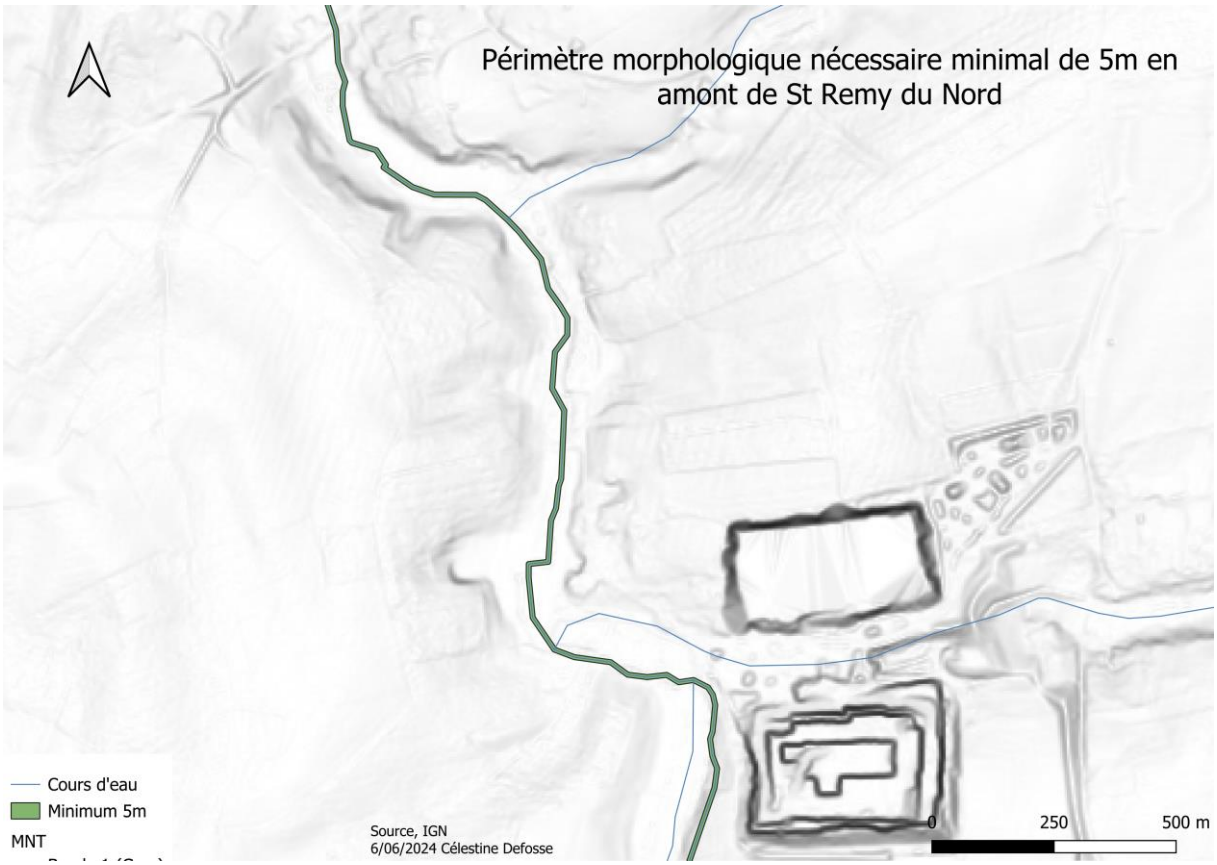


Figure 38 Périmètre morphologique minimal sur le Cligneux

En effet selon les données CARHYCE la largeur plein bord du Cligneux à la station de St Rémy du Nord est d'environ 9 m, il est préférable de choisir de délimiter un périmètre de 2 fois la largeur plein bord. Ce qui fait 18 m donc 9 m de part et d'autre du cours d'eau, ce qui est représenté sur la Figure 39. Cet espace est faible, il ne pourra crée de continuité écologique qu'avec l'environnement vraiment très proche du cours d'eau.

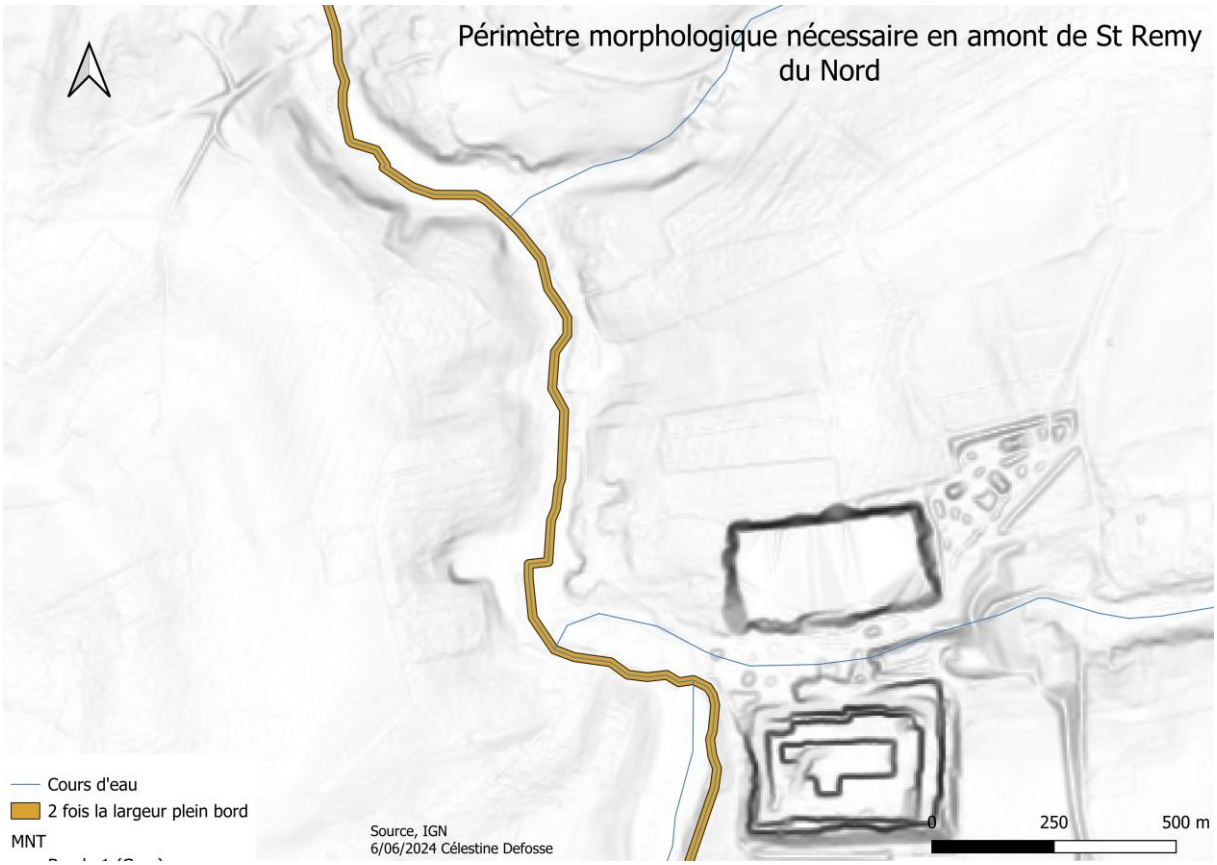


Figure 39 Périmètre morphologique du Cligneux

b Contexte hydraulique

Pour la méthode rapide le périmètre hydraulique doit également être au minimum égale au périmètre morphologique. Les données de la crue centennale ne sont pas forcément disponibles sur tous les petit cours d'eau. Il sera alors nécessaire de délimiter le périmètre hydraulique en déterminant la largeur de grand écoulement.

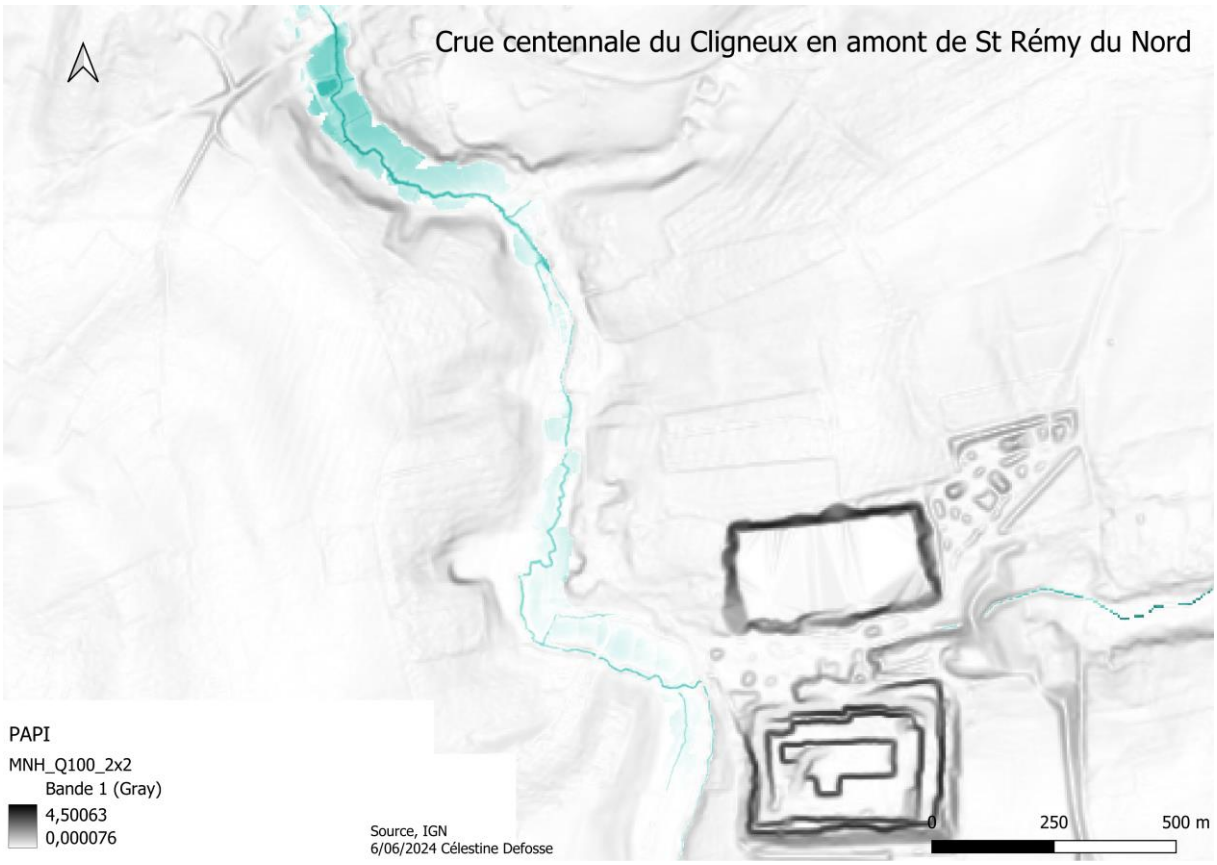


Figure 40 Crue centennale du Cligneux en amont de St Rémy du Nord

On peut d'ailleurs voir sur cette carte (Figure 40) une des zones de pertes identifier dans l'état des lieux du parc. Cela se caractérise par une disparition partielle de l'écoulement. Cette disparition est assez marquée sur la carte. En analysant minutieusement l'étude hydraulique, d'autre zones de pertes pourrait être repérer et une étude complémentaire sur ces échanges nappes-rivières permettrai de les confirmer et d'identifier les chemins emprunté par l'eau.

c Prise en compte des autres contextes environnementaux

Ici encore les données prises en compte seront les mêmes que pour la méthode optimale : biologique, biogéochimique et hydrogéologique.

On s'intéressera aux annexes alluviales s'il y en a telles que les zones humides ou Natura 2000. Mais également aux zones tampons pour limiter le transfert de pollution avec un minimum de 15 m de part et d'autre du cours d'eau. Afin de limiter le transfert de 100% des phosphores (Figure 35).

En gardant l'exemple du Cligneux il n'y a pas de zones humides inventoriée ou Natura 2000 sur ce bassin versant (cf Figure 16).

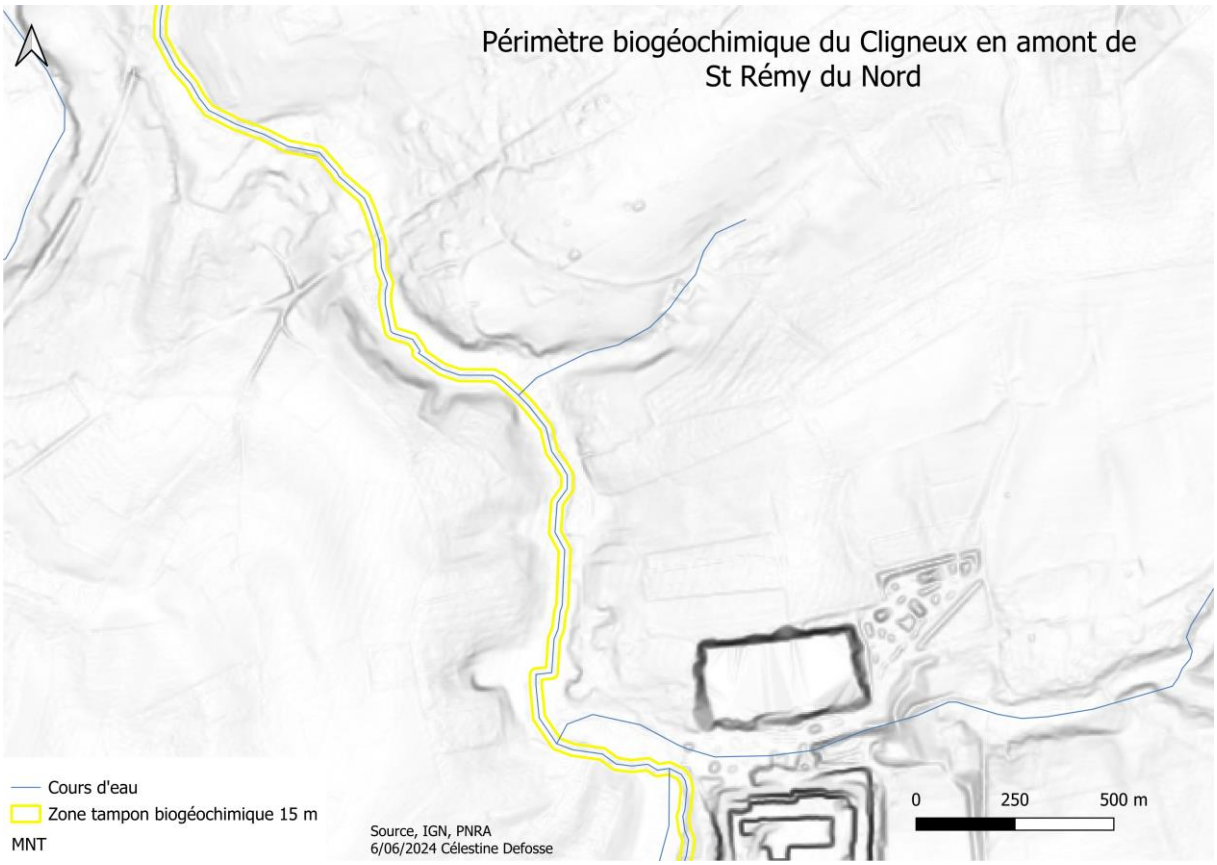


Figure 41 Périmètre biogéochimique du Cligneux

Le périmètre biogéochimique, représenté sur la Figure 41, l'espace délimité est plus large que sur l'espace morphologique (Figure 39).

V. Discussion

De nombreuses questions se sont posées pour pouvoir proposer une méthodologie des cours d'eau du bassin versant de la Sambre.

La méthodologie pour calculer les largeurs pleins bords est complexe et leur mesure à l'échelle du bassin versant semble difficilement réalisable. En observant les données obtenues sur les tronçons précédents (Figure 31 et Figure 32), on se rend compte que le périmètre hydraulique est plus grand que le périmètre morphologique. Le guide technique RMC précise que le périmètre hydraulique doit être au minimum aussi large que le périmètre morphologique. Comme l'étude hydraulique est récente et tient déjà compte de la topographie, il semble plus adéquat de prendre en compte simplement la largeur d'expansion des crues plutôt que de faire une étude longue et coûteuse pour calculer la largeur plein bord.

Les périmètres morphologiques et hydrauliques sont très liés. En prenant en compte l'étude hydrographique sur les cours d'eau où elle est disponible pour la délimitation du périmètre hydraulique, le périmètre le plus large apparaît d'autant plus bénéfique pour l'espace de bon fonctionnement.

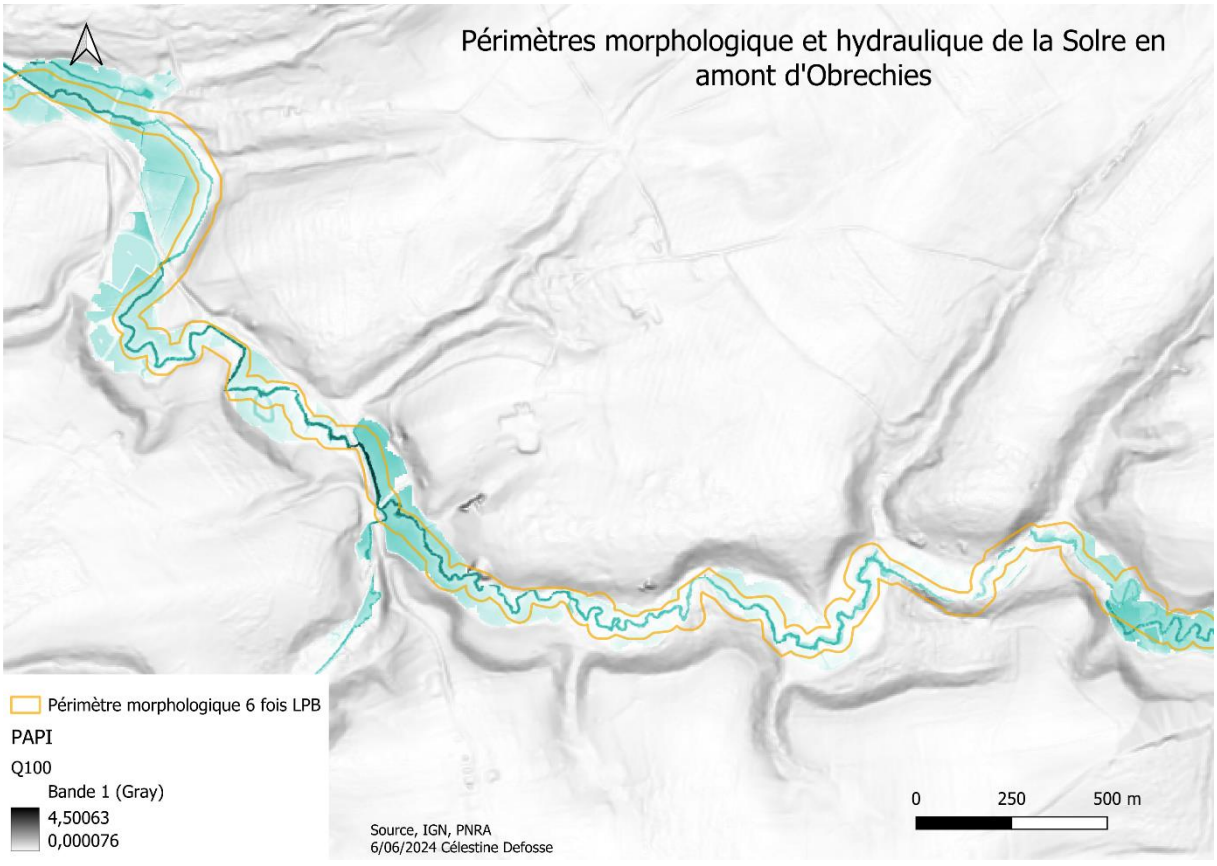


Figure 42 Périmètres morphologique et hydraulique de la Solre

On remarque d'ailleurs sur la Figure 42 que le périmètre hydraulique est bien plus précis.

L'atlas des zones inondables est juste si on se fie à l'étude hydraulique alors pour la partie amont de l'Helpe Majeure, on pourra s'appuyer sur l'AZI pour délimiter le périmètre hydraulique et morphologique. Seulement lorsque qu'il n'y a ni les données de l'étude ni les données de l'AZI, il faudra prévoir de mesurer la largeur à plein bord. En attendant on pourra délimiter l'espace de bon fonctionnement avec une méthode rapide.

Il ne faut pas oublier que ce sont des cours d'eau à enjeux avec simplement un besoin d'acquisition de données. C'est pour cela qu'ils sont différenciés sur la Figure 29. La délimitation des EBF dans les traversées de villes est également problématique puisque dans certaines villes les cours d'eau sont fortement contraints, notamment Avesnes-sur-Helpe comme nous l'avons vu où l'Helpe Majeure est encaissé entre les murs. Il n'y a même pas une route pour pouvoir s'expandre (Figure 14 et Annexe 3). Au regard du profil on peut dire que cette partie est presque artificielle, en tout cas très anthropisée. De ce fait, la question se pose de savoir s'il est vraiment possible de délimiter un espace de bon fonctionnement. Sur ce tronçon il n'y a que l'espace du lit mineur du cours d'eau. Sans aucune interaction avec son environnement, la délimitation d'un espace de bon fonctionnement en y intégrant les 5 fonctions semble impossible. Pour le représenter sur la carte, j'ai donc différencié les traversées de ville puisque je ne connais pas assez bien le territoire pour savoir où se trouve ce genre de problèmes. Sur un territoire comme celui du bassin versant de la Sambre, avec des petits cours d'eau peu mobiles, l'intérêt de délimiter les 5 périmètres interroge. S'appuyer seulement sur le périmètre le plus large semble plus efficace.

Vient ensuite la question de la priorisation pour la délimitation des espaces de bon fonctionnement. On peut ainsi se demander s'il est nécessaire de délimiter tout le chevelu Par exemple, les contres fossés le long de la Sambre seront largement compris dans son périmètre hydrologique (Figure 43). On peut donc se demander s'il faut ajouter une délimitation en plus. Est-ce qu'il y a un enjeu à délimiter leur propre espace de bon fonctionnement ?

Sur la Figure 43, on remarque nettement les fossés qui sont très rectilignes. Malgré une artificialisation, certains d'entre eux sont classés comme des cours d'eau sur le site de la DDTM (Direction Départementale des Territoires et de la Mer) du Nord (Annexe 5).

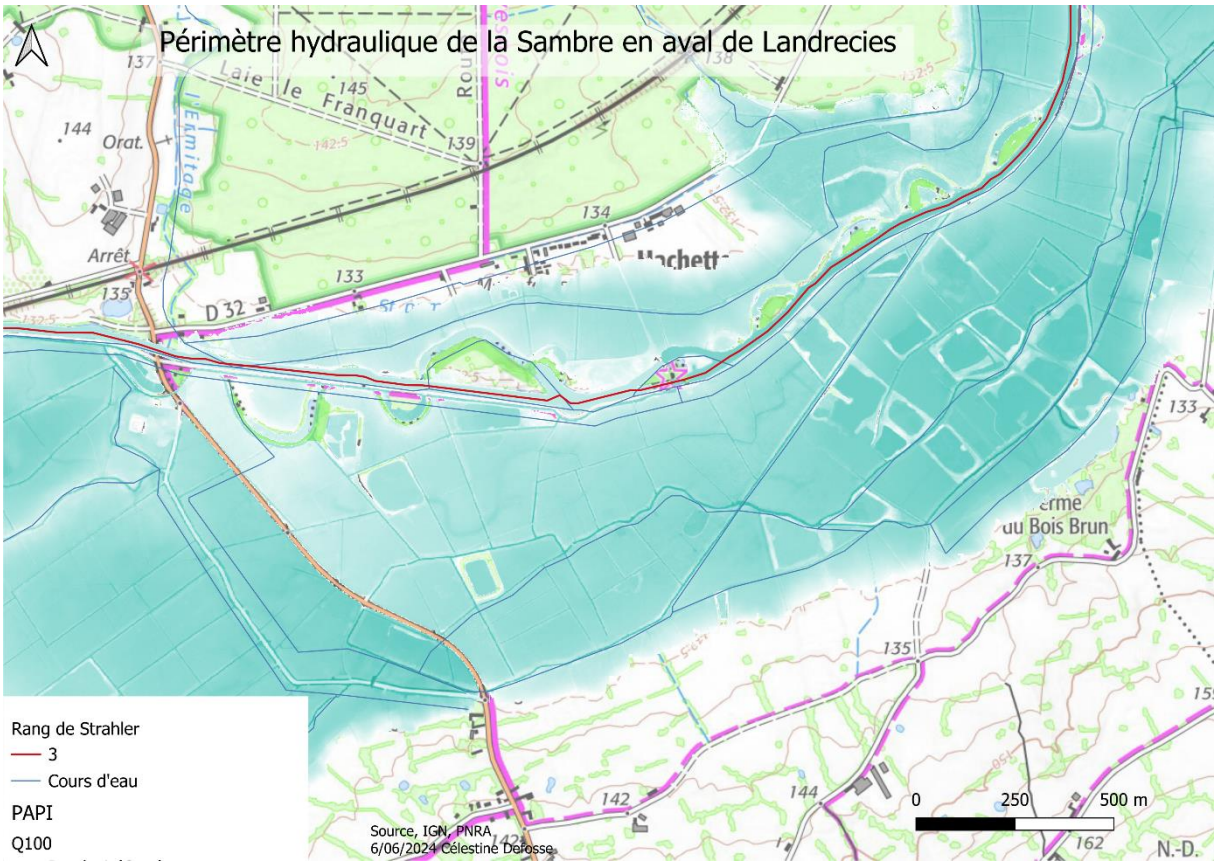


Figure 43 Périmètre hydraulique de la Sambre en aval de Landrecies

Il n'est de toute manière pas possible de délimiter tous les EBF du bassin versant de la Sambre en même temps. Lesquels faut-il délimiter en premier et quels sont les données les plus importantes à prendre en compte ? La méthode de délimitation est un premier point important. En déterminant les enjeux importants sur un bassin versant, c'est ce qui aide à adopter la meilleure méthode à appliquer sur un espace et c'est une première forme de priorisation. Commencer par délimiter les cours d'eau avec la méthode optimale c'est-à-dire la plus poussée, semble évident. Pour la méthode rapide, faut-il prendre en compte tous les cours d'eau, seulement ceux qui ont une ordination de Strahler ou bien là où il y a des enjeux tels que la préservation des zones humides ou la prévention des inondations.

La délimitation de l'EBF est assez subjective, ces méthodes et leurs périmètres seront amenées à être débattues avec notamment les structures en charge de la GEMAPI, car ce sera à eux de l'intégrer dans leur plan de gestion, avant d'arriver à une délimitation finale.

En essayer de délimiter les différents périmètres surtout hydraulique, on se rend compte que l'EBF s'appuie sur des périmètres règlementaires déjà existant. Or l'EBF n'a pas de valeur réglementaire propre pour le moment. S'il n'est pas compris dans un SAGE il est censé être pris en compte dans les documents d'urbanisme tel que le SCoT et le PLU. Mais qu'est-ce que ça signifie concrètement ?

On peut également se demander si ajouter la délimitation de l'EBF à tous les autres périmètres n'a pas pour objectif final de les rassembler dans un seul document à therme.

VI. Conclusion

Il est important de souligner que l'EBF est un concept qui vise à délimiter et préserver les zones essentielles au bon fonctionnement des cours d'eau. Cette étude met en évidence plusieurs points clés pour mieux délimiter l'EBF.

Tout d'abord, il est essentiel d'avoir une connaissance approfondie du terrain étudié, y compris des données telles que l'indice de sinuosité et les aménagements présents sur le cours d'eau. Cela permet de mieux comprendre les caractéristiques et les besoins spécifiques de chaque cours d'eau.

En ce qui concerne la délimitation de l'EBF, l'étude propose deux méthodes : la méthode optimale à méandres et la méthode rapide. La méthode optimale permet une délimitation plus précise, mais elle nécessite un périmètre plus large et peut impliquer d'avantage de données. La méthode rapide, quant à elle, offre une délimitation plus rapide, mais peut-être moins efficace. Il est important de noter que ces délimitations ne sont pas figées dans le temps et peuvent évoluer tout comme les cours d'eau. Cela pourrait être dû à de nouvelles données ou à des travaux modifiant les cours d'eau.

L'étude souligne également l'importance de la participation des acteurs locaux dans le processus de délimitation de l'EBF. Les rencontres avec les acteurs du territoire permettent d'échanger sur les actions possibles et de trouver les meilleurs compromis pour leur mise en œuvre. Les structures compétentes en matière de GEMAPI et les personnes travaillant régulièrement dans les milieux aquatiques sont souvent les mieux placées pour connaître les cours d'eau et contribuer à la délimitation de l'EBF.

Cette connaissance est nécessaire pour adapter la méthodologie de l'EBF tirée du guide technique Rhône Méditerranée Corse au territoire sur lequel on travaille ici : le bassin versant de la Sambre. Il est utile de discuter des enjeux et des problématiques du territoire afin de s'assurer que les adaptations telle que la prise en compte uniquement du périmètre le plus large serait une option possible dans la délimitation de l'EBF.

Bibliographie

Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, Guide technique du SDAGE, Délimiter l'espace de bon fonctionnement des cours d'eau, 2016, 182p

Barraqué, B. Les enjeux de la Directive cadre sur l'eau de l'Union Européenne. *Flux*, 46, pp70-75. 2001.

Basson C. Définition de l'espace de bon fonctionnement des cours d'eau du bassin versant de l'Arc (Provence-Alpes-Côte d'Azur). Sciences de l'ingénieur [physics]. 2021.

Bernard D, Vallée K, Découpage et première caractérisation des masses d'eau souterraine dans le bassin Artois Picardie, La Houille Blanche, 89 :2, 90-95, 2003. Pp90-95

Biron et al, « Espace de liberté : un cadre de gestion intégrée pour la conservation des cours d'eau dans un contexte de changements climatiques », 2013. 113p

Bouleau G, Richard S. Les lois sur l'eau à la lumière de la directive cadre. Evolution récente de la réglementation française de l'eau. AgroParisTech, 2009, 114p

Comité du bassin Rhône-Méditerranée, Guide technique du SDAGE, Délimiter l'espace de bon fonctionnement des cours d'eau, 182p

Cosandey C. « Les eaux courantes », Berlin sup, Paris, 226p

Degoutte G, « Hydraulique et dynamique fluviale » 2001, 102p.

DREAL Nord - Pas-de-Calais, Sédiments, Trois modes de gestion, 6p

Giret A. « Les cours d'eau Français », L'harmattan, Paris, 228p

Gob F., Bilodeau C., Thommeret N., Belliard J., Albert M-B., Tamisier V., Baudoin J-M. & Kreutznberger K., 2014, Un outils de caractérisation hydromorphologique des cours d'eau pour l'application de la DCE en France (CARHYCE). Géomorphologie : relief, processus, environnement, n°1, p.57-72.

Laganier R, Kergomard C, Dacharry M. « Les inondations en région Nord-Pas-de-Calais : essai de synthèse régionale ». : *Collection EDYTEM. Cahiers de géographie*, numéro 1, 2003. Dynamiques et vulnérabilités des milieux montagnards méditerranéens et alpins. pp. 233-245.

Laganier R, Piquet P, Salvador P-G, Scarwell H-J. « Inondation, territoire et aménagement : l'évolution de la prise en compte du risque inondation dans la vallée de la Canche (Pas-de-Calais, France). / *Flooding, territory and planning : changes in the appraisal of flood risks in the Canche valley (Pas-de-Calais, France) ».* : *Géocarrefour*, vol. 75, n°4, 2000. L'interface nature-sociétés dans les hydrosystèmes fluviaux. pp. 375-382.

Laganier R, Scarwell H-J, Inondation et recomposition territoriale : Quand la nature interroge le fonctionnement des territoires. *Hommes et Terres du Nord*, 2000/2. Hydrosystèmes, paysages et territoires. pp. 103-110.

Lefebvre C, El Naghi F, Caulier P, Bassin versant de Saint-Aubin et de Sars-Poteries : un territoire-pilote pour protéger la ressource en eau souterraine. Technique Science Méthode (TSM) numéro 12 – 2009. pp 93-99.

Marmonier P et al, Contribution des zones d'échanges entre eau de surface et eau souterraine à la biodiversité des hydrosystèmes : exemple d'une rivière méditerranéenne, la Cèze, Géographie physique et environnement, Volume 13, 2019. pp 75-90

Parc naturel régional de l'Avesnois, Le bocage du Parc naturel régional de l'Avesnois en images, https://www.youtube.com/watch?v=T41mMYGgvfs

Parc naturel régional de l'Avesnois, projet de Chartre, 260p

Parc naturel régional de l'Avesnois, diagnostic territorial, 118p

Parc naturel régional de l'Avesnois, SAGE, 157p

Parc naturel régional de l'Avesnois, SDAGE, Livret 3 – Orientation, 88p

Pégay H et alPiégay Hervé, Barge O., Bravard Jean Paul, Landon N., Peiry Jean-Luc. Comment délimiter l'espace de liberté des rivières ? L'eau, l'homme et la nature. Congrès de la Société Hydrotechnique de France. Paris, 1996. pp. 275-284.

Reau R et al, Evaluation des émissions de nitrate par les champs pour la conception de projets de territoire et l'accompagnement de la transition en aires d'alimentation de captage. Innovations Agronomiques, 2017, 57 (Juin 2017), pp.99-115.

Robert A. « River processes », Arnold, London,189p

Scarwell H-J, Salvador P-G, Schmitt G. « Prévention du risque inondation par ruissellement en milieu urbain : l'exemple de la métropole lilloise » (*Preventing runoff flood risk in an urban environment : the example of the Lille metropolis*). *Bulletin de l'Association de géographes français*, 87e année, 2010-4. Les grandes métropoles au risque de l'eau, mise en risque et résilience spatiale au Nord et au Sud. pp. 468-486.

ADES, eau souterraines, Consulté le 20/05/2024
https://ades.eaufrance.fr/GeoSIE
Agence de l'eau Artois-Picardie, consulté le 11/06/2024
https://www.eau-artois-picardie.fr/liste-mediatheques?combine=&field_type_ressource_tid%5B0%5D=7&field_type_ressource_tid%

5B1%5D=6&field_type_ressource_tid%5B2%5D=217&field_type_ressource_tid%5B3%5D=627&field_tranche_d_age_tid=All&field_cibles_tid=All&field_mots_cles_fermes_tid=&page=12

Carrière du Bassin de la Sambre (CBS) consulté le 27/05/2024
https://lesgranulatsdugroupecb.com/qui-sommes-nous/activites-granulats-du-groupe-cb/
Données station d'épuration, Consulté le 20/03/2024
https://www.data.gouv.fr/fr/reuses/geolocalisation-des-stations-des-eaux-usees-en-france/
DDTM du Nord, consulté le 12/06/2024,
https://carto2.geo-ide.din.developpement-durable.gouv.fr/frontoffice/?map=a6f93e5b-15d6-4fea-8f5d-88a5b5d835d6
Eaufrance, Consulté le 4/06/2024
https://www.eaufrance.fr/glossaire/schema-damenagement-et-de-gestion-des-eaux
https://www.eaufrance.fr/la-qualite-des-rivieres
Géoportail, Consulté le 12/06/2024
https://www.geoportail.gouv.fr/carte
Infogéol BRGM, consulté le 20/03/2024
Office Français de la Biodiversité, consulté le 30/05/2024
https://www.ofb.gouv.fr/la-continuite-ecologique-des-cours-deau
https://patbiodiv.ofb.fr/fiche-methodologique/travaux-rivieres/determination-sinuosite-329
Patrimoine en Avesnois, consulté le 6/06/2024
https://patrimoine-avesnois.fr/chemin/la-sambre-en-avesnois-historique-dune-riviere-au-parcours-surprenant/
Plan de Prévention des Risques Inondations, DREAL, Consulté le 11/06/2024
https://www.nord.gouv.fr/Actions-de-l-Etat/Prevention-des-risques-naturels-technologiques-et-miniers/Plans-de-prevention-des-risques-d-inondation-PPRI/PPRN-approuves-et-PPR-modifies/Le-Plan-d-Exposition-aux-Risques-Inondation-PERI-de-la-Sambre
Remonter le temps, Consulté le 12/06/2024
https://remonterletemps.ign.fr/
SAGE de la Sambre, Consulté le 1/06/2024
http://sage-sambre.parc-naturel-avesnois.fr/files/2013/01/Fonctionnement-Hydraulique-et-risque-inondation.pdf

Liste des figures

Figure 1 : Disposition du SDAGE Artois Picardie 2022-2027 conférant aux autorités compétentes la définition des EBF 5
Figure 2 Carte de localisation 6
Figure 3 Carte Géologique du Nord Pas-de-Calais, source BRGM 7
Figure 4 Construction en pierre bleue à Bavay, 15/04/2024 8
Figure 5 Bétoires à St Rémy du Nord, Source Agglomération Maubeuge Val de Sambre 8
Figure 6 Périmètre du parc naturel régional de l'Avesnois avec l'agglomération de Maubeuge 9
Figure 7 Le périmètre du SAGE de la Sambre 10
Figure 8 Occupation du sol du Sage de la Sambre, source PNRA 11
Figure 9 Graphique de l'occupation du sol source, PNRA d'après OCS2d 2021, Géo2France 12
Figure 10 Bassin versant de la Sambre 13
Figure 11 Carte des différentes sections de la Sambre 14
Figure 12 Bassin versant de l'Helpe Mineure 15
Figure 13 Bassin Versant du l'Helpe Majeure en amont du lac du Val Joly 16
Figure 14 Bassin versant de l'Helpe Majeure en aval du lac du Val Joly 17
Figure 15 Bassin versant de la Solre 18
Figure 16 Bassin versant du Cligneux 19
Figure 17 Bassin versant de la Flamenne 20
Figure 18 Bassin versant de la Hante 21
Figure 19 Bassin versant de la Rivierette 22
Figure 20 Bassin vesant de la Tarsy 23
Figure 21 Bassin versant de la Thure 24
Figure 22 État écologique des masses d'eau de surface, source Agence de l'eau Artois-Picardie 25
Figure 23 Les multiples interactions autour des cours d'eau, source guide technique RMC ... 26
Figure 24 Répartition de la compétence GEMAPI sur le territoire du SAGE, Source PNRA 27
Figure 25 Le rang de Strahler des cours d'eau de la Sambre 29
Figure 26 Répartition des classe de sinuosité, source Office français de la biodiversité 30
Figure 27 Analyse diachronique de L'Helpe Majeure au niveau de Tainière sur Thiérache 32
Figure 28 Zoom de la diachronie de l'Helpe Majeure 33
Figure 30 Méthodes de délimitation de l'EBF sur le bassin versant de la Sambre 36
Figure 31 Périmètre morphologique minimum de la Solre en amont d'Obrechies 39
Figure 32 Périmètre morphologique de 6 fois la largeur plein bord de la Solre 40
Figure 33 Expansion d'une crue centennale de la Solre 41
Figure 34 Annexes alluviales de la Solre 43
Figure 35 État chimique des masses d'eau de surfaces, source : Agence de l'Eau Artois Picardie 44

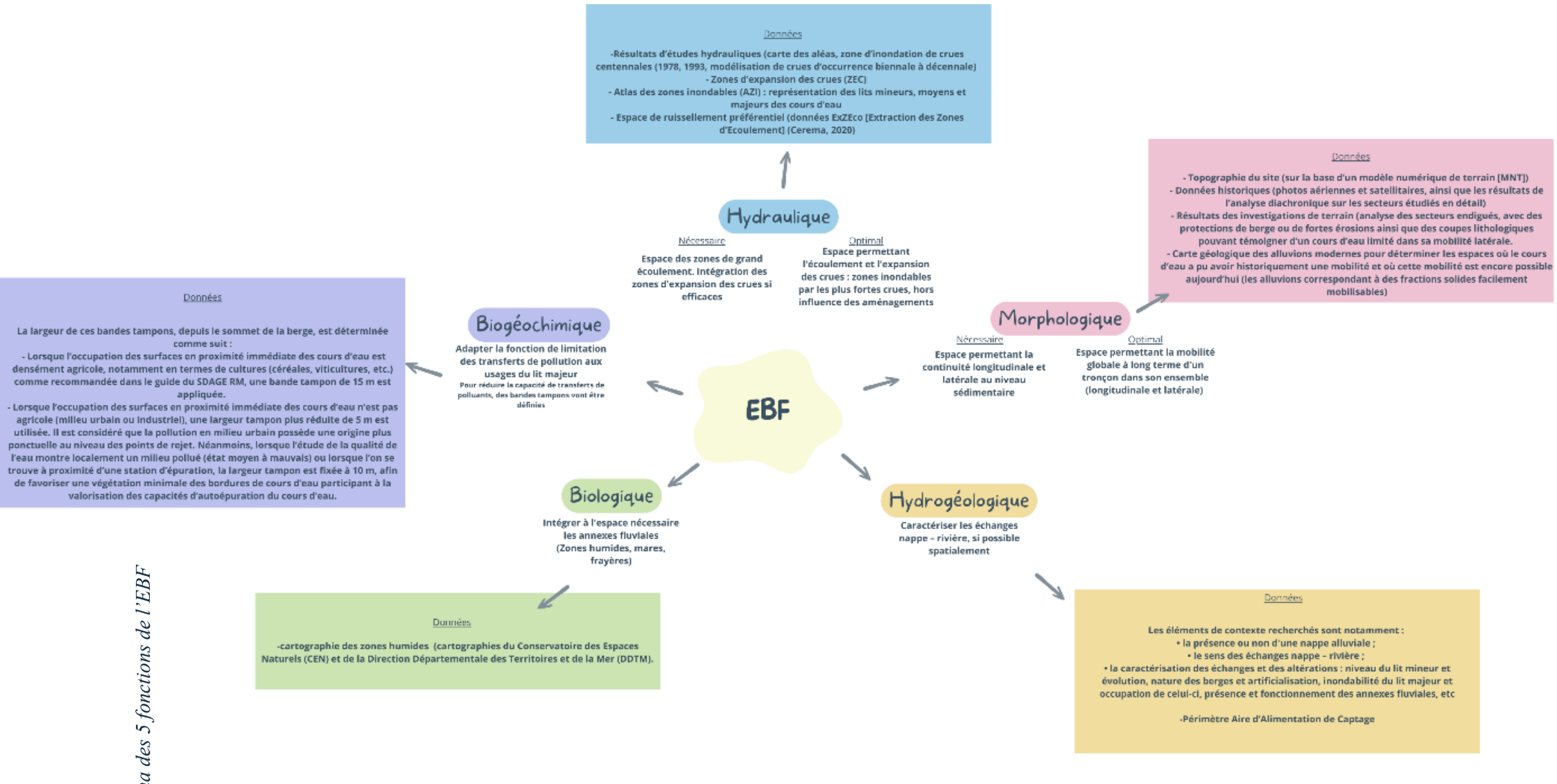
Figure 36 Relation entre la largeur du corridor rivulaire et le gain biogéochimique, source : guide technique RMC 45
Figure 37 Potentiel d'échanges entre eaux souterraines et eaux de surface, source Agence de l'eau Artois-Picardie 46
Figure 38 Aires d'alimentation des captages d'eau 47
Figure 39 Périmètre morphologique minimal sur le Cligneux 49
Figure 40 Périmètre morphologique du Cligneux 50
Figure 41 Crue centennale du Cligneux en amont de St Rémy du Nord 51
Figure 42 Périmètre biogéochimique du Cligneux 52
Figure 43 Périmètres morphologique et hydraulique de la Solre 53
Figure 44 Périmètre hydraulique de la Sambre en aval de Landrecies 55

Liste des tableaux

Tableau 1 Récapitulatif des indices de sinuosités 30
Tableau 2 Données disponibles sur le Bassin versant de la Sambre 31
Tableau 3 Synthèse des principes de délimitation des espaces de fonctionnement optimal et nécessaire, source guide technique RMC 34
Tableau 4 Données à utiliser pour la délimitation de l'EBF selon la méthode méandriforme. 37
Tableau 5 Données à utilisées pour la délimitation de l'EBF selon la méthode rapide 48

Liste des annexes

Annexe 1 Schéma des 5 fonctions de l'EBF 62
Annexe 2 Ecluse d'Hachette sur la Sambre, 10/04/2024 63
Annexe 3 L'Helpe Majeure à Avesnes-sur-Helpe, 9/06/2024 63
Annexe 4 Diachronie du tracé du Cligneux 64
Annexe 5 Caractérisation des cours d'eau, Source DDTM 59 64



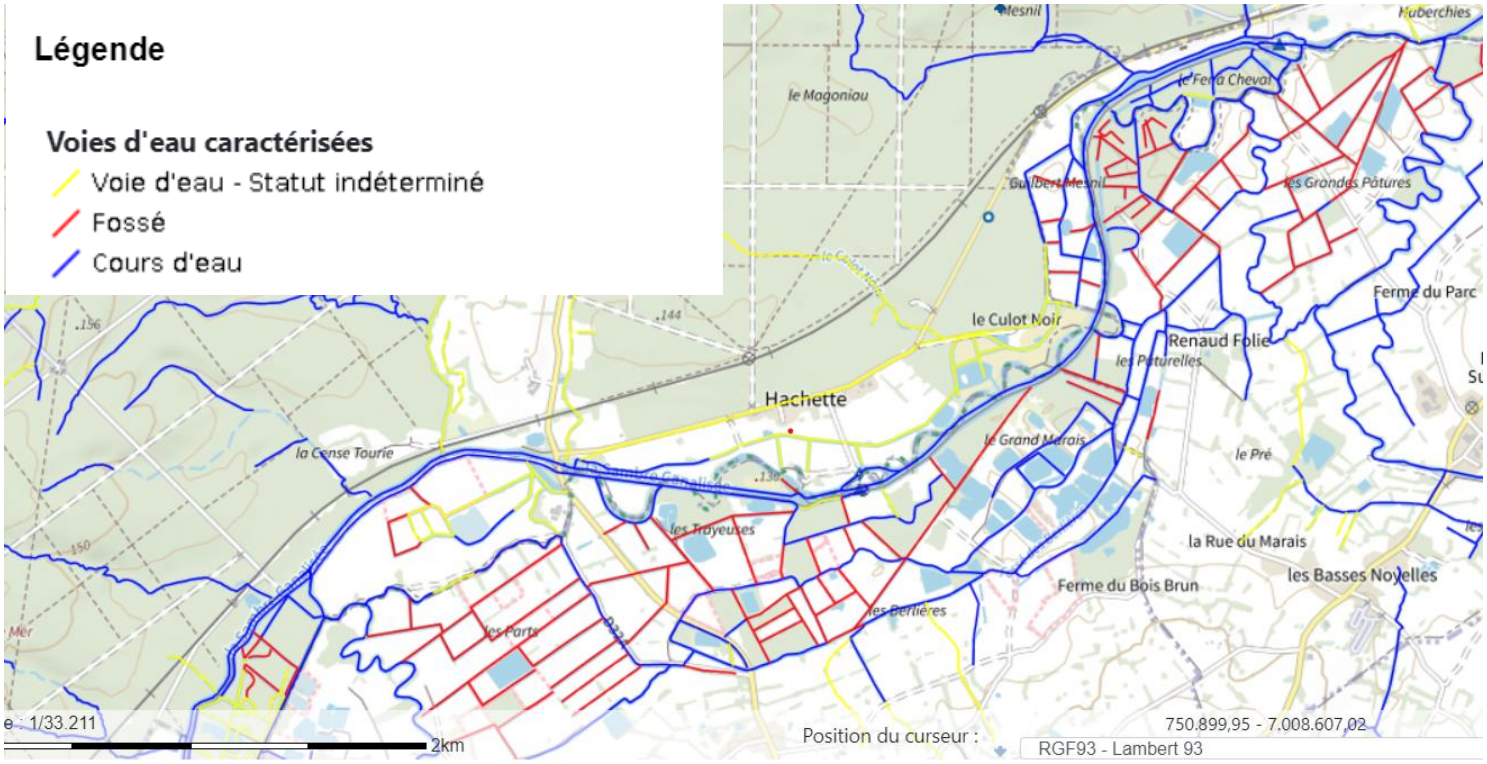
Annexe 1 Schéma des 5 fonctions de l'EBF

Annexe 2 Ecluse d'Hachette sur la Sambre, 10/04/2024

Annexe 3 L'Helpe Majeure à Avesnes-sur-Helpe, 9/06/2024

Annexe 4 Diachronie du tracé du Cligneux

Annexe 5 Caractérisation des cours d'eau, Source DDTM 59



Résumé

L'Espace de Bon Fonctionnement (EBF) des cours d'eau est un sujet actuel, devant être défini avant 2027 pour la mise en conformité avec le SDAGE 2022-2027 de l'Agence de l'Eau Artois-Picardie. L'objectif est de maintenir une continuité écologique du cours d'eau avec l'environnement qui l'entoure. Pour cela 5 fonctions sont prises en compte : morphologique, hydraulique, biologique, biogéochimique et hydrogéologique.
La délimitation de l'EBF s'appuie sur un guide méthodologique de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse. Il est donc nécessaire de l'adapter au territoire du bassin versant de la Sambre. Plusieurs méthodes de délimitation de l'EBF sont possibles, selon différents paramètres, le style fluvial, la mobilité du cours d'eau…
Pour le bassin versant de la Sambre nous allons nous intéresser à deux méthodes :
La méthode optimale à méandres car les cours d'eau du bassin versant de la Sambre sont sinueux ou à méandres et la méthode rapide pour les plus petits affluents où peu de données sont disponibles.
Une cartographie des différents périmètres de l'EBF sera ensuite faite par les structures en charge de la GEMAPI.

Mots clés : Espace de Bon Fonctionnement (EBF), Méthodes, Bassin versant de la Sambre, SDAGE

Abstract

The Area of Good Functioning (EBF) of watercourses is a current topic, which must be defined before 2027 to comply with the SDAGE 2022-2027 Water Agency of the Artois-Picardy. The idea is to maintain the ecological continuity of the watercourse with its surrounding environment. To achieve this, 5 functions are taken into account: morphological, hydraulic, biological, biogeochemical and hydrogeological.
The delimitation of the EBF is based on a methodological guide issued by Water Agency of the Rhône Méditerranée Corse. It is therefore necessary to adapt it to the Sambre watershed area. Several methods of delimiting the EBF are possible, depending on various parameters such as the fluvial style and the mobility of the watercourse.
For the Sambre watershed we will be looking at two methods :
The optimal meander method, because the rivers in the Sambre watershed are meandering or tortuous, and the rapid method for smaller streams where little data is available.
A map of the various EBF perimeters will then be drawn up by the structures in charge of GEMAPI.

Key words : Area of Good Functioning (EBF), Methods, Sambre watershed, SDAGE