



RAPPORT DE CARACTÉRISATION, BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE ARNOLD

Sources de sédiments et d'augmentation des débits de pointe



OCTOBRE 2021

POUR INFORMATION

Comité de bassin de la rivière Chaudière (COBARIC)

1442, route du Président-Kennedy, bureau 140

Scott (Québec) G0S 3G0

Téléphone : (418) 389-0476

Courriel : cobaric@cobaric.qc.ca

Site Internet : www.cobaric.qc.ca

ÉQUIPE DE RÉALISATION DU COBARIC

Raphaël Leblond, chargé de projets et technicien de rivière, brevet de technicien supérieur en gestion et maîtrise de l'eau

Marie-Ève Théroux, coordonnatrice de projets et géomatique, baccalauréat en biologie

Véronique Brochu, directrice générale, technique d'aménagement cynégétique et halieutique

ÉQUIPE TERRAIN

Anthony Boutin, technicien de la faune, technique d'aménagement cynégétique et halieutique

Isabelle Lapierre, technicienne en environnement, technique d'aménagement cynégétique et halieutique

Jean-Marie Mondor, technicien en environnement, baccalauréat en sciences naturelles appliquées à l'environnement

Mathieu Provost, chargé de projets et de la berce du Caucase, technique du milieu naturel – voie de spécialisation Protection de l'environnement

Véronique Brochu, directrice générale, technique d'aménagement cynégétique et halieutique

RÉFÉRENCE

Comité de bassin de la rivière Chaudière (2021). Rapport de caractérisation – Bassins versants des rivières Clinton et Arnold – Sources de sédiments et d'augmentation des débits de pointe.

REMERCIEMENTS

Nous remercions tous ceux qui ont appuyé ou participé au projet, soit :

- ▶ M. Quirion, riverain de la rivière Clinton et biologiste à la retraite, qui nous a transmis de nombreuses informations sur l'histoire de ce cours d'eau,
- ▶ Les propriétaires privés qui nous ont donné accès à leur terrain,
- ▶ Les différentes personnes rencontrées qui nous ont parlé de la rivière.

Ce projet est possible grâce à l'appui financier du gouvernement du Canada.

Ce projet a été réalisé avec l'appui financier
du gouvernement du Canada.
This project was undertaken with the financial support
of the Government of Canada.

Canada 

TABLE DES MATIÈRES

1.	INTRODUCTION	8
1.1	Contexte	8
1.2	Objectifs	8
2.	DESCRIPTION DU TERRITOIRE À L'ÉTUDE	9
2.1	Localisation	9
2.2	Réseau hydrique.....	10
2.2.1	Rivière Arnold	10
2.2.2	Rivière Clinton	11
2.3	Relief	12
2.3.1	Rivière Arnold	12
2.3.2	Rivière Clinton	14
2.4	Données climatiques.....	15
2.5	Occupation du territoire	17
2.6	Grands propriétaires ou utilisateurs	18
3.	MÉTHODOLOGIE	20
3.1	Préparation au bureau.....	20
3.2	Activités terrain.....	21
4.	CARACTÉRISATION	23
4.1	Effort général	23
4.2	Données sur l'érosion	24
4.3	Données sur les sources de sédiments.....	28
4.4	Données sur les ponts et ponceaux.....	32
4.5	Données de pêche électrique.....	37
4.6	Benthos.....	38
5.	ÉVOLUTION DU RÉSEAU HYDRIQUE	39
6.	ANALYSES DES RÉSULTATS	44
6.1	Bassin versant de la rivière Clinton	44
6.1.1	Problématique de castors	44
6.1.2	Le Domaine des Appalaches.....	44
6.1.3	Le secteur de production forestière de la Domtar.....	45
6.2	Bassin versant de la rivière Arnold	46
6.2.1	La Réserve de Chasse et Pêche Arnold.....	46
6.2.1	La zec Louise-Gosford – Secteur Gosford.....	47
6.2.2	Le noyau villageois de Saint-Augustin-de-Woburn	47
6.2.3	Le secteur agricole de Saint-Augustin-de-Woburn.....	47
7.	CONCLUSION	49
8.	RECOMMANDATIONS ET PISTES DE SOLUTIONS	50
8.1	Ensemencement et hydroensemencement.....	50

8.2	Ponceaux	50
8.3	Conception et entretien de chemins	50
8.4	Conception et entretien des fossés de chemins.....	51
8.5	Chenalisation.....	52
9.	RÉFÉRENCES OU DOCUMENTS D'INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES.....	55
	ANNEXE 1. FORMULAIRES DE CARACTÉRISATION TERRAIN	57

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Carte de localisation du bassin versant de la rivière Arnold	9
Figure 2.	Carte du réseau hydrographique de la rivière Arnold	10
Figure 3.	Carte du réseau hydrographique du sous-bassin versant de la rivière Clinton	11
Figure 4.	Carte topographique du bassin versant de la rivière Arnold.....	13
Figure 5.	Coupe longitudinale de la rivière Arnold	13
Figure 6.	Topographie du bassin versant de la rivière Clinton	14
Figure 7.	Coupe longitudinale de la rivière Clinton.....	15
Figure 8.	Graphique ombrothermique du secteur de Saint-Augustin-de-Woburn	15
Figure 9.	Carte des différents types d'occupation du territoire du bassin versant de la rivière Arnold.....	17
Figure 10.	Carte des différents grands propriétaires ou utilisateurs du BV de la rivière Arnold	19
Figure 11.	Carte représentant l'effort de collecte de données réalisées lors de la caractérisation du bassin versant de la rivière Arnold	23
Figure 12.	Carte des points relevés concernant l'érosion des berges.....	25
Figure 13.	Exemple d'un affouillement de pied de berge sur la rivière Clinton	26
Figure 14.	Exemple d'un décrochage de talus sur la rivière Clinton.....	26
Figure 15.	Exemple d'un affaissement de talus sur la rivière Arnold	27
Figure 16.	Exemple d'une érosion latérale sur la rivière Arnold	27
Figure 17.	Carte des points relevés concernant les sources de sédiments et les problèmes de sédimentation.....	29
Figure 18.	Exemple d'un chemin parfaitement conçu, avec des bords de chemin et des fossés végétalisés (bassin versant de la rivière Clinton)	30

Figure 19. Exemple d'un chemin avec un mauvais entretien de la végétation du fossé, où il y a présence d'essences ligneuses, mais quasiment aucune herbacée.....	30
Figure 20. Exemple d'un talus à nu, d'un fossé mal végétalisé et d'un bord de chemin sans végétation	31
Figure 21. Exemple d'un remblai de pont ou ponceau qui s'érode directement vers le cours d'eau	31
Figure 22. Exemple de deux chemins de VTT passant par la rivière Arnold	32
Figure 23. Carte des points relevés concernant les problématiques de ponts et ponceaux.....	33
Figure 24. Exemple de ponceau en mauvais état.....	34
Figure 25. Exemple d'un état critique d'une traverse de ponceau	34
Figure 26. Exemple d'un ponceau mal posé.....	35
Figure 27. Exemple d'un ponceau obstrué par des sédiments qui limitent l'écoulement de l'eau.....	35
Figure 28. Exemple d'un ponceau bouché qui limite l'écoulement de l'eau et la circulation du poisson	36
Figure 29. Exemple d'un obstacle à la circulation du poisson.....	36
Figure 30. Photographie d'un employé du COBARIC pendant l'identification et le mesurage des prises d'une station de pêche électrique	37
Figure 31. Carte des stations de pêche électrique réalisées en septembre 2021	38
Figure 32. Tracé rectifié de la rivière Clinton qui cherche à se reméandrer	39
Figure 33. Comparaison de l'ancien tracé de la rivière Arnold avec le tracé actuel, partie 1	40
Figure 34. Comparaison de l'ancien tracé de la rivière Arnold avec le tracé actuel, partie 2	41
Figure 35. Comparaison de l'ancien tracé de la rivière Arnold avec le tracé actuel, partie 3	42
Figure 36. Comparaison de l'ancien tracé de la rivière Clinton avec le tracé actuel	43
Figure 37. Exemples de chemins du Domaine des Appalaches.....	45
Figure 38. Division du lit d'écoulement de la rivière et nouveau lit empruntant le fossé du chemin.....	46
Figure 39. Tracé rectiligne de la rivière Arnold au milieu de deux de ses anciens tracés	47
Figure 40. Exemple d'un tronçon chenalisé de la rivière Clinton.....	48

Figure 41. Exemple d'une bonne conception et d'un entretien parfait pour un chemin en milieu forestier (secteur Domtar)	51
Figure 42. Concept de réalisation d'un seuil dans un fossé en pente (MRC Brome-Missisquoi <i>et al.</i> , 2012)	51
Figure 43. Concept de réalisation d'une trappe à sédiments dans un fossé (MRC Brome-Missisquoi <i>et al.</i> , 2012)	52
Figure 44. Secteur qui pourrait faire l'objet d'un reméandrage	53
Figure 45. Modélisation des effets des épis sur la vitesse de l'eau en fonction de l'angle, de la longueur ou de la composition de plusieurs épis (Pellizzaro, 2008)	53
Figure 46. Exemple de diversification de l'écoulement à l'aide de blocs de roche (Gombert, 2017)	54
Figure 47 : Modélisation des effets de la pose de blocs de roche sur la vitesse de l'eau (Pellizzaro, 2008).....	54

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Tableau des données climatiques de Saint-Augustin-de-Woburn	16
Tableau 2. Superficie et pourcentage par type d'occupation du sol.....	18
Tableau 3. Formulaire Description du lit mineur	57
Tableau 4. Formulaire Faciès.....	57
Tableau 5. Formulaire Description du talus.....	57
Tableau 6. Formulaire Bande riveraine.....	58
Tableau 7. Formulaire Obstacle à la circulation.....	59
Tableau 8. Formulaire Problème de berge	59
Tableau 9. Formulaire Création d'habitat aquatique d'omble de fontaine	60
Tableau 10. Formulaire EEE.....	61
Tableau 11. Formulaire Problème autre	61
Tableau 12. Formulaire Fossé de drainage	62

1. INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE

Dans le cadre du projet « Remise en état et conservation de l'habitat du lac Mégantic et de son bassin versant », les acteurs du milieu ont été consultés afin d'identifier les secteurs prioritaires d'intervention. Le bassin versant de la rivière Arnold a été retenu prioritaire pour diminuer l'apport de sédiments au lac Mégantic et au marais, ainsi que pour l'amélioration de l'habitat du poisson dans son cours d'eau principal et ses tributaires. Afin de déterminer les actions à poser, une caractérisation approfondie du bassin versant a été réalisée à l'été 2021.

1.2 OBJECTIFS

Le projet de caractérisation du bassin versant de la rivière Arnold a pour objectif de mieux comprendre la problématique d'apport de sédiments dans le lac Mégantic et son marais, situé à l'embouchure de la rivière Arnold.

Cette caractérisation avait pour but d'établir un portrait du bassin versant sur les problématiques liées à l'apport de sédiments dans le milieu naturel et à l'augmentation des débits de pointe qui favorisent, eux, l'érosion du lit mineur des cours d'eau. Pour ce faire, la caractérisation s'est principalement axée sur la recherche de sources de sédiments et de problématiques liées à l'hydraulique et la morphologie des cours d'eau.

2. DESCRIPTION DU TERRITOIRE A L'ETUDE

2.1 LOCALISATION

Le bassin versant de la rivière Arnold, situé dans la MRC du Granit, repose sur le territoire de trois municipalités, soit Piopolis, Notre-Dame-des-Bois et Saint-Augustin-de-Woburn (figure 1). C'est cette dernière municipalité qui occupe la grande majorité du bassin versant.

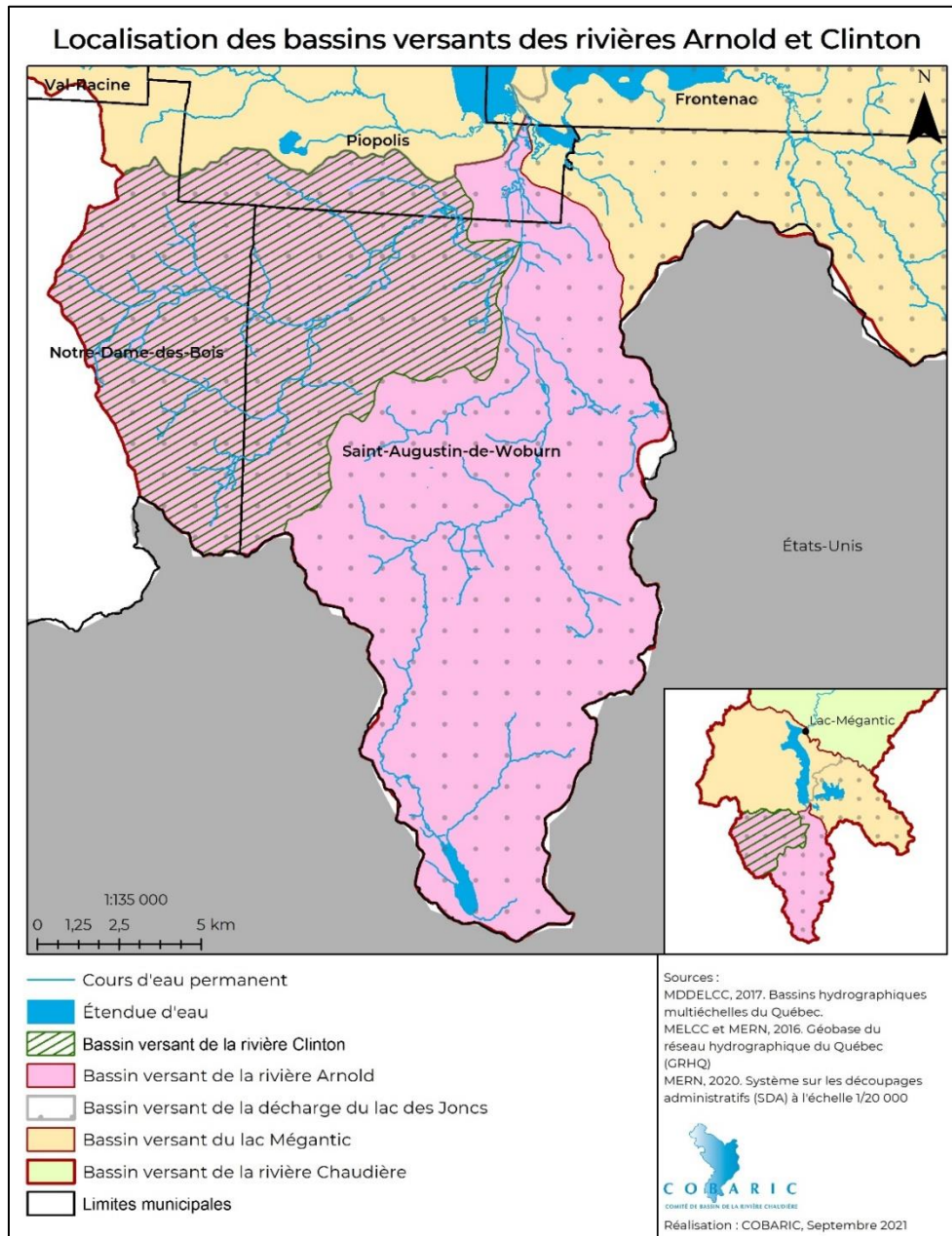


Figure 1. Carte de localisation du bassin versant de la rivière Arnold

2.2 RÉSEAU HYDRIQUE

2.2.1 RIVIÈRE ARNOLD

Le bassin versant de la rivière Arnold est un de ceux qui alimentent le lac Mégantic. Son exutoire se trouve dans le marais du lac Mégantic, en aval du lac des Joncs (figure 2). La rivière prend sa source dans le lac Arnold (longueur : 2,4 km dans le sens nord-sud ; altitude : 754 m), situé dans les contreforts du mont Gosford. La rivière Arnold parcourt 27,6 km et occupe un territoire de 635 km².

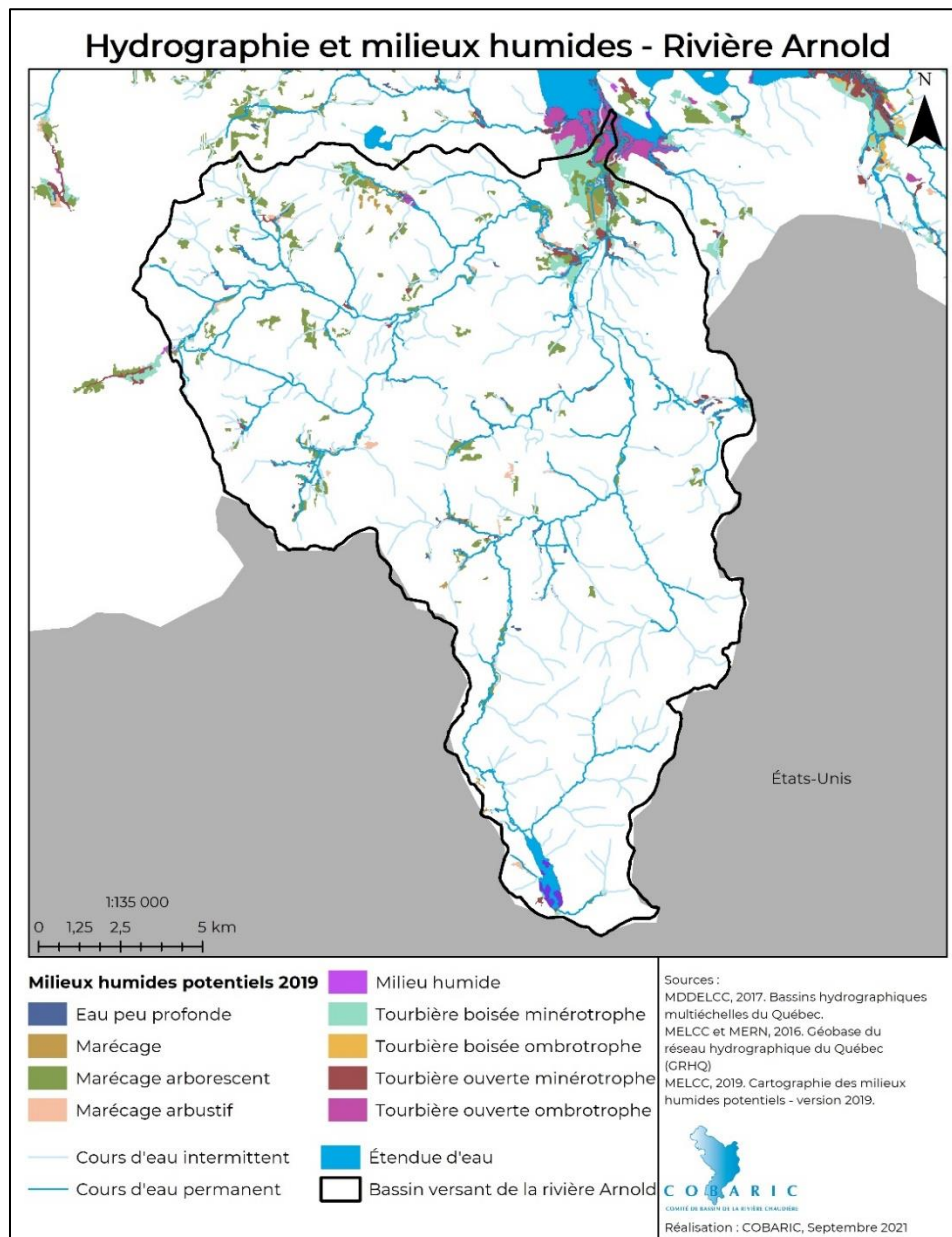


Figure 2. Carte du réseau hydrographique de la rivière Arnold

2.2.2 RIVIÈRE CLINTON

La rivière Clinton est le principal affluent de la rivière Arnold, et son sous-bassin versant représente environ 45 % du bassin versant la rivière Arnold. Elle prend sa source à une altitude de 597 m et à 2 km au nord-est du mont Saddle, puis coule sur une distance de 21,8 km avant de rejoindre la rivière Arnold ([figure 3](#)).

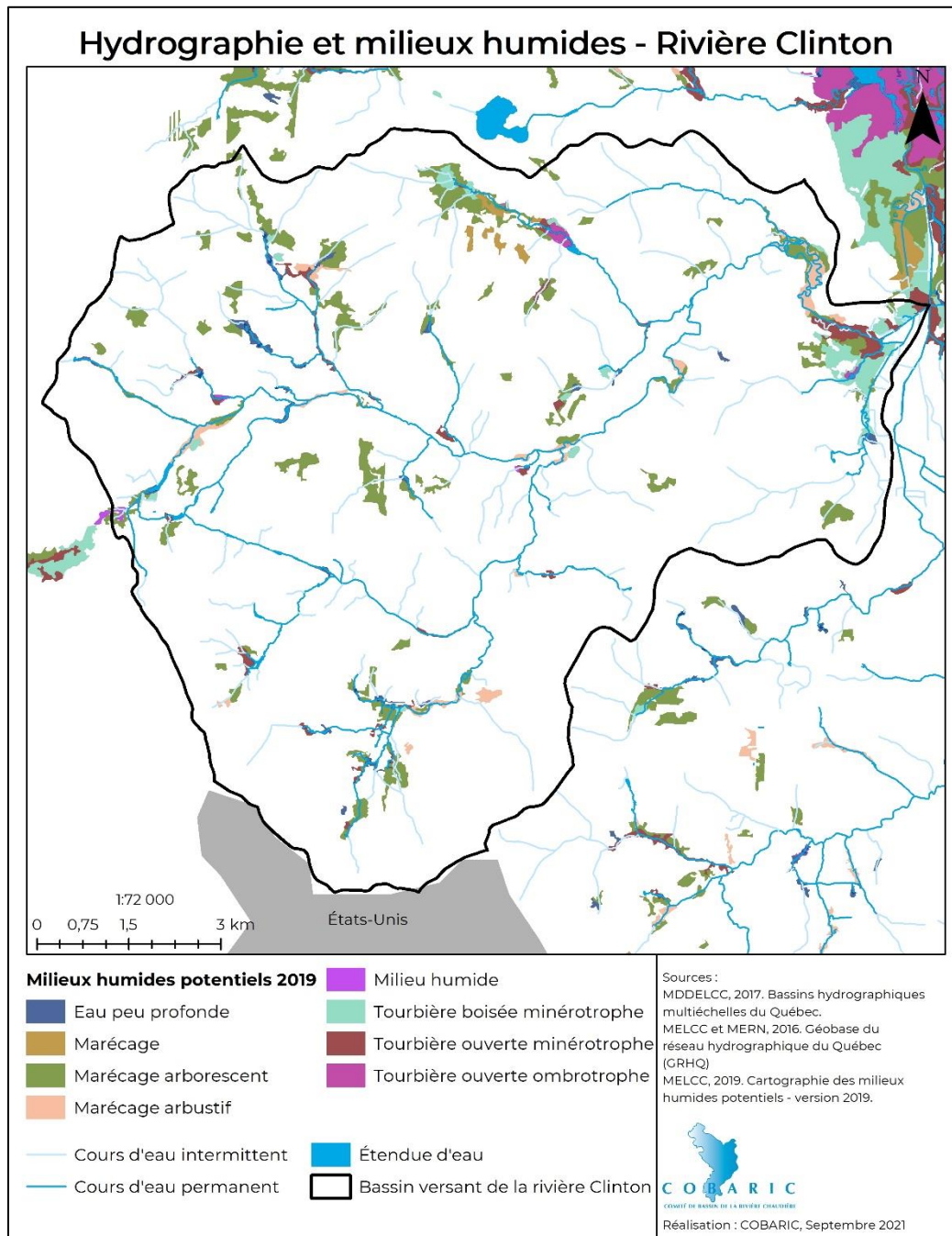


Figure 3. Carte du réseau hydrographique du sous-bassin versant de la rivière Clinton

2.3 RELIEF

2.3.1 RIVIÈRE ARNOLD

Le bassin versant de la rivière Arnold est situé sur les contreforts du mont Gosford, piémont de la chaîne montagneuse des Appalaches. Le point culminant se situe sur le mont Gosford à 1184 m, et le point bas, soit l'exutoire, se trouve à une altitude de 392 m ([figure 4](#)).

La rivière Arnold prend sa source à 754 m d'altitude et se jette dans la décharge du lac des Joncs à 392 m ([figure 4](#)). Sa pente longitudinale présente deux tronçons distincts ([figure 5](#)). Le premier tronçon, qui coure sur environ 20 km en amont, présente une pente forte, car située dans les contreforts du mont Gosford. Le deuxième tronçon, situé en aval du bassin versant, présente une faible pente sur une distance d'environ 10 km.

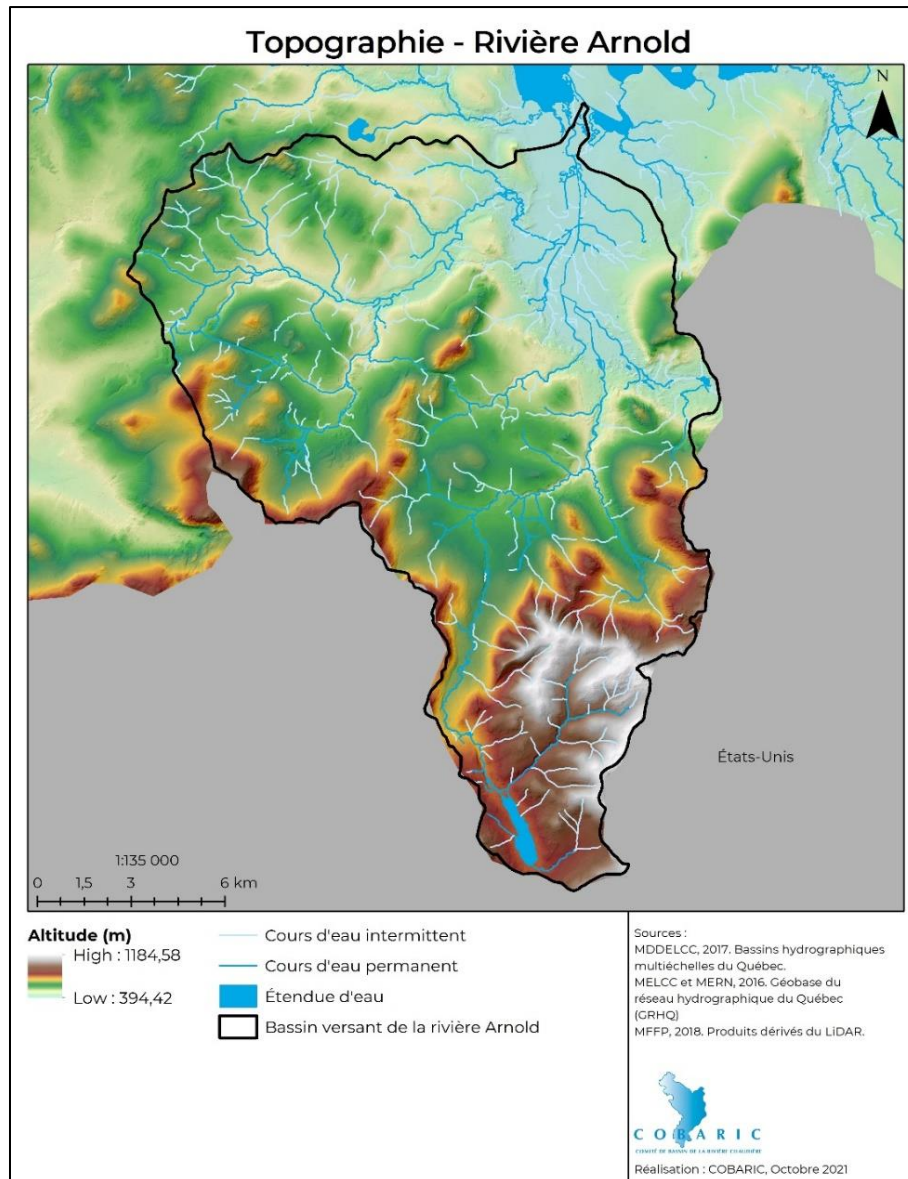


Figure 4. Carte topographique du bassin versant de la rivière Arnold

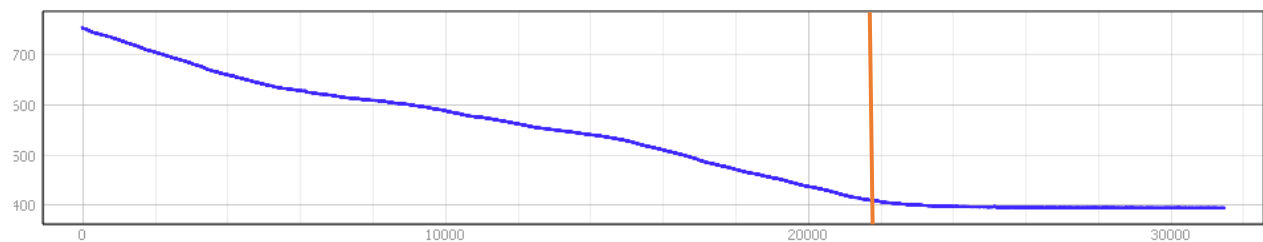


Figure 5. Coupe longitudinale de la rivière Arnold

2.3.2 RIVIÈRE CLINTON

La rivière Clinton prend sa source à 597 m d'altitude et se jette dans la rivière Arnold à une altitude de 395 m (figure 6). Sa pente longitudinale présente quatre tronçons distincts (figure 7). Le premier tronçon, qui coure sur environ 2 km en amont, présente une pente forte, car située dans les contreforts du mont Saddle. Le deuxième tronçon, situé sur un plateau, coure sur environ 3 km et présente une faible pente. Le troisième tronçon, d'environ 13 km, présente une pente moyenne. Le quatrième tronçon, d'une longueur d'environ 4 km, coule sur la plaine agricole qui présente une faible pente.

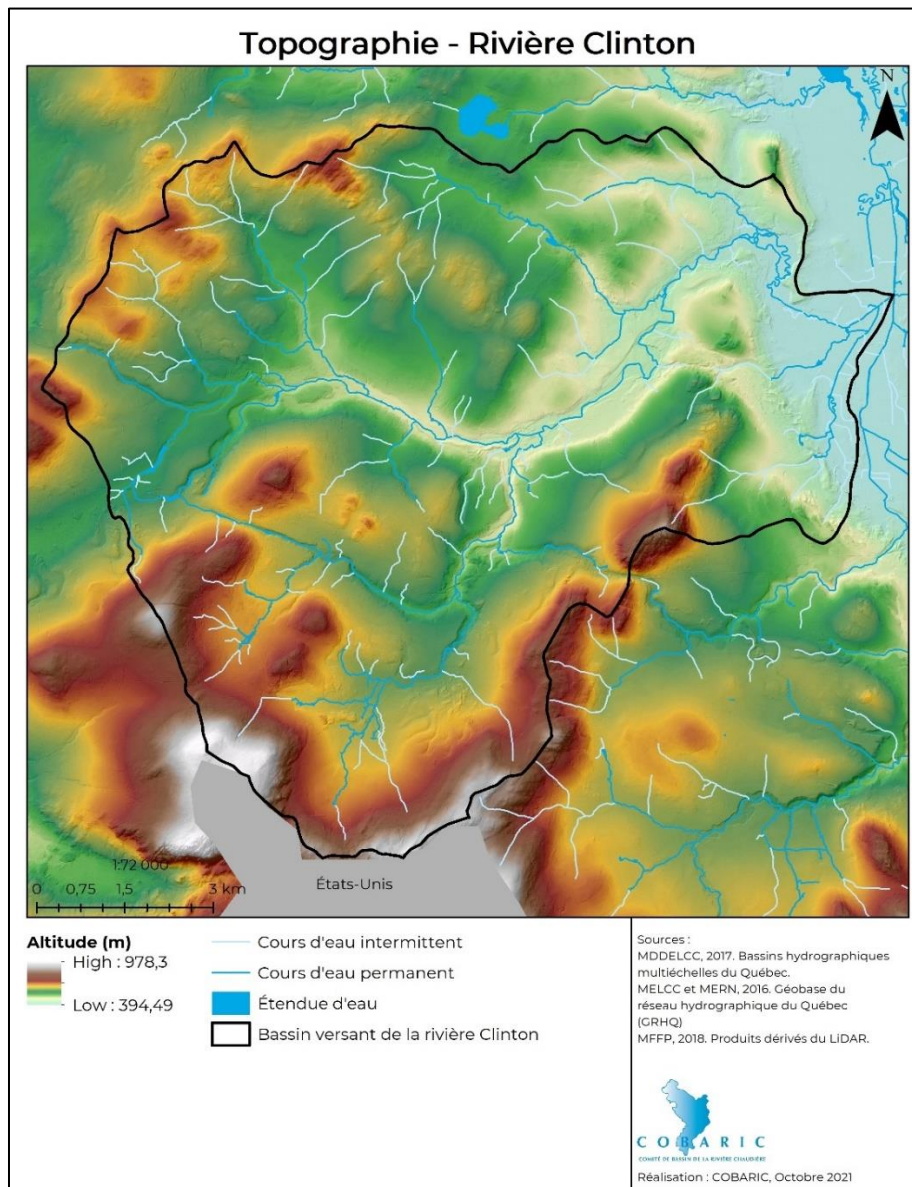


Figure 6. Topographie du bassin versant de la rivière Clinton

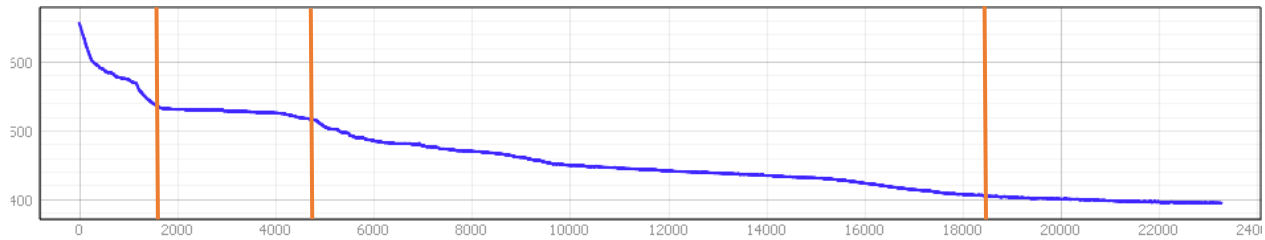


Figure 7. Coupe longitudinale de la rivière Clinton

2.4 DONNÉES CLIMATIQUES

Le bassin versant de la rivière Arnold bénéficie d'un climat continental froid sans saison sèche, car, même pendant le temps le plus chaud, les précipitations sont abondantes ([figure 8](#)).

En moyenne, la température est de 3,9 °C. et les précipitations annuelles sont de 1 245 mm. Avec 77 mm de précipitations en moyenne, le mois de février est le plus sec, alors que les précipitations les plus importantes de l'année sont durant le mois de juin, avec une moyenne de 128 mm ([tableau 1](#)).

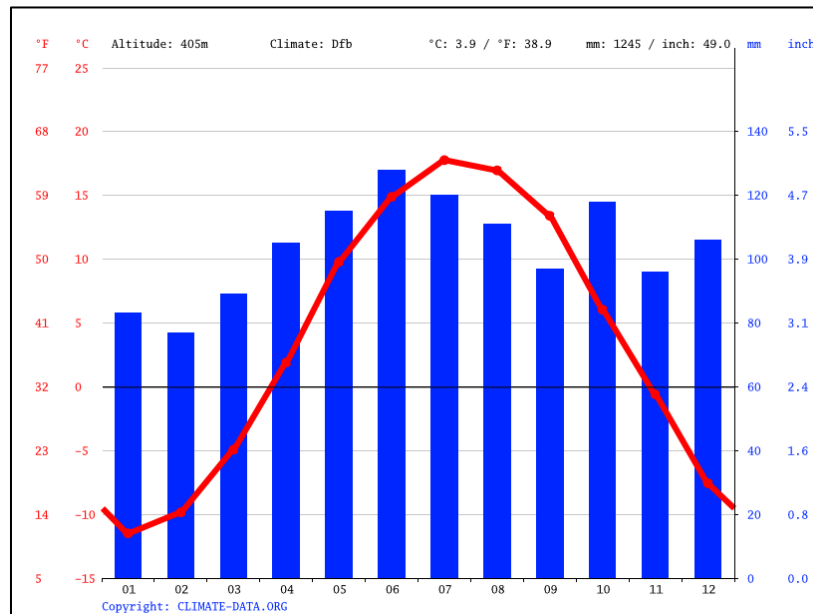


Figure 8. Graphique ombrothermique du secteur de Saint-Augustin-de-Woburn

Tableau 1. Tableau des données climatiques de Saint-Augustin-de-Woburn

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Température moyenne (°C)	-11,5	-9,9	-4,9	1,9	9,8	14,9	17,8	17	13,4	6	-0,6	-7,6
Température minimale moyenne (°C)	-15,8	-14,1	-9	-2,2	5,2	10,8	13,9	13,3	9,6	3	-3,6	-11,3
Température maximale (°C)	-6,7	-4,9	0	6,7	15,1	19,6	22,1	21,2	17,9	10,1	3,3	-3,3
Précipitations (mm)	83	77	89	105	115	128	120	111	97	118	96	106
Humidité (%)	78	74	72	70	70	75	76	78	77	79	80	81
Jours de pluie (journée)	11	9	10	10	11	11	12	11	9	10	10	11
Heures de soleil (h)	3,5	4,2	5,1	6,6	7,7	8,9	9,1	8,1	6,6	4,8	3,7	3,1

2.5 OCCUPATION DU TERRITOIRE

Le territoire du bassin versant de la rivière Arnold couvre 265 km² et présente diverses occupations du sol (figure 9). Toutefois, c'est le milieu forestier qui occupe la grande majorité du territoire avec plus de 238 km², soit 90 % du bassin versant de la rivière Arnold (tableau 2).

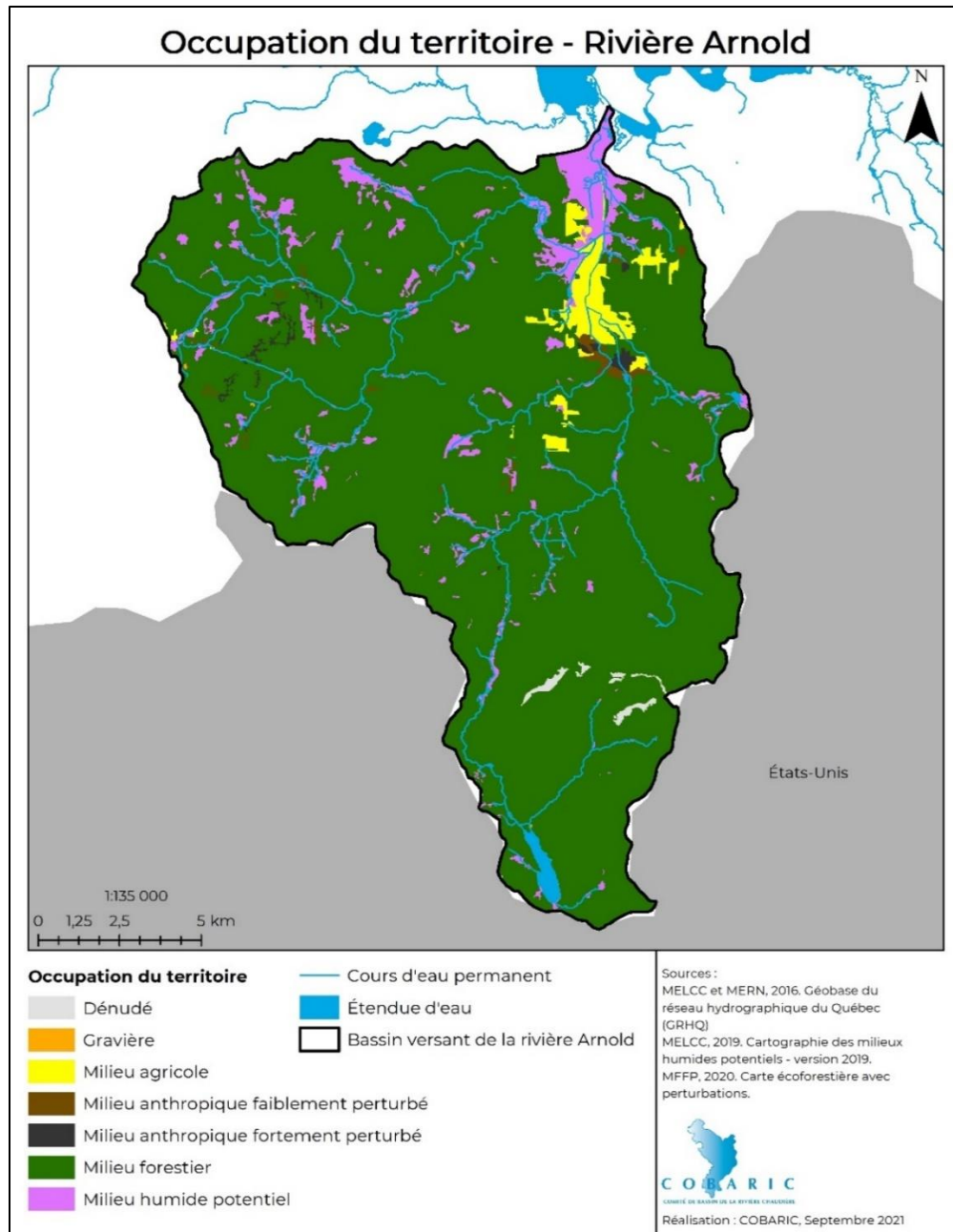


Figure 9. Carte des différents types d'occupation du territoire du bassin versant de la rivière Arnold

On retrouve aussi, mais dans une moindre mesure, beaucoup de milieux humides potentiel (6,1 %), un milieu agricole (2,2 %), un milieu anthropique fortement perturbé avec le noyau villageois de Saint-Augustin-de-Woburn (0,5 %), des milieux anthropiques faiblement perturbés avec des résidences éloignées (0,6 %), un réseau hydrographique de surface (0,5 %) et des zones dénudées (0,3 %).

Tableau 2. Superficie et pourcentage par type d'occupation du sol

Type d'occupation du sol	km ²	%
Dénudé	0,84	0,3
Gravière	0,07	0,03
Milieu agricole	5,71	2,2
Milieu anthropique faiblement perturbé	1,52	0,6
Milieu anthropique fortement perturbé	1,20	0,5
Milieu forestier	238,19	89,9
Milieu humide potentiel	16,12	6,1
Eau et île	1,33	0,5

2.6 GRANDS PROPRIÉTAIRES OU UTILISATEURS

Le bassin versant de la rivière Arnold peut être subdivisé en grands propriétaires ou utilisateurs terriens ([figure 10](#)). On retrouvera donc, d'amont en aval, la zec Louise-Gosford, secteur Gosford; la Réserve de Chasse et Pêche Arnold; le Domaine des Appalaches; la Domtar; le noyau villageois de Saint-Augustin-de-Woburn et la principale zone agricole.

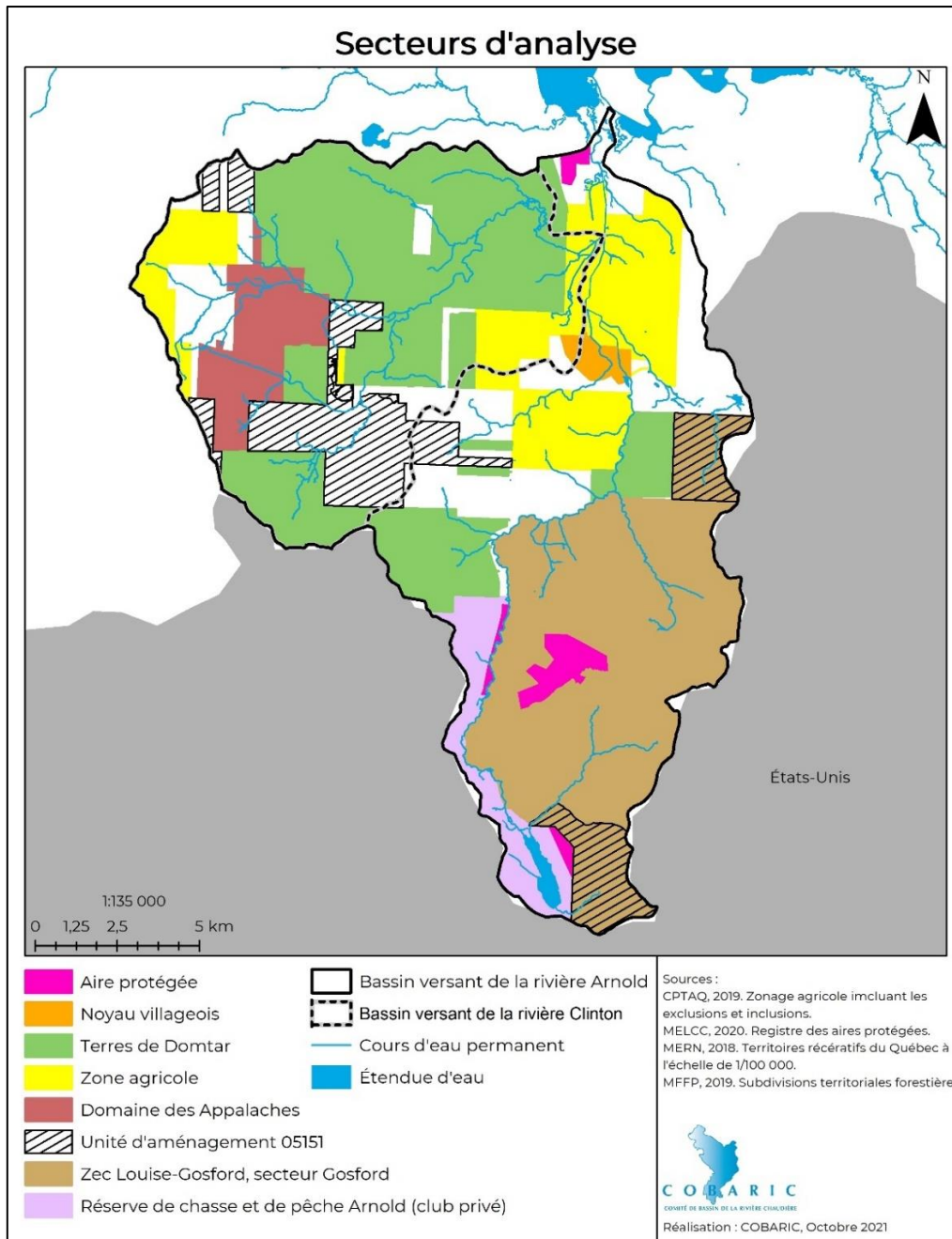


Figure 10. Carte des différents grands propriétaires ou utilisateurs du BV de la rivière Arnold

3. MÉTHODOLOGIE

La caractérisation s'est déroulée en deux temps, soit la préparation au bureau et les activités sur le terrain.

3.1 PRÉPARATION AU BUREAU

COLLECTE D'INFORMATIONS ET PRÉANALYSE DU TERRITOIRE

Dans un premier temps, c'est une démarche de collecte de l'information existante qui a été effectuée. Les données dérivées du LiDAR, hydrographiques, cadastrales et d'occupation du territoire ont été obtenues afin d'effectuer une première analyse du territoire dans le but de mieux préparer les sorties terrain.

D'emblée, le secteur à l'étude a été divisé en deux; d'un côté, le sous-bassin versant de la rivière Clinton et, de l'autre, le reste du bassin versant de la rivière Arnold, afin de faciliter la planification (voiture, embarcation, drone ou marche) et l'ordre logique des sorties terrain, mais aussi pour faciliter l'analyse par la suite.

Ensuite, une analyse a été effectuée en fonction du type d'occupation du territoire et des cadastres. De cette analyse se sont dégagés six grands secteurs qui ont facilité les communications auprès des propriétaires pour leur demander le droit d'accès, et qui faciliteront aussi l'organisation des recommandations.

Pour finir, tous les tronçons de cours d'eau qui se situaient en milieu forestier, loin des chemins et habitations, étaient évincés de la caractérisation, car considérés en milieu naturel avec tout l'espace de liberté suffisant. En effet, la caractérisation ayant pour but de planifier des interventions liées aux problématiques de transport sédimentaire et de débits de pointe, il n'est pas nécessaire d'aller caractériser des secteurs naturels où une intervention serait plus dommageable que bénéfique, entre autres par la création d'un chemin d'accès en pleine forêt pour la machinerie.

FORMULAIRES TERRAIN

Pour assurer la collecte des données sur le terrain, les employés du COBARIC utilisent le logiciel GFS Nav, disponible sur leur tablette. Ce logiciel permet de remplir des formulaires personnalisés et de géolocaliser le point de collecte de la donnée.

Le COBARIC a développé à l'interne 12 formulaires différents de caractérisation avec photographie obligatoire ([annexe 1](#)) et dont les sujets à renseigner sont les suivants :

- ▶ Tracé du lit mineur,
- ▶ Description du lit mineur (dimensions),
- ▶ Faciès d'écoulement,

- ▶ Description du talus (rive droite et du talus rive gauche),
- ▶ Description de la bande riveraine (rive droite et du talus rive gauche),
- ▶ Obstacle à la circulation du poisson,
- ▶ Problématique en berge,
- ▶ Autres problèmes (pollution, infraction, etc.),
- ▶ Fossé de drainage,
- ▶ Espèce exotique envahissante.

3.2 ACTIVITÉS TERRAIN

COLLECTE DE DONNÉES

Pour l'acquisition des données sur le terrain, des binômes ont été formés tant pour la sécurité des employés que pour la facilité d'observation des deux rives (un employé par rive). Le binôme permet aussi de limiter les erreurs d'évaluation visuelle de certains critères comme les distances, les angles, les hauteurs, les pourcentages de couverture, etc.

Tout le réseau routier accessible (routes, rangs et chemins forestiers) a été parcouru en voiture pour s'assurer que la quasi-totalité des ponts et ponceaux du territoire soit caractérisée. Seuls les chemins privés résidentiels n'ont pas été parcourus.

Le tronçon de la rivière Arnold, de l'aval du noyau villageois au lac des Joncs, a été caractérisé en canot.

Tous les tronçons de cours d'eau situés en milieu agricole et dans le noyau villageois ont pour leur part été marchés.

DRONE

Le COBARIC étant équipé d'un drone, des photos aériennes des secteurs ouverts ont été prises. Ces photos permettent une meilleure compréhension visuelle de possibles problématiques, en plus d'illustrer parfaitement des propos concernant un tronçon hydraulique ou un vaste secteur hydrique.

RENCONTRES - DISCUSSIONS

Certains résidents sont des mines d'or d'information. C'est pour cette raison que les discussions avec les personnes rencontrées étaient encouragées. Des informations sur l'histoire des cours d'eau du bassin versant et des transformations du territoire ont ainsi pu être recueillies par l'équipe terrain.

Travaillant au gré de la météo et de ses aléas, les producteurs agricoles connaissent généralement bien les problématiques engendrées par les cours d'eau, mais aussi la chronologie de l'évolution du territoire. Pour assurer une bonne analyse, il est aussi

important de connaître leurs productions et leurs itinéraires techniques (période de labour, semis direct, type d'épandage, utilisation de pesticides, etc.). C'est pourquoi le COBARIC a souhaité au minimum discuter avec les quatre producteurs agricoles situés en aval du bassin.

4. CARACTÉRISATION

4.1 EFFORT GÉNÉRAL

La [figure 11](#) montre tous les points qui ont été pris lors de la caractérisation. Ces points concernent des problématiques liées à l'érosion, à l'apport de sédiments, à la libre circulation du poisson et au libre écoulement de l'eau.

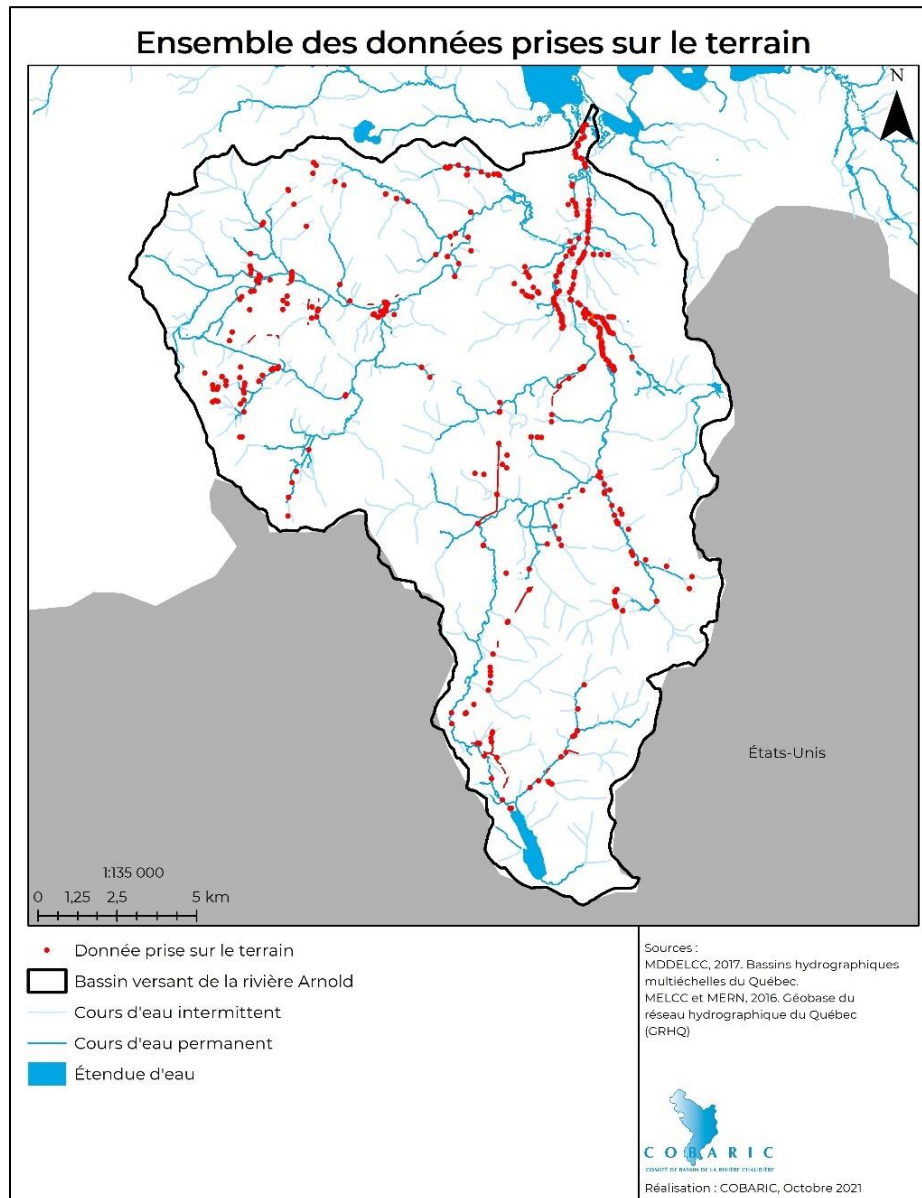


Figure 11. Carte représentant l'effort de collecte de données réalisées lors de la caractérisation du bassin versant de la rivière Arnold

4.2 DONNÉES SUR L'ÉROSION

Lors de la caractérisation, des données sur les problématiques d'érosion rencontrées en berge ont été collectées.

Ce ne sont pas tous les sites d'érosion qui ont été notifiés, car l'érosion reste un phénomène naturel accentué par l'homme. En effet, lorsque l'érosion se fait dans un tronçon où l'espace de liberté est présent, aucune mention n'est faite, car le cours d'eau peut chercher son équilibre hydraulique en générant de l'érosion sans risquer d'engendrer de problématique majeure.

Ici, on retrouvera donc des mentions concernant de l'érosion de berge qui peut nuire à une infrastructure ou une simple description de berge effectuée lors de la caractérisation d'un tronçon de cours d'eau.

Au total, 85 points ont été collectés ([figure 12](#)). Parmi ces points, on retrouve :

- ▶ 36 mentions de sapement/affouillement du pied de berge intense ([figure 13](#))
- ▶ 21 mentions d'affaissement/décrochage du talus ([figures 14 et 15](#))
- ▶ 15 mentions d'érosion latérale ([figure 16](#))
- ▶ 7 mentions de niche d'érosion
- ▶ 6 déracinements d'arbres problématiques

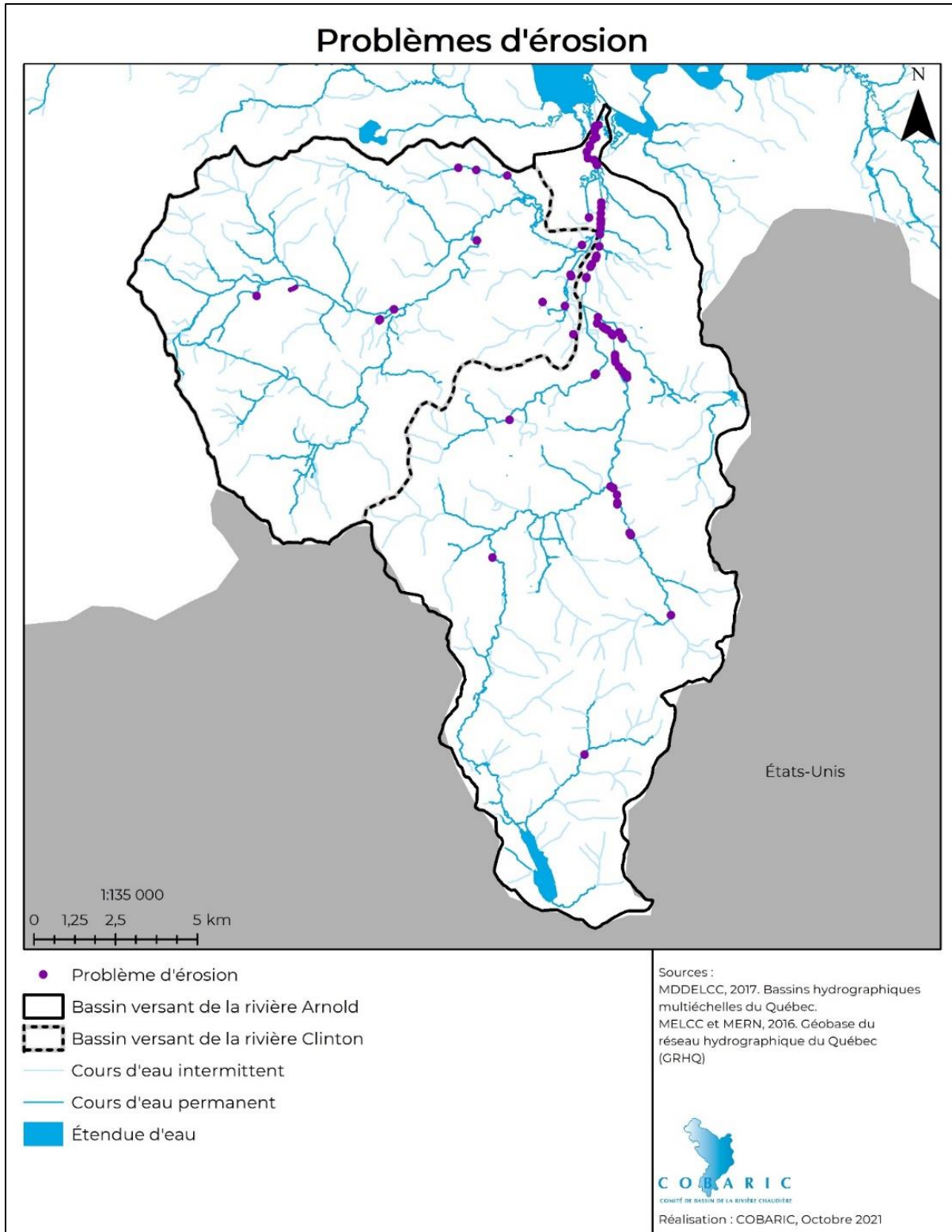


Figure 12. Carte des points relevés concernant l'érosion des berges



Figure 13. Exemple d'un affouillement de pied de berge sur la rivière Clinton



Figure 14. Exemple d'un décrochage de talus sur la rivière Clinton



Figure 15. Exemple d'un affaissement de talus sur la rivière Arnold



Figure 16. Exemple d'une érosion latérale sur la rivière Arnold

4.3 DONNÉES SUR LES SOURCES DE SÉDIMENTS

Lors de la caractérisation, des données sur les sources de sédiments, hors milieu hydrique, et des données sur des situations de sédimentation problématique en milieu hydrique ont été collectées.

Les sources de sédiments sont des sites où du sol à nu est propice à de l'érosion et dont l'écoulement se dirige vers les cours d'eau avoisinants. Les données récoltées concernent principalement des fossés dont les talus sont à nu et soumis à du lessivage ou de l'érosion, des chemins sans végétation sur les bords ou bien du remblai de ponceau qui s'érode directement dans le cours d'eau.

Les problématiques de sédimentation qui ont été relevées concernent des situations où les sédiments présents dans le lit mineur du cours d'eau montrent une problématique hydraulique (ex. : élargissement anormal), ou bien des traverses anthropiques dans le lit mineur (passage à gué, chemin de VTT).

Au total, 116 points ont été collectés ([figure 17](#)). Parmi ces points, on retrouve :

- ▶ 59 mentions de végétation inexistante sur le bord de la route ([figures 18 à 20](#))
- ▶ 41 mentions de fossé à nu ou d'érosion du remblai de ponceau ([figure 21](#))
- ▶ 16 mentions de sédimentation problématique ([figure 22](#))

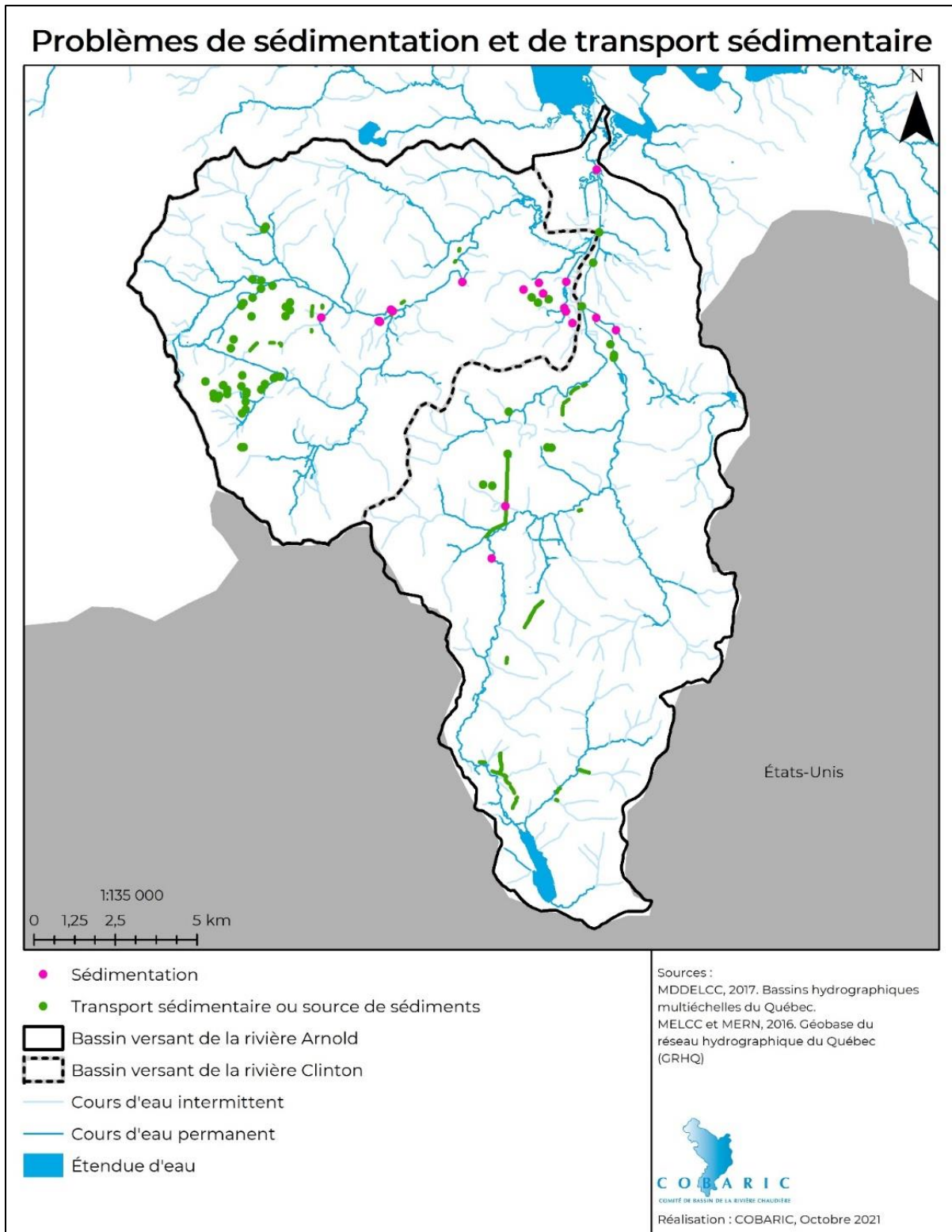


Figure 17. Carte des points relevés concernant les sources de sédiments et les problèmes de sédimentation



Figure 18. Exemple d'un chemin parfaitement conçu, avec des bords de chemin et des fossés végétalisés (bassin versant de la rivière Clinton)



Figure 19. Exemple d'un chemin avec un mauvais entretien de la végétation du fossé, où il y a présence d'essences ligneuses, mais quasiment aucune herbacée



Figure 20. Exemple d'un talus à nu, d'un fossé mal végétalisé et d'un bord de chemin sans végétation



Figure 21. Exemple d'un remblai de pont ou ponceau qui s'érode directement vers le cours d'eau



Figure 22. Exemple de deux chemins de VTT passant par la rivière Arnold

4.4 DONNÉES SUR LES PONTS ET PONCEAUX

Lors de la caractérisation, des données sur les ponts et ponceaux ont été collectées.

En plus du diamètre et du type de matériaux, c'est principalement l'état du ponceau (usure, mauvaise position), la stabilité du remblai (érosion de surface, effet de renard hydraulique) et la nuisance à la circulation du poisson ou au libre écoulement de l'eau (obstruction, envasement) qui faisaient l'objet d'un contrôle.

Au total, 143 points ont été collectés ([figure 23](#)). Parmi ces points, on retrouve :

- ▶ 5 mentions d'état acceptable, 12 mentions d'état médiocre et 2 mentions d'état critique de la traverse du ponceau ([figures 24 et 25](#))
- ▶ 17 mentions sur le libre écoulement de l'eau (ponceau bouché, embâcle/barrage de castor) ([figures 26 à 28](#))
- ▶ 11 mentions d'écoulement hors du ponceau (renard hydraulique, ponceau brisé)
- ▶ 22 mentions sur la libre circulation du poisson ([figures 28 et 29](#))

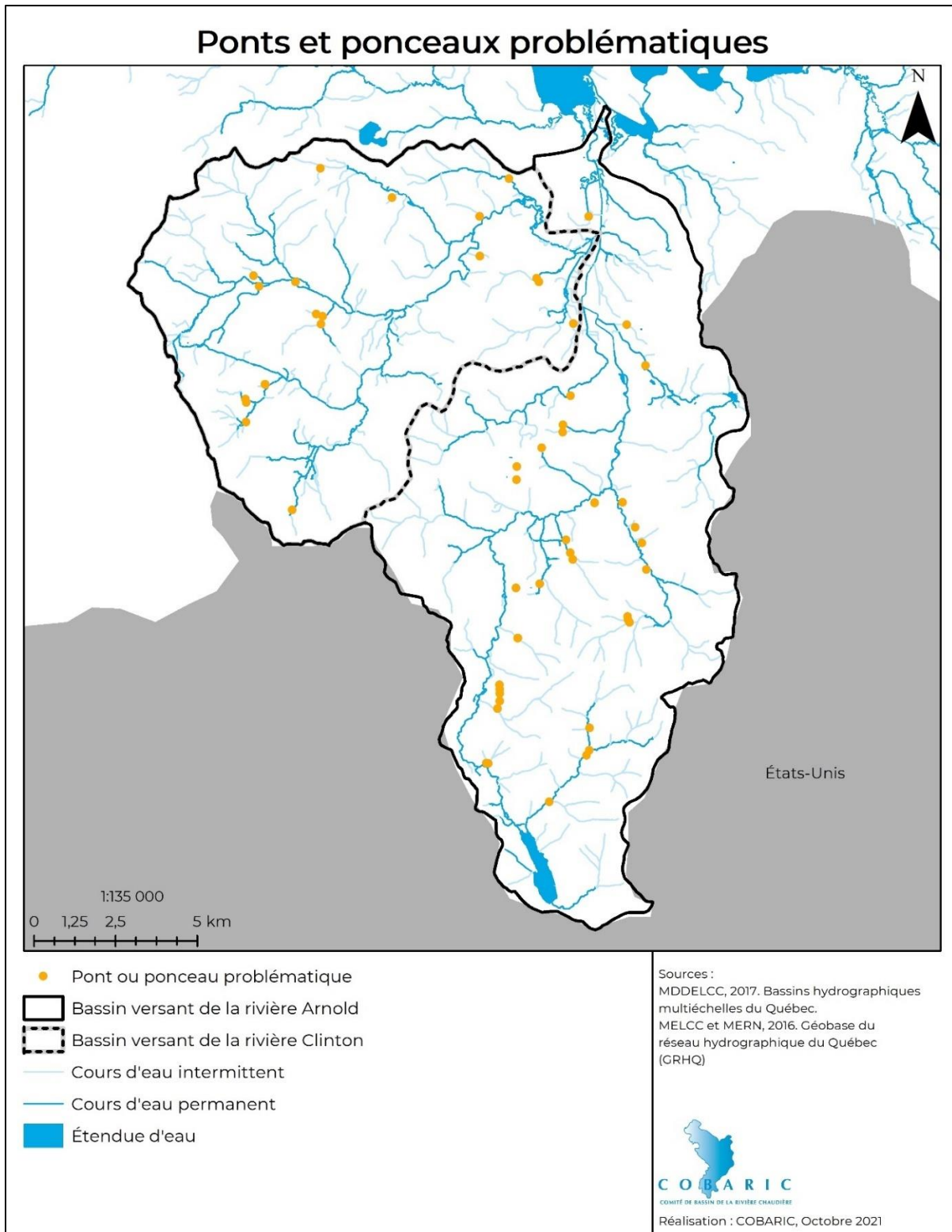


Figure 23. Carte des points relevés concernant les problématiques de ponts et ponceaux



Figure 24. Exemple de ponceau en mauvais état



Figure 25. Exemple d'un état critique d'une traverse de ponceau



Figure 26. Exemple d'un ponceau mal posé



Figure 27. Exemple d'un ponceau obstrué par des sédiments qui limitent l'écoulement de l'eau



Figure 28. Exemple d'un ponceau bouché qui limite l'écoulement de l'eau et la circulation du poisson



Figure 29. Exemple d'un obstacle à la circulation du poisson

4.5 DONNÉES DE PÊCHE ÉLECTRIQUE

Pour compléter le portrait du bassin versant de la rivière Arnold, le COBARIC a effectué une campagne de pêche électrique qui s'est déroulée au début septembre 2021. Cette campagne avait pour objectif d'identifier les espèces de poissons présentes sur le territoire et d'en connaître leur répartition spatiale.

La campagne a permis d'effectuer une pêche électrique sur 23 stations réparties logiquement sur le bassin versant ([figure 31](#)). Seuls les secteurs de la zec Louise-Gosford (secteur Gosford) et la Réserve de Chasse et Pêche Arnold n'ont pas fait l'objet de pêche électrique, car ceux-ci suivent déjà la présence de la faune piscicole sur leur territoire, principalement représentée par l'omble de fontaine.

Sur les 23 stations, deux stations n'ont eu aucune prise et seulement cinq indiquent l'absence d'omble de fontaine lors de l'exercice. Sur ces stations, on retrouve la présence de :

- ▶ Naseux noir (*Rhinichthys atratulus*),
- ▶ Naseux des rapides (*Rhinichthys cataractae*),
- ▶ Mulet perlé (*Margariscus margarita*),
- ▶ Mulet à corne (*Semotilus atromaculatus*),
- ▶ Chabot visqueux (*Cottus cognatus*),
- ▶ Chabot tacheté (*Cottus bairdi*),
- ▶ Truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*),
- ▶ Meunier noir (*Catostomus commersoni*),
- ▶ Achigan à petite bouche (*Micropterus dolomieu*),
- ▶ Crapet-soleil (*Lepomis gibbosus*),
- ▶ Méné émeraude (*Notropis antherinoides*).

Les 18 autres stations montrent la présence d'omble de fontaine avec 99 spécimens pêchés. La taille varie de 4,6 cm à 23,0 cm et se répartie comme suit :

- ▶ 56 spécimens de 4,6 cm à 10 cm,
- ▶ 39 spécimens de 11 cm à 15 cm,
- ▶ 4 spécimens de plus de 15 cm.



Figure 30. Photographie d'un employé du COBARIC pendant l'identification et le mesurage des prises d'une station de pêche électrique

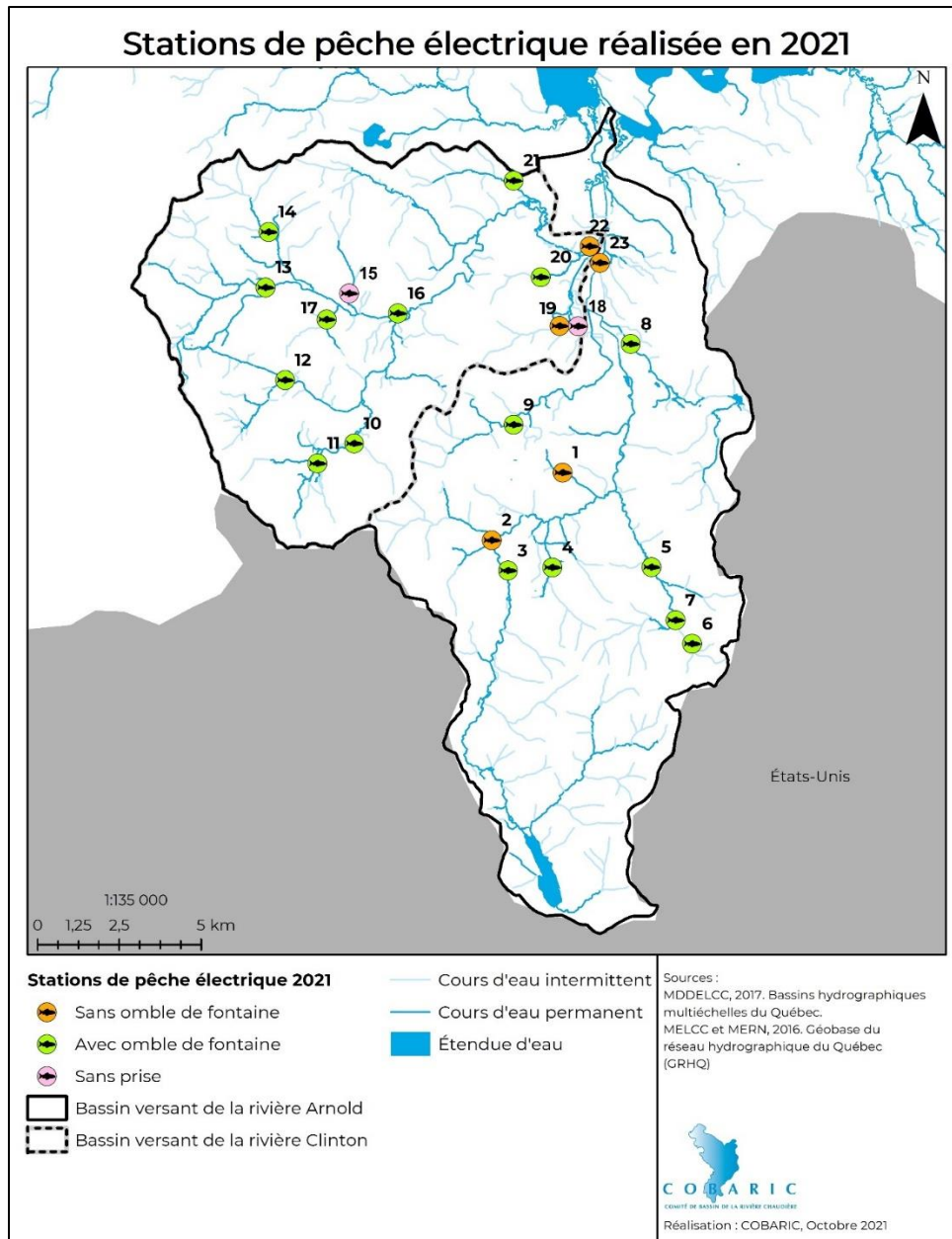


Figure 31. Carte des stations de pêche électrique réalisées en septembre 2021

4.6 BENTHOS

L'inventaire du benthos, qui regroupe les vers, insectes et mollusques vivant sur le fond des cours d'eau, permet d'obtenir un indice de la qualité du milieu, et donc de l'eau. La caractérisation du benthos a été effectuée en 2020 à une station située sur la rivière Arnold, du côté amont du pont de la route 161. Des suivis seront faits dans les prochaines années. Les résultats préliminaires indiquent que la santé benthique, selon l'indice de SurVol Benthos, est de bonne qualité.

5. ÉVOLUTION DU RÉSEAU HYDRIQUE

Le bassin versant de la rivière Arnold a connu, au fil des générations, une évolution négative de son réseau hydrique.

En effet, dans un premier temps, on a vu l'industrie forestière adapter certains tronçons pour favoriser la drave sur le territoire avec la construction de barrages ou la rectification de méandres qui bloquaient la descente du bois. Ce faisant, beaucoup d'arbres en rive ont été bûchés et ont ainsi laissé la place à des essences pionnières comme le boulot, le peuplier ou le tremble. L'apparition de ces essences a favorisé l'arrivée du castor, qui les utilise pour se nourrir et pour construire ses huttes et barrages. Depuis, la présence de castors n'a fait qu'augmenter, principalement à cause de la diminution, voire la disparition, de ses prédateurs, incluant les trappeurs.

La rivière Clinton est jonchée de huttes et de barrages de castors qui modifient largement l'hydraulique naturel du cours d'eau en créant des zones plus ou moins stagnantes. Ces barrages, même s'ils ne sont pas un problème, modifient radicalement le transport solide et liquide du cours d'eau. En effet, les barrages de castors favorisent la sédimentation en amont et diminuent la charge sédimentaire en aval, ce qui favorise l'érosion.

Pendant que l'industrie forestière se développait, l'agriculture est apparue, s'installant principalement dans la plaine en aval de la rivière Arnold. Comme partout ailleurs au Québec, les rivières Arnold et Clinton et certains de leurs tributaires ont connu la période du remembrement et plusieurs tronçons ont fait l'objet de rectification ([figures 32 à 36](#)). Ces interventions, qui homogénéisaient les faciès d'écoulement, ont déséquilibré l'hydraulique naturel des cours d'eau. Depuis, ils érodent leurs berges afin de se méandrer pour équilibrer leur énergie.

La drave, le remembrement, le drainage et l'imperméabilisation du bassin versant ont aussi engendré l'augmentation des débits de pointe, ce qui favorise l'érosion du lit mineur des cours d'eau.



Figure 32. Tracé rectifié de la rivière Clinton qui cherche à se reméandrer

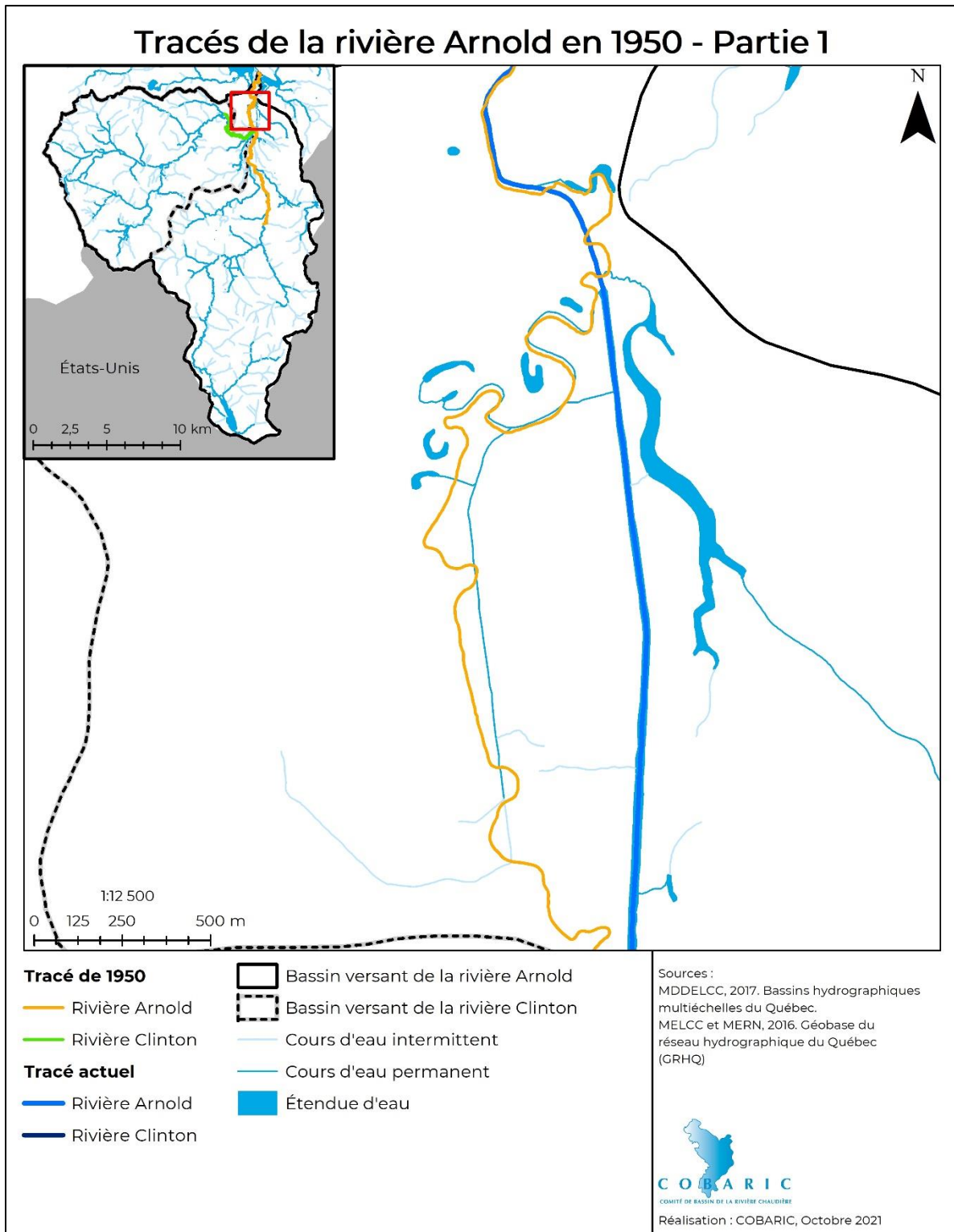


Figure 33. Comparaison de l'ancien tracé de la rivière Arnold avec le tracé actuel, partie 1

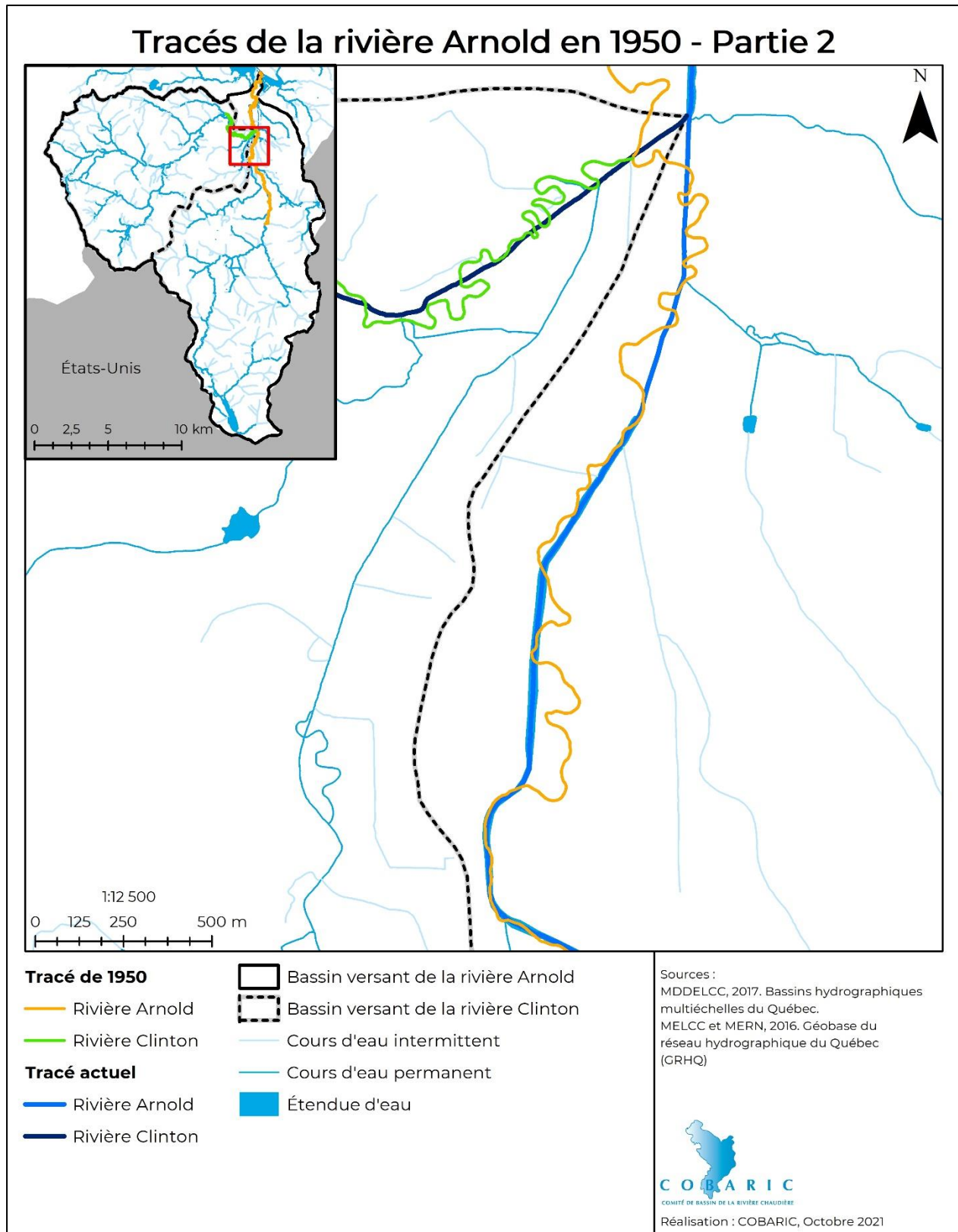


Figure 34. Comparaison de l'ancien tracé de la rivière Arnold avec le tracé actuel, partie 2

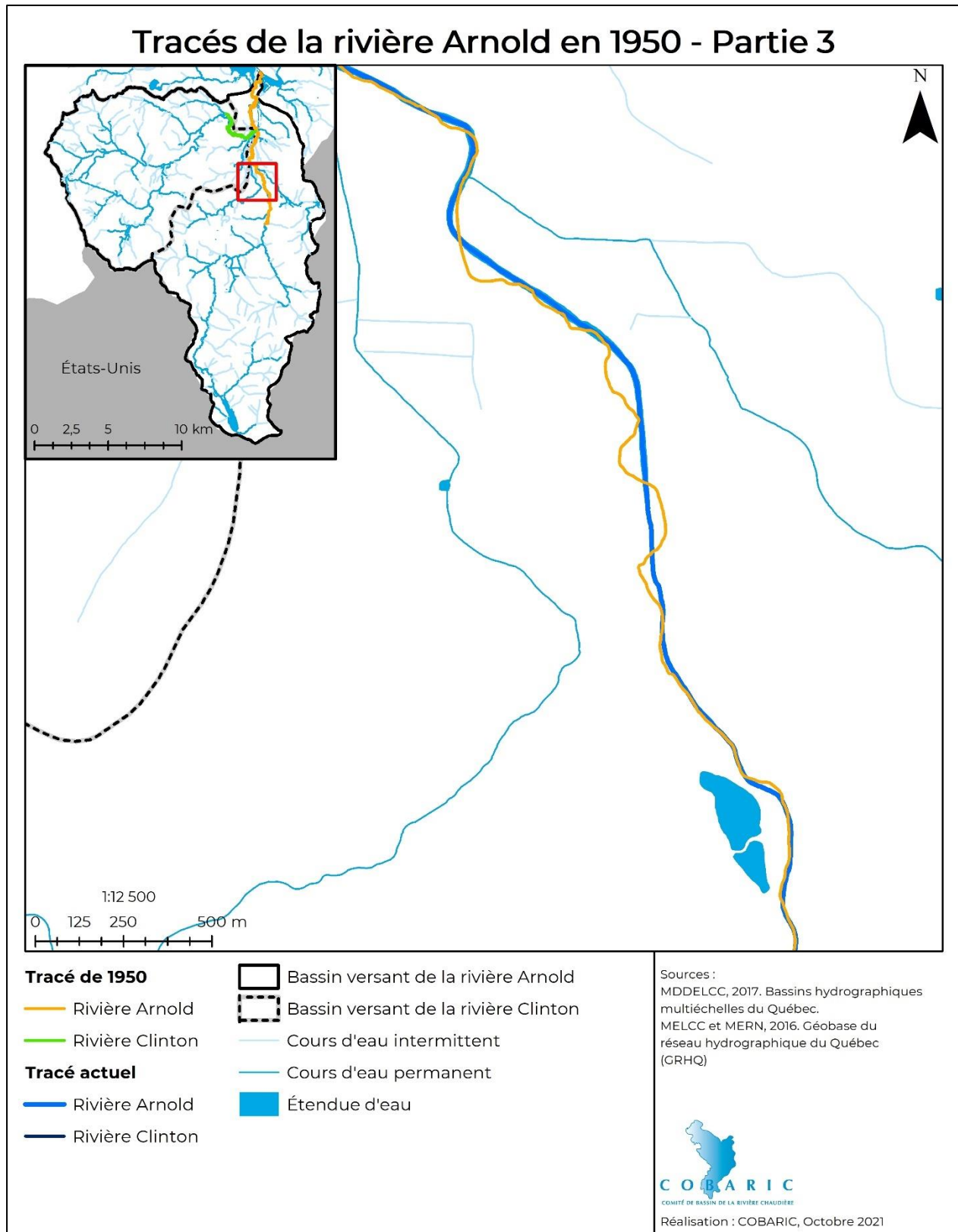


Figure 35. Comparaison de l'ancien tracé de la rivière Arnold avec le tracé actuel, partie 3

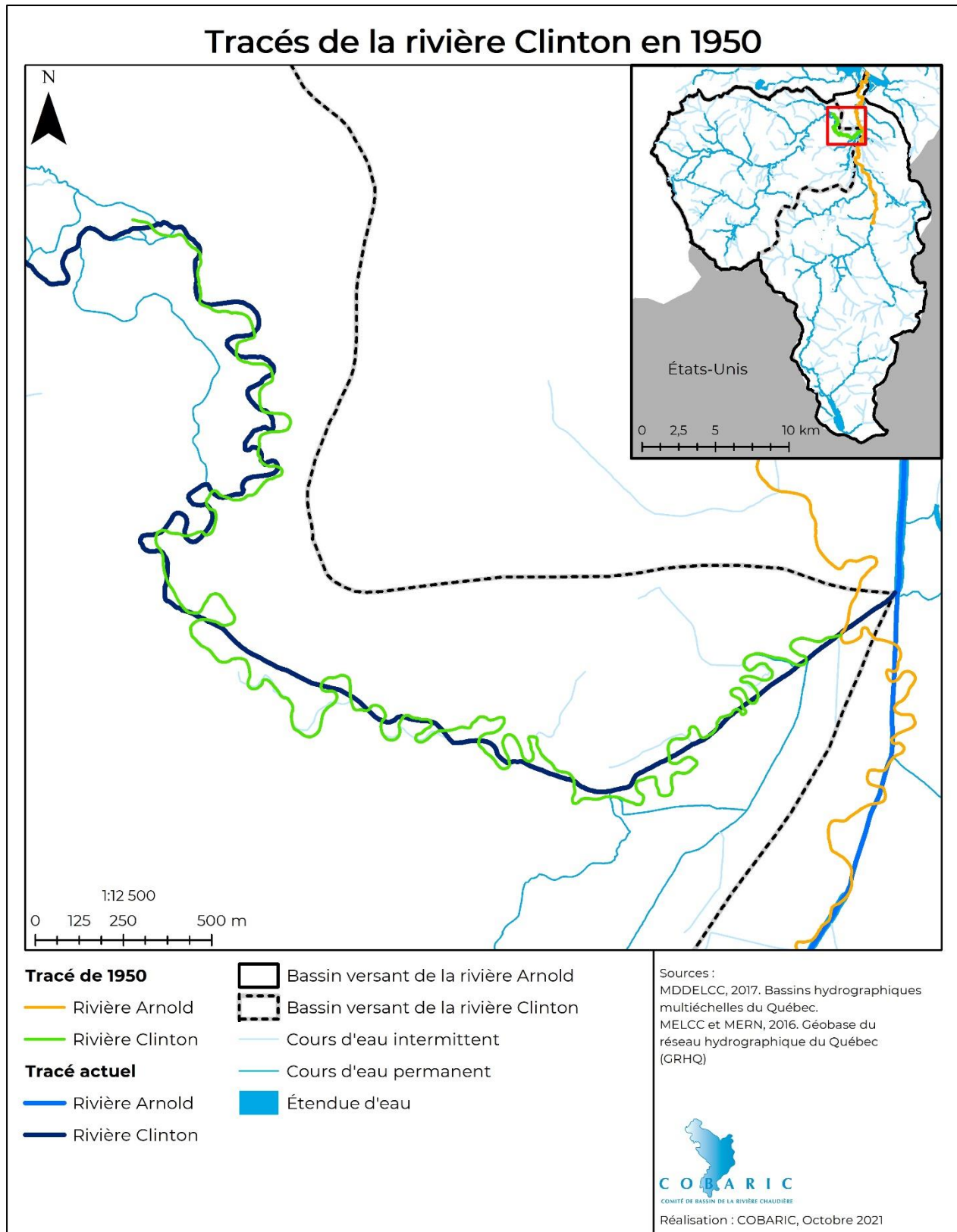


Figure 36. Comparaison de l'ancien tracé de la rivière Clinton avec le tracé actuel

6. ANALYSES DES RÉSULTATS

Même si, maintenant, un grand linéaire de cours d'eau se retrouve sans contrainte anthropique directe (drave, récolte dans la bande riveraine) et avec un espace de liberté suffisant, la majorité du réseau hydrographique du bassin versant de la rivière Arnold a été soumis à des interventions majeures qui, comme la chenalisation lors du remembrement, laissent des traces et génèrent encore des problèmes. En plus de cela, les développements de la foresterie, des activités de chasse et de pêche, de la villégiature ainsi que le développement du noyau villageois ont largement augmenté les débits de pointe et le transport sédimentaire de la plupart des cours d'eau du territoire.

Durant la caractérisation, il est ressorti que les problématiques étaient assez homogènes quand on les regardait à l'échelle des grands propriétaires ou selon l'utilisation du sol (zone forestière et agricole).

6.1 BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE CLINTON

6.1.1 PROBLÉMATIQUE DE CASTORS

Principalement localisée sur la moitié aval de la rivière Clinton, la présence de barrages de castors modifie complètement l'hydraulique de certains tronçons. Outre le dérèglement du transport solide et les étendues d'eau que génèrent les barrages de castors, on remarque aussi une augmentation locale de la température de l'eau. En trop grand nombre sur un même cours d'eau, les barrages successifs de castors pourraient mener à un léger réchauffement de la colonne d'eau et ainsi nuire à la fréquentation de certaines espèces, comme l'omble de fontaine.

6.1.2 LE DOMAINE DES APPALACHES

Le Domaine des Appalaches est un développement résidentiel de chalet 4 saisons sur l'amont du bassin versant de la rivière Clinton. Ce développement comprend la création de chemins et de fossés de drainage. Que ce soit au sommet d'une montagne, près d'un ruisseau ou en forêt, chaque terrain est accessible par un chemin de gravier fin.

Ces chemins ne sont pas conçus et entretenus adéquatement en ce qui a trait au transport de sédiments et à l'augmentation des débits de pointe. La carte des problématiques d'apport sédimentaire ([figure 23](#)) montre bien l'ampleur de la problématique.

En effet, les chemins ne présentent quasiment jamais de végétation sur leurs bords, et les fossés sont majoritairement à nu ([figure 37](#)). Couplé à un sol facilement érodable, le réseau de voirie du Domaine des Appalaches favorise l'apport de sédiments fins

dans les cours d'eau qui risquent fortement de nuire aux frayères en aval et donc à la population d'ombles de fontaine présente.

L'homogénéité des chemins et des fossés nous laisse penser qu'il s'agit là d'un simple manque de connaissances des bonnes pratiques en matière de conception et d'entretien qui limitent le transport sédimentaire.



Figure 37. Exemples de chemins du Domaine des Appalaches

6.1.3 LE SECTEUR DE PRODUCTION FORESTIÈRE DE LA DOMTAR

Le secteur de la DOMTAR ne présente, sauf quelques exceptions, aucun problème en ce qui concerne la conception et l'entretien de ses chemins. Cependant, on recense plusieurs problématiques de sédimentation et d'érosion qui pourraient connaître une évolution négative pour le milieu naturel.

En effet, à quelques endroits, le chemin et la rivière se côtoient d'un peu trop près, et celle-ci reçoit directement les sédiments lessivés du chemin, lequel pourrait voir sa stabilité entamée. Il y a aussi un secteur où, à la suite d'une légère érosion de la rive gauche, la rivière divise son lit en deux, l'un continuant le cours normal, l'autre empruntant un fossé de chemin avant de retrouver le lit naturel ([figure 38](#)). Ce genre de situation peut conduire au changement drastique du tracé naturel vers un tracé via un fossé à moindre valeur écologique.



Figure 38. Division du lit d'écoulement de la rivière et nouveau lit empruntant le fossé du chemin

6.2 BASSIN VERSANT DE LA RIVIÈRE ARNOLD

6.2.1 LA RÉSERVE DE CHASSE ET PÊCHE ARNOLD

La Réserve de Chasse et Pêche Arnold est un club privé de chasse et de pêche fondé il y a plus de 100 ans, situé à Saint-Augustin-de-Woburn, au Québec. Le club est situé sur un territoire d'environ 3 000 acres de forêt et comprend un lac avec des ruisseaux, des routes et des sentiers entretenus.

Ce site, d'une remarquable beauté, est extrêmement bien conservé. Tous les chemins sont très bien entretenus, et la rivière Arnold n'est traversée que par des ponts (passerelles) en bois, ce qui limite fortement les impacts dans le lit du cours d'eau.

6.2.1 LA ZEC LOUISE-GOSFORD – SECTEUR GOSFORD

Le territoire de la zec Louise-Gosford n'est pas exempt de problèmes. En effet, hormis quelques sites d'érosion de berge, c'est principalement des problématiques en rapport avec les ponceaux qui ont été identifiées sur ce territoire. On y retrouve des ponceaux mal posés ou obstrués, des remblais qui s'érodent et quelques sources de sédiments le long des chemins.

6.2.2 LE NOYAU VILLAGEOIS DE SAINT-AUGUSTIN-DE-WOBURN

Le noyau villageois de Saint-Augustin-de-Woburn présente, lui aussi, quelques problématiques de ponceaux, d'érosion ainsi que de sources d'apport de sédiments, principalement des chemins de VTT.

6.2.3 LE SECTEUR AGRICOLE DE SAINT-AUGUSTIN-DE-WOBURN

Le secteur agricole est la zone qui montre le plus de problématiques d'érosion en cours d'eau.

Cependant, après avoir parcouru l'ensemble des terres agricoles et avoir parlé aux quatre principaux propriétaires agricoles, il apparaît que les problématiques ne sont pas liées aux pratiques agricoles, mais plutôt au redressement de la quasi-totalité des cours d'eau du secteur, comme le montre les [figure 32 à 36](#) ainsi que la [figure 39](#).



Figure 39. Tracé rectiligne de la rivière Arnold au milieu de deux de ses anciens tracés

Les terres agricoles de la zone ne sont utilisées qu'en prairie ou en pâturage. Celles-ci ne sont pas labourées chaque année et elles gardent un couvert d'herbacées toute

l'année, ce qui limite fortement l'érosion du sol et le transport vers le cours d'eau. De plus, toutes les bandes riveraines conservent au minimum 1 mètre sur le replat.

La chenalisation des cours d'eau de la zone agricole a largement contribué à la perte d'habitats fauniques ([figure 40](#)). En effet, la plupart du temps, le lit d'étiage et le lit normal se confondent sur toute la largeur et n'offrent qu'une très faible épaisseur d'eau en période d'étiage, avec une diversité d'écoulement quasi nulle. Cette morphologie favorise aussi l'érosion des talus et la sédimentation du lit.



Figure 40. Exemple d'un tronçon chenalisé de la rivière Clinton

7. CONCLUSION

Malgré un historique d'interventions majeures dans les lits des principaux cours d'eau du bassin versant de la rivière Arnold et une utilisation industrielle et résidentielle d'une partie de son massif forestier, le réseau hydrique reste encore de bonne qualité. Il pourrait cependant se dégrader rapidement sans une attention particulière portée sur les sources de sédiments et l'augmentation des débits de pointe de tous les cours d'eau, causées principalement par l'augmentation de l'imperméabilisation du territoire (chemins, toitures) et par la forte présence de fossés de drainage.

Quelques actions mériteraient d'être posées afin de conserver ou d'améliorer la situation. La mise en place de bonnes pratiques en matière de conception et d'entretien de la voirie en milieu forestier, l'ensemencement des sols à nu et l'intégration d'ouvrages de gestion des eaux de pluie dans les fossés permettraient d'assurer la pérennité des habitats aquatiques (frayères, sous-berges, etc.) largement fréquentés par l'omble de fontaine.

Concernant la sédimentation du marais à l'exutoire de la rivière Arnold, il est certain que les problématiques citées dans ce rapport de caractérisation y favorisent l'apport de sédiments. Le marais, qui doit une partie de sa superficie à la présence du barrage du lac Mégantic, se trouve en effet être la zone de dissipation d'énergie entre le bassin versant de la rivière Arnold et le lac des Joncs qui communiquent avec le lac Mégantic. Il est donc normal d'y observer une sédimentation localement accrue.

8. RECOMMANDATIONS ET PISTES DE SOLUTIONS

Un plan d'action par grands propriétaires et grandes zones d'utilisation (forestière et agricole) permettrait d'évaluer l'effort et le budget nécessaire pour atteindre les objectifs sur chacun de leur territoire. Une fois les besoins établis, des projets individuels ou collectifs peuvent être mis en place pour aller chercher du financement auprès de bailleurs de fonds concernés par la problématique.

8.1 ENSEMENCEMENT ET HYDROENSEMENCEMENT

Concernant le maintien de la végétation sur les sols travaillés, les fossés de drainage et les bords de chemin, l'apport de semences issues d'un mélange d'herbacées serait la solution idéale. Toutefois, dans les situations à pente forte (talus ou fossés), l'hydroensemencement reste la meilleure option technique. En plus de maintenir les graines en place, le paillis permet d'offrir un atout en matière de maintien d'humidité, ce qui favorisera la germination. Le choix du mélange doit se faire en fonction des caractéristiques du site (type de sol, ensoleillement, etc.). Pour l'hydroensemencement, il faut compter plus ou moins 0,15 \$/pi².

8.2 PONCEAUX

Beaucoup de ponceaux ont été notés comme problématiques. Il est très certainement fastidieux d'assurer le suivi et l'entretien des ponceaux quand ceux-ci sont nombreux, mais cela reste moins coûteux que de les changer à la suite d'un manque de suivi. Pour faciliter cette gestion des ponceaux, il est bon de les installer correctement dès le départ en suivant quelques bonnes pratiques, comme les recommandations du ministère des Transports du Québec (MTQ) (MRC Brome-Missisquoi et al., 2012) ou du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) (Société de la faune et des parcs, 2003). Ensuite, il faut instaurer une campagne de contrôle annuel afin d'élaborer une planification d'intervention en fonction des urgences.

8.3 CONCEPTION ET ENTRETIEN DE CHEMINS

Comme beaucoup de choses, il n'est pas aisé d'entretenir un chemin mal conçu. C'est pourquoi il est important de prévoir un bord de chemin enherbée dès le début, ce qui permettra de limiter l'érosion du chemin et, donc, la nécessité de le recharger régulièrement en matériaux pour refaire le plat du chemin. Une fois le chemin fraîchement réalisé ou entretenu, il est impératif d'ensemencer, manuellement ou hydrauliquement, les bords du chemin.



Figure 41. Exemple d'une bonne conception et d'un entretien parfait pour un chemin en milieu forestier (secteur Domtar)

8.4 CONCEPTION ET ENTRETIEN DES FOSSÉS DE CHEMINS

Concernant les fossés des chemins, il est important, avant la réalisation, de savoir quels sont les secteurs en pente qui vont faire l'objet de pose de seuils et les zones sans pente où l'on retrouvera des trappes à sédiments. Ainsi, l'érosion des fossés en pente sera minimisée, et l'entretien sera facilité avec l'enlèvement des sédiments limité aux trappes à sédiments. Cette approche permet d'économiser temps et argent sur le long terme.

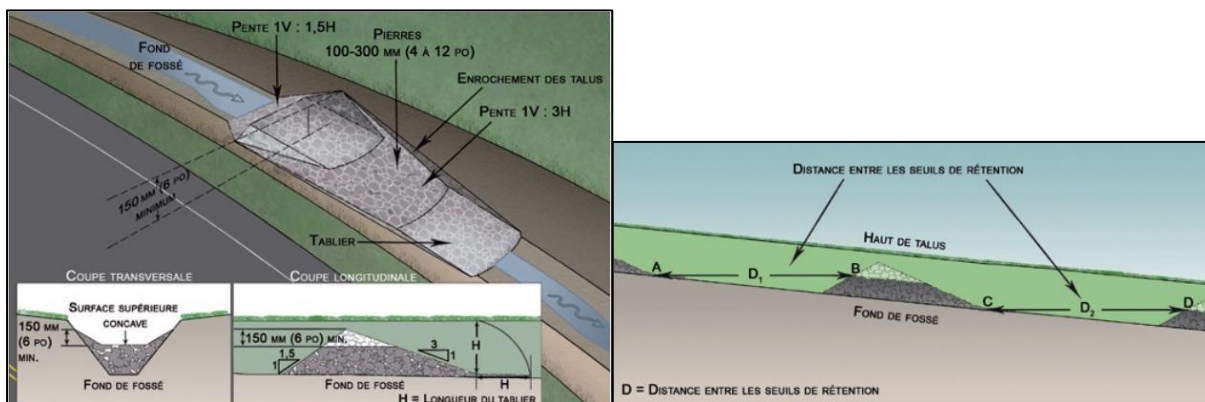


Figure 42. Concept de réalisation d'un seuil dans un fossé en pente (MRC Brome-Missisquoi et al., 2012)

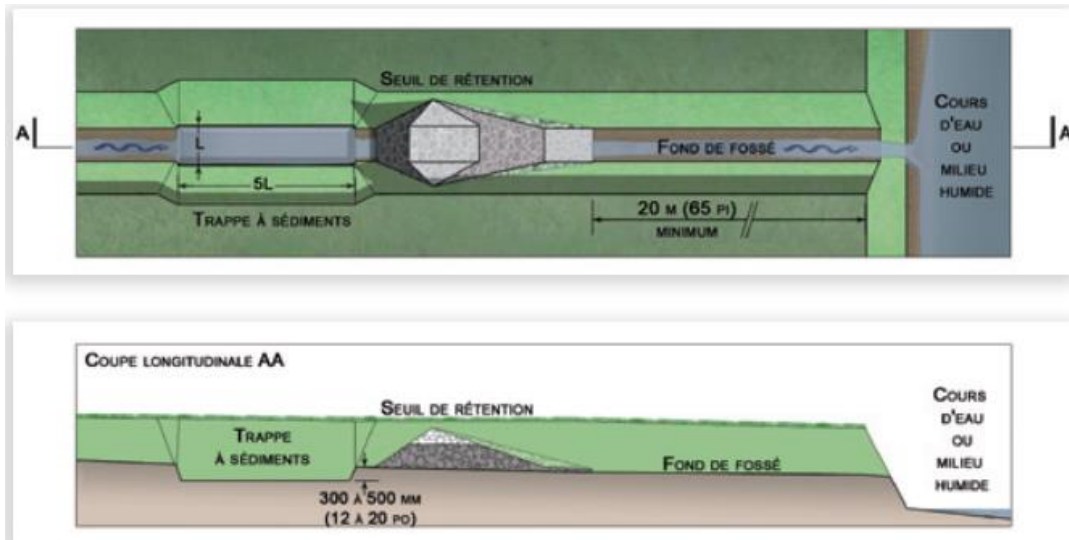


Figure 43. Concept de réalisation d'une trappe à sédiments dans un fossé (MRC Brome-Missisquoi et al., 2012)

8.5 CHENALISATION

Concernant les tronçons chenalisés en milieu agricole, plusieurs solutions sont disponibles pour limiter l'érosion des berges et améliorer la qualité de l'habitat du poisson, tout en gardant à l'esprit le rapport coût/bénéfice.

Comme première option, il y a évidemment le reméandrage du lit mineur. Celui-ci nécessite de gros investissements, en plus de l'accord du propriétaire qui, s'il est agriculteur, va subir une perte nette de surface cultivable. Sur le bassin de la rivière Arnold, un site se prêterait particulièrement bien à cet exercice. Il s'agit du tronçon de la rivière Clinton situé des deux côtés de la route 161 jusqu'à l'embouchure avec la rivière Arnold. Selon les premières discussions, les propriétaires seraient d'accord pour un projet qui consisterait à aller chercher l'ancien lit de la rivière Clinton (que l'on devine sur la [figure 44](#)) qui passe sur leurs terres. Cela permettrait de restaurer un équilibre hydraulique tout en offrant deux bandes riveraines forestières et améliorerait considérablement la présence d'éperlan (fraie) et d'omble de fontaine (habitats propices).



Figure 44. Secteur qui pourrait faire l'objet d'un reméandrage

Une autre technique à notre disposition est l'utilisation d'épis (déflecteurs) dans le but de protéger les berges et de générer une sinuosité du lit d'étiage. Beaucoup moins dispendieuse que le reméandrage, l'approche consiste à disposer des épis régulièrement et perpendiculairement aux berges. Cela permet au cours d'eau de retrouver un équilibre et, donc, d'améliorer ses fonctions écologiques. Ces épis peuvent être composés de roches ou de bois (*logjam*), selon le tronçon hydraulique à travailler.

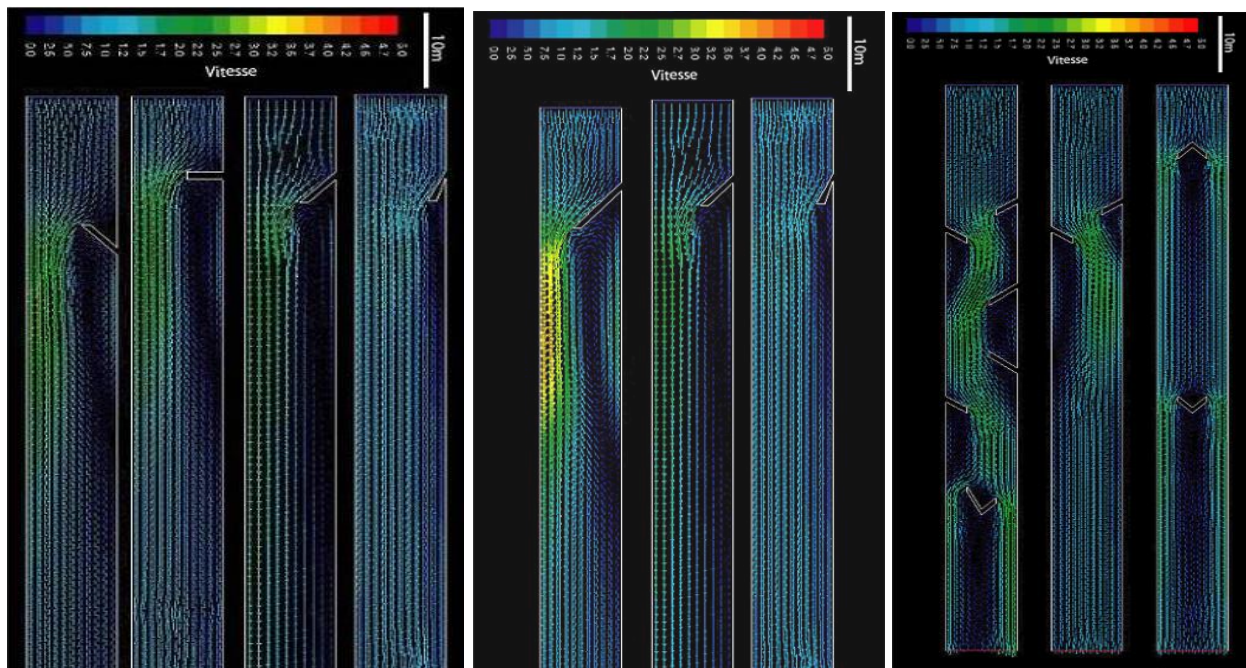


Figure 45. Modélisation des effets des épis sur la vitesse de l'eau en fonction de l'angle, de la longueur ou de la composition de plusieurs épis (Pellizzaro, 2008)

En dernier lieu, il reste l'ajout de blocs de pierre, disposés avec parcimonie et à des endroits adéquats, de façon à diversifier l'écoulement et offrir différents habitats et faciès d'écoulement.



Figure 46. Exemple de diversification de l'écoulement à l'aide de blocs de roche (Gombert, 2017)

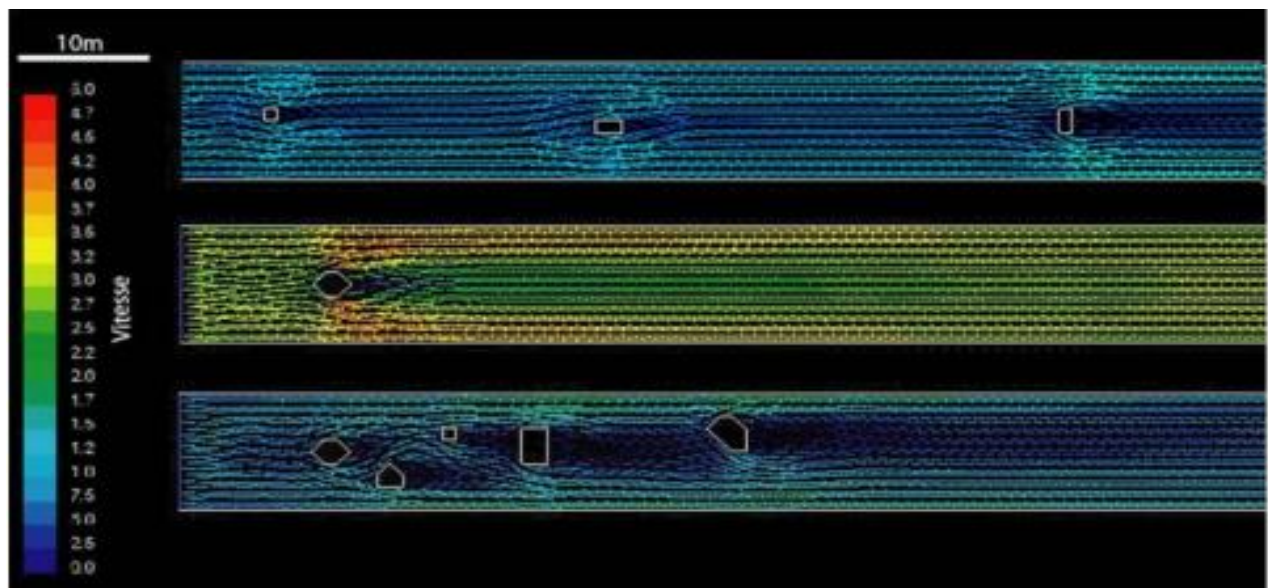


Figure 47 : Modélisation des effets de la pose de blocs de roche sur la vitesse de l'eau (Pellizzaro, 2008)

9. RÉFÉRENCES OU DOCUMENTS D'INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

- ADAM P., DEBIAIS N. & MALAVOI J.R. (2007) - Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau, Agence de l'Eau Seine Normandie. https://www.eaufrance.fr/sites/default/files/documents/pdf/01Manuel_restaurat ion.pdf
- BIOTEC-MALAVOI (2006) - Retour d'expériences d'opérations de restauration de cours d'eau et de leurs annexes, menées sur le bassin RMC. <https://www.documentation.eauetbiodiversite.fr/notice/0000000015df0667950090b7a5e5b59>
- COMITÉ DE BASSIN RHIN-MEUSE (2010) - Guide gestion des travaux de renaturation des émissaires agricoles (ruisseaux et fossés) de plaine, Agence de l'eau Rhin-Meuse. <http://cdi.eau-rhin-meuse.fr/GEIDFile/fichier.pdf?Archive=299746801792>
- COUVERT, B., LEFORT, P., PEIRY, JL., AERMC, AGENCES DE L'EAU. (1999) - La gestion des rivières : transport solide et atterrissements, Agence de l'Eau Rhône Méditerranée, étude Inter-agences n°65. <http://oai.eauetbiodiversite.fr/entrepotsOAI/EIA/B14149.pdf>
- GAGNÉ, J. (2008) - Le contrôle de l'érosion et des sédiments : pour le bien de nos plans d'eau. MTQ – Direction de l'Estrie. https://crelaurentides.org/images/images_site/evenements/eau_lacs/2008/forum_national/5-14h30-15h30%20Jean%20Gagne.pdf
- GOMBERT, C. (2017) - Diversification d'habitats sur le Sichon, Fédération de pêche de l'Allier. Page consultée le 15 octobre 2021 : <https://www.federation-peche-allier.fr/diversification-dhabitat-sichon/>
- MALAVOI, J.R. & BRAVARD, J.P. (2010) - Éléments d'hydromorphologie fluviale, Office national de l'eau et des milieux aquatiques.
- MEEDAT (Ministère de l'Écologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire). (2008) - Le génie végétal – un manuel technique au service de l'aménagement et de la restauration des milieux aquatiques.
- MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC (1997) - Fiche de promotion environnementale : méthode du tiers inférieur. http://www.bv.transports.gouv.qc.ca/mono/0934362/04_Addenda_1/02_Annexes/04_Annexe_D.pdf
- MINISTÈRE DES TRANSPORTS DU QUÉBEC (2007) - « Nettoyage et creusage des fossés latéraux et/ou de décharges », Tome VI – Entretien, collection Normes –

- Ouvrages routiers, norme 6331-1.
https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/ministere/acces-information-renseignements-personnels/documents-reglement-diffusion/demande-acces/Documents/2020/12/DA-2020-2021-00309%20Norme%20nettoyage%20et%20creusage%20foss%C3%A9s_DGMCQ.pdf
- MRC BROME-MISSISQUOI, MRC DU GRANIT, RAPPEL (2012) – Guide technique – Gestion environnementale des fossés.
<https://www.mrcgranit.qc.ca/fichiersUpload/fichiers/20200504141338-guide-technique-de-gestion-environnementale-des-fosses-rappel.pdf>
- PELLIZZARO, F. (2008) - Les petits aménagements piscicoles en rivière, Syndicat Intercommunal d'Aménagement du Bassin Versant de l'Albarine.
https://www.arraa.org/sites/default/files/media/documents/journees_techniques/arra_22-01-2008_2_j._am._piscicoles_f.pellizzaro_siabva.pdf
- SOCIÉTÉ DE LA FAUNE ET DES PARCS (2003) – Fiche technique sur l'habitat du poisson – Les ponts et les ponceaux. https://mffp.gouv.qc.ca/faune/habitats-fauniques/pdf/habitat_poisson_ponts_ponceaux.pdf

ANNEXE 1. FORMULAIRES DE CARACTÉRISATION TERRAIN

Tableau 3. Formulaire Description du lit mineur

Question	Type de réponse
Direction Vers	Choix (amont, aval)
ProfilCE_LargeurMini_LitMineur_m	Nombre avec décimal
ProfilCE_LargeurMoyenne_LitMineur_m	Nombre avec décimal
ProfilCE_LargeurMaxi_LitMineur_m	Nombre avec décimal
ProfilCE_HauteurMini_LitMineur_m	Nombre avec décimal
ProfilCE_HauteurMoyenne_LitMineur_m	Nombre avec décimal
ProfilCE_HauteurMax_LitMineur_m	Nombre avec décimal
Commentaires	Texte (500)

Tableau 4. Formulaire Faciès

Question	Type de réponse
Direction Vers	Choix (amont, aval)
Régime Hydraulique	Choix (fluvial, torrentiel)
Profondeur eau	Choix (<60cm, >60cm)
Vitesse eau	Choix (<30cm/s, "30cm/s)
Profil en travers	Choix (symétrique, asymétrique)
Type_faciès_vitesse<60cm	Choix (plat lentique, plat courant, seuil/radier, rapide, cascade, chute)
Type_faciès_vitesse>60cm	Choix (chenal lentique, chenal lotique, fosse de dissipation, fosse d'affouillement, mouille de concavité)
Substrat Majoritaire	Choix (Fin=Sable/Vase, Moyen=Gravier/Cailloux, Grossier=Pierres/Blocs/Rochers)
Commentaires	Texte (500)

Tableau 5. Formulaire Description du talus

Question	Type de réponse
PiedDeBergeDroite_stabilité	Choix (bonne, mauvaise)
ÉrosionBergeDroite_stade	Choix (Sapement/Affouillement, Affaissement/Décrochage)
ProfilRivDroite_HautMoyTalus_m	Nombre avec décimal
ProfilRivDroite_AngleTalus_degre	Nombre entier (sans décimal)
TalusDroit_Arbres_Pourc	Nombre entier (sans décimal)
TalusDroite_Arbustes_Pourc	Nombre entier (sans décimal)

Question	Type de réponse
TalusDroite_Herbacees_Pourc	Nombre entier (sans décimal)
TalusDroite_RocheRoc_Pourc	Nombre entier (sans décimal)
TalusDroite_SolNu_Pourc	Nombre entier (sans décimal)
TalusDroite_Artificiel_Pourc	Nombre entier (sans décimal)
TalusDroite_PreciserArtificiel	Texte (200)
Commentaires	Texte (500)

Tableau 6. Formulaire Bande riveraine

Question	Type de réponse
Direction Vers	Choix (amont, aval)
BR_Droite_RespectDisatnceLegale	Choix (oui, non)
BR_Droite_Largeur_m	Nombre avec décimal
BR_Droite_efficace	Choix (oui, non)
UtilisationSol	Choix (naturelle, agricole, urbaine, industrielle)
OccupationSol_autre	Texte (200)
BR_Droite_Arbres_Pourc	Nombre entier (sans décimal)
BR_Droite_Arbustes_Pourc	Nombre entier (sans décimal)
BR_Droite_HerbaceesNaturelles_Pourc	Nombre entier (sans décimal)
Type_CouvertForestier	Choix (Résineux, Feuillus)
BR_Droite_RocheRoc_Pourc	Nombre entier (sans décimal)
BR_Droite_SolNu_Pourc	Nombre entier (sans décimal)
BR_Droite_Paturage_Pourc	Nombre entier (sans décimal)
BR_Droite_Prairie_Pourc	Nombre entier (sans décimal)
BR_Droite_GrandeCulture_Pourc	Nombre entier (sans décimal)
BR_Droite_Gazon_Pourc	Nombre entier (sans décimal)
BR_Droite_CoupeForestiere_Pourc	Nombre entier (sans décimal)
BR_Droite_PreciserCoupe	Texte (200)
BR_Droite_Artificiel_Pourc	Nombre entier (sans décimal)
BR_Droite_PreciserArtificiel	Texte (200)
Commentaires	Texte (500)

Tableau 7. Formulaire Obstacle à la circulation

Question	Type de réponse
Type Obstacle	Choix (ponceau, embâcle, rupture de pente, barrage, autre)
TypeObstacle_PrecisezAutre	Texte (200)
Commentaires	Texte (500)

Tableau 8. Formulaire Problème de berge

Question	Type de réponse
Urgence Intervention	Choix (faible, moyenne, élevée, pas d'urgence)
Enjeux	Choix (Immobilier, infrastructure, champs, forêt, autre)
Enjeux_PrecisezAutre	Texte (200)
Regime Hydraulique	Choix (fluvial, torrentiel)
Acces Machinerie	Choix (facile, moyen, difficile, impossible)
FormeDuLit	Choix (linéaire, courbe)
CourbeCote	Choix (concave, convexe)
TypeProblematique	Choix (Sapement de pied de berge, Érosion latérale, Niche d'érosion, Décrochage/Affaissement, Ravinement/Ruissellement, Déracinement, Autre)
TypeProblematique_Preciser_Autre	Texte (100)
DescriptionProblematique_Enjeu	Texte (1 000)
OrigineProblematique	Choix (cours d'eau, veine d'eau, pluie, vent, animal, autre)
OrigineProbPreciser_Autre	Texte (100)
CommentairesOrigine	Texte (1000)
ProfilCE_LargeurMiniThalweg_m	Nombre avec décimal
ProfilCE_LargeurMaxiThalweg_m	Nombre avec décimal
ProfilCE_LargeurMiniLitMineur_m	Nombre avec décimal
ProfilCE_LargeurMaxiLitMineur_m	Nombre avec décimal
PositionEnRive	Choix (gauche, droite)
ProfilRiv_LargMoyTalus_m	Nombre avec décimal
ProfilRiv_HautMoyTalus_m	Nombre avec décimal
ProfilRiv_AngleTalus_degre	Nombre entier (sans décimal)
Commentaires	Texte (500)

Tableau 9. Formulaire Création d'habitat aquatique d'omble de fontaine

Question	Type de réponse
RegimeHydraulique	Choix (fluvial, torrentiel)
VitesseCourant_Unité_Distance_Temps	Choix (m/s, cm/s)
VitesseCourantomètre_1	Nombre avec décimal
VitesseCourantomètre_2	Nombre avec décimal
VitesseCourantomètre_3	Nombre avec décimal
Vitesse_approximative_m/s	Nombre avec décimal
Type_faciès_<60cm	Choix (plat lentique, plat courant, seuil/radier, rapide, cascade, chute)
Type_faciès_>60cm	Choix (chenal lentique, chenal lotique, fosse de dissipation, fosse d'affouillement, mouille de concavité)
Substrat_Rochers_>1024mm_%	Nombre entier (sans décimal)
Substrat_Blocs_256-1024mm_%	Nombre entier (sans décimal)
Substrat_PierresGrossières_128-256mm_%	Nombre entier (sans décimal)
Substrat_PierresFines_64-128mm_%	Nombre entier (sans décimal)
Substrat_CaillouxGrossiers_32-64mm_%	Nombre entier (sans décimal)
Substrat_CaillouxFins_16-32mm_%	Nombre entier (sans décimal)
Substrat_GraviersGrossiers_8-16mm_%	Nombre entier (sans décimal)
Substrat_GraviersFins_2-8mm_%	Nombre entier (sans décimal)
Substrat_SablesGrossiers_0,5-2mm_%	Nombre entier (sans décimal)
Substrat_SablesFins_0,06-0,5mm_%	Nombre entier (sans décimal)
Substrat_Limons_0,0039-0,06mm_%	Nombre entier (sans décimal)
Substrat_Argiles_<0,0039mm_%	Nombre entier (sans décimal)
ProfilCE_LargeurThalweg_m	Nombre avec décimal
ProfilCE_LargeurLitMineur_m	Nombre avec décimal
ProfilCE_ProfondeurThalweg_cm	Nombre entier (sans décimal)
ProfilRivGauche_TypeSol	Choix (sable, terre, roche)
ProfilRivGauche_LargeurTalus_m	Nombre avec décimal
ProfilRivGauche_HauteurTalus_m	Nombre avec décimal
ProfilRivGauche_AngleTalus_degre	Nombre entier (sans décimal)
ProfilRivDroite_TypeSol	Choix (sable, terre, roche)
ProfilRivDroite_LargeurTalus_m	Nombre avec décimal
ProfilRivDroite_HauteurTalus_m	Nombre avec décimal
ProfilRivDroite_AngleTalus_degre	Nombre entier (sans décimal)

Question	Type de réponse
CreationHabitatAqua_Potentiel	Choix (faible, moyen, élevé)
CreationHabitatAqua_Type	Choix (frayères, nourrissage, cache, diversité écoulement, autre)
AutreTypeHabitat_Preciser	Texte (500)
CreationHabitatAqua_emprise_%	Nombre avec décimal
CommentairesCreationHabitat	Texte (1 000)
VegetauxAqua_Algues	Choix (Présent, absent, abondant)
VegetauxAqua_Periphyton	Choix (Présent, absent, abondant)
VegetauxAqua_Autre	Choix (Présent, absent, abondant)
VegetauxAqua_PreciserAutres	Texte (200)
TypeConfirmation_SAFO	Choix (visuelle, documentée, oui-dire)
PresencePotentiel_AutresPoissons	Choix (oui, probable, non)
TypeConfirmation_AutresPoissons	Choix (visuelle, documentée, oui-dire)
AutresPoissons_Preciser	Texte (200)
Commentaires	Texte (500)

Tableau 10. Formulaire EEE

Question	Type de réponse
PHOTO 1 - de loin	
PHOTO 2 - tiges	
PHOTO 3 - feuilles	
EEE_Espèces	Choix (Renouée du Japon, Berce du Caucase, Impatiente de l'Himalaya, Phragmite, Myriophylle à épis)
EEE_Espèces_Autre	Texte (50)
EEE_Densite	Choix (éparse, dense)
Emprise_longueurmoyenne_m	Nombre avec décimal
Emprise_largeurmoyenne_m	Nombre avec décimal
Commentaires	Texte (500)

Tableau 11. Formulaire Problème autre

Question	Type de réponse
Urgence Intervention	Choix (faible, moyenne, élevée, pas d'urgence)
Position	Choix (Rive gauche, rive droite, lit, autre)
Type Problématique	Texte (200)
Description Problématique	Texte (1 000)
Commentaires	Texte (500)

Tableau 12. Formulaire Fossé de drainage

Question	Type de réponse
Confluence avec un cours d'eau?	Choix (oui, non)
Pente	Choix (forte, moyenne, faible)
Largeur fond du fossé_m	Nombre avec décimal
Largeur bord-à-bord du fossé_m	Nombre avec décimal
Présence de sol à nu sur les bords?	Choix (oui, non)
Érosion des bords?	Choix (oui, non)
Intensité de l'érosion?	Choix (forte, moyenne, faible)
Zone de sédimentation?	Choix (oui, non)
Intensité de la sédimentation?	Choix (forte, moyenne, faible)
Entretien selon le 1/3 inférieur?	Choix (oui, non)
Bande enherbée sur le replat?	Choix (oui, non)
Solution transport sédimentaire possible?	Choix (oui, non)
Trappe à sédiments	Choix (oui, non)
Seuil	Choix (oui, non)
Bassin de sédimentation	Choix (oui, non)
Végétalisation du fossé	Choix (oui, non)
Solution gestion du débit possible?	Choix (oui, non)
Bassin d'orage	Choix (oui, non)
Zone de diffusion	Choix (oui, non)
Seuil	Choix (oui, non)
Végétalisation du fossé	Choix (oui, non)