

UMR 5600 EVS

Evolution de la dynamique fluviale de l'Ain dans sa basse vallée entre 2012 et 2021

26/03/2025

Louis Rey, Kristell Michel, Hervé Piégay, Julien Godfroy et
Théo Martinez

Table des matières

1	Introduction.....	1
2	Evolution des débits à la station de Chazey sur Ain	3
2.1	Données utilisées	3
2.2	Observations des débits significatifs.....	3
3	Evolution en plan de la bande active de l’Ain dans sa basse vallée entre 2000 et 2021.....	5
3.1	Données utilisées	5
3.2	Comparaison des surfaces totales de bandes actives.....	6
3.3	Evolution des surfaces de bandes actives cumulées par section	7
3.3.1	Bilan des surfaces érodées et construites entre 2000-2009 et 2009-2021 le long de l’Ain dans sa basse vallée	8
3.4	L’évolution verticale du lit de l’Ain entre 2012 et 2021.....	12
3.4.1	Conditions de réalisation des levés topographiques.....	12
3.4.1.1	Données GNSS 2021	12
3.4.2	Traitement des données 2021.....	15
3.4.3	Traitements des données 2021/23	17
3.4.4	Evolution verticale de l’Ain pour les périodes 1999-2012 et 2012-2021	24
4	Preconisations recharges sédimentaires.....	27
5	Analyse et recommandations pour les zones prioritaires.....	30
5.1	Secteur 1 : A pont d’Ain entre le pont de l’autoroute et le pont de la voie SNCF.....	31
5.2	Secteur 2 : Entre Bellegarde et Vorgey.....	33
5.3	Secteur 3 : Au niveau de la décharge de Villette-sur-Ain.....	35
5.4	Secteurs 4 et 5 : En aval direct de la confluence avec l’Albarine	37
5.5	Secteur 6 : Au niveau du village de Mollon.....	38
5.6	Secteur 7 : Au droit du lac de Chazey sur Ain.....	39
5.7	Secteur 8 : Au niveau du Château de Chazey sur-Ain.....	40
5.8	Secteur 9 : Au niveau du Port Galland.....	41
5.9	Secteur 10 : Au droit des Carrières de Loyettes.....	43
5.10	Nouvelles zones prioritaires.....	44
5.10.1	Secteur 11 : Au droit de la Grange Bernet.....	44
5.10.2	Secteur 12 : Au droit de l’étang de pêche de Gévrieux.....	44
5.10.3	Secteur 13 : Au sud de Port Galland.....	46
6	Mise à jour des espaces de libertés	46

.....	52
.....	53
7 Bibliographie.....	54
8 Annexes.....	55

Illustrations

Figure 1 : Evolution du débit moyen journalier maximal annuel entre 1999 et 2022 (Source : Banque Hydro, 2023).....	4
Figure 2 : Evolution du nombre de jours pour lesquels le débit journalier instantané maximal est supérieur au débit de crue dominant ($Q_{j1.5}$ soit $650 \text{ m}^3/\text{s}$) (Source : Banque Hydro, 2023).....	4
Figure 3 : Surface totale de bande active par année en km^2	7
Figure 4 : Surface cumulée de la bande active par rapport au PK (Point Kilométrique) entre Pont d'Ain et le Rhône entre 2000 et 2021. IR indique image InfraRouge de l'IGN et manuelle indique que la digitalisation est réalisée par un opérateur expert sur des orthophotographies visibles de l'IGN.....	8
Figure 5 : Surface érodée et construite en ha/an sur l'ensemble de l'Ain dans sa basse vallée.....	10
Figure 6 : Erosion et construction latérales par section de 250 m sur la rivière Ain dans sa basse vallée pour la période 2000-2009.....	11
Figure 7 : Erosion et construction latérales par section de 250 m sur la rivière Ain dans sa basse vallée pour la période 2009-2021.....	12
Figure 8 : Hauteur d'eau en fonction du débit à la station de Chazey-sur-Ain.....	14
Figure 9 : Hauteur d'eau en fonction du débit à la station de Pont d'Ain.....	14
Figure 10 : Altitude de la ligne d'eau tronçon pont d'Ain Priay en 1999 , 2012 et 2021.....	18
Figure 11 : Altitude de la ligne d'eau tronçon Priay Gévrieux en 1999, 2012 et 2021.....	19
Figure 12 : Altitude de la ligne d'eau tronçon Gévrieux-Pont de Chazey en 1999, 2012 et 2021.....	20
Figure 13 : Altitude de la ligne d'eau tronçon Chazey-Blyes en 1999, 2012 et 2021.....	21
Figure 14 : Altitude de la ligne d'eau tronçon Blyes-Port Galland en 1999, 2012 et 2021.....	22
Figure 15 : Altitude de la ligne d'eau tronçon Port Galland-Confluence avec le Rhône en 1999, 2012 et 2021.....	23
Figure 17 : Différence d'altitude de la ligne d'eau le long de l'axe médian de l'Ain entre la période 1999-2012 et 2012-2021 (axe médian de 2012).....	26
Figure 16 : Différence d'altitude moyenne par section de 500 mètres de la ligne d'eau le long de l'axe médian de l'Ain de 2012 entre la période 1999-2012 et 2012-2021. Ce lissage des valeurs sur 500 m permet de ressortir de façon quantitative les variations d'altitudes de la ligne d'eau entre ces deux périodes.....	26
Figure 18 : Volumes de sédiments remobilisés ou transférés, d'après le SR3A, 2023.....	27
Figure 19 : Evolution de l'emprise des différentes bandes actives entre 2000 et 2021 pour le secteur 1... 31	
Figure 20 : Bathymétrie restituée sur le Tronçon 1 en 2015 et en 2022 et changements morphologiques associés. Outre des erreurs résultant de l'ombrage de la végétation, on constate une légère tendance à l'incision du chenal (J.Godfroy,2023).....	32
Figure 21 : Evolution de l'emprise des différentes bandes actives entre 2000 et 2021 pour le secteur 2... 33	

Figure 22 : Bathymétrie restituée sur le Tronçon 3 en 2015 et en 2022 et changements morphologiques associés. Les changements morphologiques constatés semblent être liés à l'érosion de la berge en rive gauche, qui a conduit à un élargissement du chenal (J.Godfroy,2023).....	34
Figure 23 : Evolution de l'emprise des différentes bandes actives entre 2000 et 2021 pour le secteur 3...	35
Figure 24 : Evolution de l'emprise des différentes bandes actives entre 2000 et 2021 pour les secteurs 4 et 5	37
Figure 25 : Bathymétrie restituée sur le Tronçon 2 en 2015 et en 2022 et changements morphologiques associés. On constate principalement un approfondissement du chenal concentrant les écoulements le long du banc de galets présent dans la continuité entre le secteur amont (J.Godfroy,2023).....	38
Figure 26 : Evolution de l'emprise des différentes bandes actives entre 2000 et 2021 pour le secteur 6...	39
Figure 27 : Evolution de l'emprise des différentes bandes actives entre 2000 et 2021 pour le secteur 7...	40
Figure 28 : Evolution de l'emprise des différentes bandes actives entre 2000 et 2021 sur le secteur 8	41
Figure 29 : Evolution de l'emprise des différentes bandes actives entre 2000 et 2021 pour le secteur 9...	42
Figure 30 : Evolution de l'emprise des différentes bandes actives entre 2000 et 2021 pour le secteur n°10	43
Figure 31 : Evolution de l'emprise des différentes bandes actives entre 2000 et 2021 pour le secteur n°11	44
Figure 32 : Evolution de l'emprise des différentes bandes actives entre 2000 et 2021 pour le secteur n°12	45
Figure 33 : Evolution de l'emprise des différentes bandes actives entre 2000 et 2021 pour le secteur n°13	46
Figure 34 : Partie 1 de la cartographie de l'espace de liberté mise à jour en 2012 (carte de gauche) et en 2021 (carte de droite) (Orthophotographie IGN de 2021) – Le chenal peut sur la rive gauche du secteur 2 potentiellement sortir de l'EMIN dans la décennie à venir et doit faire l'objet d'un suivi renforcé.....	48
Figure 35 : Partie 2 de la cartographie de l'espace de liberté mise à jour en 2012 (carte de gauche) et en 2021(carte de droite) (Orthophotographie IGN de 2021)	49
Figure 36 : Partie 3 de la cartographie de l'espace de liberté mise à jour en 2012 (carte de gauche) et en 2021(carte de droite) (Orthophotographie IGN de 2021).	50
Figure 37 : Partie 4 de la cartographie de l'espace de liberté mise à jour en 2012 (carte de gauche) et en 2021(carte de droite) (Orthophotographie IGN de 2021)	51
Figure 38 : Partie 5 de la cartographie de l'espace de liberté mise à jour en 2012 (carte de gauche) et en 2021(carte de droite) (Orthophotographie IGN de 2021).....	52
Figure 39 : Partie 6 de la cartographie de l'espace de liberté mise à jour en 2012 (carte de gauche) et enfin mise à jour en 2021(carte de droite) (Orthophotographie IGN de 2021).....	53

Tableaux

Tableau 1 : Pour chacune des images, date du débit maximal journalier (QMJ), date QMJ >1000 et date image.....	6
Tableau 2 : Précisions Horizontales et Verticales, avec les valeurs Minimales, Maximales et les Moyennes, données par date	15
Tableau 3 : Volumes de sédiments en m3 injectés dans la basse vallée de l'Ain depuis 2005, d'après le SR3A, 2023.....	28

1 Introduction

Plusieurs actions ont été engagées dans le contrat de bassin pour lutter contre l'incision du lit de la rivière d'Ain dans sa basse vallée et restaurer sa dynamique hydrogéomorphologique.

Un rapport réalisé par Véronique Benacchio et al. (2013) (1) a mis en lumière les dynamiques hydrogéomorphologiques de la rivière au cours des années 2000-2012, répondant à une commande du Syndicat Rivière d'Ain Aval Affluents (SR3A), la structure gestionnaire et porteuse du SAGE basse vallée de l'Ain. Ce rapport s'est appuyé sur la thèse d'Anne-Julia Rollet de 2007. Il permet de dresser un bilan de l'évolution verticale du lit de l'Ain grâce à des comparaisons diachroniques des lignes d'eau. Un bilan de la mobilité latérale du lit de la rivière a été également réalisé.

A la demande du SR3A, le laboratoire EVS (Environnement Ville Société) a reconduit une étude analogue à celle de 2013. Celle-ci comporte un suivi géomorphologique de la rivière préconisé et intégré dans le tableau de bord du SAGE selon une périodicité décennale. Elle répond également aux conclusions du rapport de 2013 (Benacchio et al.). Dans la mesure où l'Ain a connu une crue d'une fréquence décennale en janvier 2018 (1430 m³/s enregistrée à Chazey-sur-Ain), quelques évolutions significatives ont pu survenir au cours de la période 2012-2021. Par ailleurs, le SR3A a engagé à l'automne 2022 la phase opérationnelle de son plan de gestion sédimentaire. A cet égard, autour de 20 000 m³ de sédiments grossiers ont été réinjectés à proximité de Varambon entre 2021 et 2022. Ces réinjections se font en amont d'une zone identifiée comme fortement déficitaire. La réinjection de sédiments issus de dépôts alluviaux est de plus en plus discutée localement. En effet, les habitants et élus locaux acceptent de moins en moins l'idée de transporter des sédiments de l'aval vers l'amont de manière répétée. C'est pourquoi en septembre 2023 aucune nouvelle injection n'est prévue (Samuel Monnet, novembre 2023). Une réflexion menée par le SR3A est en cours pour concilier les préoccupations des habitants et des élus. Opérer un état des lieux préalable à ces travaux s'avère nécessaire pour mieux évaluer ensuite l'impact de ceux-ci au cours du temps, dans un contexte de changement climatique.

Cette nouvelle étude, lancée à l'automne 2021, a ainsi pour objectif de dégager les grandes évolutions physiques de la rivière d'Ain entre 2012 et 2021, en intégrant :

- une analyse de l'évolution verticale du lit de l'Ain entre 2012 et 2021 (profil en long, identification de secteurs d'incision et d'exhaussement, marnes apparentes, front de pavage, zones à surveiller...)
- ;
- une analyse de l'évolution latérale du lit de l'Ain entre 2012 et 2021 (superficie érodée, inventaire des bancs de galets et de leur état) ;
- une attention particulière sur certains sites sensibles au regard des riverains principalement ;
- une mise à jour des connaissances et des recommandations au regard du bilan géomorphologique de la dernière décennie ;
- une mise à jour de la cartographie de l'espace de liberté.

Il s'agit de caractériser la dynamique fluviale de la basse rivière d'Ain, **entre Pont d'Ain, en amont de la D1075 et la confluence avec le Rhône (communes de Loyettes et Saint Maurice-de-Gourdans)** sur la base des données existantes et de levés topographiques complémentaires. Suite aux levés topographiques et aux travaux cartographiques associés, l'état géomorphologique actuel de la basse rivière

d'Ain sera comparé avec l'état observé en 2012. Comme l'a souhaité le SR3A, un travail analogue à celui réalisé en 2013 a été engagé.

L'objectif de ce nouveau rapport est d'actualiser le rapport de 2013 à partir de données plus récentes de l'altimétrie du lit et de son tracé en plan afin d'étudier l'évolution verticale et horizontale de la bande active et d'apporter une expertise sur les zones prioritaires délimitées en 2013.

2 Evolution des débits à la station de Chazey sur Ain

2.1 Données utilisées

Dans le cadre de la compréhension des dynamiques hydro-géomorphologiques, les débits moyens journaliers (QMJ) mesurés à Chazey-sur-Ain et fournis par la Banque Hydro ont été analysés entre 1999 et 2022. Le débit moyen journalier maximal annuel a été étudié plus spécifiquement. Grâce à cette donnée, il est possible d'avoir une indication des débits les plus forts ayant remodelé le lit de la rivière horizontalement et verticalement.

2.2 Observations des débits significatifs

Les événements de crue dont le débit journalier moyen dépasse les 1000 m³/s sont considérés comme des événements importants pour la dynamique fluviale de la basse vallée de l'Ain (Benachio et al., 2013(1)). Entre 1999 et 2022, seules les années 1999, 2002, 2018 et 2021 ont eu un débit maximal journalier significatif. Ainsi, entre 2003 et 2017 aucun débit maximal journalier n'a atteint ou dépassé les 1000 m³/s et entre 2018 et 2022 le débit journalier maximal a dépassé les 1000 m³/s à deux reprises (Figure 1).

Le débit de crue dominant est de 650 m³/s. Le nombre de jour avec un débit supérieur au débit dominant est très variable d'une année à une autre. Entre 2000 et 2009 les années 2001 et 2002 ressortent comme étant comme des années avec la plus forte fréquence de débit dépassant le débit dominant. Entre 2009 et 2021 l'année 2012, 2018 et 2021 ressortent comme les années avec la plus haute fréquence de débit dépassant le débit dominant (Figure 2).

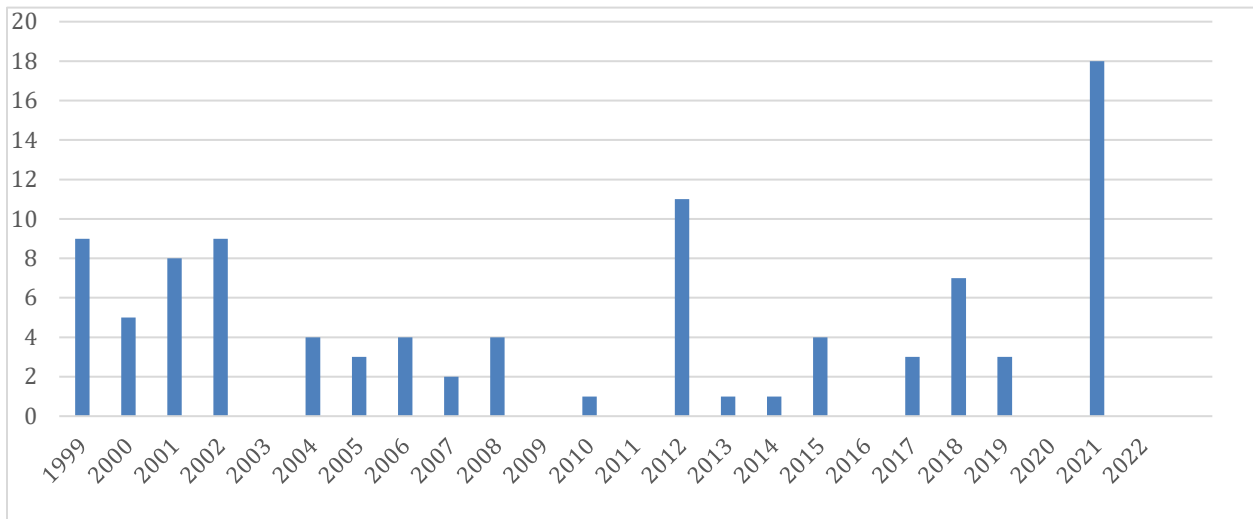


Figure 2 : Evolution du nombre de jours pour lesquels le débit journalier instantané maximal est supérieur au débit de crue dominant ($Q_{j1.5}$ soit $650 \text{ m}^3/\text{s}$) (Source : Banque Hydro, 2023)

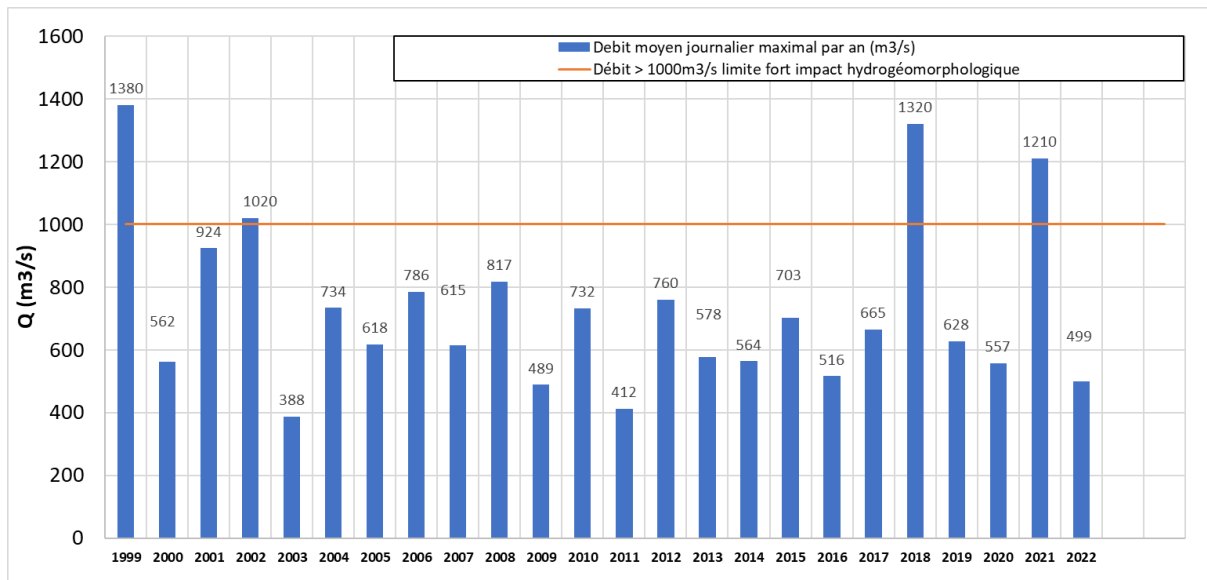


Figure 1 : Evolution du débit moyen journalier maximal annuel entre 1999 et 2022 (Source : Banque Hydro, 2023)

3 Evolution en plan de la bande active de l'Ain dans sa basse vallée entre 2000 et 2021

Les débits observés lors de l'acquisition des images utilisées pour l'analyse de la mobilité latérale étant très variables nous avons décidé de comparer uniquement la surface de bande active (bancs de galets et chenal en eau) et non les surfaces en eau et en galets, contrairement au rapport de 2013. La variation latérale de la bande active (largeur et évolution en plan) est une information clé de la dynamique hydrogéomorphologique d'une rivière.

3.1 Données utilisées

Pour les années 2005, 2009 et 2021, les surfaces de bande active (galets et zones en eau) de la rivière d'Ain dans sa basse vallée, visibles sur les orthophotographies de l'IGN (disponibles sur le site Geoservices.fr) ont été digitalisées à la main dans QGIS à une échelle au 1 : 4000°. De plus nous avons utilisé des clichés de l'année 2000 téléchargés sur le site internet du Géoportail (disponibles sur geoportail.fr), puis géoréférencés dans ArcGIS. Toutes les orthophotographies et clichés ont été reprojetés (s'ils étaient dans d'autres projections) dans le même système de coordonnées Lambert-93 afin d'avoir des distances planimétriques en mètres, les plus précises possibles pour la zone géographique de l'étude.

Remarques : Plusieurs facteurs pouvant altérer la précision des résultats ont été recensés lors de la phase de traitement des données . Ils sont énoncés ci-dessous :

1. L'ensemble des résultats présenté dans cette partie est basé sur une comparaison du tracé en plan de l'Ain à différentes dates. Cependant, la qualité des données disponibles pour la digitalisation des bandes actives n'est pas homogène au cours du temps : pour 2005 et 2009, nous disposons des dalles de la BD Ortho fournies par l'IGN. Un net décalage est visible entre les deux jeux de données. Ce décalage semble à peu près constant sur l'ensemble de la basse vallée de l'Ain, et nous avons décidé de décaler simplement l'ensemble des polygones de 2005 pour les caler sur ceux de 2009 avant toute comparaison. La BD Ortho n'étant encore pas éditée en 2000, nous avons travaillé sur des images aériennes, certes d'une grande précision au sol, mais qui ont été géoréférencées par un opérateur sous ArcGIS. Nous avons, autant que possible, recalé les images sur celles de 2009, de manière à ce que les deux tracés se superposent au mieux. Cependant les distorsions de l'image conduisent quand même à des décalages ponctuels. Même si ces décalages restent limités, ils sont difficiles à estimer (1).
2. En plus de ces données digitalisées à la main, des données de classification ont été produites avec l'algorithme de classification « Maximum Likelihood algorithm » dans QGIS en 2022 sur des images infrarouges de l'IGN pour les années 2005, 2012, 2015 et 2018. Ces données ont été produites pour classifier les taches paysagères de l'Ain dans sa basse vallée (eau, basse végétation...) (T. Gramnlicka and al.,2022). A partir de ces résultats, les pixels d'eau et de galets ont été associés afin de déterminer l'extension des bandes actives pour ces 4 dates. Les pixels qui apparaissent dans la classe ombre sur la bande active ont été ajoutés aux pixels d'eau et de galets . En effet, la présence de pixel d'ombre sur les zones de galets ou d'eau où à leurs proximités directes complique les traitements pour extraire la bande active. La prise en compte des pixels d'ombre implique qu'une certaine sur-estimation de pixels composant la bande active est possible.

Cependant, en ayant créé une couche vectorielle de la somme des emprises de 2000, 2005, 2009 et 2021 des bandes actives réalisées par digitalisation, il a été possible de couper nos pixels par cette couche d'emprise et donc d'exclure la grande majorité des pixels d'ombres n'étant pas de la bande active.

Les bandes actives obtenues par digitalisation manuelle et par extraction de pixels de classification sont issues de méthodes différentes. Le premier rapport de 2013 s'est basé uniquement sur les bandes actives digitalisées à la main. Ce nouveau rapport utilise les données de classification et fournit ainsi davantage d'observations (Annexe 1) (Tableau 1).

Tableau 1 : Pour chacune des images, date du débit maximal journalier (QMJ), date QMJ >1000 et date image

Année	2000	2005	2009	2012	2015	2018	2021
Date Image	30/06 ; 23/07 ; 09/08	26/05	29/07 ; 06/08 ; 18/08	11/08	5/08	27/08	11/08
Date QMJ maximal/an	19/02	25/04	07/02	16/12	31/03	23/01	16/07
Date QMJ > 1000 m ³ /s	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune	Aucune	05/01 et 23/01	29/01 et 16/07

3.2 Comparaison des surfaces totales de bandes actives

Pour chaque date, la surface totale de bande active a été calculée. Cette évolution donne une indication de la dynamique hydrogéomorphologique globale de l'Ain dans sa basse vallée. Les bandes actives ont été délimitées de façons différentes selon les années :

- Digitalisation manuelle sur les orthophotographies de l'IGN à différentes dates : les années 2000, 2005, 2009 et 2021.
- Classification des orthophotographies infrarouge avec « Maximum Likelihood algorithm » dans QGIS : 2005, 2012, 2015 et 2018.

Il y a ainsi deux cartographies de bandes actives pour l'année 2005. Nous avons observé que la surface de bande active totale par digitalisation est supérieure de 8.15% à la surface de bande active totale déterminée par classification pour la seule année de 2015. **Afin de comparer les bandes actives délimitées pas ces deux méthodes, il est important d'avoir en tête cette erreur potentielle.**

D'après la Figure 3 nous observons que la bande active totale de l'Ain dans sa basse vallée entre 2000 et 2005 est restée stable proche de 4,2 km². Puis de 2005 à 2012 la surface totale de bande active a diminué jusqu'à atteindre 3,7 km², ensuite elle a légèrement augmenté de nouveau entre 2012 et 2018 pour atteindre 3,9 km². La rivière d'Ain enregistre sur la période 2000-2021 la plus large bande active en 2005 après une crue de plus de 1000 m³/s en 2002 et une légère augmentation de la largeur sur la période 2000-2005. Du fait d'une période de moindre hydraulité, la rivière enregistre ensuite une rétraction, atteignant une largeur minimale en 2012. Depuis cette date, la rivière s'élargit à nouveau du fait d'événements de crue

marqués (2018) mais aussi d'une activité érosive annuelle répétée lors de petits événements qui n'est pas compensée par une végétalisation des bancs. La crue de 2021 n'a semble-t-il pas significativement élargi la bande active, survenant après la crue de 2018.

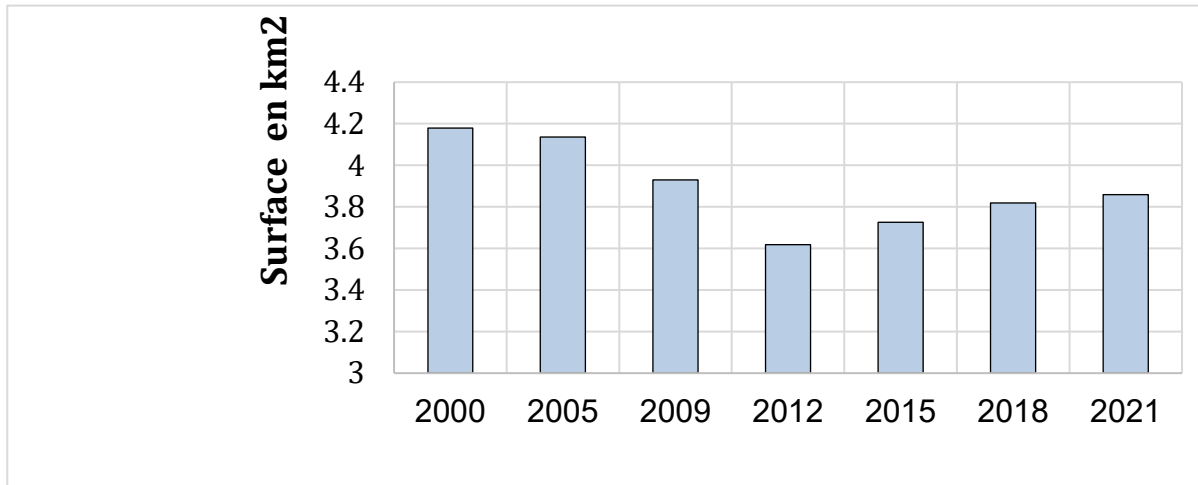


Figure 3 : Surface totale de bande active par année en km²

3.3 Evolution des surfaces de bandes actives cumulées par section

A l'aide de la boîte à outil « Fluvial Corridor Toolbox » (<https://www.zabr.assograie.org/wp-content/uploads/2020/03/FluvialCorridor.pdf>) développée par EVS, nous avons subdivisé la bande active de la base vallée de l'Ain en unités plus petites, toutes de la même longueur. Chaque unité créée est un DGO (Disaggregated Geographical Objects) ou une section. A partir des DGO produits lors de la désagrégation spatiale, une caractérisation du continuum peut être faite pour décrire le cours d'eau.

La bande active a été dévisée en 140 DGO de 250 mètres de long sur le continuum étudié : du seuil situé à l'amont du village de Pont-d'Ain à la confluence de l'Ain avec le Rhône (voir cartes : Figure 34, Figure 35, Figure 36, Figure 37, Figure 38 et Figure 39). Cette longueur de DGO est identique à celle retenue dans les travaux de Rollet (2007) et de Benachio et al (2013).

Les étapes suivantes ont été suivies : (1) Création d'une nouvelle couche combinant en un seul polygone l'emprise de toutes les bandes actives pour la période d'étude 2000-2021 afin d'obtenir une bande active totale représentative de la période ; (2) une ligne centrale (centerline) a été créée ; (3) cette ligne centrale est alors utilisée pour segmenter les bandes actives digitalisées de l'Ain dans sa basse vallée aux différentes dates avec une longueur longitudinale de 250 m. Dans les faits la distance réseau le long de la ligne centrale (axe médian) dans chaque DGO ne fait pas exactement 250 m car les bandes actives ont des formes hétérogènes et des méandres. C'est pourquoi la distance réseau a été calculée. La ligne centrale, la segmentation et la distance réseau ont été réalisées grâce à la boîte à outil « Fluvial Corridor Toolbox » développée par EVS, utilisé ici avec le logiciel QGIS.

Surface de bandes actives cumulée = \sum surface section par section

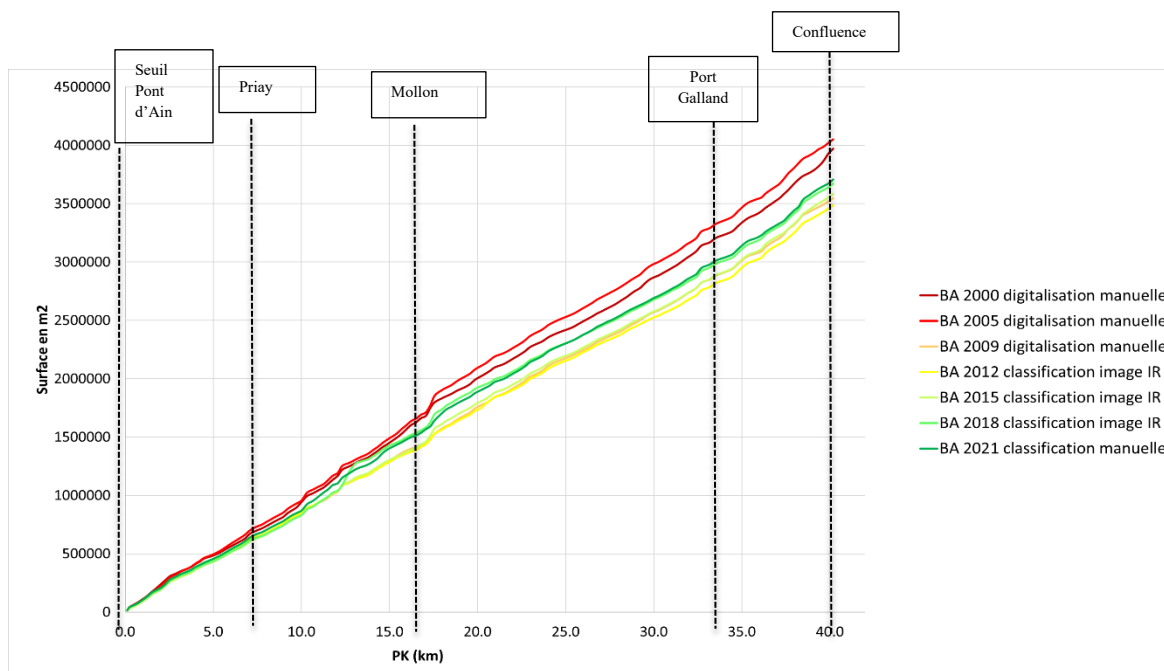


Figure 4 : Surface cumulée de la bande active par rapport au PK (Point Kilométrique) entre Pont d'Ain et le Rhône entre 2000 et 2021. IR indique image InfraRouge de l'IGN et manuelle indique que la digitalisation est réalisée par un opérateur expert sur des orthophotographies visibles de l'IGN

D'après la Figure 4, la partie la plus en amont de l'Ain dans sa basse vallée entre le PK 0 et PK 10 semble être restée assez stable avec des valeurs cumulées de bande active très proches pour les différentes années d'étude. Entre le PK 10 et 15, des différences plus fortes apparaissent entre les années avec une diminution de la surface cumulée entre 2000 et 2012. Les années indiquées « image IR » sont les bandes actives délimitées sur les images infrarouge de l'IGN et ont tendance à sous-estimer légèrement les surfaces ce qui doit être pris en compte. Ensuite, quelle que soit l'année, la surface cumulée connaît une augmentation notable aux environs du PK 17. Ce saut en aval de Mollon résulte du recouplement du méandre de Martinaz survenu entre 2002 et 2005 (1). Cette augmentation dans cette zone a eu tendance à faiblir entre 2005 et 2012 avec une recolonisation végétale sur les zones de galets fraîchement déposés suite au recouplement de méandre puis entre 2012 et 2021 ce saut de surface de bande active s'est de nouveau accentué avec l'apparition d'un nouveau bras recoupant la forêt sur la rive droite de la rivière au sud du recouplement de méandre. La surface de bande active entre 2018 et 2021 est quasi identique dans son évolution entre la partie amont et aval montrant une faible évolution en largeur du lit de la rivière pendant cette période.

3.3.1 Bilan des surfaces érodées et construites entre 2000-2009 et 2009-2021 le long de l'Ain dans sa basse vallée

Dans le rapport de 2013, le bilan érosion/construction sur le continuum de la basse vallée de l'Ain avait été fait entre 2000 et 2009. Dans le présent rapport, le bilan érosion/construction est comparé entre la période 2000-2009 avec celle de 2009-2021. L'objectif est ici de voir les différences de dynamique par section et

mettre en évidence des changements potentiels de tendance entre ces deux périodes. Afin de comparer les dynamiques entre les deux périodes, les surfaces érodées ou construites sont divisées par le nombre d'années séparant les extrémités des périodes considérées. On obtient alors des m²/an érodés ou construits.

Indicateurs :

- Surface de bandes actives restée stable = **Surface superposée entre la Surface année n+1 et la surface année n** (outil *couper* dans QGIS).
- Surface érodée = **Surface année n+1 – Surface restée stable** (outil *différence* dans QGIS)
- Surface construite = **Surface année n – Surface restée stable** (outil *différence* dans QGIS)

L'analyse des zones érodées ou construites par DGO en m² pour la période 2009-2021 avait mis en évidence un certain équilibre entre l'érosion et la construction du lit majeur (Figure 5). En effet, l'érosion d'une berge entraîne quasi systématiquement une dynamique de construction sur la rive opposée (1). Au contraire pendant la période 2000-2009 la construction est globalement plus importante que l'érosion, traduisant une diminution de la dynamique latérale.

Dans le détail, pour la période 2000-2009 deux secteurs dynamiques avaient été mis en évidence. Celui de Priay-Mollon et celui de Port Galland à la confluence. Le premier secteur a connu deux recouvrements de méandres. La partie la plus en aval a connu une importante phase de construction avec une rétraction de la bande active entre 2000 et 2009. Pour la période 2009-2021 les zones du lit majeur soumises à l'érosion de berge ont été plus prononcées que celles construites contrairement à 2000-2009 (Figure 6). La comparaison des surfaces érodées et construites entre les deux périodes ne prend pas en compte le nombre d'années de la période. Ainsi, en ramenant les surfaces par année, la comparaison des deux périodes devient plus pertinente pour montrer des tendances globales (Figure 5). Pour la période 2000-2009 la superficie construite sur l'ensemble du continuum était deux fois supérieure à celle érodée. La période 2009-2021, quant à elle, a vu une érosion annuelle se maintenir au même niveau que la première période

par contre la superficie construite a fortement diminué passant de 11.8 ha/an à 4.6 ha/an. Pour résumer, entre 2000 et 2009 la superficie du lit majeur qui se stabilise était supérieure à celle qui est érodée, situation qui s'est inversée sur la période 2009-2021. Cela montre que les surfaces potentiellement colonisables se font plus rares et qu'un équilibre érosion-construction semble dominer. La crue morphogène la plus efficace étant récente (2021), il est également très probable que l'ajustement de la végétation ne soit pas encore complètement terminé.

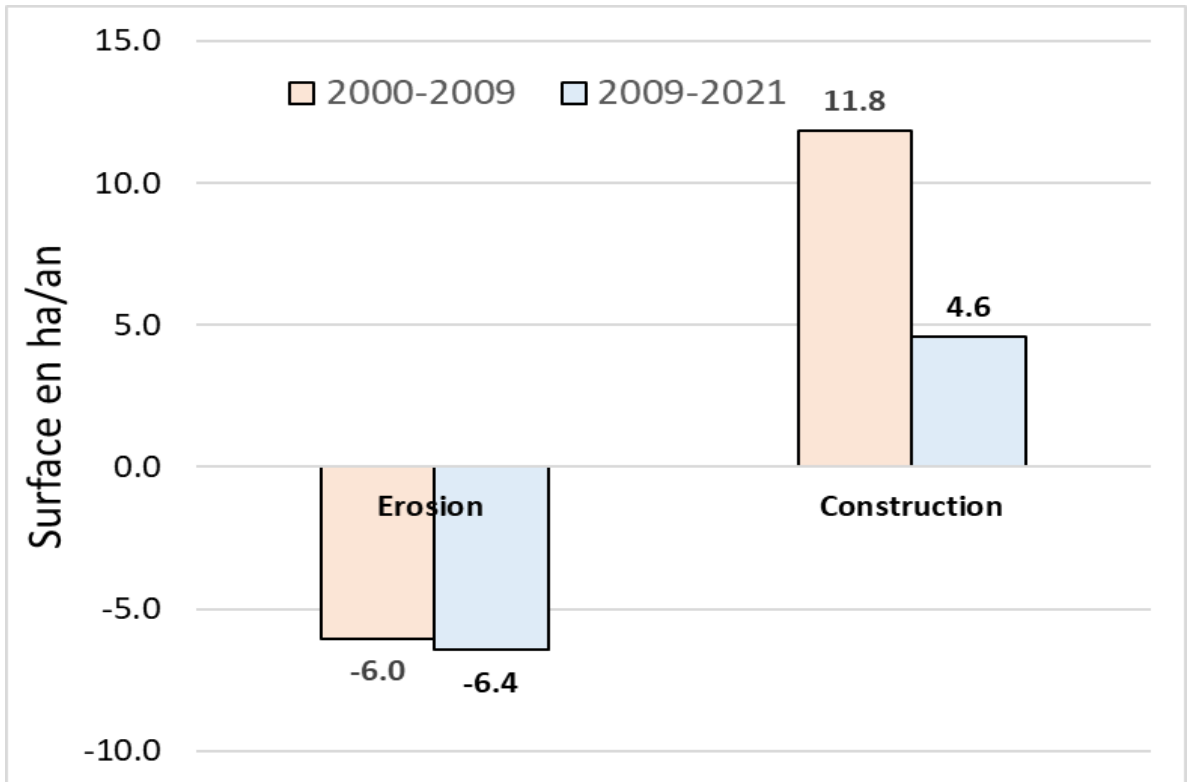


Figure 5 : Surface érodée et construite en ha/an sur l'ensemble de l'Ain dans sa basse vallée

La dynamique fluviale de l'Ain, dans sa basse vallée, a fait l'objet de plusieurs suivis par le passé, qui concernent notamment la mobilité latérale et verticale du lit. Il a été mis en avant que dans l'ensemble les surfaces érodées latéralement étaient largement inférieures aux surfaces de dépôts (Figure 5, période 2000-2009). De plus il a été montré « une rétraction de la bande active, qui est pour partie reliée à l'incision et pour partie reliée aux évolutions morphologiques de cette décennie avec les recouvrements et à l'absence de grandes crues sur cette période » (1).

Sur la période 2000-2009 (Figure 6), trois grands secteurs dynamiques sont mis en évidence. Ils présentent des surfaces construites ou érodées par DGO importantes, dépassant les 10000 m². Ces 3 secteurs s'étendent :

1. De Priay (Pk 6) à Mollon (Pk 15),
2. De Mollon (Pk 16) à sud de Mollon (Pk 18),
3. De Sud Port Galland (Pk 36) à la Confluence (Pk 41).

De plus, 2 grands secteurs de faible dynamisme sont identifiables :

1. Du Pied du seuil de Pont d'Ain (Pk 0) à Priay (Pk 7)
2. Du Pk 18 à Pk 36

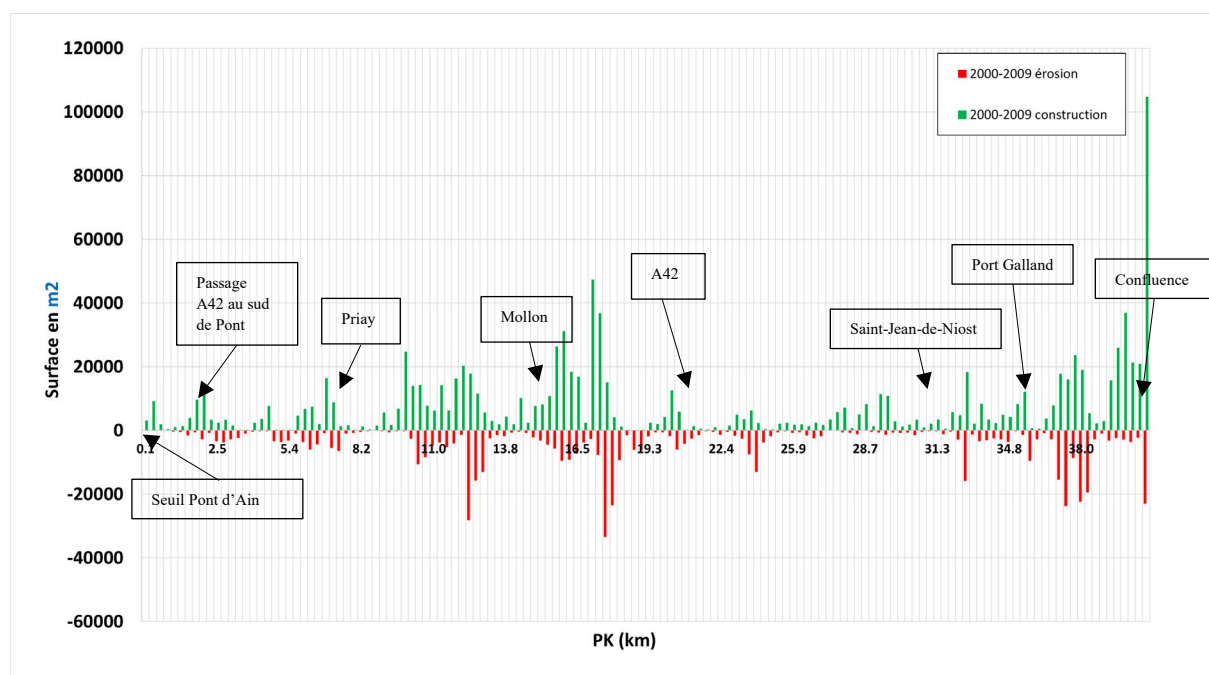


Figure 6 : Erosion et construction latérales par section de 250 m sur la rivière Ain dans sa basse vallée pour la période 2000-2009

Pour la période 2009-2021 (Figure 7) les zones dynamiques et faiblement dynamiques sont restées les mêmes par rapport à celles de la période 1999-2009. Cependant, dans l'ensemble, l'érosion est devenue supérieure à la construction. En effet la construction a fortement diminué et l'érosion a légèrement augmenté (Figure 5). La répétition des crues morphogènes entre 2018 et 2021 est la principale cause de cette légère augmentation de l'érosion des berges et les crues étant récentes, le processus de réinstallation de la végétation n'est sans doute pas encore abouti. À la confluence, la construction dominante durant la période 2000-2009 a laissé place à une érosion qui s'est accentuée avec dans le même temps une diminution de la construction. La confluence a vu sa dynamique latérale se réactiver.

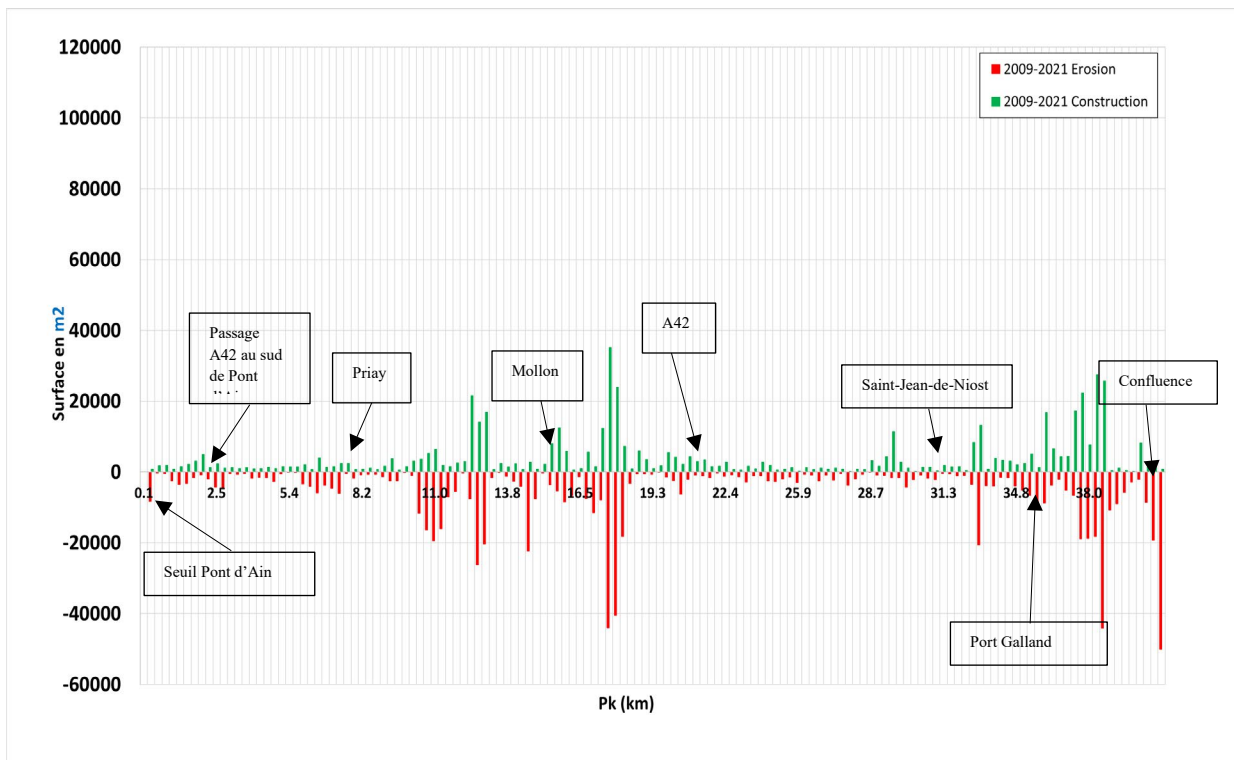


Figure 7 : Erosion et construction latérales par section de 250 m sur la rivière Ain dans sa basse vallée pour la période 2009-2021

3.4 L'évolution verticale du lit de l'Ain entre 2012 et 2021

Le profil en long (PL) de la rivière d'Ain en 2021, au regard des données de 2012, met également en rapport la ligne d'eau (en ordonnées) et la distance (en abscisses) vers l'aval depuis le pied du seuil de Pont d'Ain. Ce profil en long devait être réalisé sur tout le linéaire de la basse vallée, entre pont d'Ain et le Rhône. Du fait de la météorologie, des contraintes temporelles pour opérer le levé de la ligne d'eau, le PL de 2021 est disponible jusqu'au niveau du camping des Plages de l'Ain, à Saint Maurice-de-Gourdans, soit environ 1 km avant la confluence. Il a été complété en 2023 jusqu'au Rhône.

Ce PL permet d'observer les variations longitudinales de la pente de la ligne d'eau. La comparaison diachronique 2012-2021 offre une analyse de l'évolution verticale du lit de l'Ain. Elle traduit les processus physiques verticaux d'ajustement (érosion/dépôt dans le lit) qui témoignent du fonctionnement hydro-sédimentaire du cours d'eau.

3.4.1 Conditions de réalisation des levés topographiques

3.4.1.1 Données GNSS 2021

Pour réaliser le profil en long sur le linéaire d'intérêt et faciliter la comparaison avec le profil en long de 2012, le levé de ligne d'eau devait s'opérer pour un débit proche de **21-23 m³/s**. Il est cependant à noter que pour EDF, le débit de l'Ain, l'été, est généralement égal au débit réservé, **soit 12,3 m³/s**. Il est plus compliqué d'avoir un débit de 20 à 25 m³/s. Les raisons sont précisées ci-après :

- Même si Vouglans permet de stocker les entrants de l'Ain, les affluents à l'aval (Bienne, Oignin, etc.) arrivent sur des retenues aux capacités de stockage plus faibles et doivent donc ensuite transiter à l'aval des ouvrages gérés par EDF ;
- Les besoins énergétiques varient rapidement et EDF n'a qu'une vision à 48h *maximum* des lâchers d'eau qui sont réalisés. Si des lâchers sont réalisés en journée, ils peuvent aller jusqu'à 50 m³/s généralement sur le mois de juillet ;
- Les lâchers d'eau pour des besoins environnementaux en période estivale sont réalisés généralement de nuit, mais peuvent parfois être prolongés en journée.

Les relevés GNSS auraient dû s'organiser courant Juillet ou à la fin du mois d'Août au regard des débits souhaités et de la disponibilité des agents. A l'été 2021, l'Ain a battu un record absolu pour un mois de juillet : depuis 1960, le débit relevé n'avait jamais été aussi élevé pour ce mois. On a relevé un **débit de 927 m³/s le 16 Juillet 2021 à Pont d'Ain** pour une **hauteur instantanée maximale de 3,14 m**. Au mois d'Août, les débits ont été globalement plus faibles. Cependant leur forte variabilité hebdomadaire, voire journalière, n'a pas permis les levés de ligne d'eau aux conditions de débits souhaités.

EVS a pu profiter fin Août de baisses de débits quelques heures par jour durant quelques jours, entre fin Septembre et la mi-October 2021. Même si un point téléphonique avec EDF était fait la veille de chaque journée de terrain pour valider les débits prévisionnels, ces derniers ont pu fortement changer.

Les levés ont pu se faire sur 4 jours, aux dates et créneaux horaires suivants :

- 28 septembre 2021, entre 11H et 14H30.
- 12 octobre 2021, entre 16H et 19H.
- 13 octobre 2021, entre 11H et 18H30.
- 14 octobre 2021, entre 10H et 18H30.

Chaque jour, 3 opérateurs étaient nécessaires pour effectuer les relevés : 2 agents assuraient les déplacements en canoë et la prise de points à l'aide du mobile dGPS, une autre personne gérait la station de base (i.e son installation et son déplacement selon les besoins au cours de la journée), ainsi que les déplacements en voiture. Au total, **4 opérateurs** différents ont été nécessaires pour réaliser les relevés GNSS.

Le levé topographique de la ligne d'eau de l'Ain en 2021 a été réalisé dans des conditions de débits variant entre **12,4 à 65,9 m³/s à Chazey-sur-Ain**. Le plus souvent, les débits notés sont proches du débit d'étiage (*pour rappel* : 12,3 m³/s), excepté le 12 octobre 2021 : malgré la validation des débits, la veille, par EDF, la journée de relevés a débuté à 65,9 m³/s à 11H45 pour finir à 28,2 m³/s à 19H30. Dans la mesure où nous avons assuré des chevauchements de levés de lignes d'eau entre deux jours consécutifs, ainsi que la prise de points de calibration, l'ensemble des relevés dGPS a pu être exploité.

Pour des débits de cette importance, la hauteur d'eau varie de $\approx 0,8 \text{ cm/m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ à la station hydrologique de Chazey-sur-Ain (pk 22.3) (cf. Figure 8)- contre $1,25 \text{ cm/m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en 2012 -, et de $\approx 1 \text{ cm/m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ à Pont d'Ain (cf. Figure 9) – contre $0,8 \text{ cm/m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en 2012. La variation de hauteur d'eau due au changement de débit est au maximum de 42,8 cm.

Hauteur d'eau en fonction du débit à la Station de Chazey-sur-Ain

Période de levé de lignes d'eau

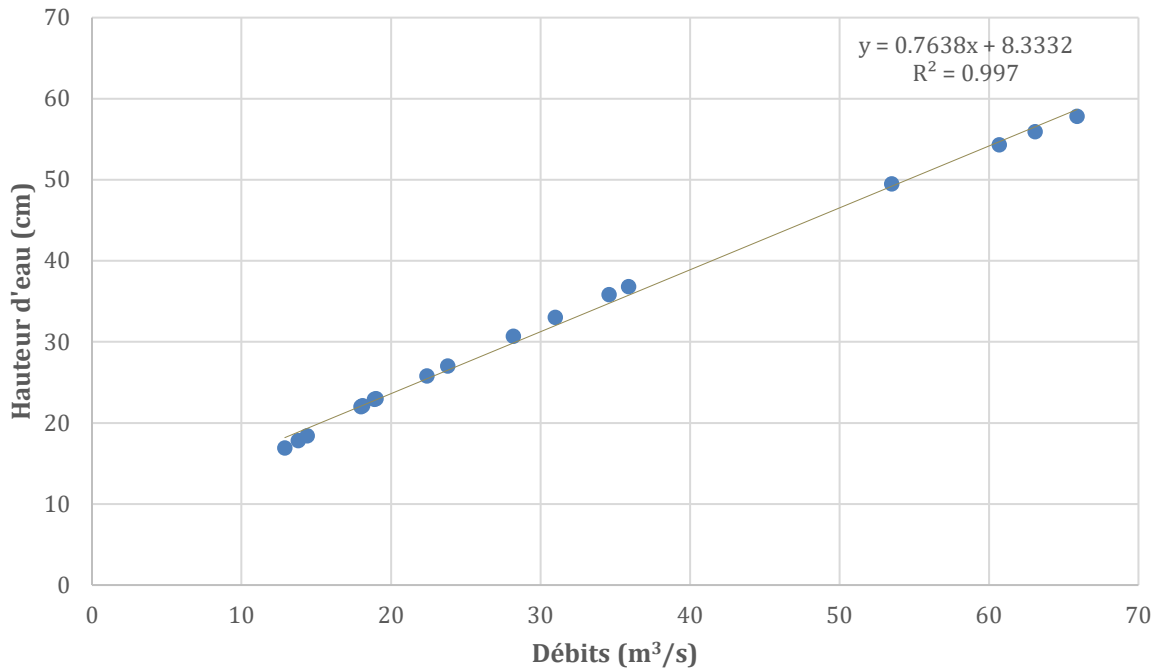


Figure 8 : Hauteur d'eau en fonction du débit à la station de Chazey-sur-Ain

Hauteur d'eau en fonction du débit à la Station de Pont-d'Ain

Période de levé de ligne d'eau

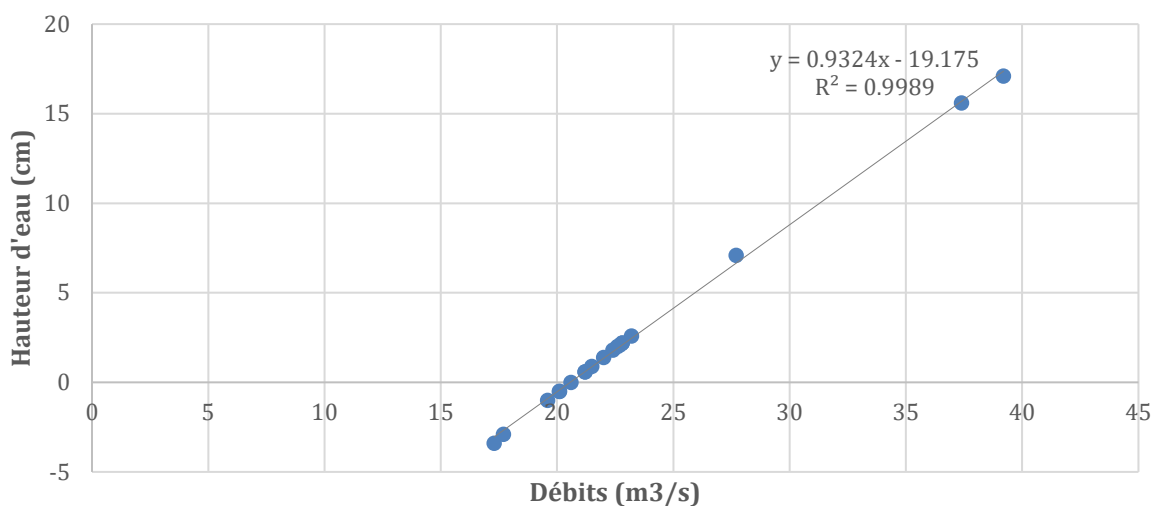


Figure 9 : Hauteur d'eau en fonction du débit à la station de Pont d'Ain.

Dans ces conditions, contrairement au travail opéré avec les données 1999-2012 où les débits étaient très proches, les hauteurs d'eau ont dû être recalculées pour un **débit équivalent de 22 m³/s** afin

de pouvoir comparer les données de 2012 avec celles de 2021 et avoir une variation de hauteur d'eau acceptable.

Pour réaliser le PL 2021, nous avons utilisé des systèmes GNSS différentiels temps réels, avec post-traitement. Le premier est le système GNSS Trimble R12 et le second est le Trimble R8. Leurs précisions planimétrique et altimétrique, annoncées par le constructeur, est de l'ordre de quelques centimètres. C'est le logiciel TBC (Trimble Business Center) qui a permis de corriger les relevés, à l'aide des stations du réseau RGP (Réseau GNSS Permanent). Contrairement au précédent travail 1999-2012 où les outils topographiques étaient différents (topofil + mire en 1999 vs. dGPS en 2022), pour cette nouvelle comparaison 2012-2021, des outils GNSS similaires (voire identiques) ont été utilisés.

La prise de points pour la PL 2021 s'est faite pour chaque changement de pente observée en surface (i.e amont et aval d'un seuil) et en plus, une prise de points en routine s'est opérée sur les plats pour valider l'homogénéité de la ligne d'eau. Nous avons levé au total 582 points GPS, dont 79 points topographiques et 503 points rapides. Les premiers sont des points de calage au cours d'une même journée de relevés ou entre deux sessions de prise de points, quand les seconds ont été utilisés pour produire le profil en long de la basse vallée de l'Ain. Sur les 503 points, 321 points ont été retenus au regard de leur précision altimétrique et planimétrique (Tableau 2). La majorité des points conservés ont des **précisions horizontales (<3 cm)** et **verticales (<5 cm)** de l'ordre de quelques cm – excepté le 14 Octobre PM où nous avons décidé de conserver un point de précisions **supérieures (de l'ordre décimétrique)** pour ne pas avoir un linéaire trop long sans point GPS.

Tableau 2 : Précisions Horizontales et Verticales, avec les valeurs Minimales, Maximales et les Moyennes, données par date.

	Préc. H			Préc. Z		
	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy
28/09/21	4 mm	14 mm	6 mm	8 mm	30 mm	12 mm
12/10/21	9 mm	15 mm	12 mm	15 mm	48 mm	21 mm
13/10/21 AM	4 mm	16 mm	5 mm	8 mm	35 mm	11 mm
13/10/21 PM	3 mm	27 mm	5 mm	7 mm	41 mm	12 mm
14/10/21 AM	4 mm	21 mm	7 mm	8 mm	40 mm	14 mm
14/10/21 PM	4 mm	109 mm	10 mm	9 mm	86 mm	17 mm

3.4.2 Traitement des données 2021

Outre les variations de débits lors des deux levés (celui de 2012 et de 2021), la précision des mesures faites au GPS différentiel (dGPS) peut affecter la comparaison des deux profils. Pour limiter cette source d'erreur potentielle, lors de la mission de 2021, des points topographiques homologues ont été enregistrés à différents moments d'une même journée de relevés ou entre deux jours consécutifs de relevés :

- le 28 septembre 2021, nous avons enregistré 3 points à 10h29, et à nouveau à 12h45. L'écart-type (qui reflète la dispersion de la mesure) planimétrique (X,Y) et altimétrique (Z) est égal respectivement à **11,7 mm** et **3,3 mm**.
- Le 12 octobre 2021, nous avons levé 3 points topographiques au début de la mission (vers 15h00) qui ont été levés à nouveau en fin de mission (vers 17H). Pour ces 3 points, nous avons un écart-type en planimétrie (X,Y) de **4,3 mm** et un écart-type altimétrique de l'ordre de **9,5 mm**.
- Le 13 octobre 2021, nous avons pu comparer 4 points levés le 12 octobre et ensuite le 13 octobre au matin. Les écarts-types sont égaux à **6,4 mm** (X,Y) et **2,6 mm** (Z). Nous avons également 3 points enregistrés le matin vers 10h10, puis vers 12h40. Les écarts-types sont de **6,4 mm** (X,Y) et **4 mm** (Z).

- Le 14 octobre 2021, nous avons enregistré 3 points, également levés la veille. L'écart-type planimétrique est de 71 mm. L'écart-type altimétrique est de 43 mm. En journée, nous avons également pu lever 3 points vers 9h00 puis à nouveau vers 11h50. L'écart-type planimétrique est estimé à 3 mm contre 2,7 mm pour l'écart-type altimétrique. Ce même travail a été fait le 14 octobre entre 14h00 et 15h15 : nous obtenons 242 mm en planimétrie (l'écart-type en X est de l'ordre de 6,4 cm contre 17,8 cm pour le Y) et 1,4 cm en altimétrie.

Globalement les écart-types sont de l'ordre de quelques millimètres, voire de la dizaine de millimètres. Nous pouvons donc considérer que pour l'essentiel des levés, l'erreur associée à la mesure est minimale (au regard des autres erreurs existantes), excepté le 14 octobre 2021. Si les dispersions de mesures plus fortes entre le 13 et le 14 octobre peuvent s'expliquer par le fait que nous n'avions pas le même dGPS les deux jours de suite (nous avons exploité un R8 et un R12 de chez Trimble ; ils n'accèdent pas aux mêmes constellations de satellites), nous notons surtout de plus fortes différences l'après-midi du dernier jour de levés. Plusieurs fois, le dGPS s'est déconnecté. Il en résulte (malgré le système xFill qui réduit les temps d'immobilisation en cas de perte du signal radio) une qualité des mesures en sortie moins bonne. Il est difficile de comprendre d'où viennent ces coupures survenues à plusieurs moments. Nous ne pouvons que faire des hypothèses :

- En fin de matinée du 14 octobre, nous constatons des relevés de mauvaise précision vers 12H15. Est-il possible que la position des satellites n'étaient pas adéquates à ce moment-là ? Le problème serait-il davantage lié à la position du mobile par rapport à la station de référence ?
- Après 17h00, nous notons plusieurs coupures régulières. Est-ce couplé à la position des satellites ? Est-ce lié à la position de la station de base par rapport au mobile ? Existe-t-il des obstacles à la propagation des ondes radio entre les rovers ? Une autre explication serait la plus grande proximité à la centrale nucléaire qui peut-être brouille notre signal radio ?

Compte-tenu des données en notre possession, nous ne pouvons pas préciser davantage l'origine des erreurs et/ou les pertes de signal constatées. Nous avons juste intégré ces erreurs et décidé de ne pas considérer les points dont la précision est jugée insuffisante. Dans la mesure où nous avons opéré le levé de beaucoup de lignes d'eau, la suppression de ces points ne devrait pas gêner la comparaison des profils sur le linéaire du 14 octobre après-midi.

Chaque point retenu (au regard de sa précision planimétrique et altimétrique) a ensuite été recalculé pour un débit équivalent de **22 m³/s** afin de pouvoir comparer les données de 2012 avec celles de 2021. Pour ce faire, nous avons utilisé la droite d'équation $y = 0,8x + 8,3$. Cette dernière nous a permis d'ajuster l'altitude de nos points GPS dans le cadre du système altimétrique NGF-IGN69 (grâce à la surface de conversion RAF20, adaptée à la France métropolitaine).

Pour permettre un ajustement optimal encore plus précis que ce que peut nous offrir la droite de régression et compte tenu du fait que nous avons toujours un linéaire de chevauchement entre deux jours consécutifs de relevés, nous avons pu procéder entre deux jours de relevés à des ajustements plus fins qui permettent d'extraire une ligne d'eau sans rupture brutale qui n'existerait pas dans la réalité.

Les données ponctuelles corrigées ont alors été importées dans le logiciel SIG, puis projetées sur l'axe médian du chenal. Ce dernier a été digitalisé sur des images de la BD ORTHO de 2021, qui date du 11 Août 2021 (entre 15H24 et 15H46) pour le tronçon considéré. Chaque point est ainsi renseigné par des valeurs d'élévation recalculées et de distance (le 0 correspondant au haut du seuil de Pont d'Ain). A titre d'information, le débit instantané était de **66,1 m³/s** lors de la prise de vues de 2021. Nous ne sommes pas à un débit d'étiage, ni au débit d'intérêt autour de 21-23 m³/s. Nous sommes proche du débit le plus important auquel nous avons opéré des relevés GNSS (i.e 65,9 m³/s).

Pour projeter les points GNSS de 2021 sur l'axe médian du chenal de 2021, nous avons opéré en 2 temps :

- projection orthogonale de chaque point levé au dGNSS sur l'axe médian du chenal de 2021,
- calcul de la distance de chacun des points projetés sur l'axe médian du chenal à partir du pied du seuil. Extraction de leurs coordonnées.

3.4.3 Traitements des données 2021/23

Le 14 septembre 2023, une nouvelle campagne de mesures GNSS de la ligne d'eau a été réalisée afin de compléter la section de Port Galland à la confluence avec le Rhône. En effet les relevés GNSS dans ce secteur de la campagne 2021 étaient erronés.

Le jour des mesures de la ligne d'eau, le débit mesuré en début d'après midi par la Compagnie Nationale du Rhône était de 21,7 m³/s au niveau du pont de Part Galland. Etant donné que les mesures GNSS de la ligne d'eau sont corrigées en fonction d'un débit de référence de 22 m³/s, nous gardons les mesures GNSS de la ligne d'eau de 2023 comme telles. Comme il n'y a pas eu de crue morphogène depuis août 2021, nous considérons que la section entre Port Galland et la confluence avec le Rhône, n'a pas connu de changement morphologique notable. Nous considérons donc les mesures de ligne d'eau de 2023 comme représentatives de 2021.

Ci-dessous vous trouverez les graphiques de variation d'altitude de la ligne d'eau en 1999, 2012 et en 2023 de la basse vallée de l'Ain, depuis le seuil de pont d'Ain à la confluence avec le Rhône. Toutes les lignes d'eau ont été projetées sur l'axe médian de 2012. Voir la Figure 10, Figure 11, Figure 12, Figure 13, Figure 14, Figure 15. L'analyse des différentes lignes d'eau a lieu à travers les Figure 17 et Figure 16.

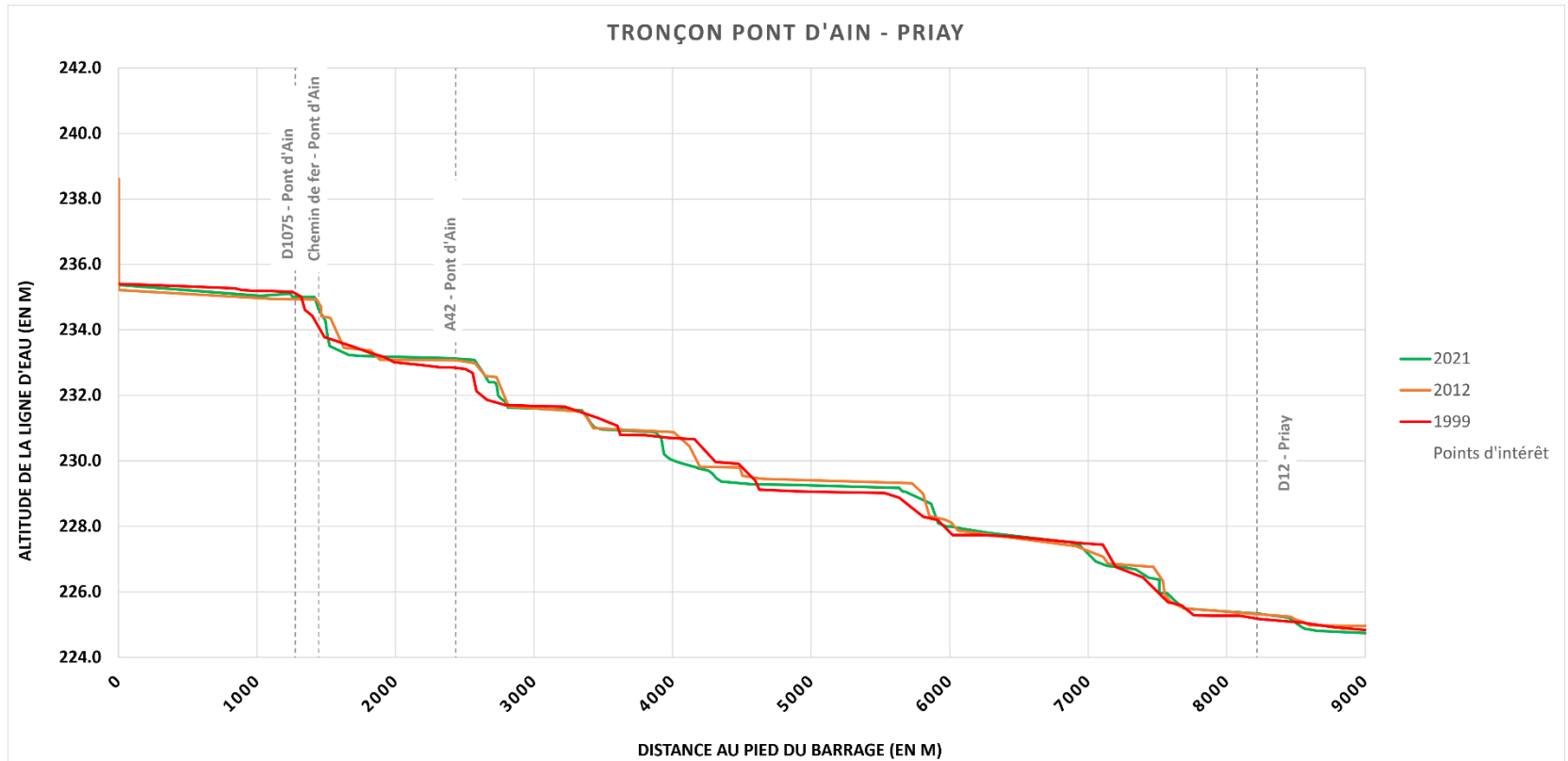


Figure 10 : Altitude de la ligne d'eau tronçon pont d'Ain Priay en 1999 , 2012 et 2021

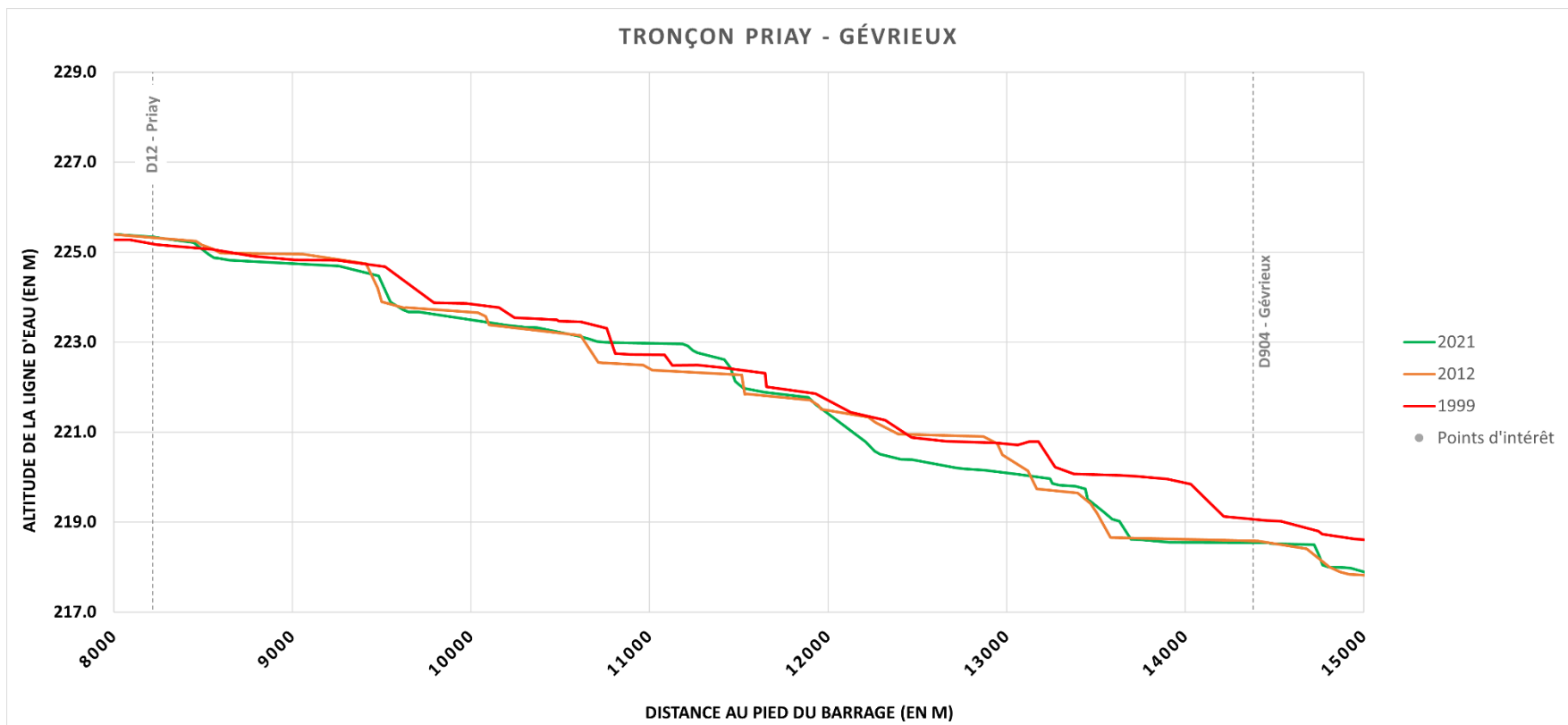


Figure 11 : Altitude de la ligne d'eau tronçon Priay Gévrieux en 1999, 2012 et 2021

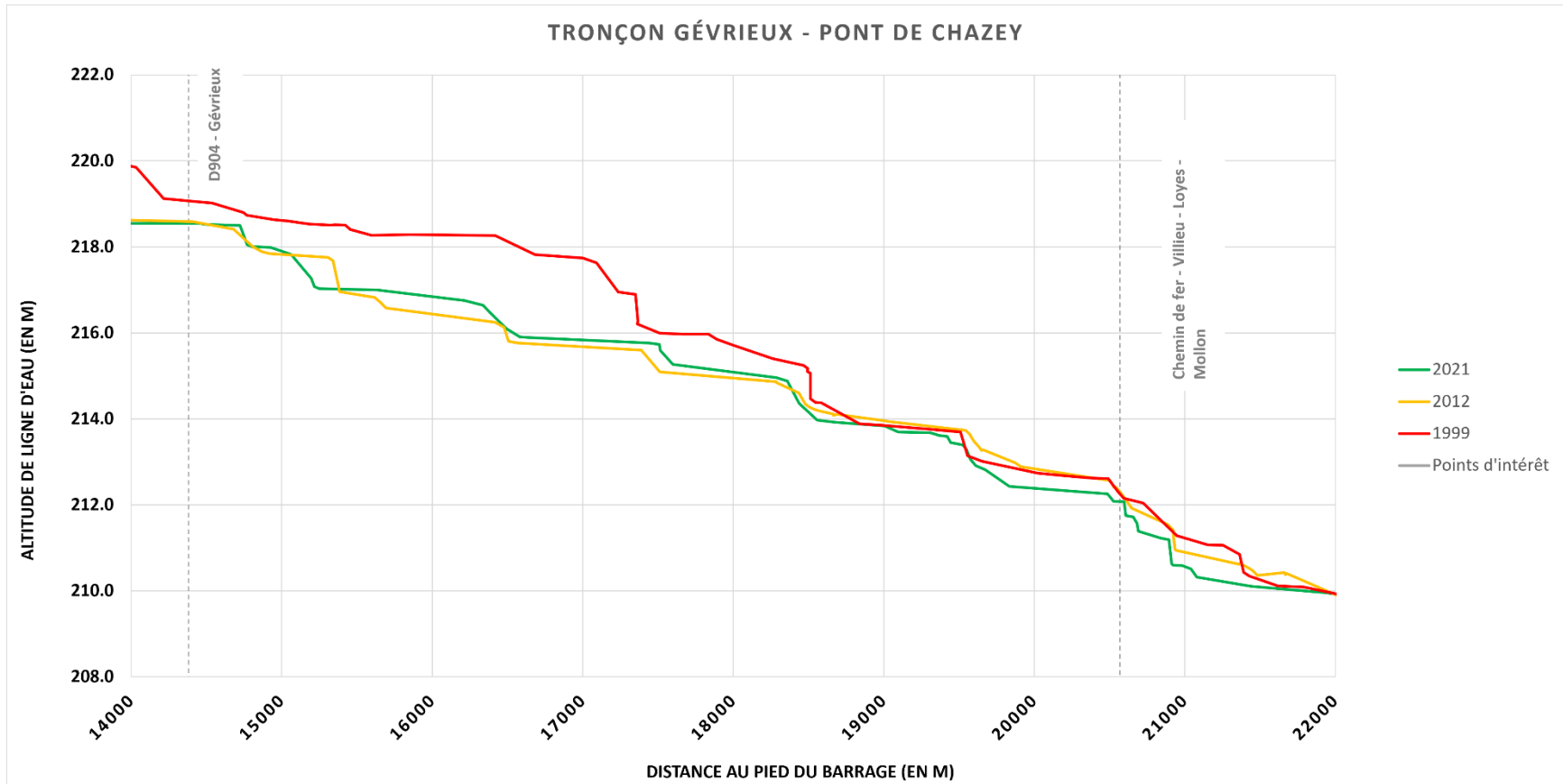


Figure 12 : Altitude de la ligne d'eau tronçon Gévrieux-Pont de Chazey en 1999, 2012 et 2021

TRONÇON PONT DE CHAZEY - BLYES

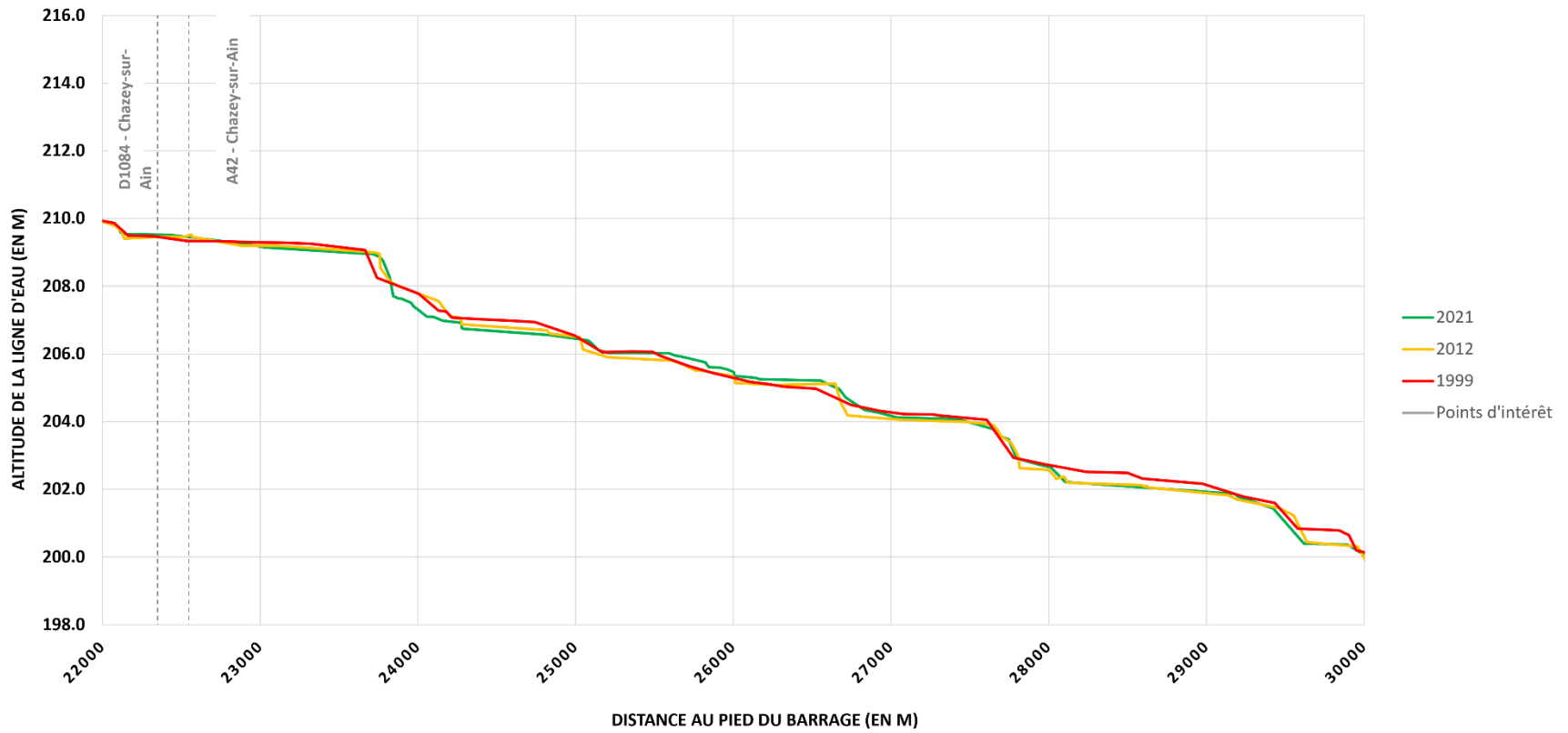


Figure 13 : Altitude de la ligne d'eau tronçon Chazey-Blyes en 1999, 2012 et 2021

TRONCON BLYES - PORT GALLAND

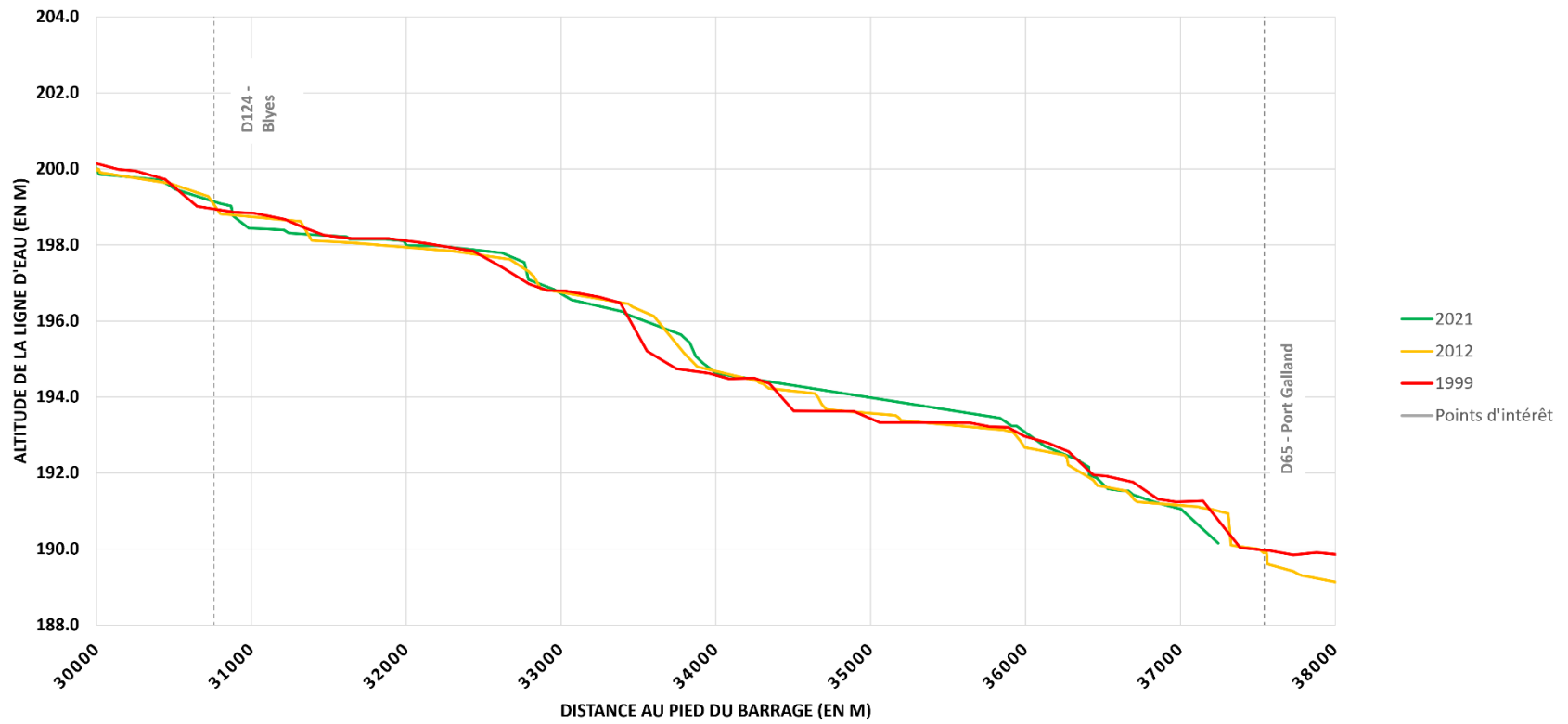


Figure 14 : Altitude de la ligne d'eau tronçon Blyes-Port Galland en 1999, 2012 et 2021

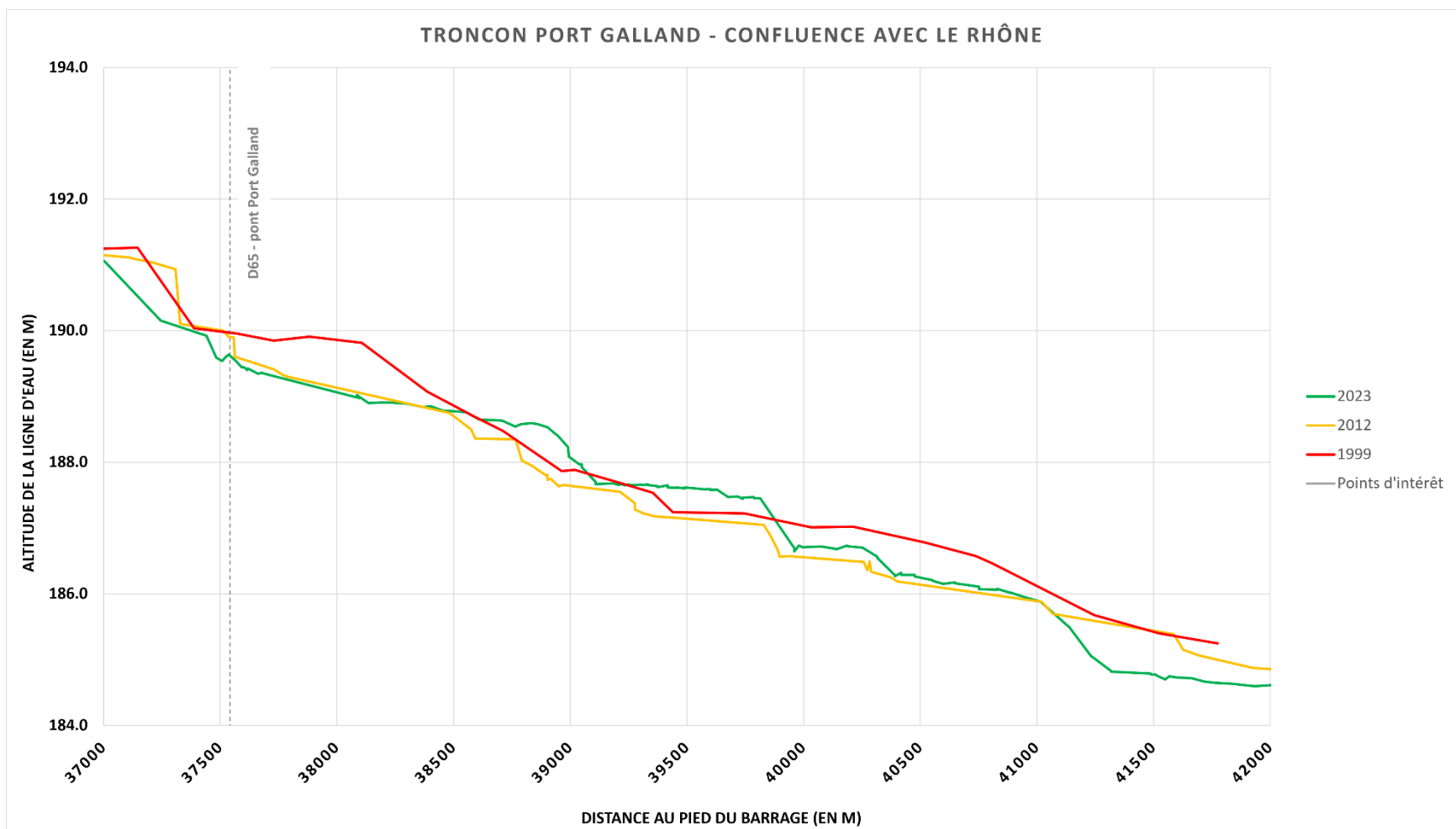


Figure 15 : Altitude de la ligne d'eau tronçon Port Galland-Confluence avec le Rhône en 1999, 2012 et 2021

3.4.4 Evolution verticale de l'Ain pour les périodes 1999-2012 et 2012-2021

Tout d'abord, la ligne d'eau pour la campagne de 2021 a été corrigée en fonction du débit de référence (partie 3.4.2). Elle a été levée du seuil de pont d'Ain jusqu'au pont routier de port Galland. La partie manquante entre Port Galland et la confluence avec le Rhône a été levée en septembre 2023. Aucune correction n'a été appliquée à ces données, qui ont été prises au débit de référence pour nos comparaisons.

Afin de comparer les évolution de hauteurs d'eau entre les périodes 1999-2012 et 2012-2021, les mesures de hauteur d'eau de 1999 et 2012 entre Pont d'Ain et la confluence avec le Rhône ont été reprojctées sur l'axe médian de la bande active de 2012. Dans le dernier rapport la bande active de 2012 n'ayant pas été faite l'axe médian de 2009 a fait office d'axe médian pour la projection des données de 1999 et 2012. Celles de 2012 et 2021 ont été reprojctées sur l'axe médian de 2012 afin de pouvoir comparer ce qui a été fait dans le dernier rapport. Pour ce faire, l'outil dans QGIS « Accrocher les géométries à la couche » a été utilisé. Les nouvelles coordonnées des points après projection ont été calculées.

Ensuite grâce à un code en langage R nous avons calculé la distance réseau entre les points. C'est-à-dire la distance calculée le long de l'axe médian.

Ensuite, une fois les points reprojctés et la distance réseau calculée entre les points, une interpolation entre les points a permis de densifier le nombre de points et d'avoir ainsi l'altitude des points mesurés plus des points entre ceux-ci. Ce code nous a permis également de faire la différence d'altitude entre les points : 2012 moins 1999 et 2021 moins 2012. Cette interpolation a été faite avec le package Riverbed de R développé à EVS par Lise Vaudor.

Enfin, pour chaque point nous avons sa distance sur l'axe médian par rapport au point 0 qui est au pied du seuil de pont d'Ain. Nous avons donc créé une série de points kilométriques (PK) depuis le seuil de Pont d'Ain jusqu'à la confluence.

Les incertitudes absolues de mesures de l'altitude des points de ligne d'eau en vertical avec un GNSS R8 ou R12 sont d'environ 5 cm. Le calcul de la variation de hauteur d'eau de deux lignes d'eau amène à une incertitude absolue de 5 plus 5 cm, soit plus ou moins 10 cm pour chaque valeur de variation de hauteur d'eau entre deux dates. On a considéré alors que la différence d'altitude de ligne d'eau est significative si elle est au-dessus de cette valeur absolue d'incertitude de 10 cm (bandeau rose sur la Figure 17). Ainsi toute différence comprise dans cet intervalle n'est pas considérée comme significative.

Entre Pont d'Ain et la confluence de la rivière Ain avec le Rhône, la distance longitudinale deux axes médians de 2012 et 2021 est d'environ 41 km.

D'après la Figure 17, qui montre l'évolution ponctuelle des variations d'altitude de la ligne d'eau entre 1999-2012 et 2012-2021, il a été possible de mettre en évidence de façon précise à quelques mètres près là où il y a eu un exhaussement (différence positive), une incision (différence négative), ou une stabilité

altimétrique (différence proche de 0) des lignes d'eau. La Figure 16 vient compléter la Figure 17 en apportant une valeur moyenne de variation d'altitude sur des tranches de 500 m de linéaire.

Entre 1999 et 2012, de l'aval du seuil de Pont d'Ain (Pk = 0) à Priay le secteur a connu un léger exhaussement de la ligne d'eau (entre 0 et 0.5 mètres (Figure 16)) avec quelques zones mineures d'incision. Sur le même tronçon, entre 2012 et 2021, l'altitude de la ligne d'eau est en légère diminution. Une légère incision de la ligne d'eau de l'Ain semble s'observer malgré les réinjections successives dans ce secteur (Tableau 3, Figure 9). Il semblerait qu'une partie des sédiments de cette section ait migré entre Priay et l'aval de Mollon. En effet, sur ce secteur pour la période 1999-2012 l'altitude de la ligne d'eau avait fortement diminué (entre 0.2 et 1.7 mètres (Figure 16)) mais a ensuite légèrement augmenté ou s'est stabilisée sur la période 2012-2021. C'est sans doute le résultat le plus spectaculaire et le plus encourageant de ce nouveau suivi qui démontre le succès des recharges. Les réinjections de sédiments successives entre 2013 et 2018 ont sans doute comblé le déficit en sédiments (Tableau 3) observé dans cette zone. En effet les sédiments se sont probablement déplacés de l'amont vers cette section au cours des années expliquant aujourd'hui un exhaussement du lit. L'apport de sédiments en amont du site d'étude a très probablement permis de stabiliser l'incision prononcée entre Priay et Mollon. On devrait s'attendre à sa propagation progressive vers l'aval dans les années qui viennent.

La forte incision entre 1999 et 2012 observée au niveau du secteur de Mollon est à mettre en relation avec une dynamique latérale très forte entre 2005 et 2012 avec deux recoupements de méandres, un à l'amont direct de Mollon et un plus au sud de ce secteur qui ont induit des ajustements verticaux de la géométrie. Entre 2012 et 2021, un exhaussement au niveau des regroupements de méandres est observé. Plusieurs grands bancs de galets sont apparus, signe d'une augmentation des dépôts sédimentaires.

Entre le passage de l'A42 et Saint-Jean-de-Niost, la ligne d'eau a connu une faible incision sur la période 1999-2012 (entre 0 et 0.5 mètres, Figure 17 et Figure 16) qui s'est presque estompée entre 2012 et 2021. Cette partie de la rivière semble s'être stabilisée, bénéficiant des apports sédimentaires en amont. Entre Saint-Jean-de-Niost et Port Galland sur les deux périodes 1999-2012 et 2012-2021 les variations d'altitudes sont similaires avec un léger exhaussement sur la partie centrale de cette section (plus prononcée en deuxième période) résultant du développement en cours de la courbe du chenal. Au niveau de Port Galland une incision assez forte a eu lieu entre 1999 et 2012, se propageant depuis l'aval (entre 0.15 et 0.8 mètre (Figure 16)) à la suite de la fixation du chenal au droit du stade R. Perrin, l'incision dans ce secteur n'est plus observée entre 2012 et 2021 malgré un approfondissement local du lit au niveau du pont. En aval de Port Galland entre 2012 et 2021, un exhaussement de la ligne d'eau est cette fois observé là où on observait une forte incision lors de la période précédente (50 cm en moyenne aujourd'hui).

Le fond du lit s'est globalement exhaussé sauf au niveau de la confluence où la ligne d'eau a continué à diminuer. Cet exhaussement atténue l'incision observée antérieurement et s'explique d'une part par les apports amont (Tableau 3) et d'autre part par le développement d'une courbe importante à l'aval du pont de Port Galland qui favorise le dépôt.

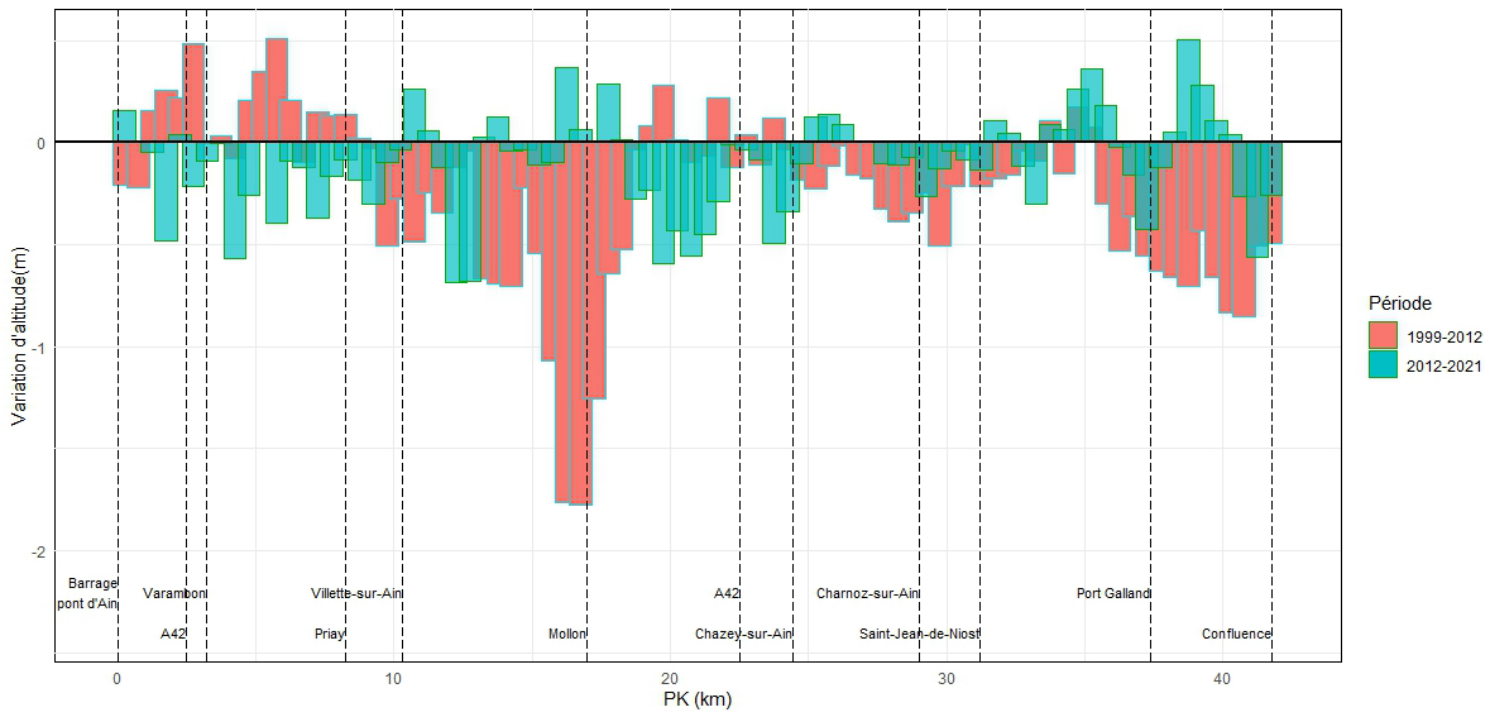


Figure 17 : Différence d'altitude moyenne par section de 500 mètres de la ligne d'eau le long de l'axe médian de l'Ain de 2012 entre la période 1999-2012 et 2012-2021. Ce lissage des valeurs sur 500 m permet de ressortir de façon quantitative les variations d'altitudes de la ligne d'eau entre ces deux périodes.

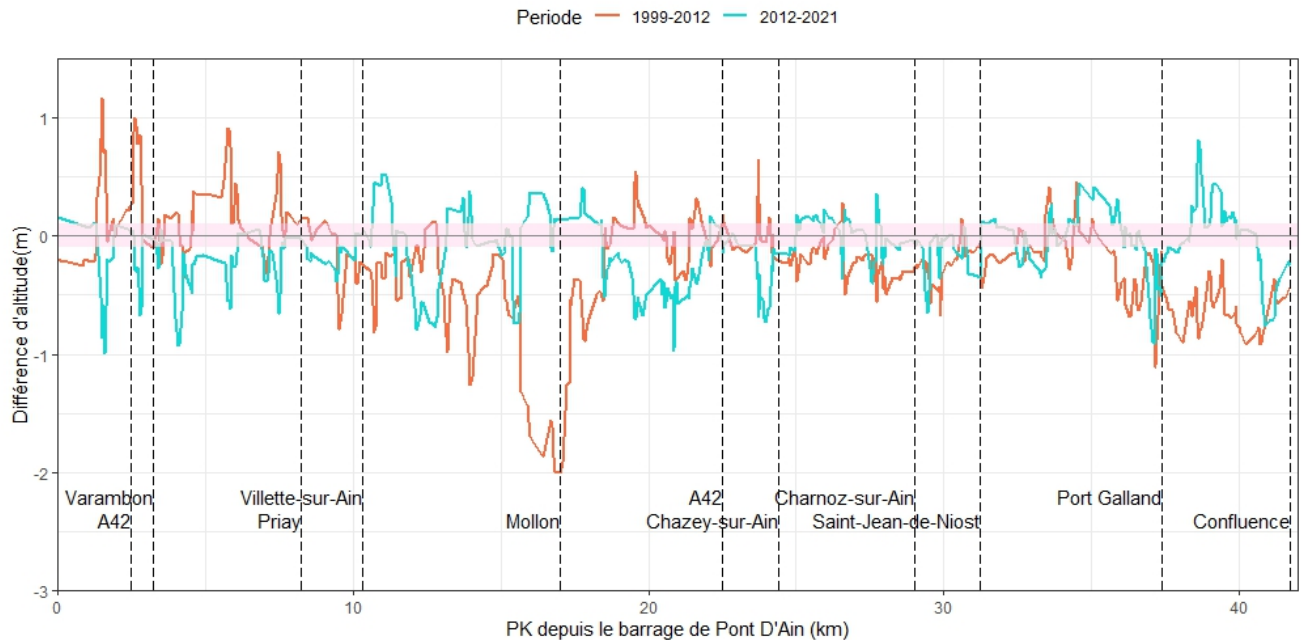


Figure 16 : Différence d'altitude de la ligne d'eau le long de l'axe médian de l'Ain entre la période 1999-2012 et 2012-2021 (axe médian de 2012).

4 Preconisations recharges sédimentaires

Anne Julia Rollet dans sa thèse avait défini le déficit sédimentaire dans la basse vallée de l'Ain entre 10 000 à 15 000 m³.an⁻¹. Elle avait évalué que : « la réintroduction annuelle de 10 000 m³.an⁻¹ serait peut être suffisante pour freiner la progression du déficit sédimentaire, sans pour autant générer au droit des secteurs de recharge, des risques d'inondation. ».

Pour combler le déficit sédimentaire de la basse vallée de l'Ain, documenté dans la thèse d'Anne-Julia Rollet (2007), les élus du territoire et du SR3A se sont fortement mobilisés entre 2005 et 2006, dans le cadre du projet Européen LIFE Nature, via la remobilisation de matériaux issus de lônes restaurées au sud de Pont-d'Ain. Ces travaux ont permis de remobiliser près de 18 000 m³ de sédiments au niveau de la lône de Bellegarde, 3 660 m³ de sédiments au niveau de la lône des Carronnières et 25 800 m³ pour la lône des bateaux (Annexe 2). Ils ont continué à s'investir entre 2007 et 2022 via d'autres initiatives et opportunités mais les volumes injectés étaient moins importants (Tableau 3).

Depuis 2005, près de 110 000 m³ de sédiments ont été repris par la rivière, ces sédiments provenant du recreusement de lônes ou bien de transferts de sédiments du lit de l'Albarine au niveau du pont de Gévrioux (Tableau 3, Annexe 3). Les volumes rechargés entre 2005 et 2012 représentent 78 % de la recharge totale, soit environ 12 200 m³.an⁻¹, et 22 % pour la période 2013-2022, soit environ 2 700 m³.an⁻¹ (Figure 18). V. Benacchio, avait souligné dans son rapport de 2013 que les volumes injectés de 2005 à 2012 ont eu des effets visibles sur le profil en long de l'Ain avec une charge sédimentaire qui « a bien été reprise et que de nouveaux bancs se sont créés, indiquant une redynamisation de la rivière », la zone d'incision observée à l'amont de Mollon n'étant qu'un phénomène local associé au recoupement du chenal (Figure 16, Figure 17).

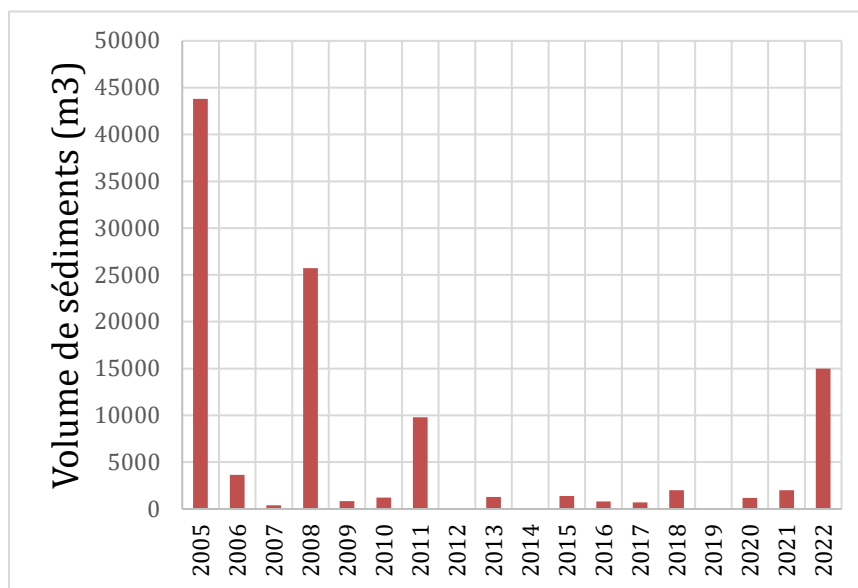


Figure 18 : Volumes de sédiments remobilisés ou transférés, d'après le SR3A, 2023

Les résultats de la figure 17 montrent clairement que la charge de fond du lit injectée au cours de la période 2005-2012 a été transférée vers l'aval contribuant à une stabilisation du lit notamment au niveau de Mollon.. Ceci est en accord avec le fait que les plus gros volumes de sédiments remobilisés l'ont été avant 2012. La comparaison des lignes d'eau entre 2012 et 2021 à l'amont de Villette-sur-Ain (Figure 17) indique une légère incision qui est sans doute associée au fait que les recharges depuis 2012 sont moins importantes qu'au cours de la décennie antérieure et de fait en deça des 10000 m³.an⁻¹ préconisés. L'évolution observée au cours des 20 dernières années confirme ainsi que les 10000 m³.an⁻¹ préconisés sont un bon ordre de grandeur de l'effort nécessaire pour maintenir **une charge de fond suffisante et donc un équilibre sédimentaire**.

D'après le SR3A, aucune injection de sédiment n'est prévue pour les années à venir. Si tel est le cas et ce après une décennie durant laquelle la recharge a sans doute déjà été insuffisante vu la réponse du chenal, ceci pourrait rapidement provoquer une incision de la partie amont de la basse vallée de l'Ain, une diminution de la dynamique latérale de la rivière et anéantir tous les efforts de réinjection engagés, alors que les résultats étaient clairement visibles en 2012.

Tableau 3 : Volumes de sédiments en m³ injectés dans la basse vallée de l'Ain depuis 2005, d'après le SR3A, 2023

Année	Action	Volumes réintroduits (m ³)	Secteur de réintroduction (Commune)
2005	Restauration lône des bateaux	25800	Confluence (St Maurice de Gourdans)
	Restauration lône de Bellegarde	18000	Bellegarde (Priay)
2006	Restauration lône des Carronières	3660	Carronières (Varambon)
2007	Transfert Albarine	400	Peuplier couché (Ambronay)
2008	Restauration Lône de terre soldat	25000	Terre soldat (Priay)
	Transfert Albarine	740	Peuplier couché (Ambronay)
2009	Transfert Albarine	830	Peuplier couché (Ambronay)
2010	Restauration lône des petits peupliers	480	Bublanne (Chatillon-la-Palud)
2010	Transfert Albarine	750	Peuplier couché (Ambronay)
2011	Restauration lône des champagnes	980	Bellegarde (Priay)
	Restauration lône Pizerat	8830	Bellegarde (Priay)
2013	Transfert Albarine	1300	Peuplier couché (Ambronay)
2015	Transfert Albarine	1400	Peuplier couché (Ambronay)
2016	Transfert Albarine	800	Peuplier couché (Ambronay)

2017	Transfert Albarine	700	Peuplier couché (<i>Ambronay</i>)
2018	Transfert Albarine. Aval immédiat pont SNCF, rive droite	1500	Pont d'Ain
2018	Transfert Albarine. Env. 2 km en amont de la confluence avec l'Ain	500	Druillat (Suran)
2020	Transfert Albarine. Aval immédiat pont SNCF, rive droite	1200	Pont d'Ain
2021	Transfert Albarine. Aval immédiat pont SNCF, rive droite	2000	Pont d'Ain
Oct. 2022		15 000	Varambon
TOTAL Basse vallée		109 870 m³	

5 Analyse et recommandations pour les zones prioritaires

A la suite d'échanges avec le SR3A, dix zones prioritaires ont fait l'objet d'une attention particulière et d'une analyse cartographique des évolutions latérales des zones érodées et construites entre 2009 et 2021. Afin de mettre à jour les évolutions de la période 2009-2021, nous avons comparé les évolutions latérales des bandes actives en superposant les bandes actives digitalisées et classifiées entre 2000 et 2021, chaque année de bande active possède une couleur : du rouge au vert du plus ancien au plus récent respectivement. Les bandes actives digitalisées sont celles de 2000, 2005, 2009 et 2021. Les bandes actives issues d'une classification spectrale sont celles de 2012, 2015 et 2018. Ainsi une emprise pour ces sept années est disponible.

Les emprises digitalisées sont utilisées en priorité car elles présentent des contours plus homogènes. Les emprises classifiées peuvent cependant apporter une information complémentaire à la compréhension des évolutions. Toutes les emprises sont superposées sur chaque zone prioritaire sur un fond de carte *OpenStreetMap*.

Les principales observations formulées dans le rapport de 2013 sont rappelées pour chacun des secteurs d'intérêt.

5.1 Secteur 1 : A pont d'Ain entre le pont de l'autoroute et le pont de la voie SNCF

Eléments du précédent rapport : Dans cette zone, la digue de la Morette représente de forts enjeux de suivi étant donné qu'elle a été créée pour stabiliser la berge.

L'observation des bandes actives sur ce secteur montre qu'entre 2000 et 2021 la berge est stable (Figure 19).

Pour la rive gauche, on constate qu'entre 2000 et 2005 la berge enregistre une légère érosion mais elle se stabilise ensuite après 2005.

L'observation des bandes actives digitalisées indique que la rive gauche et la rive droite semblent être restées stables entre 2000 et 2021 malgré quelques érosions et dépôts localisés (Figure 19).

J. Godfroy (2023) observe entre 2015 et 2022 quelques évolutions dans le lit proprement dit, avec notamment en rive gauche une sédimentation récente (Figure 20). Au contraire dans le lit en rive droite un léger approfondissement est observé. Au niveau de la courbe de Varambon, en rive gauche un approfondissement est observé (Figure 20). Ceci confirme les comparaisons des lignes d'eau effectuées antérieurement.

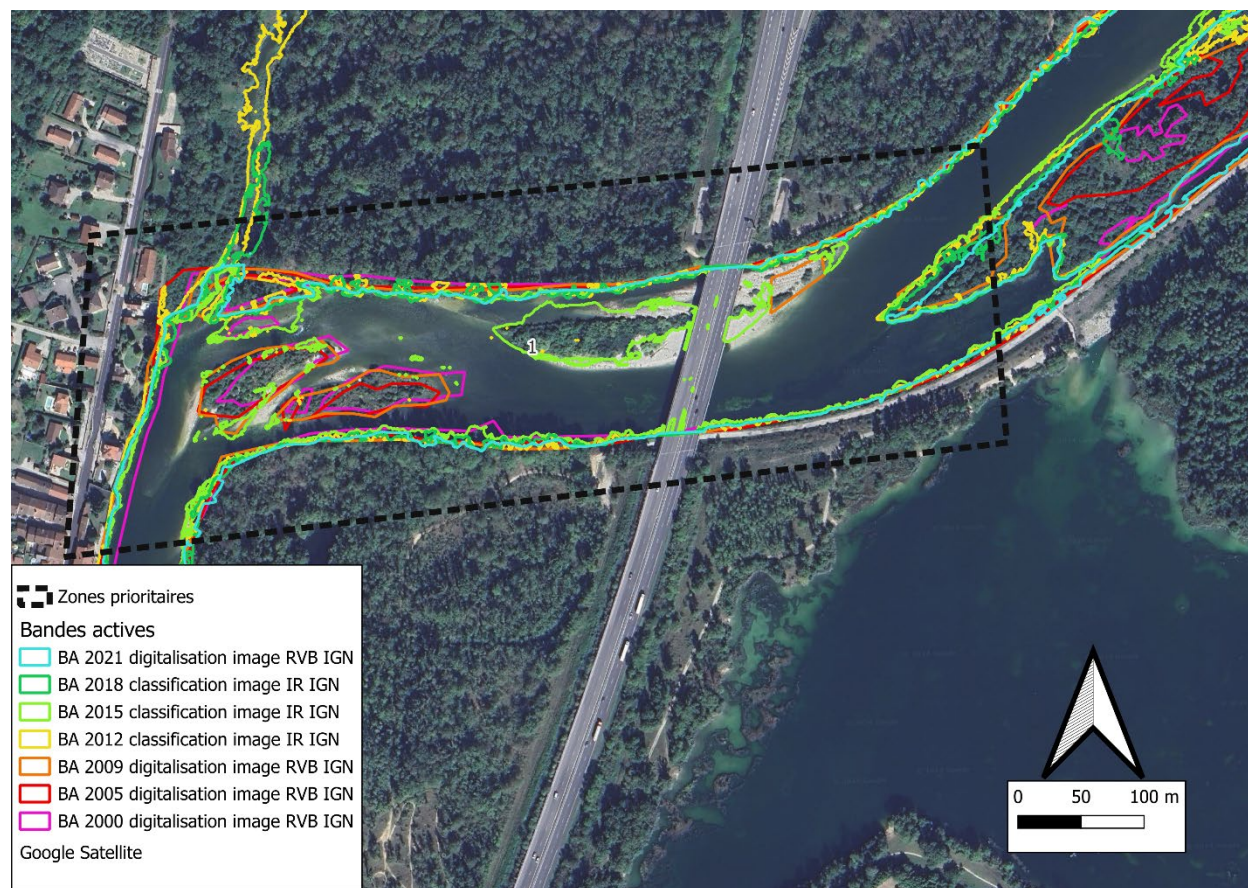


Figure 19 : Evolution de l'emprise des différentes bandes actives entre 2000 et 2021 pour le secteur 1

Tronçon 1

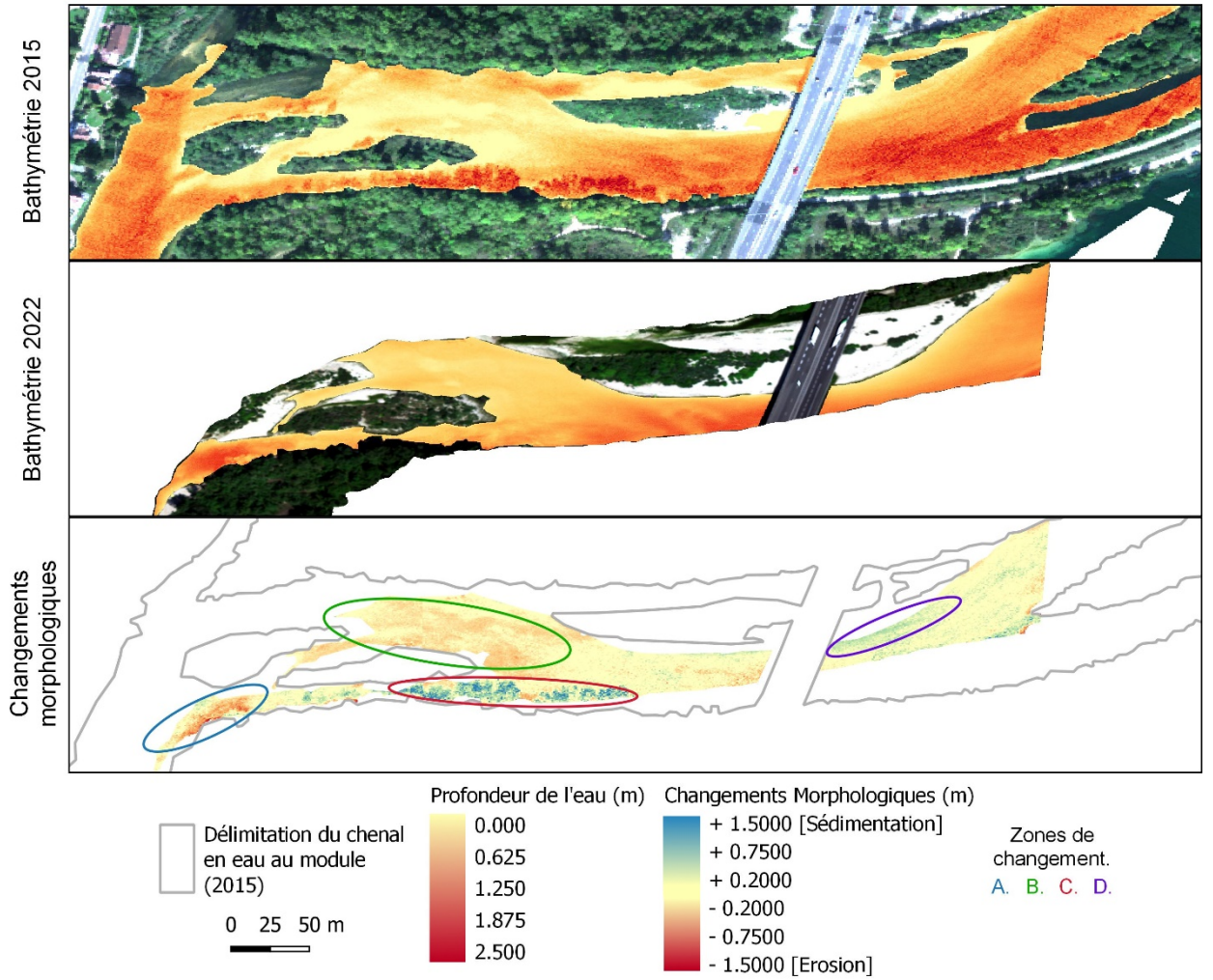


Figure 20 : Bathymétrie restituée sur le Tronçon 1 en 2015 et en 2022 et changements morphologiques associés. Outre des erreurs résultant de l'ombrage de la végétation, on constate une légère tendance à l'incision du chenal (J.Godfroy,2023)

5.2 Secteur 2 : Entre Bellegarde et Vorgey

Éléments du précédent rapport : Ce secteur est une zone de réinjection de galets issus des travaux de restauration de lônes. Dans le rapport de 2013, il est indiqué que les sédiments ont bien été repris et que cet apport a eu un effet sensible pour stabiliser la ligne d'eau. La dynamique des sédiments est confortée par l'absence de végétalisation des bancs de galets.

D'après la Figure 21 :

La rive droite de l'Ain dans ce secteur a connu entre 2005 et 2009 une importante construction de berge vers l'Est de plus de 20 à 40 mètres puis s'est stabilisée après 2009 pour rester globalement stable entre 2009 et 2021.

La berge de rive gauche de l'Ain a connu dans ce secteur une forte érosion entre 2000 et 2005 avec un recul de 15 à 20 mètres. Entre 2005 et 2021 la berge de rive gauche a continué à s'éroder mais plus lentement avec un recul de 5 à 20 mètres entre 2005 et 2021, soit 60 à 120 cm/an alors même qu'entre 2018 et 2021 la période était à forte hydraulicité. En rive gauche les champs agricoles, la route en terre perpendiculaire à l'écoulement de la rivière et les zones de forêts pourraient être menacés si cette tendance se poursuit. Comme le montre la Figure 22, J.Godfroy a souligné qu'en aval immédiat du secteur 2 il y a une incision du lit en rive gauche et un atterrissement en rive droite entre 2015 et 2022 (3). Ces observations confirment un déplacement progressif du lit vers la rive gauche avec un ajustement des formes du lit.

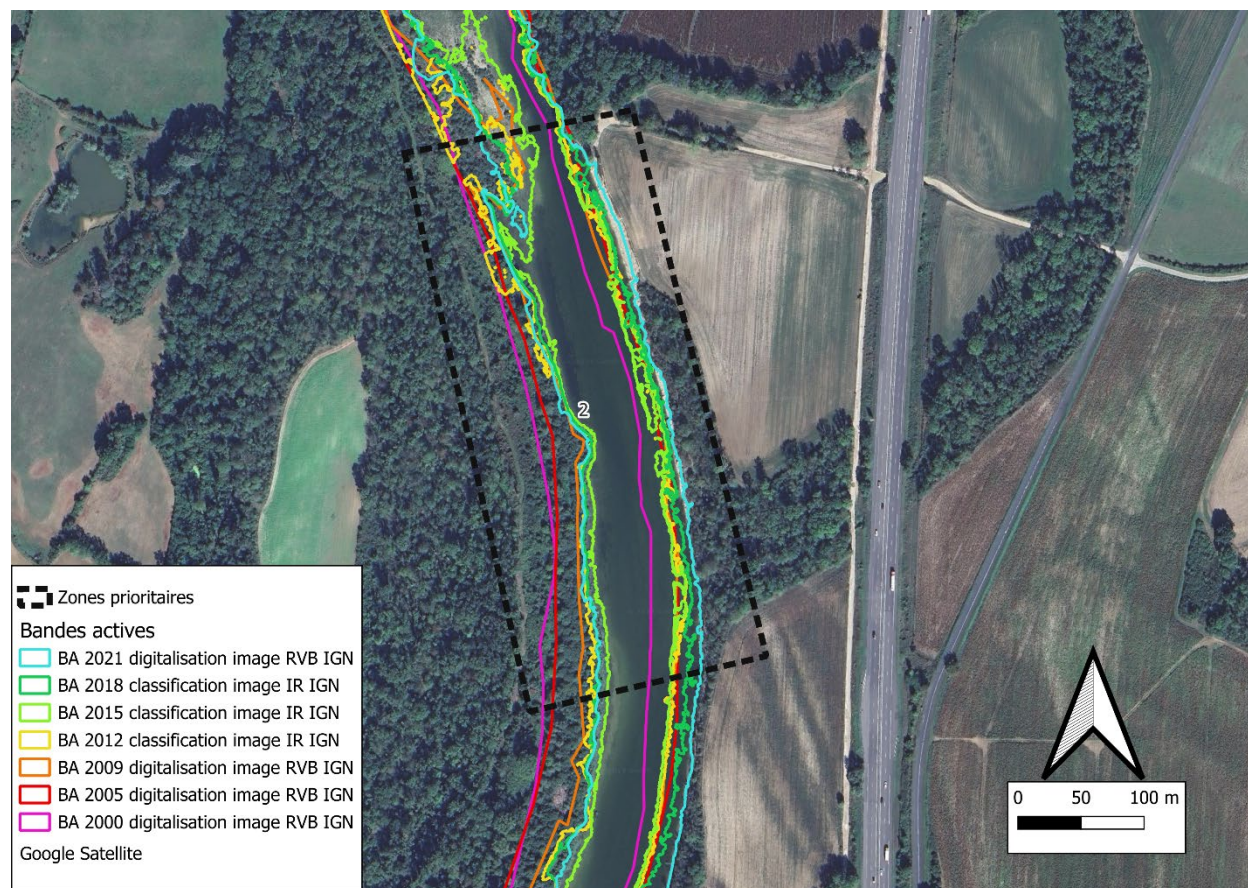


Figure 21 : Evolution de l'emprise des différentes bandes actives entre 2000 et 2021 pour le secteur 2

Nous recommandons de continuer à suivre l'évolution du lit dans ce secteur, l'érosion semblant se ralentir et sans doute se propager plus à l'aval au fur et à mesure du développement de la courbe.

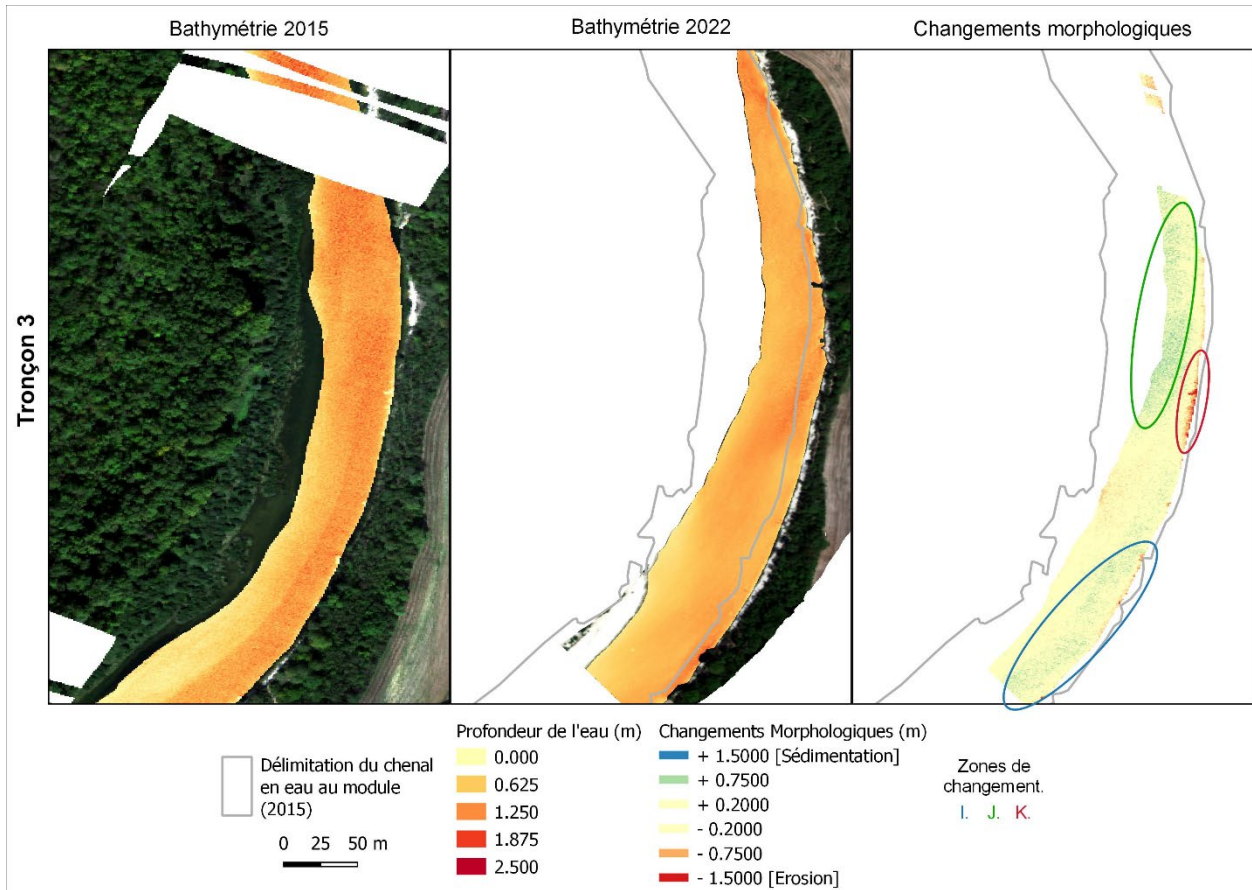


Figure 22 : Bathymétrie restituée sur le Tronçon 3 en 2015 et en 2022 et changements morphologiques associés. Les changements morphologiques constatés semblent être liés à l'érosion de la berge en rive gauche, qui a conduit à un élargissement du chenal (J.Godfroy,2023)

5.3 Secteur 3 : Au niveau de la décharge de Villette-sur-Ain

Eléments du précédent rapport :

« Ce secteur n'avait pas été identifié par le SIVU comme un secteur à problème lors de la visite de janvier. L'analyse planimétrique et une visite de terrain effectuée en avril 2013 soulignent malgré tout que la berge de rive droite localisée à l'amont immédiat de la décharge qui a fait l'objet d'une protection de berge récente enregistre une érosion significative. La courbe amont s'amplifiant progressivement en rive gauche, cette érosion ne va pas cesser et cette berge devrait donc continuer à être érodée. A priori, le puit de captage n'est pas localisé dans la zone à risque du fait de la protection de berge réalisée il y a quelques années. Du fait de cette évolution, la décharge et sa protection constituent un point dur qui pourrait être déstabilisé par l'amont. Il convient de bien suivre ce secteur et d'envisager à terme de favoriser le bras de débordement qui existe sur la rive gauche selon le même principe que celui mis en œuvre à Port Galland. » (1)

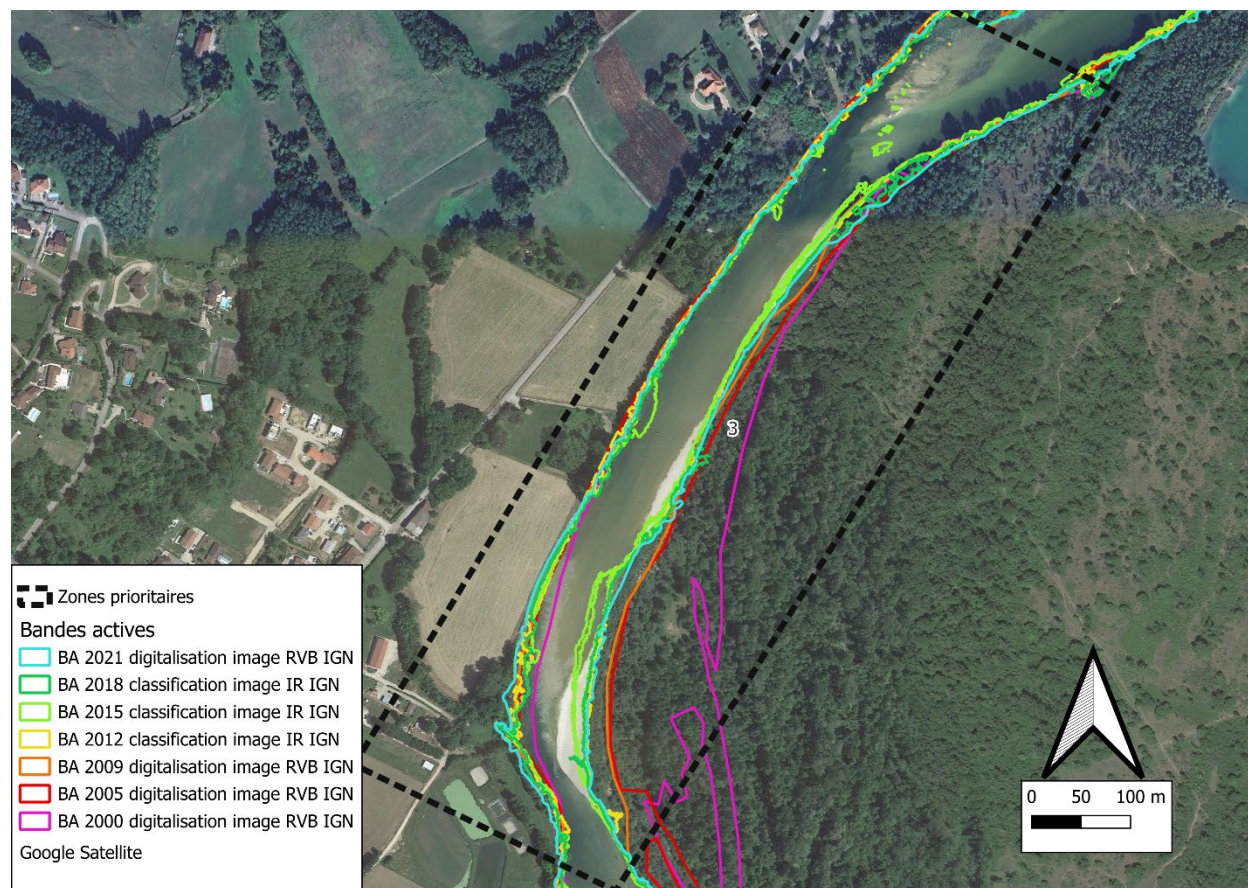


Figure 23 : Evolution de l'emprise des différentes bandes actives entre 2000 et 2021 pour le secteur 3

D'après la Figure 23 :

Dans la courbe, en rive droite, une forte érosion a eu lieu entre 2000 et 2005 avec un retrait de berge de 5 à 20 mètres. Entre 2005 et 2009 le retrait de berge est plus faible, de l'ordre de 0 à 5 mètres. De 2009 à 2018 les berges de la rive droite semblent être restées stables. Enfin de 2018 à 2021 l'érosion a de nouveau

progressé avec une perte de berge localement de près de 20 mètres. La zone agricole est affectée par le grignotage de berge avec une érosion localement de près de 6 mètres entre 2018 et 2021.

Dans l'intrados du méandre, les dépôts végétalisés entre 2000 et 2005 s'étendent sur une distance localement de près de 130 mètres. La bande active s'étalait sur 85 à 185 mètres de large dans cette zone pour atteindre en 2005 entre 85 et 100 mètres de large. Entre 2005 et 2009 la phase de construction a continué en rive gauche mais très lentement de l'ordre de 0 à 5 mètres. Entre 2009 et 2018, le rythme de construction s'est de nouveau accéléré pour atteindre 5 à 25 mètres de large. Enfin entre 2018 et 2021, la ligne de berge semble être restée plus ou moins stable.

La décharge de Villette sur Ain est ainsi concernée par une érosion lente mais progressive. Nous préconisons un suivi annuel de cette zone d'érosion. Une étude géotechnique de la berge pourrait être pertinente afin d'évaluer le risque de contournement par la rivière. La réhabilitation de la décharge au droit de ce point d'érosion pourrait aussi être évaluée afin de réduire l'entrée des déchets dans la rivière.

5.4 Secteurs 4 et 5 : En aval direct de la confluence avec l'Albarine

Éléments du précédent rapport : Le site 4 est en rive droite et le site 5 est en rive gauche sur la même zone. La rive droite a été stable entre 2000 et 2005. Entre 2005 et 2009 cette rive a connu un léger dépôt sous le pont et à proximité. La rive gauche quant à elle, a connu une stabilisation de sa berge entre 2000 et 2009.

D'après la Figure 24 :

Cette tendance en rive droite semble s'être poursuivie lentement entre 2009 et 2021. Entre 2000 et 2021, entre 0 et 30 mètres de rives se sont atterries. Une très légère érosion est observée en rive gauche. La berge étant haute, le recul est plutôt lent mais de toute évidence l'Ain initie une courbe. Ceci est aussi bien matérialisé sur les données de Godfroy (2023) (3) avec localement un approfondissement du lit sur cette rive gauche (Figure 25). Il convient d'être vigilant sur ce secteur et de suivre l'évolution du lit.

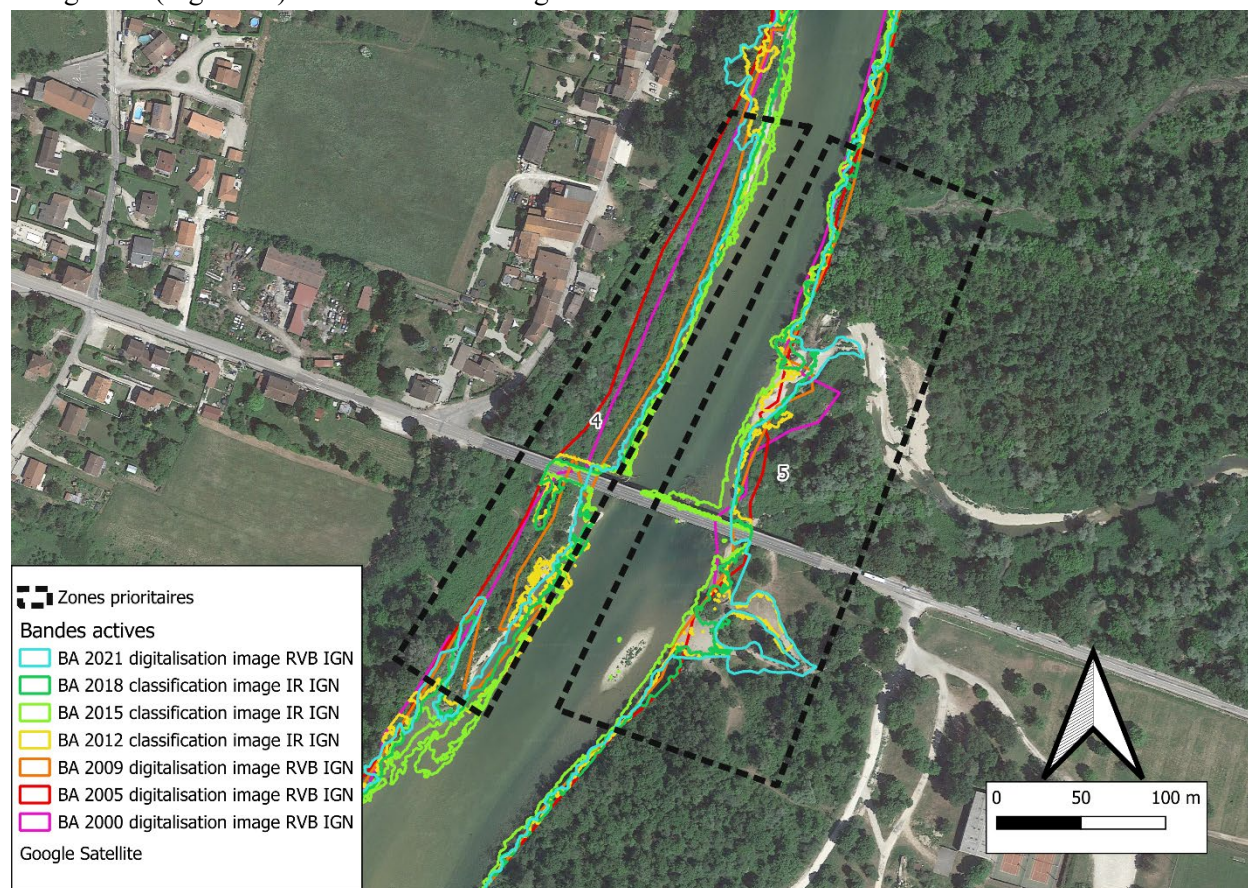


Figure 24 : Evolution de l'emprise des différentes bandes actives entre 2000 et 2021 pour les secteurs 4 et 5

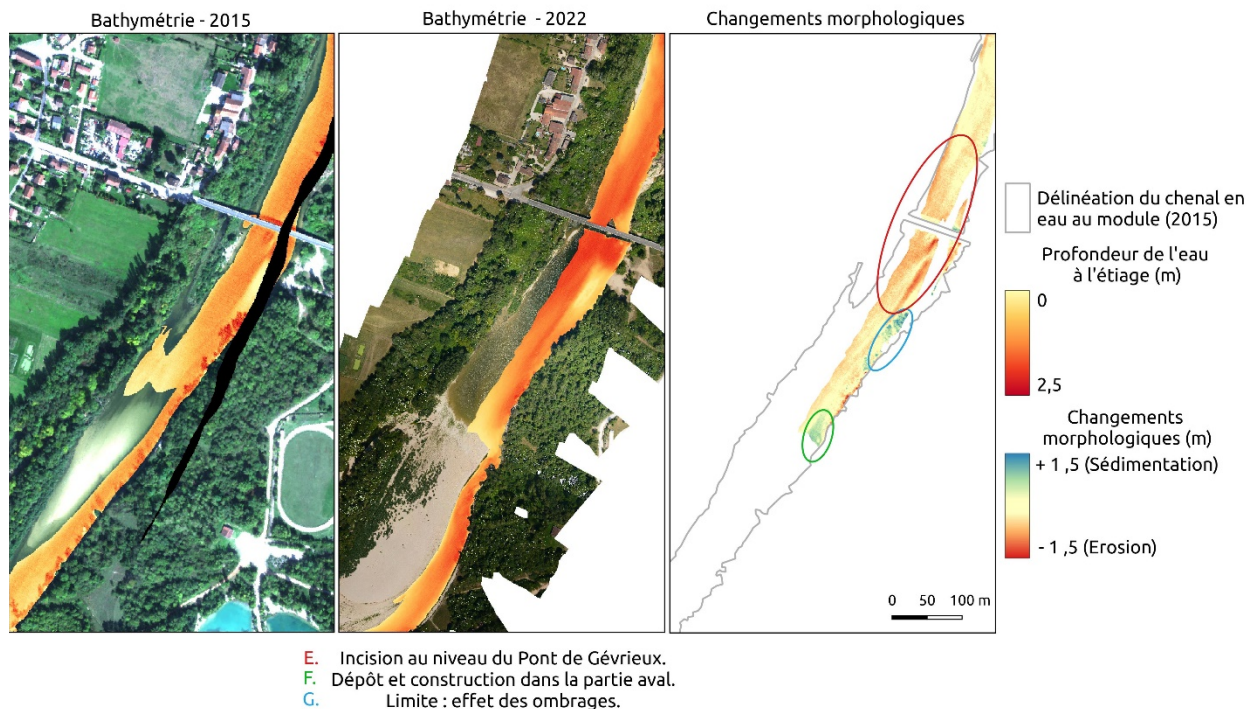


Figure 25 : Bathymétrie restituée sur le Tronçon 2 en 2015 et en 2022 et changements morphologiques associés. On constate principalement un approfondissement du chenal concentrant les écoulements le long du banc de galets présent dans la continuité entre le secteur amont (J. Godfroy, 2023)

5.5 Secteur 6 : Au niveau du village de Mollon

Eléments du précédent rapport : Le nouveau bras qui a emprunté un ancien tracé s'est fortement élargi entre 2000 et 2009 au détriment de la berge alluviale de rive gauche. Il a érodé également une zone en rive droite au droit de la station d'épuration qui correspond en fait à un îlot alluvial. Une visite a eu lieu sur le terrain et a montré que la rive droite est solidement installée sur un lit d'argiles protégeant efficacement la berge de l'érosion. La berge la plus en aval localisée au droit du puit de captage est aussi en voie d'érosion (2013).

D'après la Figure 26 :

En rive droite, il n'y a pas eu de changement significatif de la zone de berge entre 2000 et 2021. La berge est stable et solide ce qui est en concordance avec les analyses du dernier rapport.

En rive gauche, entre 2000 et 2005 il y a eu une forte érosion de berge de l'ordre de 10 à 30 mètres. Celle-ci s'est poursuivie dans une moindre mesure entre 2005 et 2009 avec des pertes de l'ordre de 0 à 10 mètres. Entre 2009 et 2018 une érosion dans la partie la plus en amont s'est produite de l'ordre de 0 à 20 mètres alors que la partie centrale et aval de cette rive est restée stable. Enfin entre 2018 et 2021, l'érosion s'est poursuivie dans la partie amont alors que la partie centrale et aval est restée globalement stable.

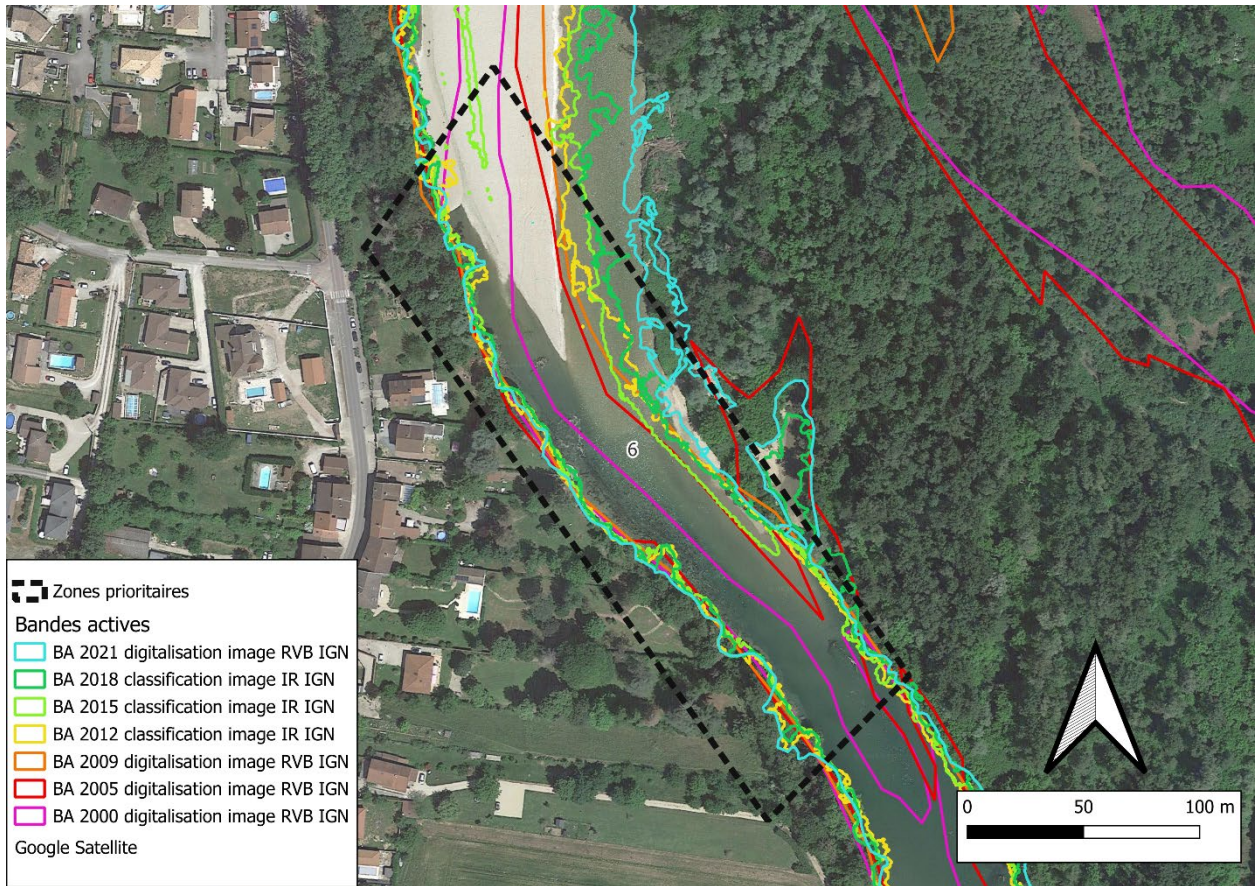


Figure 26 : Evolution de l'emprise des différentes bandes actives entre 2000 et 2021 pour le secteur 6

5.6 Secteur 7 : Au droit du lac de Chazey sur Ain

La rive droite n'a pas connu d'évolution notable de berge au cours de la dernière période tout comme la rive gauche. Le chenal est bien fixé dans ce secteur. Les rives droite et gauche sont stables (Figure 27).

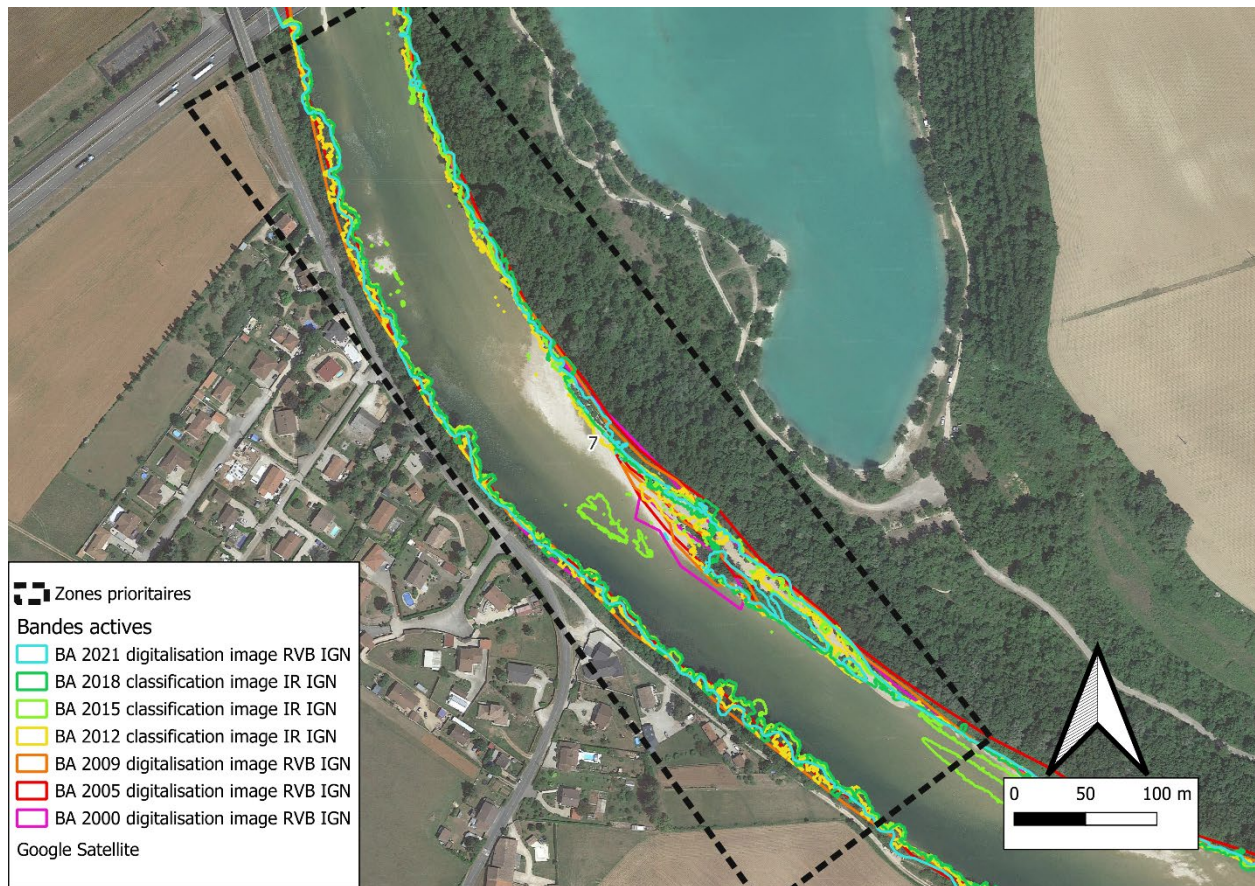


Figure 27 : Evolution de l'emprise des différentes bandes actives entre 2000 et 2021 pour le secteur 7

5.7 Secteur 8 : Au niveau du Château de Chazey sur-Ain

La rive droite a connu localement un engraissement entre 2000 et 2005 de 5 à 15 mètres. Depuis 2005, la rive est stable et n'a que peu ou pas évolué. La rive gauche a connu une érosion de 5 à 20 mètres entre 2000 et 2005. Entre 2005 et 2021 elle est restée globalement stable. Depuis 2005 la bande active dans cette zone est donc plutôt stable (Figure 28).

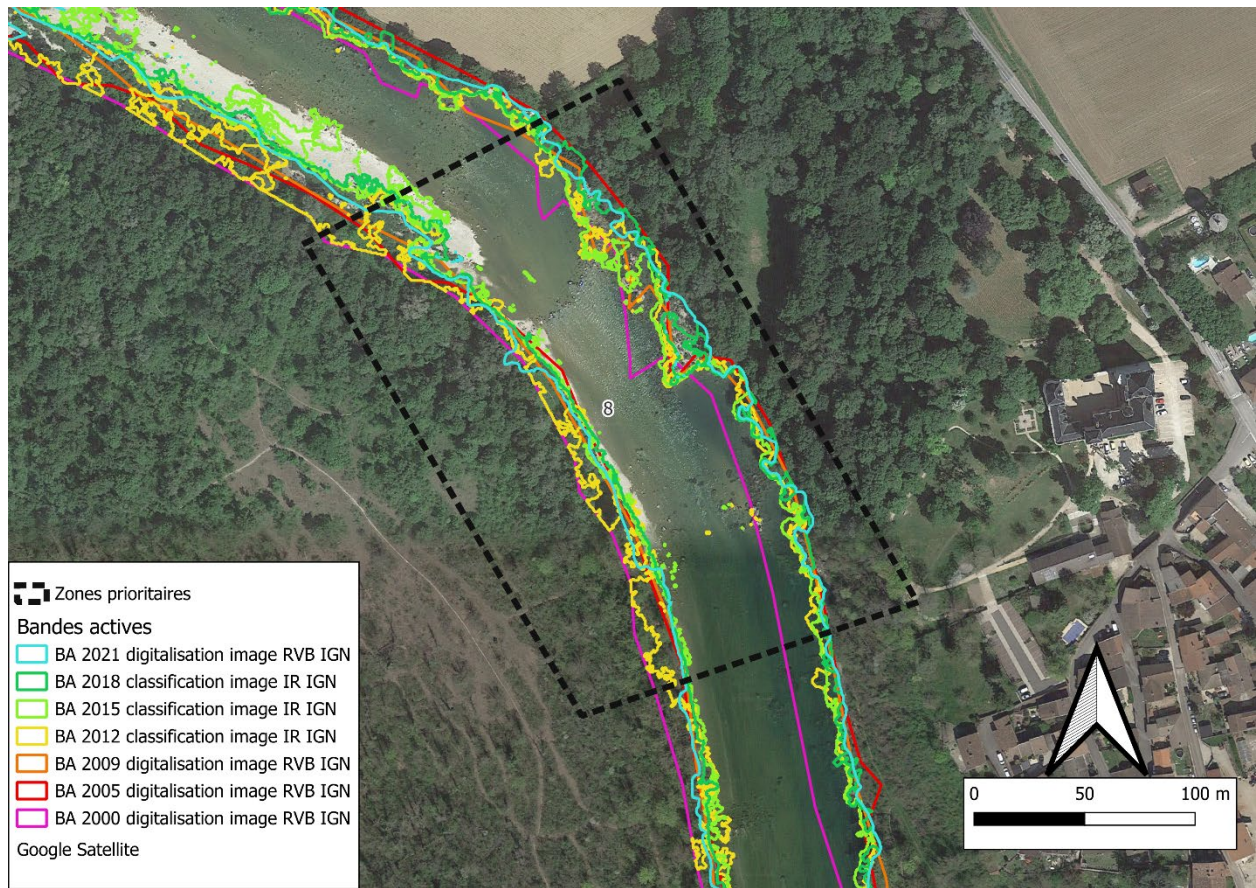


Figure 28 : Evolution de l'emprise des différentes bandes actives entre 2000 et 2021 sur le secteur 8

5.8 Secteur 9 : Au niveau du Port Galland

Eléments du précédent rapport :

: « Nous avons indiqué en 1999 que la rivière enregistre dans ce secteur depuis une vingtaine d'années une mobilité latérale mesurée par les services de la DDE et tout à fait visible sur les documents cartographiques (Figure 3.4 et Annexe 10). Cela représente un risque à terme pour le pont car l'axe de la rivière est progressivement décentré par rapport à l'axe du pont. Ce déplacement répond au déplacement amont de la rivière en rive gauche. L'épi accélère l'érosion de la berge à l'amont mais réduit celle observée plus à l'aval. Compte tenu du risque à terme pour le pont, il convient de préconiser une intervention. Celle-ci devra se faire sur la plus grande largeur possible (20-30 m) afin de reconstituer un banc de galets propice à la recolonisation végétale. Cette recolonisation peut être accélérée en bouturant des plants disponibles en rive gauche. Il est possible d'envisager en complément une protection par des pieux en bordure du lit actif. A priori l'épi dont on parlait en 1999 a fini par être contourné et déstabilisé et l'érosion s'est propagée vers l'aval au cours de la période 1999-2000 comme le souligne la Figure 3.4. Ce secteur est effectivement une zone sensible du fait de l'orientation du courant au droit de la section de franchissement et une protection est sans doute à envisager dans les années qui viennent. Il est encore possible d'attendre un peu et de suivre l'évolution du tracé mais il faudra effectivement intervenir dans les prochaines années.»

D'après la Figure 29 :

Amont du pont :

En rive droite l'érosion constatée entre 2000 et 2005 a fortement progressé entre 2005 et 2021. La vitesse d'érosion est de plusieurs mètres par an. Comme cela était souligné dans le précédent rapport, il devient nécessaire d'intervenir.

Afin de limiter les risques d'exhaussement en amont du pont résultant de l'exacerbation de la courbe et à terme une déstabilisation du pont, plusieurs options sont à considérer :

- Accompagner la rivière afin que celle-ci initie un recouplement en rive gauche par une intervention sur la végétation ou du retalutage. Une étude spécifique est nécessaire afin d'analyser la topographie de la plaine en rive gauche et identifier le meilleur tracé.
- Renforcer potentiellement la berge en rive droite si la mobilité latérale continue une fois les interventions en rive gauche réalisées. La protection en rive droite à l'amont du pont semble jouer son rôle, aucune érosion n'étant observée sur près de 200 m. Elle bénéficie en outre d'une réduction des forces tractrices se situant maintenant plutôt dans un intrados du fait de l'évolution de la courbe.

Aval du pont :

En rive droite la berge a connu une construction entre 2009 et 2015 et entre 2015 et 2021 la berge s'est stabilisée. Malgré des fluctuations au cours des 20 dernières années, la berge est assez stable. En rive gauche, la berge a très peu évoluée, elle restée stable ou connu une légère érosion de quelques mètres entre 2000 et 2021.

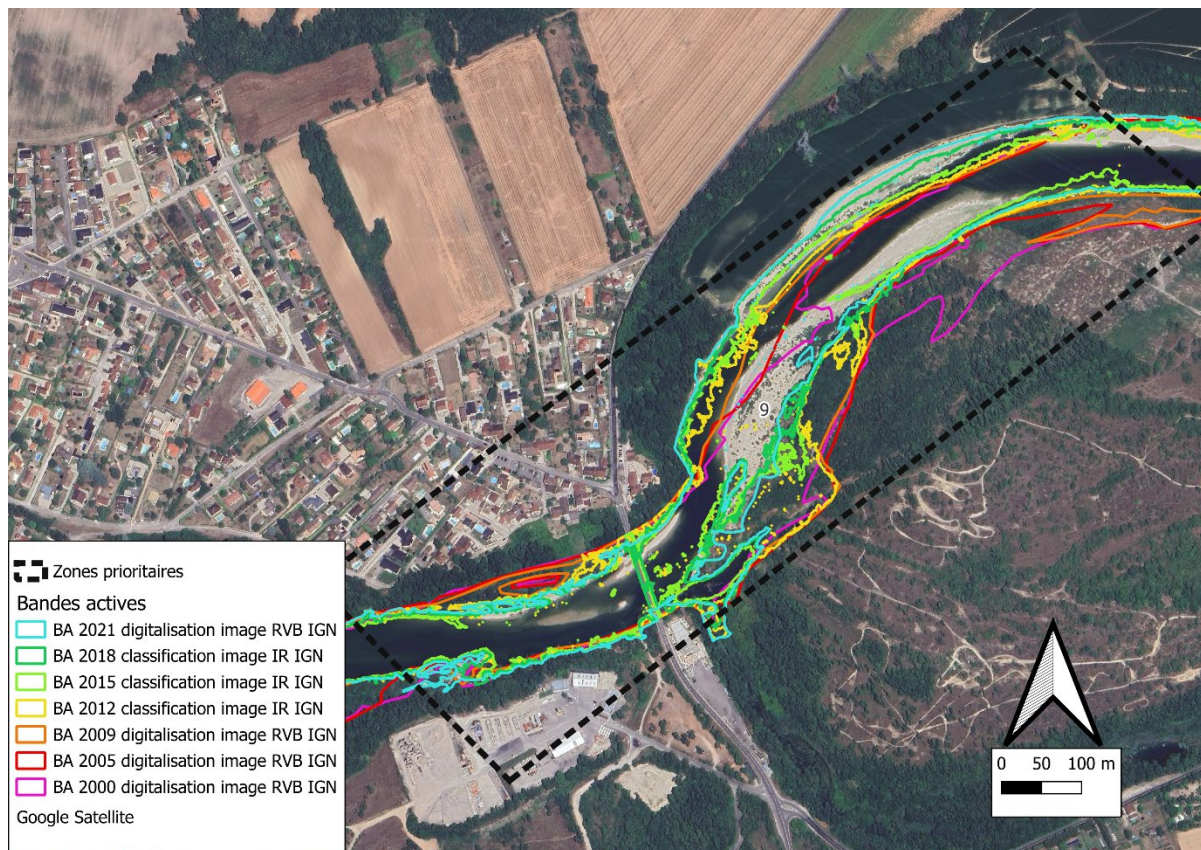


Figure 29 : Evolution de l'emprise des différentes bandes actives entre 2000 et 2021 pour le secteur 9

5.9 Secteur 10 : Au droit des Carrières de Loyettes

D'après la Figure 30, cette zone a connu de nombreux changements latéraux de bandes actives entre 2000 et 2021.

La position de la rive droite est restée assez stable entre 2000 et 2009 avec quelques zones de dépôts. C'est entre 2009 et 2021 qu'une évolution significative s'est produite. La rive a gagné approximativement 100 mètres sur l'ensemble de la zone en 12 ans, un banc de convexité de plus en plus marqué étant observé.

Logiquement cette évolution se marque en rive gauche par une érosion notable entre 2000 et 2005 et entre 2009 et 2021. Entre 2000 et 2021 cette rive a reculé localement de 30 à 250 mètres. Une propagation aval de la courbe est nettement observée.

Au regard des observations, le déplacement latéral sur la rive gauche de la bande active est fort et constant depuis 2000 et une partie des écoulements emprunte l'ancien bras réactivé suite à l'étude du bureau d'études DynamicHydro. **Les carrières de Loyettes pourraient être connectées au chenal en eau sous peu. Une surveillance de ce secteur est bien sûr nécessaire afin d'évaluer les effets potentiels d'une reconnexion des zones d'extraction. Le fait que le chenal migre vers l'aval semble indiquer que la reconnexion ne sera pas frontale mais plus sous la forme d'un retour d'eau aval avec des effets modérés sur le transport solide mais ceci doit faire l'objet d'une attention particulière du fait des risques associés aux captures de gravières sur la stabilité des chenaux.**

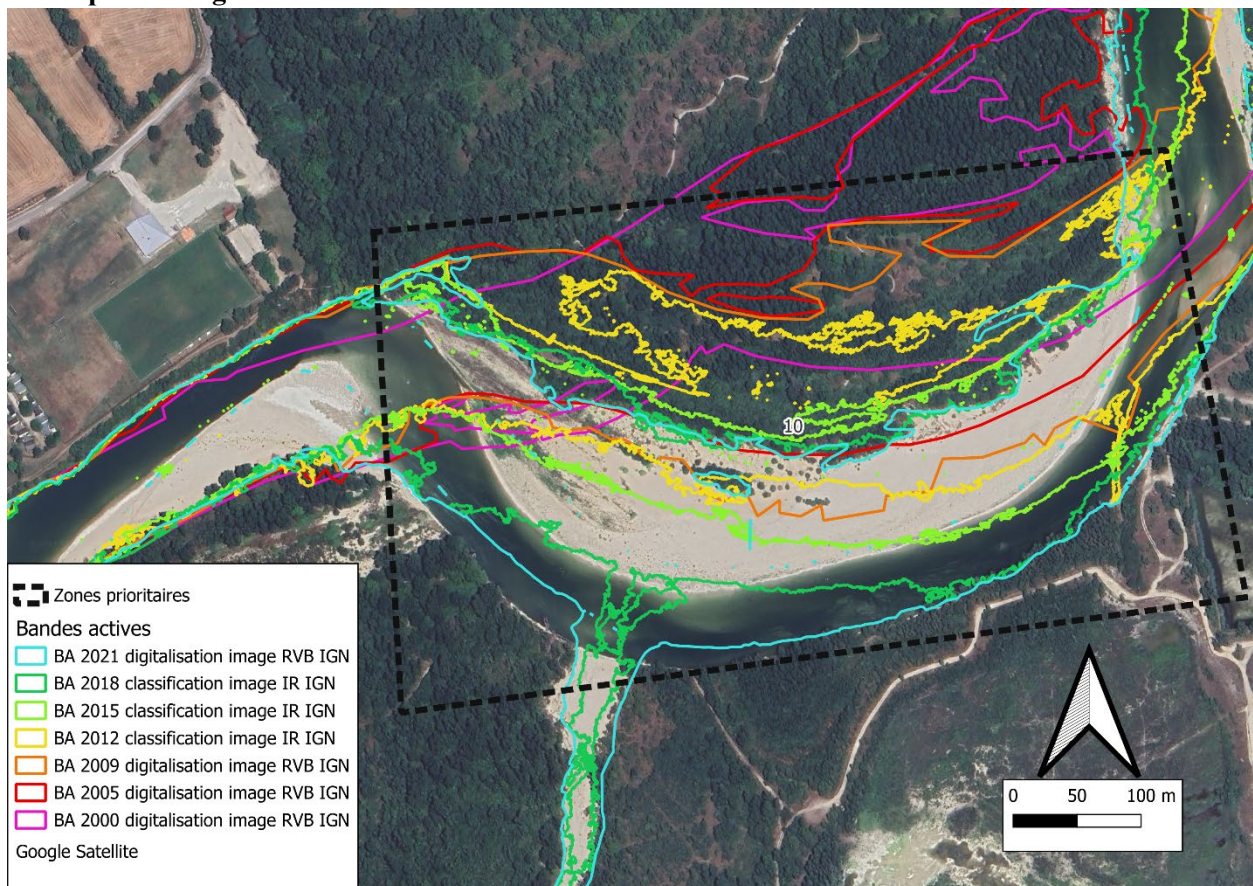


Figure 30 : Evolution de l'emprise des différentes bandes actives entre 2000 et 2021 pour le secteur n°10

L'ancien bras qui a été creusé par Dynamique Hydro, est peut être contraint morphologiquement, car des sédiments grossiers ont progradé à l'intérieur et forment un bouchon. Ceci est cependant à vérifier car on enregistre localement un exhaussement du lit dans la courbe, exhaussement qui doit favoriser la fréquence de connexion. C'est pourquoi il faudrait analyser plus finement ce qui se passe sur ce secteur en terme de fréquence de connexion et de transport solide et intervenir si besoin pour accompagner le cours d'eau dans son recouplement si nécessaire. Peut-être faudrait-il changer l'angle d'entrée de cet ancien bras en l'élargissant sur sa rive gauche.

5.10 Nouvelles zones prioritaires

Après les dernières observations trois nouvelles zones prioritaires ont également été étudiées pour la poursuite du suivi.

5.10.1 Secteur 11 : Au droit de la Grange Bernet

La première se situe au niveau de la Grange Bernet au nord-est de Châtillon-la-Palud (Figure 31). En effet, une érosion de la berge a lieu en rive droite depuis au moins 2000 et se poursuit en 2021. **La berge concernée est anthropisée et des habitations et terrains agricoles sont aujourd'hui possiblement menacés. Il faudrait envisager une évaluation des risques dans ce secteur (Figure 31).**

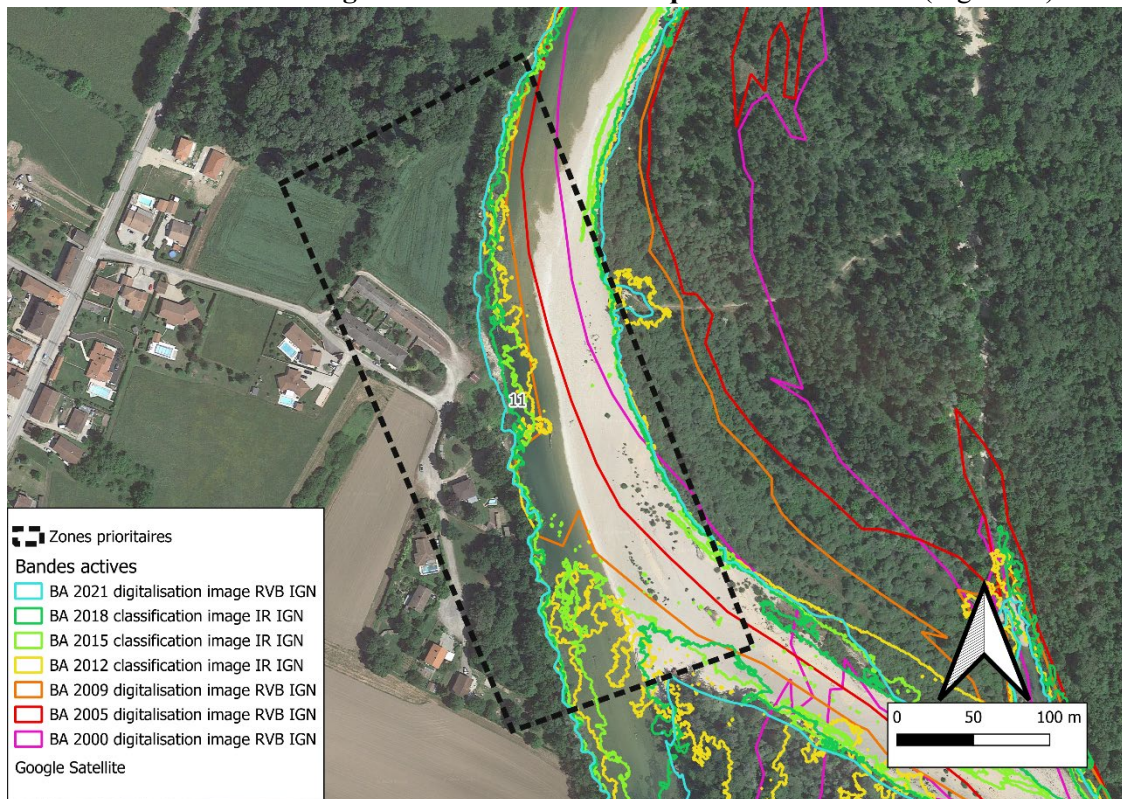


Figure 31 : Evolution de l'emprise des différentes bandes actives entre 2000 et 2021 pour le secteur n°11

5.10.2 Secteur 12 : Au droit de l'étang de pêche de Gévrieux

A la suite d'un échange avec Samuel Monnet le 18 novembre 2023, la zone au droit de l'étang de pêche de Gévrieux (aval immédiat des zones 4 et 5 considérées ci-avant), a été rajoutée dans les zones prioritaires étant donné l'intensité des érosions récentes et la présence d'une ancienne décharge dans la zone potentiellement érodable (Figure 32). En effet, en rive droite, un banc important s'est formé entre 2000 et 2021. Ceci s'accompagne en rive gauche d'une érosion importante de la berge à partir de 2018 et celle-ci s'est poursuivie jusqu'en 2021. Cette période de forte activité érosive s'explique par la succession de plusieurs crues morphogènes au cours de l'année 2018 et en 2021. **Il semble que l'érosion soit induite par la formation d'une nouvelle courbe de méandre et l'érosion devrait donc se poursuivre inexorablement, plus ou moins rapidement selon la fréquence des crues morphogènes. Cette zone est à suivre chaque année pour évaluer le retrait ou non de la berge en rive gauche, la propagation potentielle du chenal vers l'aval, le risque d'érosion également de la berge en rive droite plus à l'aval. La question de la réhabilitation préventive de la décharge est sans doute à considérer aussi. Au-delà de ce point noir, la dynamique de méandrage est plutôt un processus de renouvellement des écosystèmes ripicoles de la plaine qui est à considérer positivement sur ce tronçon.**

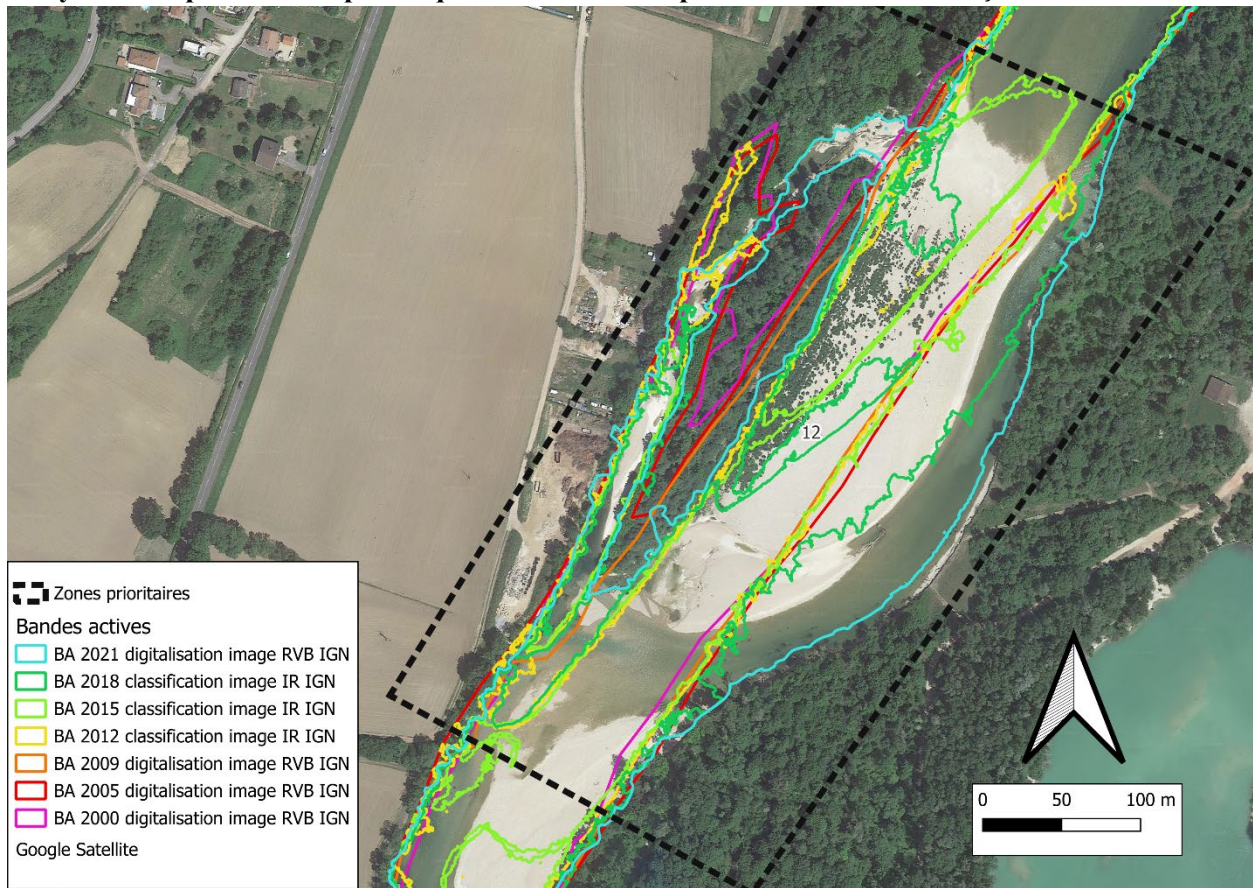


Figure 32 : Evolution de l'emprise des différentes bandes actives entre 2000 et 2021 pour le secteur n°12

5.10.3 Secteur 13 : Au sud de Port Galland

Au sud de Port Galland, au sud de la zone 9, une érosion prononcée de berge est observée en rive droite depuis au minimum les années 2000 et celle-ci se poursuit à un rythme de l'ordre de 2 à 3 mètres par an (Figure 33). A priori les habitations dans la partie Nord ne seraient pas menacées. Ce secteur est à suivre dans les prochaines années le temps que la berge se stabilise de nouveau.

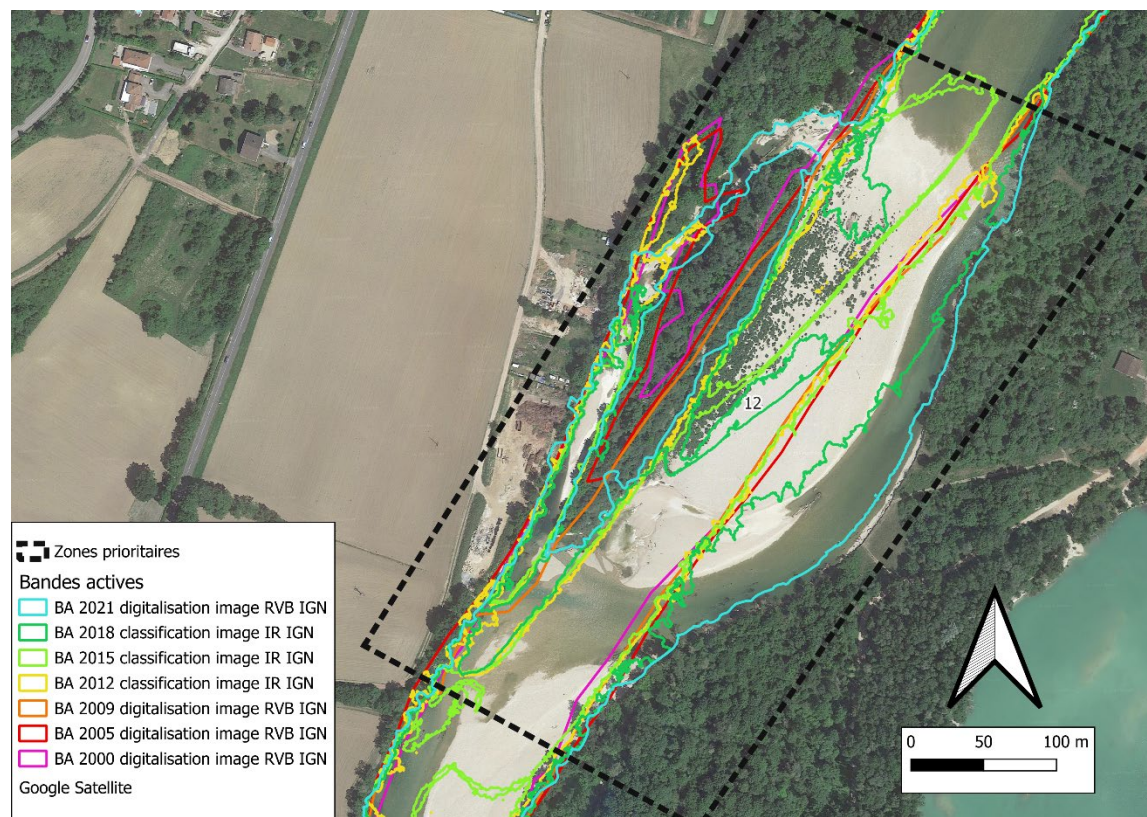


Figure 33 : Evolution de l'emprise des différentes bandes actives entre 2000 et 2021 pour le secteur n°13

6 Mise à jour des espaces de libertés

D'après le rapport de 2013, « l'espace de liberté au sens strict correspond dans le cas de la rivière d'Ain à la plaine moderne occupée par des unités naturelles, boisées pour l'essentiel. Le guide « espace de liberté » publié en 1998 par l'agence de l'eau RMC (4) donne les principales règles permettant de définir un tel espace. Dans le cadre de l'étude géomorphologique de la basse vallée de l'Ain, nous avons pris le parti de proposer une cartographie reposant sur des données historiques et sur un état des lieux 2000 de l'état des berges et de l'occupation des sols dans la zone riveraine de la rivière (usages existant dans la plaine moderne et usages localisés sur les terrasses lorsque le lit de la rivière est en marge de la plaine moderne). »

L'espace de liberté établi en 1999 et mis à jour en 2012 a été mis à jour de nouveau en 2021. Cette nouvelle mise à jour a pris en compte les modifications de la bande active jusqu'en 2021 et de l'occupation du sol d'après Corine Land Cover de 2018. Vous trouverez à la suite toutes les cartes des parties de la basse vallée de l'Ain comprenant les espaces érodables sur 30 ans, les espaces érodés entre 2009 et 2021 et les zones EMIN¹ de couverture naturelle, EMIN de couverture anthropique et EFONC² hors EMIN. De plus, les 13 zones prioritaires sont également localisées sur les cartes. Voir Figure 34, Figure 35, Figure 36, Figure 37, Figure 38 et Figure 39.

Remarques sur les cartes d'espaces de libertés mises à jour :

Partie 1 (Figure 34): Le chenal peut sur la rive gauche du secteur 2 **potentiellement sortir de l'EMIN dans la décennie à venir et doit faire l'objet d'un suivi renforcé.**

Partie 2 (Figure 35): Le chenal sur les secteurs 3 et 11 est en dehors de l'EMIN, il convient d'évaluer les scénarios de gestion de ces érosions.

Partie 3 (Figure 36): Le chenal sur le secteur 6 est en dehors de l'EMIN, il convient d'évaluer les scénarios de gestion de cette érosion.

Partie 5 (Figure 38): Le chenal sur le secteur 9 est en dehors de l'EMIN, il convient d'évaluer les scénarios de gestion de cette érosion.

¹ EMIN : Espace de mobilité MINimal

² EFONC : Espace de mobilité FONctionnel

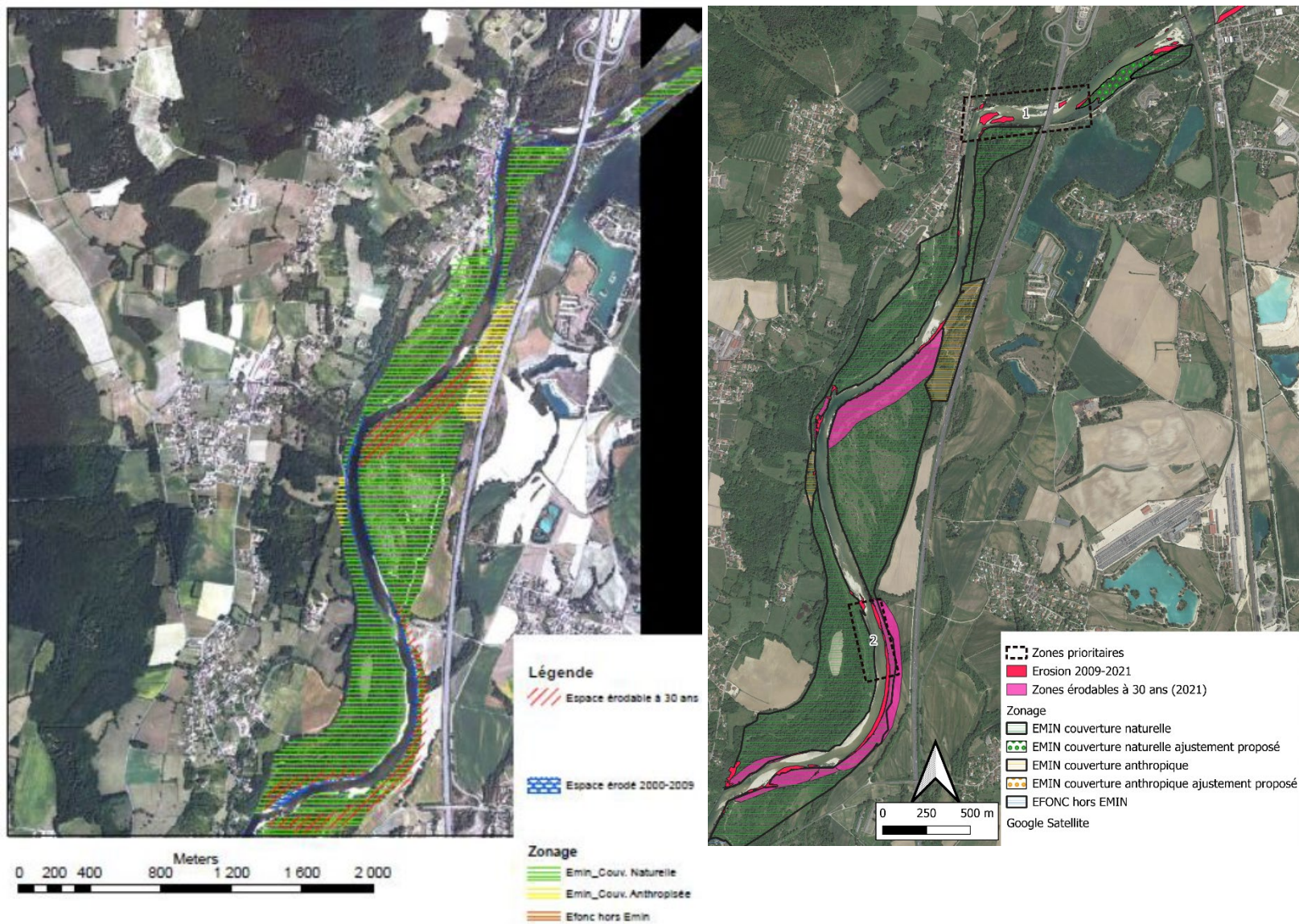


Figure 34 : Partie 1 de la cartographie de l'espace de liberté mise à jour en 2012 (carte de gauche) et en 2021 (carte de droite) (Orthophotographie IGN de 2021) – Le chenal peut sur la rive gauche du secteur 2 potentiellement sortir de l'EMIN dans la décennie à venir et doit faire l'objet d'un suivi

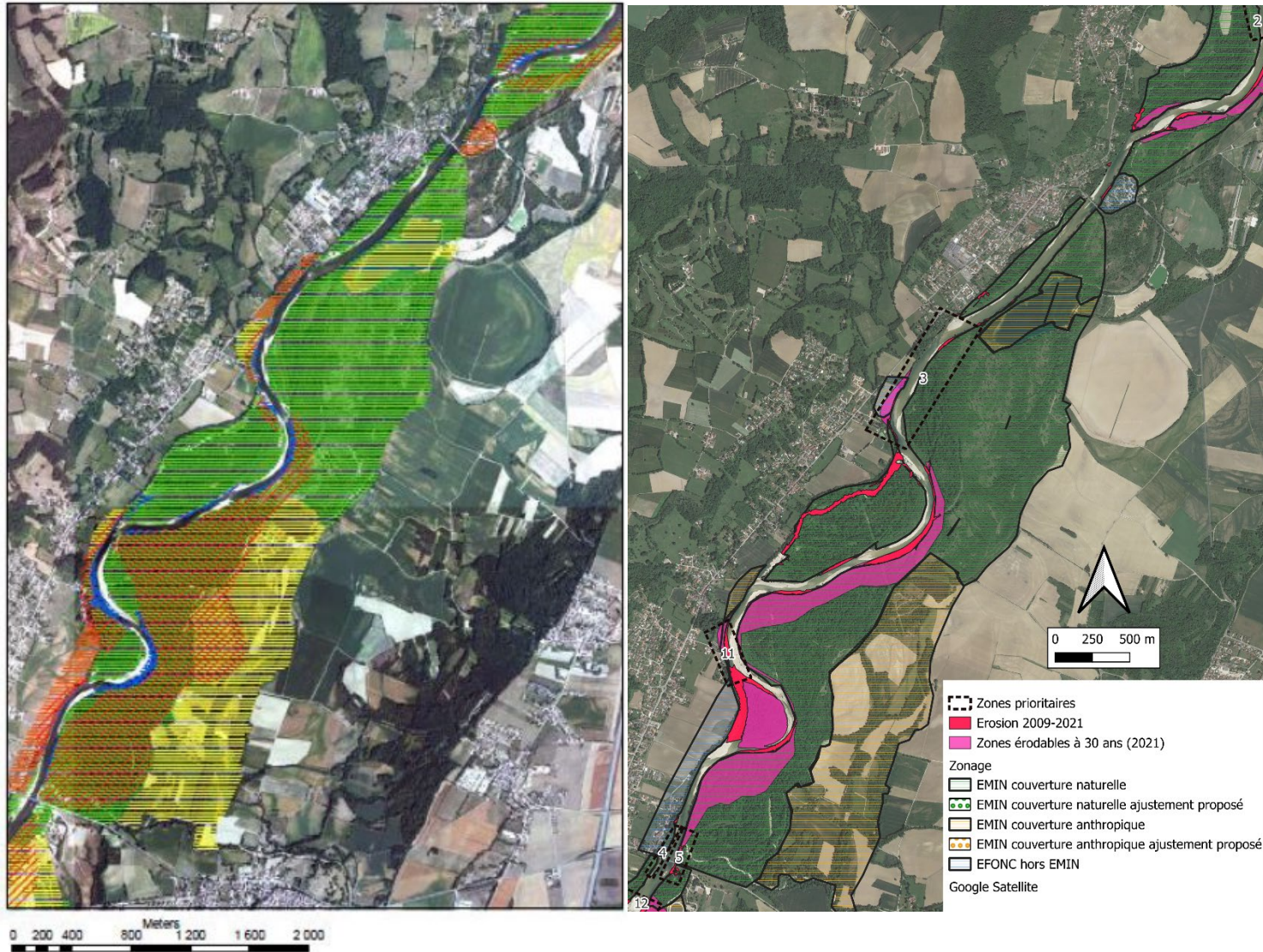


Figure 35 : Partie 2 de la cartographie de l'espace de liberté mise à jour en 2012 (carte de gauche) et en 2021 (carte de droite) (Orthophotographie IGN de 2021)

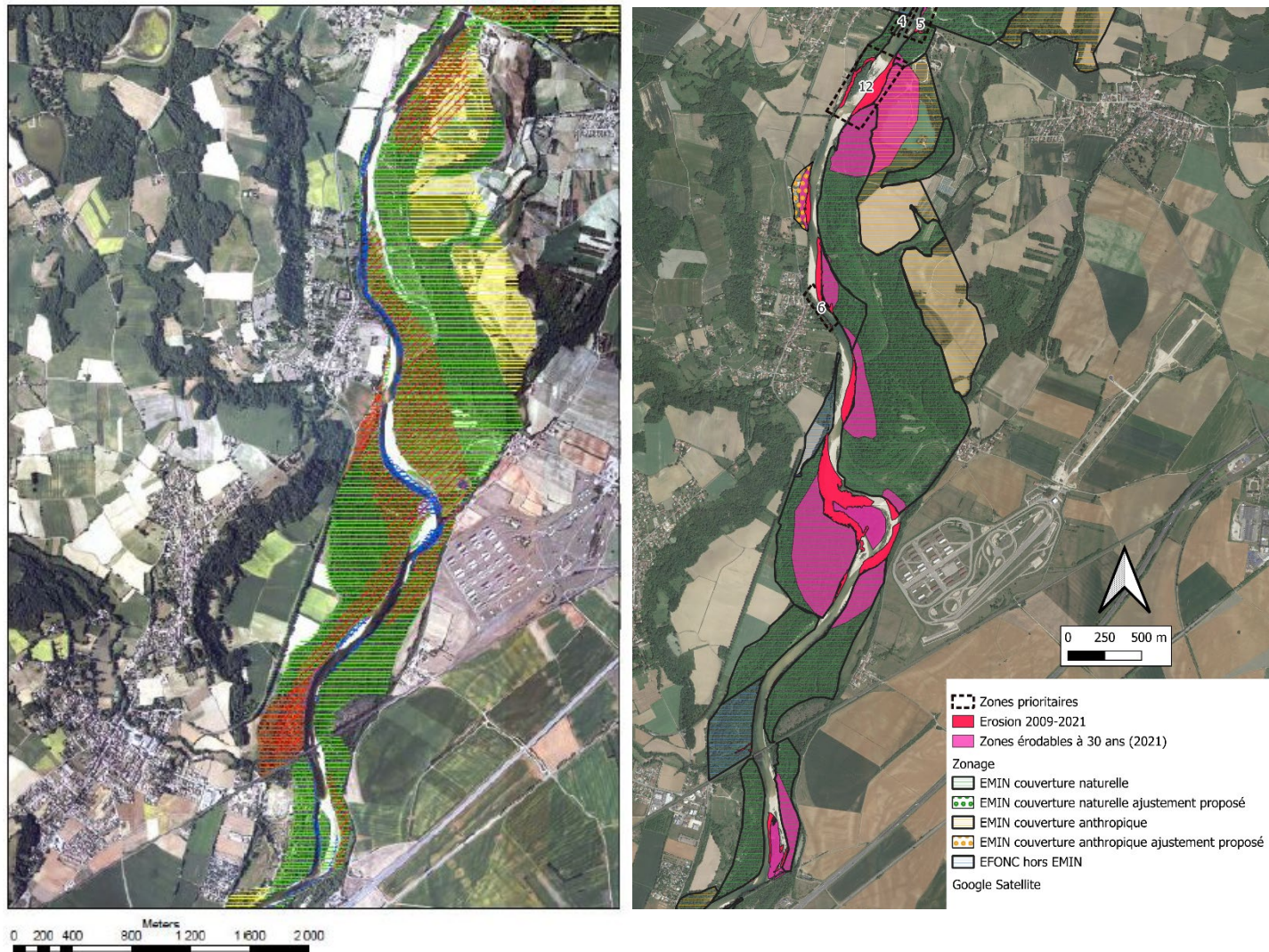


Figure 36 : Partie 3 de la cartographie de l'espace de liberté mise à jour en 2012 (carte de gauche) et en 2021 (carte de droite) (Orthophotographie IGN de 2021).

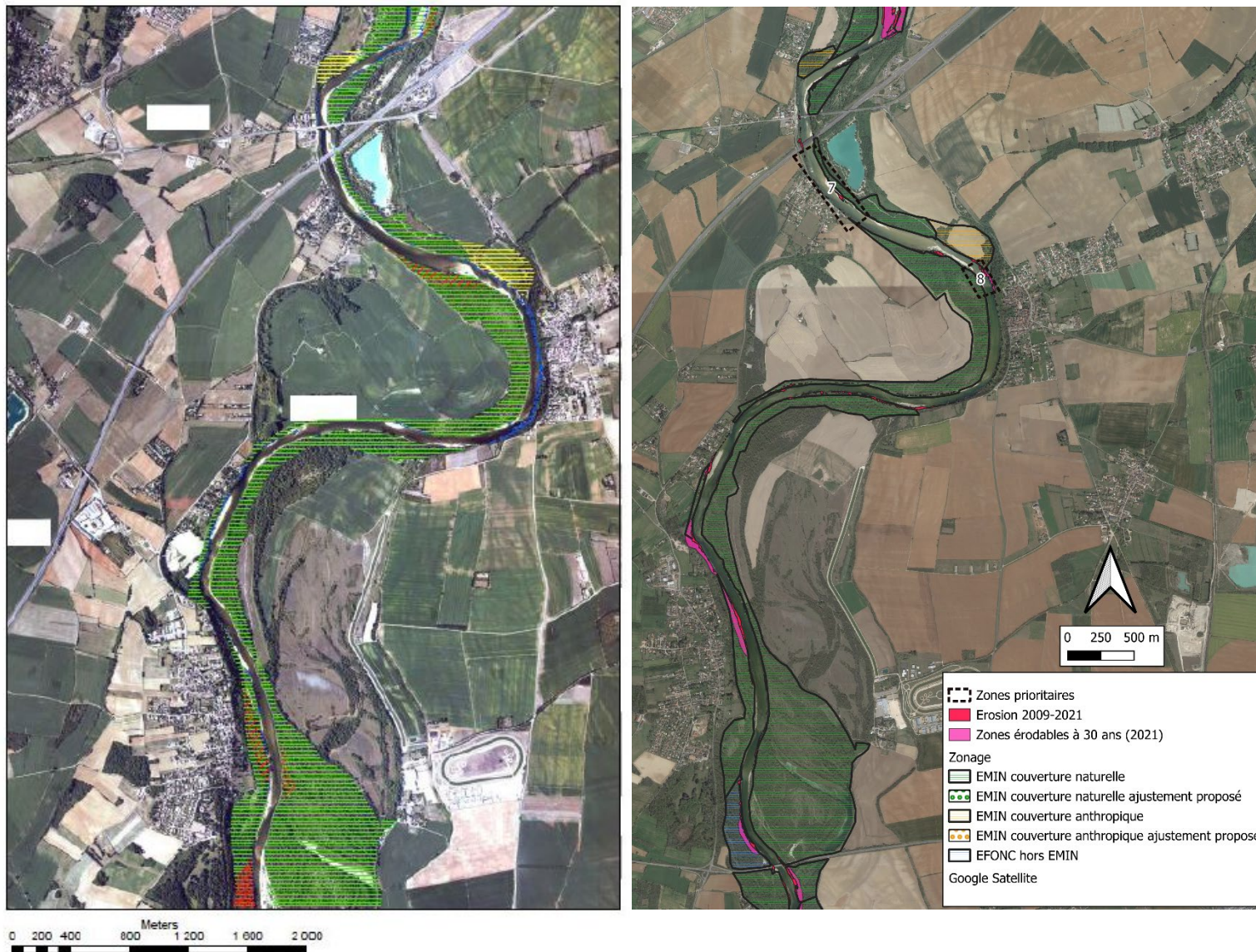


Figure 37 : Partie 4 de la cartographie de l'espace de liberté mise à jour en 2012 (carte de gauche) et en 2021 (carte de droite) (Orthophotographie IGN de 2021)

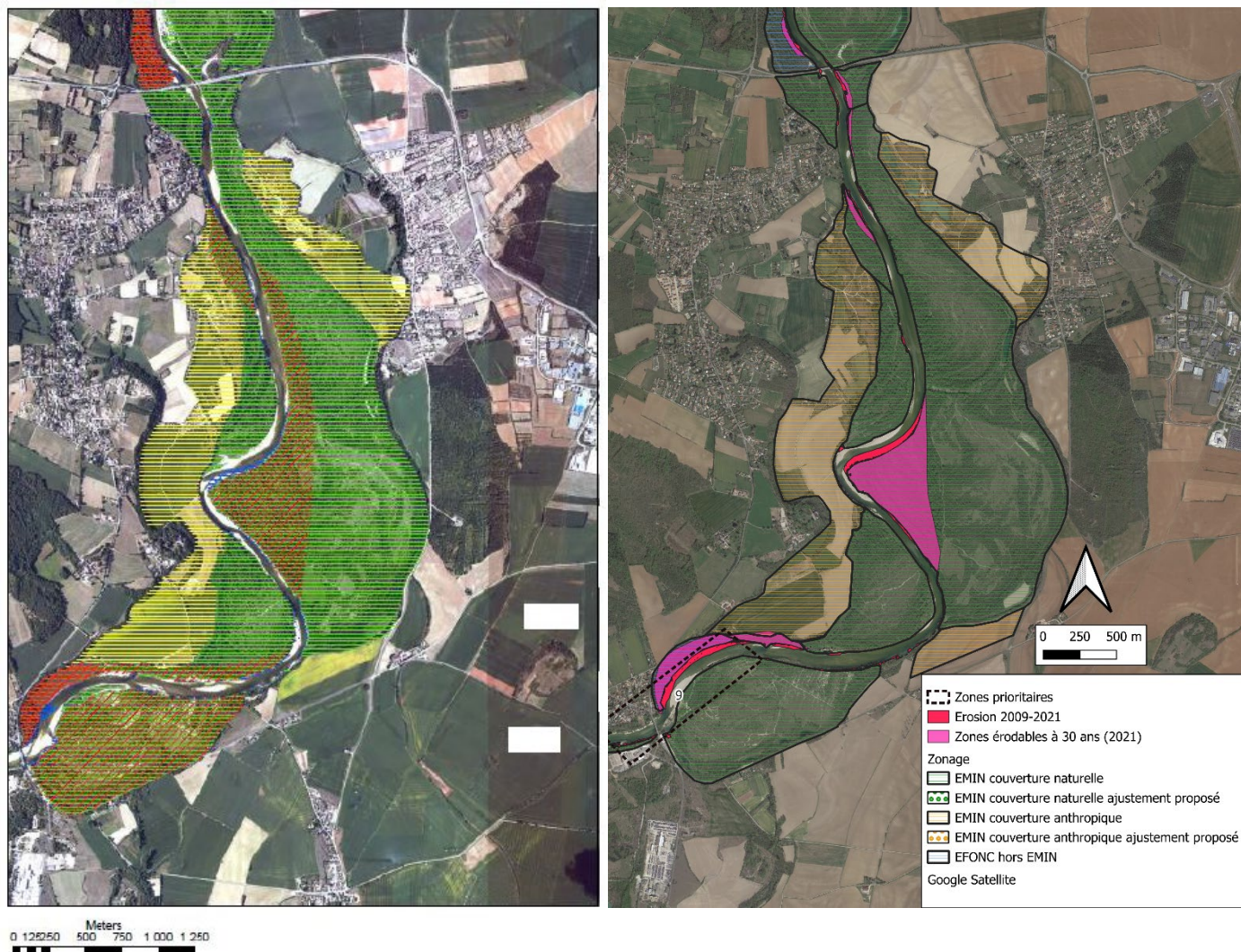


Figure 38 : Partie 5 de la cartographie de l'espace de liberté mise à jour en 2012 (carte de gauche) et en 2021 (carte de droite) (Orthophotographie IGN de 2021)

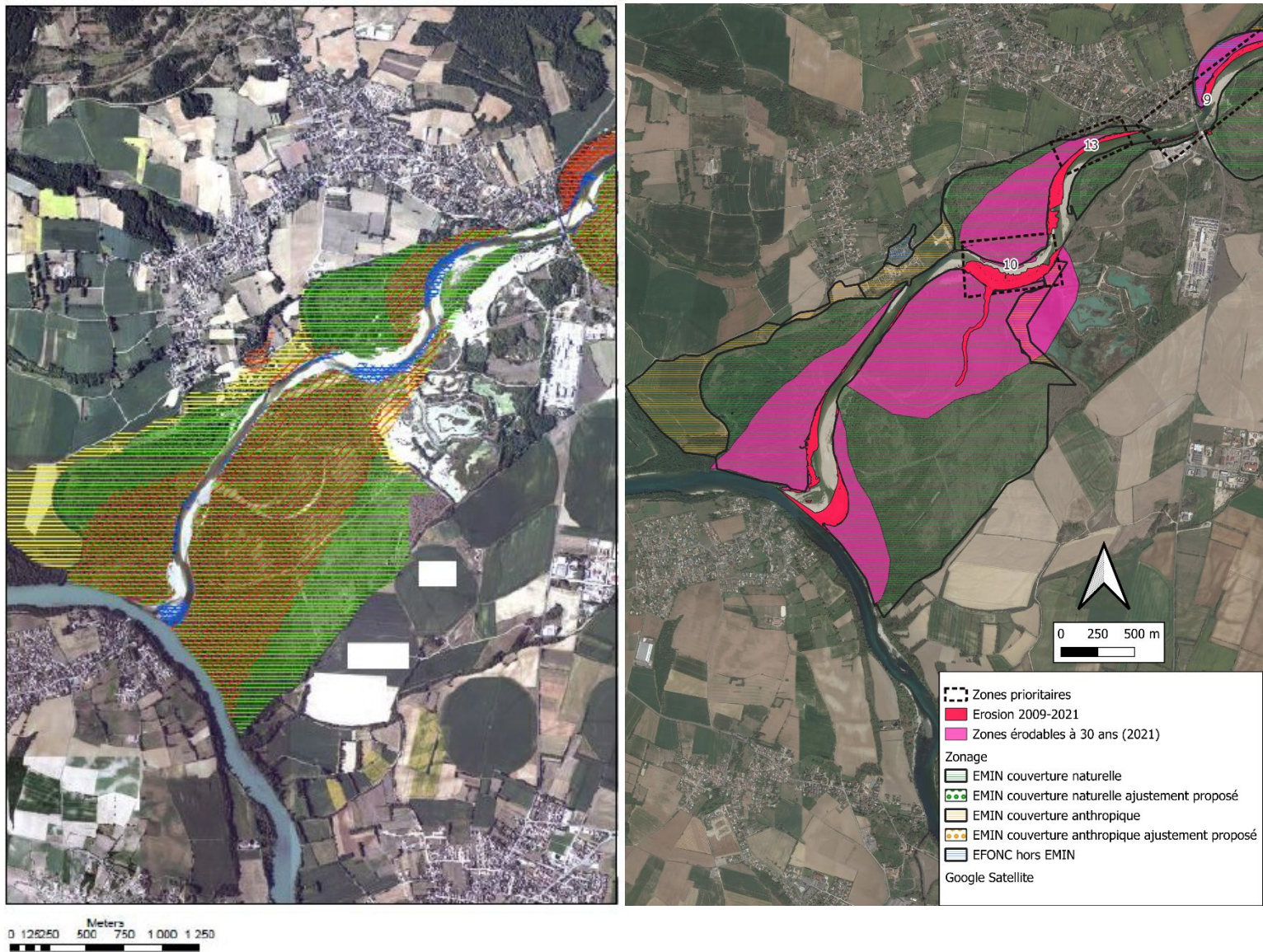


Figure 39 : Partie 6 de la cartographie de l'espace de liberté mise à jour en 2012 (carte de gauche) et enfin mise à jour en 2021 (carte de droite) (Orthophotographie IGN de 2021)

7 Bibliographie

1. Benacchio V, Michell K, Piegay H. Evolution latérale et verticale de la rivière d'Ain dans sa basse vallée entre 2000 et 2010 (Diagnostic et recommandations en matière de gestion géomorphologique). CNRS, UMR EVS 5600, Syndicat Basse Vallée de l'Ain; 2013 avr p. 63. Report No.: Rapport final.
2. Rollet AJ. Etude et gestion de la dynamique sédimentaire d'un tronçon fluvial à l'aval d'un barrage : le cas de la basse vallée de l'Ain [Internet] [phdthesis]. Université Jean Moulin - Lyon III; 2007 [cité 3 mars 2025]. Disponible sur: <https://theses.hal.science/tel-00221368>
3. Godfroy J. Approche couplée LiDAR - hyperspectral pour la caractérisation des corridors fluviaux [Internet] [These de doctorat]. Lyon, École normale supérieure; 2023 [cité 30 oct 2023]. Disponible sur: <https://www.theses.fr/2023ENSL0010>
4. Malavoi JR. Guide technique n°2. Détermination de l'Espace de liberté des cours d'eau [Internet]. Bassin Rhône Méditerranée Corse; 1998 [cité 12 avr 2023]. Disponible sur: <https://www.documentation.eauetbiodiversite.fr/notice/0000000015deff0d6ab2addf75de405>

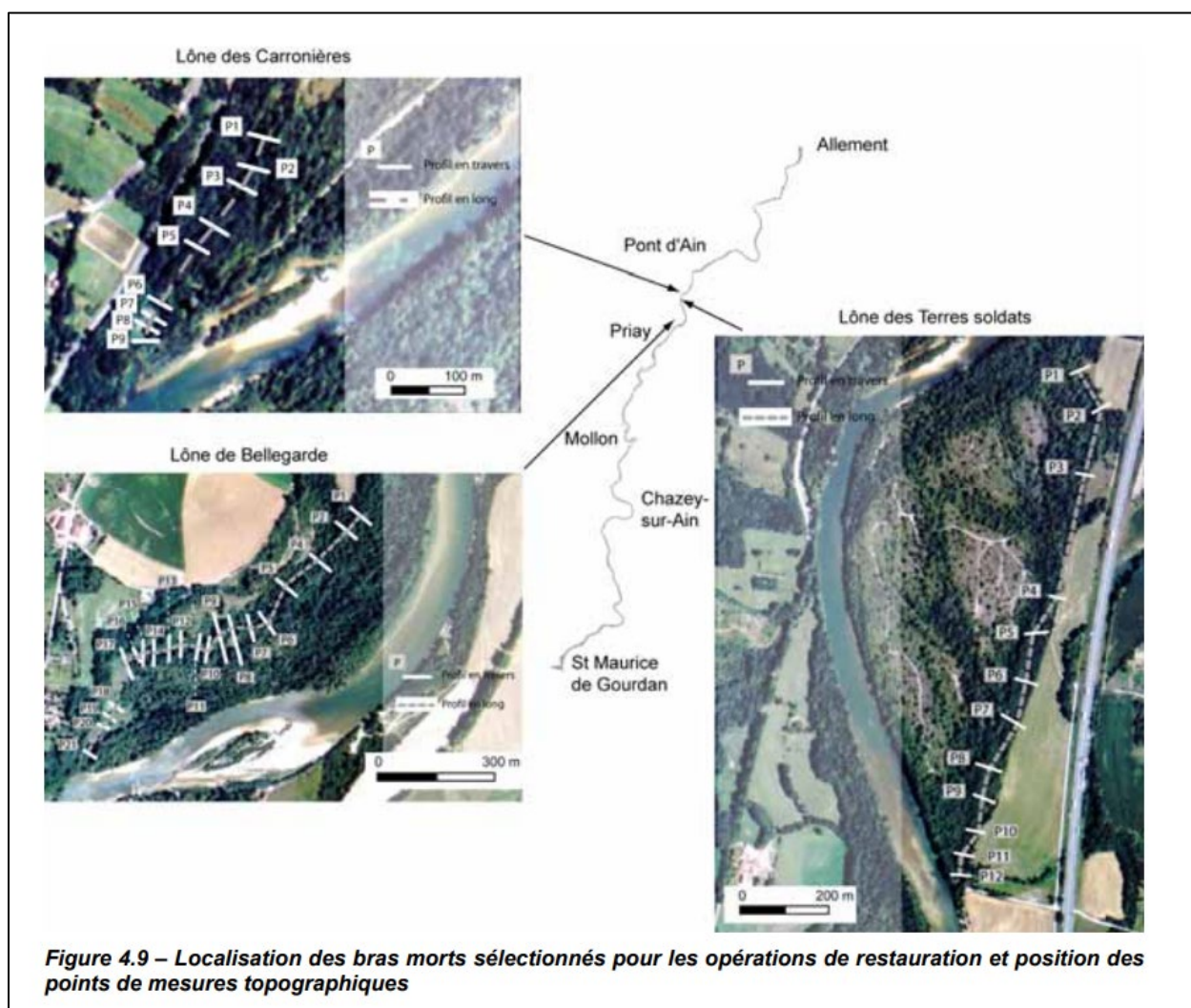
8 Annexes

Annexe 1 : Détails des images de l'IGN utilisées pour délimiter les bandes actives et les débits journaliers de la BanqueHydro associés aux dates des images

Segment	Type d'image	Source	Clichés utilisés pour la digitalisation	Date	Année	Débit journalier (m3/s)
48 à 61	Orthophotographie aérienne		a	23/07/2000	2000	25
62 à 86	Orthophotographie aérienne		b	09/08/2000	2000	55
87 à 107	Orthophotographie aérienne		c	30/06/2000	2000	19.7
108 à 134	Orthophotographie aérienne		d	30/06/2000	2000	19.7
135 à 156	Orthophotographie aérienne		e	30/06/2000	2000	19.7
157 à 181	Orthophotographie aérienne		f	30/06/2000	2000	19.7
182 à 185	Photographie aérienne non référencée (corrections appliquées)	Thèse d'Anne-Julia Rollet (2007), images aériennes	shapefile d'Anne-Julia Rollet	30/06/2000	2000	21
186 à 209	Orthophotographie aérienne		g	30/06/2000	2000	19.7
48 à 209	Orthophotographie aérienne	IGN 2005	Toute la zone	26/05/2005	2005	90.6
48 à 209	Orthophotographie Infrarouge aérienne	IGN 2005	Toute la zone	26/05/2005	2005	90.6
48 à 119	Orthophotographie aérienne	IGN 2009	Pont d'Ain - Chatillon-la-palud	29/07/2009	2009	30.3
119 à 192	Orthophotographie aérienne	IGN 2009	Chatillon-la-palud - Port Galland	18/08/2009	2009	30.3 ou 57.1
192 à 209	Orthophotographie aérienne	IGN 2009	Port Galland - Confluence	06/08/2009	2009	57.1

48 à 209	Orthophotographie Infrarouge aérienne	IGN 2012	Toute la zone	11/08/2012	2012	18.6
48 à 209	Orthophotographie Infrarouge aérienne	IGN 2015	Toute la zone	05/08/2015	2015	12.8
48 à 209	Orthophotographie Infrarouge aérienne	IGN 2018	Toute la zone	27/08/2018	2018	15.8
48 à 119	Orthophotographie aérienne	IGN 2021	Toute la zone	11/08/2021	2021	67

Annexe 2 : Localisation des bras morts sélectionnés pour les opérations de restauration et position des points de mesures topographiques (Anne-Julia, 2007).



Annexe 3: Secteurs de réintroduction des matériaux (Tracé de la rivière d'Ain : 2009 ; Fond IGN : 1994, SR3A 2023)

