



**EVOLUTION LATÉRALE ET VERTICALE DE LA RIVIÈRE
D'AIN DANS SA BASSE VALLÉE ENTRE 2000 ET 2010
(DIAGNOSTIC ET RECOMMANDATIONS EN MATIÈRE DE
GESTION GEOMORPHOLOGIQUE)**

- Rapport Final -

V. BENACCHIO – H. PIEGAY – K. MICHEL – L. BULTINGAIRE

Avril 2013

Préambule

Le présent rapport repose sur une série d'analyses cartographiques et des campagnes de données de terrain réalisées sur la basse rivière d'Ain, entre Pont d'Ain et la confluence avec le Rhône. Ces travaux permettent de formuler des préconisations de gestion au SIVU de la Basse Vallée de l'Ain dans le cadre d'un programme de gestion sédimentaire. Le but est de confronter l'état altimétrique et planimétrique actuel de l'Ain avec un état de référence, réalisé dans le cadre des études préalables du SAGE (2000) et du programme LIFE Nature (2003). L'impact des actions engagées pourra ainsi être mis en évidence afin d'évaluer leur efficacité et éventuellement envisager des réajustements.

L'analyse de l'évolution de la dynamique fluviale de l'Ain intègre les travaux de thèse d'Anne-Julia Rollet en 2007 et repose principalement sur un suivi de la mobilité latérale (superficie érodée, inventaire des bancs de graviers et de leur état) et verticale (localisation du front d'érosion, comparaison de profils en long) du lit. Le présent rapport expose les résultats de la comparaison du profil en long de la ligne d'eau de l'Ain, réalisé en juillet 2012, avec celui établi en 1999. Les zones d'incision et d'exhaussement ont ainsi pu être mises en évidence sur le tronçon d'étude Pont d'Ain – Rhône. Il présente également l'évolution de la planimétrie entre 2000 et 2010 et confirme notamment le tarissement sédimentaire amont.

Remerciements

Nous remercions David BEAL et Martin PIEGAY pour leur participation active aux campagnes de terrain sur lesquelles sont basées les analyses présentées dans ce rapport.

Sommaire

Evolution verticale du lit de l'Ain entre 1999 et 2012	page 5
Evolution latérale du lit de l'Ain entre 2000 et 2009	page 13
Recommandations concernant quelques secteurs particuliers soumis à érosion	page 24
Mise à jour des connaissances et des recommandations au regard du bilan géomorphologique de la dernière décennie et des effets de la recharge	page 31
Mise à jour de la cartographie de l'espace de liberté	page 34

Introduction

Dans le cadre du contrat de bassin, diverses actions ont pour objectif de lutter contre l'incision du lit de la rivière d'Ain et de faciliter sa divagation, donc de restaurer sa dynamique, tout en se rapprochant du fonctionnement naturel de la rivière et en préservant les ouvrages d'art et les secteurs à forts enjeux économiques. Un état 0 a été réalisé dans le cadre des études préalables du SAGE (2000) et du programme LIFE Nature (2003). Dans ce contexte, un état des lieux à 10 ans est réalisé ici afin d'expertiser l'impact des actions entreprises sur le milieu dans le cadre du SAGE, LIFE et contrat de bassin, d'évaluer leur efficacité et les réajuster si besoin est. Ce travail sert également de base pour un programme de gestion sédimentaire de la basse rivière d'Ain. Une attention particulière sera portée aux secteurs de réinjection des matériaux issus de la restauration des lônes.

Ce suivi tente de dégager les grandes évolutions physiques du cours d'eau par une analyse diachronique de la mobilité latérale, longitudinale et verticale depuis l'étude préalable au SAGE du CNRS en 2000 et en intégrant le travail de la thèse d'Anne-Julia Rollet en 2007 :

- Suivi de la mobilité verticale du lit (localisation du front d'érosion, profil en long),
- Suivi de la mobilité latérale du lit (superficie érodée, inventaire des bancs de graviers et de leur état).

Une attention particulière a été portée aux tronçons suivants :

- Pont d'Ain entre le pont de l'autoroute et le pont de la voie SNCF, au regard des enjeux de la digue de la Morette ;
- les secteurs de réinjection des galets issus des travaux de restauration des lônes ;
- le secteur de Mollon où l'évolution de la rive droite inquiète les propriétaires riverains et les élus de la commune ;
- au niveau des ponts de Blyes et Port Galland où la rivière évolue ces derniers temps ;
- le secteur de la confluence à Saint Maurice de Gourdans au regard des travaux de redynamisation de la rive gauche par le syndicat et des travaux de protection de berge en rive droite par la commune.

Les actions envisagées ont donc été les suivantes :

1) Levé au DGPS – 170 points environ, mettant en évidence toutes les ruptures de pente dans la ligne d'eau de Chazey à la Confluence avec le Rhône (NB : le levé correspondant à la section Pont d'Ain – Chazey a été financé dans le cadre de l'étude EDF – ZABR – Agence de l'eau).

2) Comparaison du profil en long de 2012 (combinant les levés SIVU et les levés EDF-ZABR-AERMC) avec le profil de 1999 et détermination des incisions et des exhaussements.

3) Cartographie de la bande active sur les orthophotographies de l'IGN 2009. Les surfaces ont fait l'objet d'une discrétisation par segments élémentaires de 250 m de long, afin de pouvoir être étudiées longitudinalement et comparés avec les travaux réalisés antérieurement (Rollet, 2007).

4) Comparaison du tracé en plan de 2009 avec celui de 2000 et intégration de ces éléments dans la cartographie de l'espace de liberté.

5) Analyse des préconisations formulées dans l'étude préalable au SAGE et mise à jour des connaissances et des recommandations au regard du bilan géomorphologique de la dernière décennie et de la prise en compte des effets de la recharge.

Il est à noter qu'au cours de cette période, l'Ain n'a pas enregistré de crues significatives. La dernière en date dépassant 1000 m³/s à Chazey a eu lieu en 1999 (1460 m³/s le 21 février 1999). La crue biennale instantanée donnée par la banque hydro est de 910 m³/s, la quinquennale, de 1200 m³/s et la décennale 1400 m³/s (voir *Figure i.1*).

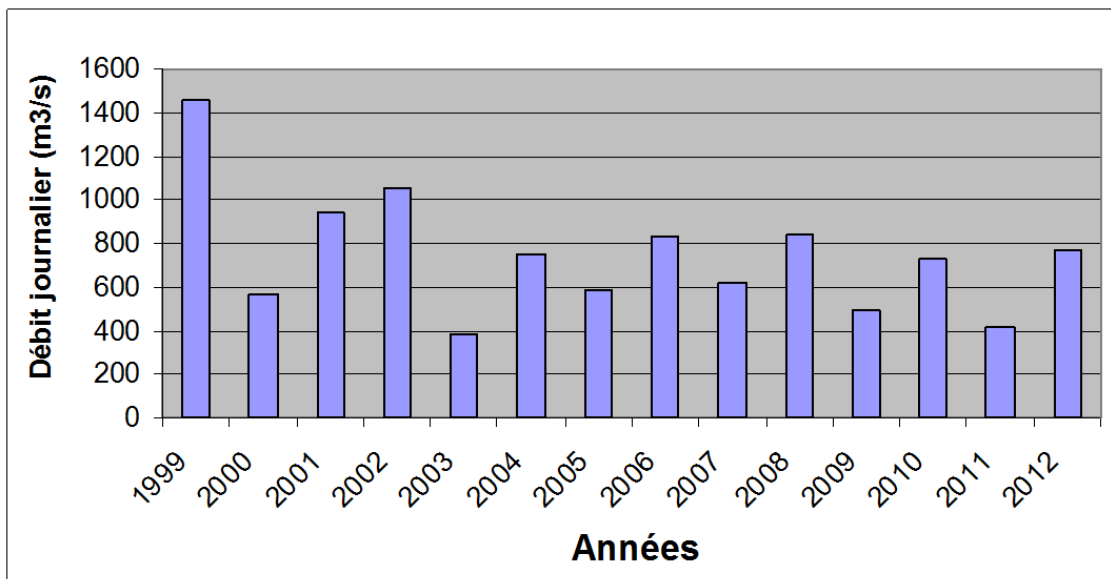


Figure i.1 : Débits journaliers maximaux annuels à la station de Chazey entre 1999 et 2012 (source : Banque Hydro).

**Evolution verticale du lit de l'Ain
entre 1999 et 2012**

Conditions de réalisation des levés topographiques

Le levé topographique de la ligne d'eau de l'Ain en 2012 a été réalisé dans des conditions de débits variant entre 21 et 23 m³/s. Ceci correspond à la gamme des débits enregistrés lors des levés de 1999, qui s'étendait alors de 18 à 24 m³/s. Pour des débits de cette importance, la hauteur d'eau varie seulement de 1,25 cm/m³.s⁻¹ à la station hydrologique de Chazey sur Ain (pk 22.3) (voir *Figure 1.1.a*), et de 0,8 cm/m³.s⁻¹ 3 km en amont, en aval de la lône de Martinaz, là où le chenal est plus large (voir *Figure 1.1.b*). La variation de hauteur d'eau due au changement de débit est donc au maximum de 7,5 cm, ce qui est négligeable dans le cadre de telles comparaisons. Pour la comparaison des deux profils, nous ne nous intéressons donc qu'aux variations d'altitudes supérieures à cette valeur.

Figure 1.1.a :

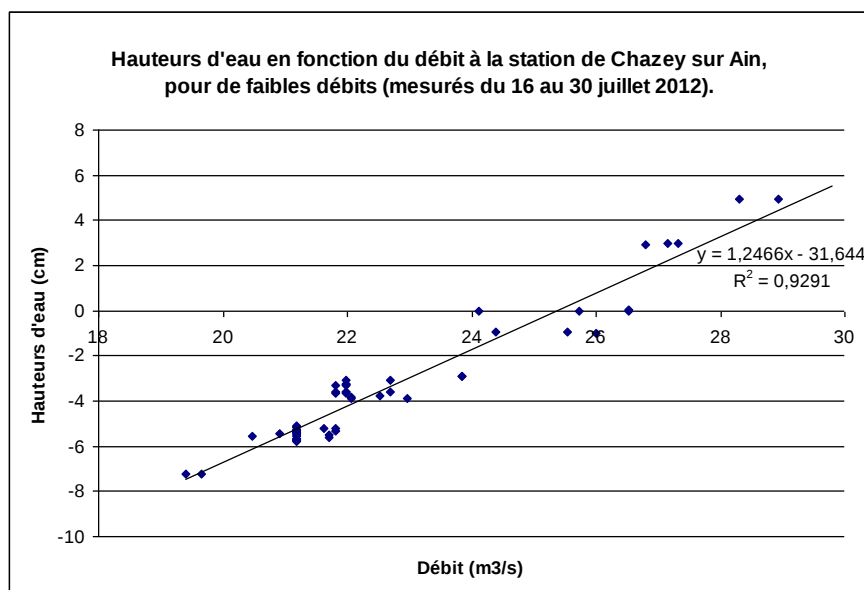
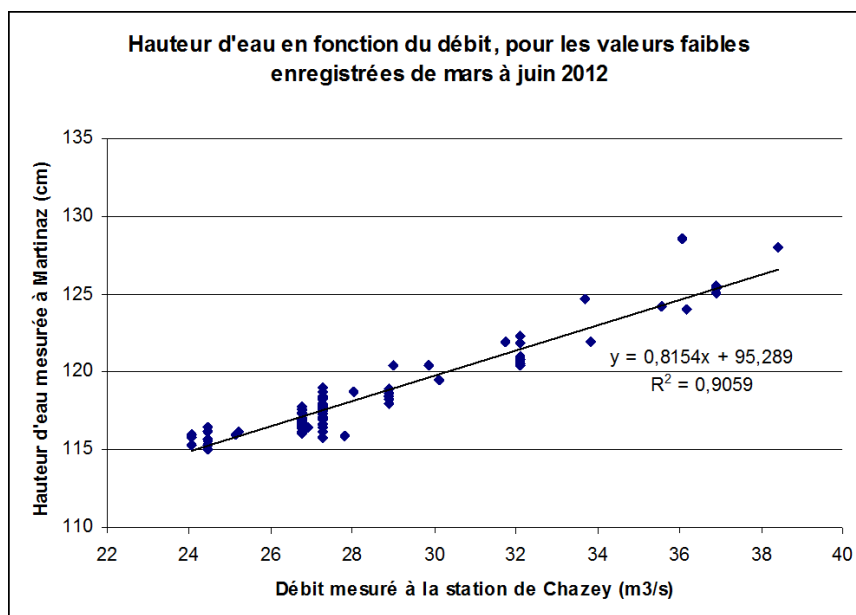


Figure 1.1.b :



Traitements des données

Outre les variations de débits lors des deux levés, des problèmes d'imprécisions peuvent être craints lors de la comparaison des deux profils car celui de 1999 a été réalisé à la mire et au topofil alors que celui de 2012 est réalisé au DGPS. Au niveau altimétrique, plusieurs points fixes ont été comparés (sommet des seuils) pour lesquels on n'observe que de faibles différences. Au niveau des distances, les écarts sont plus marqués.

Plusieurs raisons peuvent expliquer cela :

- l'évolution du tracé en plan de la rivière entre les deux dates explique que les deux tracés n'aient pas la même longueur,
- le levé de 1999 ayant été réalisé au topofil, la mesure des distances a été moins précise qu'en 2012. Le *Tableau 1.1* présente ces différences de longueur pour chaque tronçon.

Tableau 1.1 : Longueurs mesurées pour chaque tronçon (en km) :

	1999	2012
Total (Pont d'Ain – Rhône)	41.85	41.74
Pont d'Ain – Priay	7,97	8,20
Priay – Gévrieux	5,97	6,51
Gévrieux – Pont de Chazey	8,60	7,59
Pont de Chazey – Blyes	8,33	8,37
Blyes – Port Galland	7,04	6,68
Port Galland – Rhône	3,94	4,39

Traitement des données de 2012 :

Après récupération des données acquises au DGPS sur le terrain en 2012, celles-ci ont été post-traitées grâce au logiciel TBC (Trimble Business Center), fourni par le fabricant du DGPS utilisé (Trimble). Ces données ont alors été importées dans le logiciel ArcGIS, puis projetées sur l'axe médian du chenal. Ce dernier a été digitalisé sur des images de la BD ORTHO de 2009. Chaque point est ainsi renseigné par des valeurs d'altitude et de distance (exprimées en *pk2012*, le 0 correspondant au pied du barrage de Pont d'Ain).

Traitement des données de 1999 :

L'axe médian de 1999 a été représenté par celui digitalisé sur des images aériennes datant de 2000, les plus proches disponibles de la date du levé. Les points de mesure ont été disposés sur cet axe en fonction de leur distance mesurée sur le terrain. De nombreuses imprécisions sont visibles : les distances entre les repères fixes sur les images et les points correspondants le long de l'axe médian s'étendent de +70 à -900 m (*Tableau 1.2*).

Tableau 1.2 : Différences observées sur SIG entre les points de repère et les points de relevé sur le profil en long de 1999 :

Repère	Différence observée (m)	Repère (suite)	Différence observée (m)
Barrage de Pont d'Ain	0	Pont de Gévrieux	-630
Fin digue camping Pont d'Ain	+70	Seuil radier SNCF Loyes	-790
Extrémité aval camping	+70	RN84	-820
RN75	+70	A42 Chazey	-800
SNCF Pont d'Ain	+130	Pont de Blyes	-810
A42 Pont d'Ain	+110	Château de Gourdans	-730
Confluence Suran	+80	Pont de Port Galland	-600
Pont de Priay	-220	Confluence Rhône	-900

Chaque point a donc été corrigé individuellement, en fonction de sa position sur le tronçon séparant deux points de repère (au prorata des distances entre ce point et les repères). L'erreur observée au point aval du tronçon a ainsi été répartie sur l'ensemble des points de mesure. Les points corrigés ont alors été re-projetés sur l'axe médian de 2000, pour vérification : chacun est alors doté d'une distance, exprimée en *pk1999*. Leur projection sur l'axe médian de 2009 a permis d'associer leurs altitudes à ces mêmes distances exprimées en *pk2012*.

Corrections secondaires des données de 1999 :

Les deux profils ayant des distances exprimées dans un même système (*pk2012*), on les a comparés graphiquement. Le calage des distances semble correct au vu du positionnement des différents seuils, à l'exception du tronçon Priay – Gévrieux (*Figure 1.2*). Il semble en effet que le « dessin » formé par les ruptures de pente soit décalé de manière systématique sur ce tronçon dans un sens qui n'est pas logique avec le positionnement des seuils observés sur les photographies de 2000 et de 2009.

Figure 1.2 :

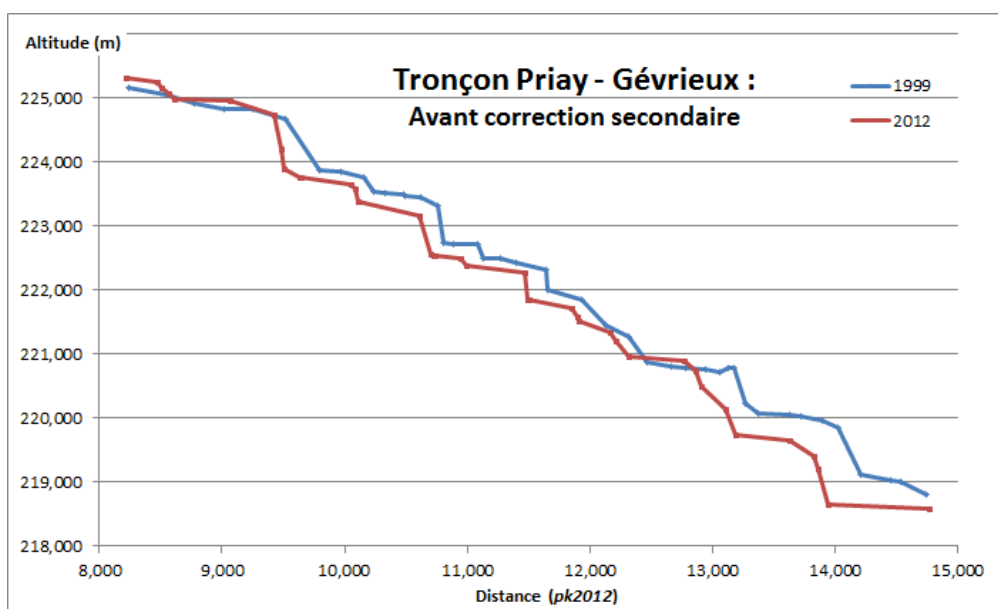


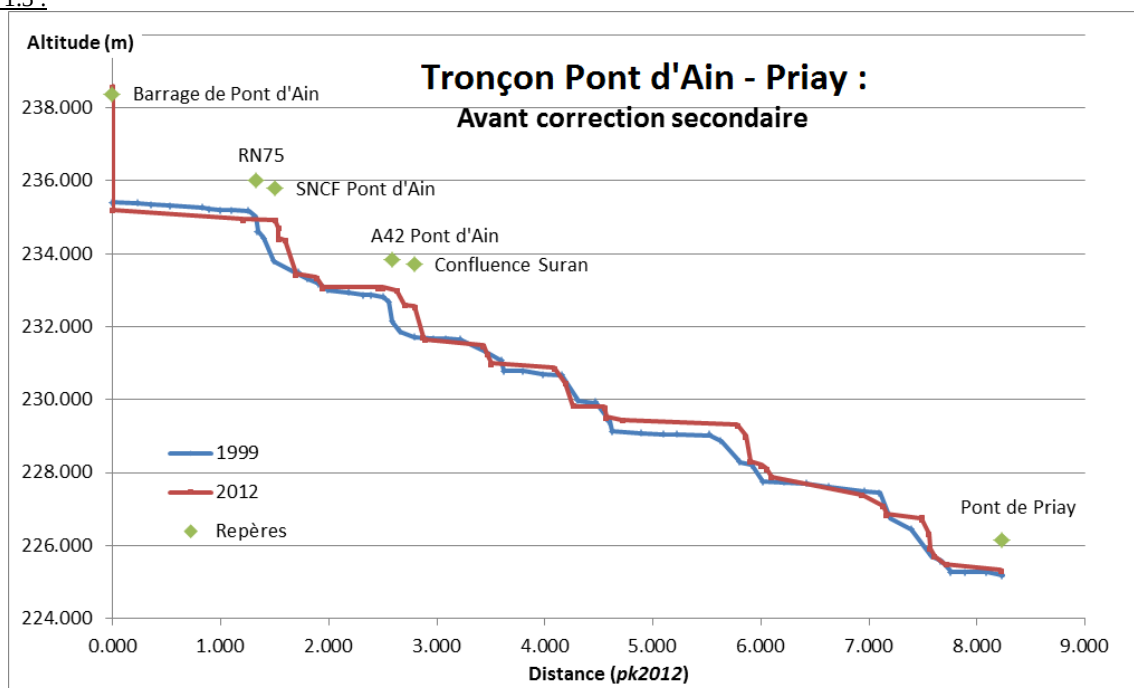
Tableau 1.3 : Evolutions des seuils mesurés sur les images pour la correction linéaire du profil de 1999 :

Seuil en 2009 (<i>pk2012</i>)	Par rapport à 2000 (m)
9 394-9 482	+25
10 579-10 670	+25
11 444-11 475	+60 (crête) – 0 (pied)
12 292	+40
12 745-13 162	+25

Les images de ce secteur ont en effet été étudiées de manière plus précise : nous avons essayé de retrouver la position des principaux seuils aux deux dates et de mesurer leur position par rapport à des points fixes proches du chenal (maisons, routes, etc.). Nous avons ainsi estimé un déplacement global de ces seuils de l'ordre de 25 m vers l'aval : le *Tableau 1.3* présente les points que nous avons pu mesurer. Afin de limiter la manipulation des données, nous avons pris le parti de retrancher 150 m à l'ensemble des points de 1999 (à l'exception des ponts) sur ce tronçon afin que le positionnement des seuils soit logique avec ce que l'on observe : les différences mesurées graphiquement vont globalement de 130 à 180 m.

Sur le tronçon situé entre Pont d'Ain et Priay, le même genre de problème se retrouve, mais sur un linéaire plus restreint : comme on peut le voir sur la *Figure 1.3*, les seuils correspondant aux ponts de Pont d'Ain sont décalés. On voit cependant que ce n'est pas le cas sur les images, si l'on compare 2000 et 2009. Nous avons alors décalé cette portion du profil en long de 1999, en ajoutant 200 m à la distance de chaque point compris entre les pk2012 1200 et 2900.

Figure 1.3 :



Analyse des données

Comparaison des profils de 1999 et de 2012 :

L'évolution de la ligne d'eau entre 1999 et 2012 est visible sur les graphiques comparés par tronçons, à voir en *Annexes 1* : le cours d'eau est globalement en incision. Ces incisions sont spectaculaires dans le secteur entre le pont de Gévrieux et Martinaz où elles dépassent localement 2 m, ou encore dans la partie la plus aval du tronçon entre Port Galland et la confluence.

On observe également quelques zones en exhaussement. Ceci est notamment le cas sur la portion comprise entre les pk 4, 5 et 6. D'autres zones sont aussi concernées : de part et d'autre du pont de Priay (pk 7 à 9,2) ; du pk 12,2 à 12,9 ; du pk 19,7 à 21,7.

Certaines portions du chenal, par contre, semblent être restées à la même altitude qu'en 1999 : ces portions sont stables si le transport sédimentaire est équilibré dans cette zone, ou si le substratum rocheux est à nu et que l'incision ne peut pas avoir lieu. Cela concerne a priori des zones situées aux pk 3 et 12, entre le pk 6 et 7, et le pk 34,5 et 35,5. Les zones situées aux alentours du viaduc SNCF de Loyes, sur 2 km en aval du pont de Chazey, et en dessous du château de Gourdans sont dans le même cas.

Différence d'altitude entre 1999 et 2012 :

Pour étudier de manière plus précise l'évolution de la ligne d'eau de l'Ain, nous avons densifié les profils de manière à obtenir l'équivalent d'un point de mesure tous les 50 m. Pour cela, nous avons simplement interpolé les valeurs entre celles qui étaient effectivement mesurées. Nous

avons alors calculé la différence d'altitude entre les deux dates en fonction de la distance au barrage de Pont d'Ain (pk 0), ce qui est représenté en *Annexe 2*. Nous arrivons alors à distinguer quelques tronçons homogènes, selon que la ligne d'eau est en exhaussement (différence positive), en incision (différence négative), ou stable (différence proche de 0) : ils sont présentés dans le *Tableau 1.4*.

Tableau 1.4 : Tronçons « homogènes » dans l'évolution de la ligne d'eau entre 1999 et 2012 :

Tronçon (pk2012)	Tendance globale
Pk 0 – pk 2	Incision faible
Pk 2 – pk 4,5	Stable
Pk 4,5 – pk 9,5	Léger exhaussement
Pk 9,5 – pk 12,5	Incision faible
Pk 12,5 – pk 18,5	Forte incision
Pk 18,5 – pk 24	Stable
Pk 24 – pk 32,5	Incision faible
Pk 32,5 – pk 35	Stable
Pk 35 - Confluence	Forte incision

Nous avons considéré qu'une zone était stable si la différence d'altitude entre 1999 et 2012 sur une distance de plus de 200 m était inférieure à 7,5 cm, cette valeur correspondant à l'incertitude due aux différences de débits déterminée précédemment. En étudiant les valeurs de manière précise, on s'aperçoit que ces zones sont assez nombreuses, mais bien plus courtes que les tronçons définis comme « homogènes » (voir *Tableau 1.5*. Elles sont aussi largement situées dans la partie aval du secteur d'étude.

Tableau 1.5 : Situation des zones restées stables entre 1999 et 2012 :

Pk amont	Pk aval	Longueur (m)
6,25	6,75	500
11,85	12,25	400
19,25	19,5	250
20,1	20,6	500
21,85	22,8	950
23,6	24,2	600
26,15	26,35	200
32,5	32,7	200
33,75	34,1	350
34,6	35,4	800
Longueur totale		4 750

De même, comme on peut le voir dans le *Tableau 1.6*, on peut définir de manière précise les zones qui sont en exhaussement (on a considéré les linéaires supérieurs à 200 m seulement). On a mesuré, pour chaque zone, l'exhaussement moyen. Sur l'ensemble du linéaire qui s'est exhaussé en 13 ans, on observe une augmentation moyenne de +22 cm.

Tableau 1.6 : Situation des zones en exhaussement entre 1999 et 2012 :

Pk amont	Pk aval	Longueur (m)	Exhaussement moyen (cm)
2,2	2,6	400	14
3,65	4,1	450	17
4,55	6,2	1 650	37
7,2	9,4	2 200	17
12,3	12,8	450	12
18,8	19,2	400	11
19,55	20,05	500	20
21,4	21,8	400	18
33,45	33,7	250	23
Total		6 700	22

L'ensemble du linéaire qui n'est ni stable ni en exhaussement est donc en incision : cela concerne la plus grande partie du cours d'eau. De 1999 à 2012, sur toute la basse vallée de l'Ain on observe une tendance moyenne à l'incision de 23 cm. Cette incision atteint localement jusqu'à 2 m (pk 17) et la moyenne calculée uniquement sur les tronçons incisés est de 42 cm. Le *Tableau 1.7* présente les situations et longueurs de chacun de ces tronçons. La zone située entre les pk 12,9 et 18,65 est l'une des plus longues et la plus incisée de toutes ces zones. Ce tronçon correspond au secteur de Mollon/Martinaz. La seconde incision la plus importante, qui est aussi la plus longue, correspond à l'extrémité aval du tronçon, juste avant la confluence avec le Rhône.

Tableau 1.7 : Situation des zones en incision entre 1999 et 2012 :

Pk amont	Pk aval	Longueur (m)	Incision moyenne (cm)
0	2,15	2 150	21
4,2	4,45	250	16
6,8	7,15	350	16
9,5	11,8	2 300	15
12,9	18,65	5 750	80
20,65	21,35	700	24
22,85	23,55	700	11
24,25	26,1	1 850	17
26,65	32,45	5 800	25
32,75	33,4	650	14
34,15	34,35	200	20
35,45	41,7	6 250	57
Total		26 950	42

Effet de la recharge sédimentaire et du changement de tracé en plan :

Sur l'*Annexe 2* ont été représentées les zones ayant enregistré une recharge sédimentaire artificielle au cours de la période d'étude, et les tronçons dont le tracé en plan a été modifié de manière importante. On remarque que les zones les plus incisées sont aussi celles qui ont changé de tracé en plan. Le recoupement des méandres de Mollon (pk 15,8 à 17,4) et de Martinaz (pk 17,8 à 18,7) a provoqué une augmentation de la pente très importante (voir *Annexe 1.c*) parce que le linéaire du cours d'eau a été très réduit. Cette augmentation de la pente a induit une érosion régressive qui explique l'incision. Cette incision a de fortes chances de se propager encore vers l'amont, jusqu'au rétablissement d'un certain équilibre dans le transport solide. Ce phénomène s'est traduit également par un élargissement du lit recoupé, une importante mise en mouvement de sédiments, en grande partie stockés dans les bras recoupés et en partie exportés vers l'aval, ce qui explique le léger exhaussement observé sur le tronçon immédiatement aval.

L'amont de Pont d'Ain subit également une légère incision, qui résulte sans doute d'un manque d'apport sédimentaire de l'amont. Mais il existe malgré tout une charge solide mobilisée dans ce secteur qui prouve qu'un petit flux sédimentaire amont existe (environ 7 500 m³). En effet, on voit un léger exhaussement au niveau des ponts de Pont d'Ain, localisé en amont des secteurs de recharge. Cet apport est néanmoins très faible par rapport à la capacité de transport potentielle de la rivière. Il résulte sans doute simplement de reprises locales de matériaux sur le tronçon entre Pont d'Ain et Allement, l'exhaussement observé ne compensant pas les incisions plus amont enregistrées sur la période.

La recharge sédimentaire effectuée dans le cadre du LIFE est très bien visible sur le graphique des différences d'altitude entre 1999 et 2012 (*Annexe 2*). Elle avait pour but de combler le manque d'apports amont et elle a visiblement un effet favorable contre l'incision : une élévation

de la ligne d'eau est en effet observée sur les sites de recharge et à l'aval immédiat de certains d'entre eux. Le cas le plus marquant se situe entre les pk 4,4 à 9,5, différentes recharges sédimentaires ayant été réalisées entre les pk 4,4 et 7,2. Vu l'importance de l'incision sur certains secteurs immédiatement aval, et vu l'efficacité des opérations de recharge artificielle, il semble nécessaire de continuer dans ce sens, en ciblant les zones amont afin de maintenir ce flux au cours du temps.

L'autre secteur préoccupant est le secteur le plus aval qui enregistre une incision significative. Cette incision résulte de la rectification du tronçon (au droit du terrain de foot de Saint Maurice en rive droite et de la gravière en rive gauche) qui le rend plus efficace en termes de transport solide. Ceci est combiné à un déficit sédimentaire amont résultant notamment de la rétention sédimentaire favorisée par le développement des boucles de méandres de Mollon et Martinaz depuis une quarantaine d'années. On voit ainsi que le secteur de Blyes à la sortie de la boucle de Chazey enregistre lui aussi une légère incision sur la période. Le secteur au km 35 est protégé par des affleurements rocheux, ce qui explique qu'il soit plus stable.

Conclusion

La comparaison des profils en long de 1999 et 2012 réalisée dans le présent rapport permet de rendre compte des évolutions verticales enregistrées par le cours d'eau à cette période.

D'après les résultats présentés, il se confirme que la recharge artificielle en sédiments a été judicieuse, vu son effet sur le profil en long et vu l'importance de l'incision observée à l'aval de Gévrieux et plus globalement de tout le cours d'eau. Il semble pertinent de la reconduire afin de maintenir le transit notamment dans le secteur immédiatement aval. Un suivi topographique tous les 10 ans apparaît pertinent vu l'importance des évolutions verticales sur la rivière. Le pont de Port Galland devra cependant faire l'objet d'une attention particulière, tout comme la berge d'érosion rive droite à l'aval de Priay ou la propagation du seuil d'érosion régressive observé quelques kilomètres seulement à l'aval du pont de Gévrieux.

**Evolution latérale du lit de l'Ain
entre 2000 et 2009**

Données utilisées et méthodes appliquées

Données utilisées et projection des coordonnées :

Pour l'étude de l'évolution latérale de la basse vallée de l'Ain, nous avons disposé de trois couvertures aériennes, qui nous ont permis une comparaison des tracés entre 2000, 2005 et 2009. Les images de 2005 et 2009 proviennent de la BD Ortho fournie par l'IGN. Les clichés de 2000 ont été téléchargés sur le géoportail, sur le secteur Pont-d'Ain – confluence avec le Rhône. Ils ont ensuite été géoréférencés grâce au logiciel ArcGIS, en prenant pour référence ceux de la BDOrtho de 2009.

Nous avons fait en sorte de travailler uniquement dans le système de projection Lambert 93 : les dalles de la BD Ortho de 2005 ont été reprojetées de Lambert II étendu à Lambert 93, et les images aériennes de 2000 ont été géoréférencées directement dans le système officiel actuel.

Pour chaque cliché, nous avons recherché la date exacte de la prise de vue afin de connaître le débit de la rivière au moment de l'acquisition. Nous avons retenu les débits moyens journaliers (QMJ) mesurés à Chazey-sur-Ain et fournis par la Banque Hydro.

Digitalisation des bandes actives :

Sur chacune des couvertures aériennes, nous avons alors digitalisé les bandes actives, comprenant les bancs de galets non végétalisés et le chenal en eau, toujours sous le logiciel ArcGIS. Pour minimiser les erreurs, chaque digitalisation a été réalisée à l'échelle 1 : 4 000° par un seul opérateur. Les chenaux en eau et les bancs de galets ont été traités séparément pour une comparaison entre les dates.

Chaque bande active a alors été segmentée en 162 tronçons de 250 m de long, en vue d'une analyse longitudinale des tracés en plan au cours du temps.

En ce qui concerne les images de 2000, une petite portion de la rivière (1 km de long) inscrite dans la zone tampon autour de la centrale nucléaire du Bugey n'est pas couverte par les clichés disponibles sur le Géoportail. Nous avons alors utilisé les travaux réalisés par Anne-Julia Rollet au cours de sa thèse (2007) pour pallier ce manque d'information : le tracé qu'elle avait dessiné a été utilisé en cet endroit, et associé au notre.

Les résultats présentés ci-après sont à considérer en tenant compte de différentes imprécisions. Plusieurs facteurs ont été recensés lors de la phase de traitement des données comme pouvant altérer la précision des résultats. Les principaux sont énoncés ci-dessous :

L'ensemble des résultats présentés 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 (environ 45 m en x et 10 m en y, voir *Tableau 2.1*). 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.

Tableau 2.1 : Décalage observé entre les dalles de la BDOrtho 2005 et 2009

Point de repère	Décalage en x	Décalage en y
Barrage d'Allement	46 m à droite	4 m en haut
Barrage de Pont d'Ain	47 m à droite	13 m en haut
Pont de Chazey	43 m à droite	6 m en haut
Pont de Port Galland	47 m à droite	5 m en haut

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.

Sur la portion du cours d'eau non couverte par l'image de 2000, nous avons choisi d'utiliser les travaux de la thèse d'Anne-Julia Rollet (2007). Cependant, les polygones qu'elle avait tracés alors sont plus simplifiés, et les images qu'elle avait utilisées ne sont pas les mêmes, comme le géoréférencement qui y avait été opéré. Dans ses travaux, elle indique que le débit sur les images utilisées est de 21 m³/s, ce qui n'est pas très différent des débits sur nos propres images dans le même secteur.

Prise en compte de la différence des débits entre clichés :

Tableau 2.2 : Débits correspondant aux différents clichés utilisés pour étudier le tracé de l'Ain (Sources : IGN et Banque Hydro) :

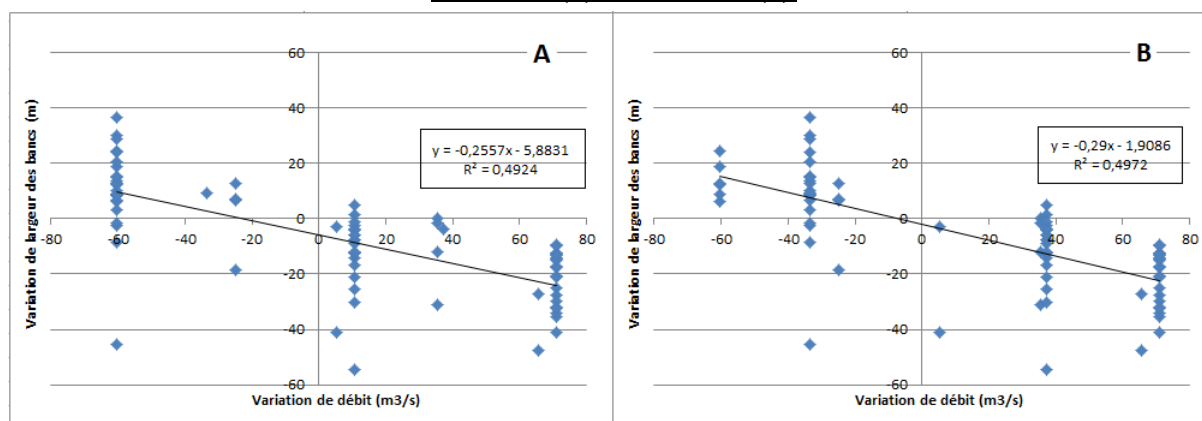
Segments	Clichés utilisés pour la digitalisation	Date	Débit (m ³ /s)
48 à 61	a	23/07/2000	25
62 à 86	b	09/08/2000	55
87 à 181	c à f	30/06/2000	19,7
182 à 185	<i>shapefile d'Anne-Julia Rollet</i>	30/06/2000	21
186 à 209	g	30/06/2000	19,7
48 à 209	tous	26/05/2005	90,6
48 à 119	Pont d'Ain - Chatillon-la-palud	29/07/2009	30,3
119 à 192	Chatillon-la-palud - Port Galland	18/08/2009	30,3 ou 57,1
192 à 209	Port Galland - Confluence	06/08/2009	57,1

L'étude de l'évolution des bancs est importante pour comprendre l'état morphologique d'un cours d'eau. Néanmoins, cette étude comparée doit se faire pour des débits identiques, ce qui n'est bien sûr pas le cas. Il a ainsi été nécessaire de corriger les différences planimétriques résultant des différences de débits entre les tracés digitalisés. En effet, comme on peut le voir dans le *Tableau 2.2*, les débits (fournis par la Banque Hydro) sont très variables d'une image à l'autre, ce qui rend la comparaison des différentes dates compliquée : la hauteur d'eau augmentant en même temps que le débit, la surface émergée d'un même banc est différente, même sans changement morphologique.

Pour cela, nous avons donc essayé d'établir une loi reliant la variation de largeur moyenne des bancs (surface/longueur) à la variation de débit. Ces valeurs ont été mesurées uniquement sur 27 segments de 250 m qui ne semblent pas avoir évolué au cours de la période 2000-2009 et dont la géométrie est *a priori* comparable. Pour chaque segment, nous disposons de trois variations de débit : entre 2000 et 2005, entre 2005 et 2009 et entre 2000 et 2009. Chacune correspond à une variation de surface de banc. Nous avons mesuré manuellement la longueur des bancs dans chacun de ces segments en 2000 (date choisie comme référence), pour calculer leur largeur moyenne, et nous avons alors étudié la relation entre largeur des bancs de galets et débit.

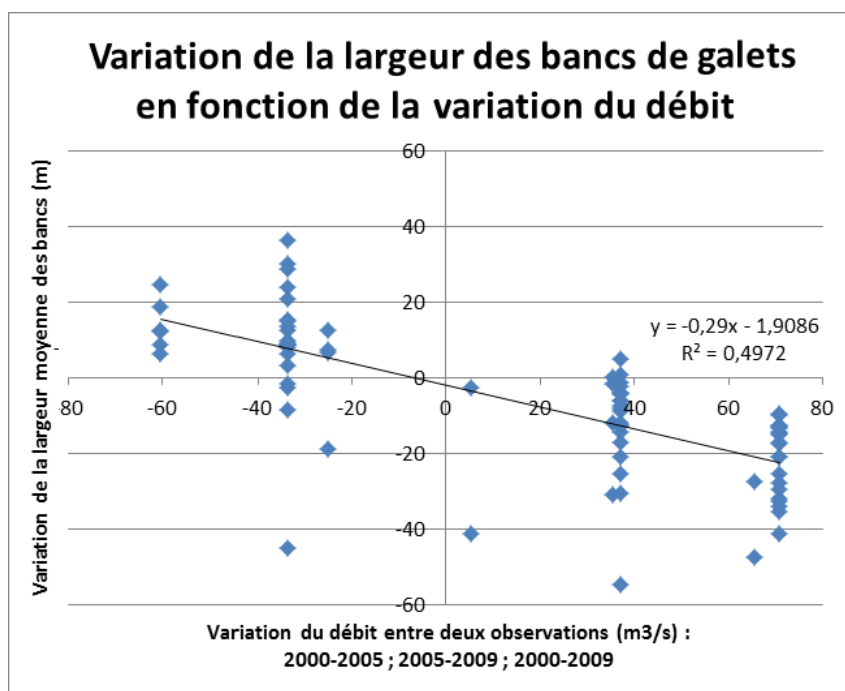
On peut voir dans le *Tableau 2.2* que nous avons une incertitude concernant les débits dans les segments 119 à 192 de 2009. En effet, d'après les informations fournies par l'IGN, nous n'avons pas pu dire plus précisément s'ils étaient de 30,3 ou de 57,1 m³/s. Nous avons donc testé les deux cas. La *Figure 2.1* présente ces deux essais, avec un débit de 30.3 m³/s dans les segments 119 à 192 en (A), et un débit de 57.1 m³/s en (B).

Figure 2.1 Loi reliant la variation de largeur des bancs à la variation de débit - avec, pour les segments 119 à 192 en 2009, un débit de 30.3 m3/s (A) ou de 57.1 m3/s (B).



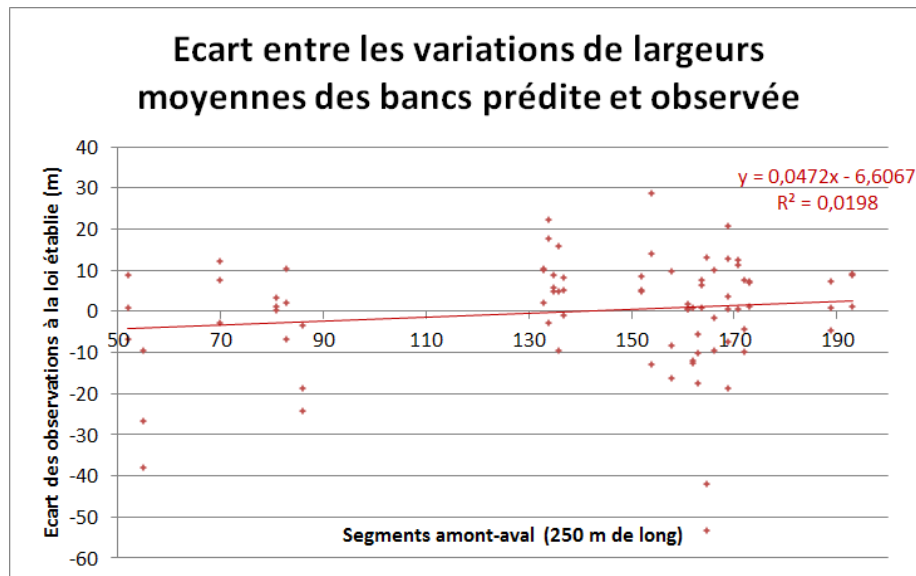
La solution (B) semble plus pertinente que la (A), car il paraît logique qu'en l'absence d'une variation de débit, la largeur moyenne des bancs n'évolue pas. Et l'ordonnée à l'origine dans ce deuxième cas est plus proche de 0, pour un R^2 équivalent, voire légèrement meilleur qu'en (A). La Figure 2.2 présente la relation statistique que nous avons donc appliquée à nos données pour compenser les variations de hauteur d'eau entre images.

Figure 2.2 :



Dans la Figure 2.3, nous avons voulu vérifier qu'il n'y a pas une évolution amont-aval de l'écart à la loi que nous venons d'établir. Il serait en effet possible que la relation « variation de largeur des bancs – variation de débit » évolue le long du linéaire. Nous considérons que ce n'est pas le cas, car la droite de tendance établie ici présente une pente très faible, et un coefficient de détermination non significatif. Nous avons donc appliqué la même loi pour les 162 segments de la basse vallée de l'Ain.

Figure 2.3 :



Nous avons ainsi utilisé cette équation pour corriger les valeurs de surface des bancs de galets pour la comparaison des différentes dates. La loi traitant de largeurs moyennes, pour corriger des surfaces nous avons fait le choix de multiplier chaque valeur par 250 : la longueur en mètres d'un segment. Comme le débit est constant sur l'ensemble du linéaire observé sur la BD Ortho de 2005, nous nous sommes basés sur ces valeurs de largeur de bancs pour compenser celles de 2000 et 2009 : cette correction consiste à considérer que le débit global pour l'ensemble des segments et l'ensemble des dates est de 90,6 m³/s (on a « augmenté les débits en 2000 et 2009, donc retranché une partie des surfaces des bancs de galets).

La correction appliquée comprend certaines imprécisions qu'il convient de présenter. Outre le choix des tronçons pour l'établissement de la loi, les mesures manuelles des longueurs des bancs sont relativement imprécises. De plus, il nous a semblé judicieux de nous référer à la seule longueur de 2000, car celle-ci est supérieure, mais proche de celle de 2009, et que pour de nombreux tronçons, les bancs sont complètement immergés en 2005, mais c'est un choix qui reste arbitraire. De même, pour repasser des largeurs moyennes aux surfaces de bancs, nous avons décidé de multiplier de manière homogène toutes les valeurs par 250. Cela revient à considérer que tous les bancs sont aussi longs qu'un tronçon, alors que ce n'est pas toujours le cas. C'est la meilleure solution que nous ayons trouvée pour pouvoir appliquer une correction à nos valeurs. Enfin, vu le faible nombre de segments disponibles pour élaborer cette loi, nous avons décidé de conserver aussi ceux dont les bancs étaient invisibles en 2005, pour les plus gros débits. Cela constitue un autre biais, car avec des débits importants, mais inférieurs au débit plein bord, les surfaces de bancs n'évoluent plus pour des débits qui augmentent pourtant.

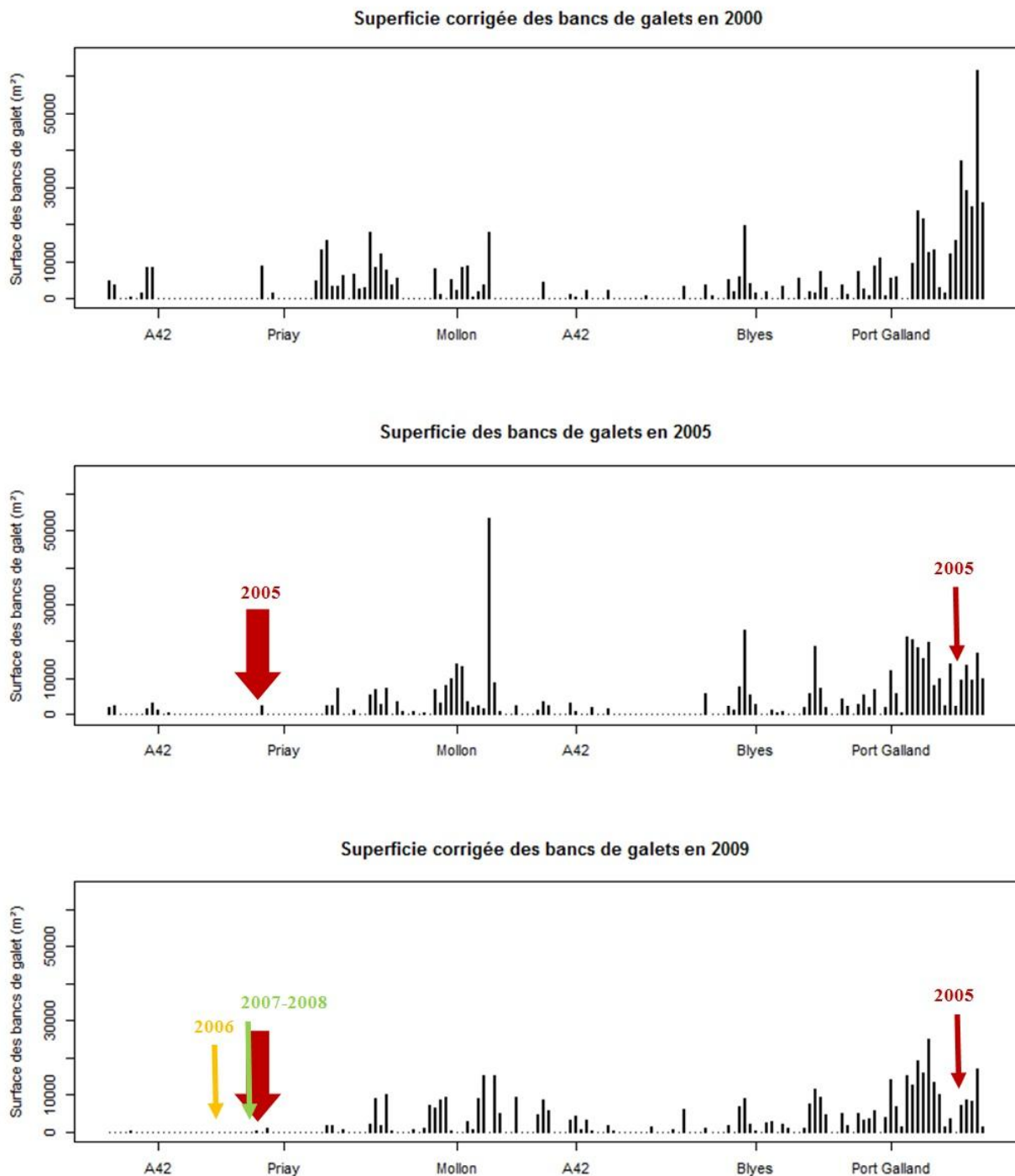
Analyse des données

Répartitions des bancs de galets au cours du temps :

Dans un premier temps nous nous sommes attachés à caractériser la répartition des bancs de galets au cours du temps, sur le linéaire du cours d'eau. La Figure 2.4 représente la surface des bancs de galets le long de la basse vallée de l'Ain, par tronçon de 250 m de long. Les données présentées ont été corrigées grâce à la loi établie, pour compenser les différences de débits entre les

différents clichés. Nous présentons en *Annexe 3* les mêmes graphiques sans les corrections. On peut ainsi voir l'effet de cette différence de débit : il semble y avoir beaucoup moins de bancs de galets en 2005, à cause des débits plus importants. Après correction (*Figure 2.4*), la comparaison des données semble en effet plus cohérente.

Figure 2.4 : Evolution de la répartition des bancs de galets dans la basse vallée de l'Ain (en m² par segment de 250 m) – après compensation des différences de débits entre clichés (les flèches représentent la recharge sédimentaire effectuée par le SBVA entre 2005 et 2009, leur largeur correspondant à la zone concernée).



On retrouve, pour chaque date, le même patron global de distribution des bancs de galets. Les deux principales zones de bancs se situent aux alentours de Mollon, et en aval de Blyes. Cependant, on remarque quelques tendances qui sont présentes à chaque fois :

La première, c'est que les bancs diminuent globalement en surface au cours du temps. Les pics les plus importants sont de moins en moins nombreux et de moins en moins marqués, et les valeurs moyennes sont de plus en plus faibles. On voit notamment que les quelques bancs situés les plus en amont disparaissent progressivement.

La deuxième, c'est que le long tronçon présentant de nombreux bancs, situé autour de Mollon, se décale progressivement vers l'aval au cours du temps.

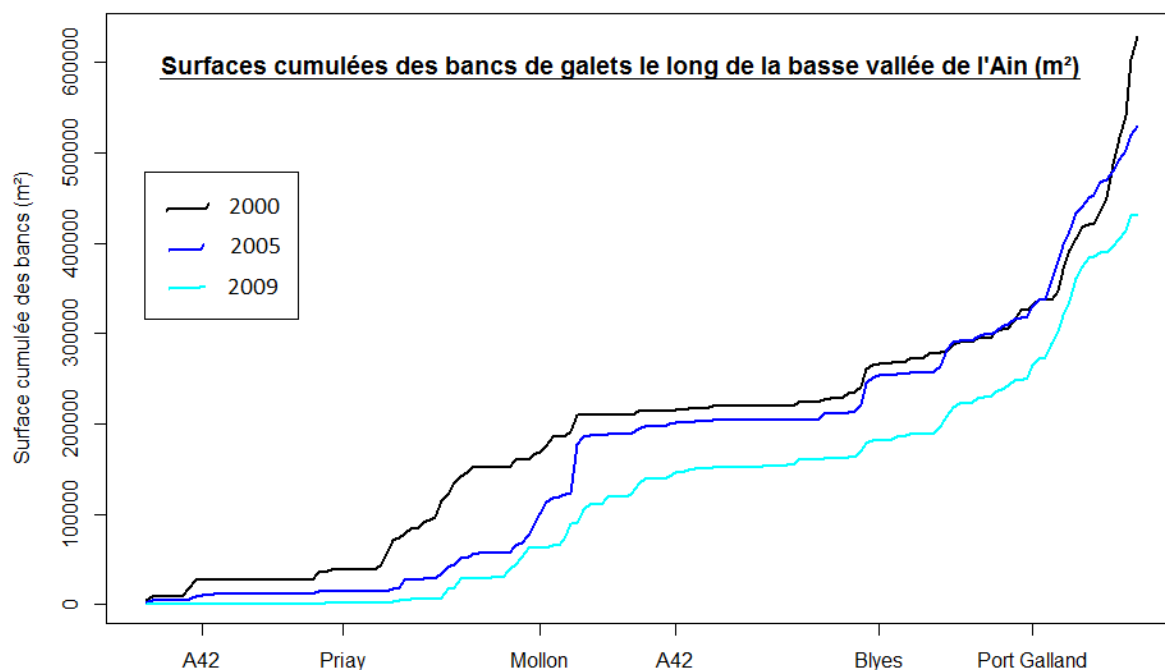
Le premier constat confirme que le déficit en apports sédimentaires provenant de l'amont se propage toujours vers l'aval. Le transit a bien lieu, donc les galets sont emportés vers l'aval, mais les bancs disparaissent petit à petit car les stocks ne sont pas renouvelés par des apports amont.

Le second souligne que les recoupements sont bien à l'origine d'un transfert de sédiment vers l'aval et non pas seulement d'un restockage dans les bras recoupés.

Un autre aspect est frappant sur ces graphiques : le pic très important, situé en aval de Mollon, en 2005 résultant du recoupement du méandre de Martinaz, survenu entre 2002 et 2005. L'ancien chenal, fraîchement abandonné en 2005, a laissé place à un banc de galets très important, qui se végétalise ensuite progressivement. Il est aussi marquant de constater que les très grands bancs présents à la confluence en 2000 se sont fortement réduits en 2009 à la suite de leur végétalisation. Cette évolution des surfaces de bancs dans des secteurs latéralement actifs n'est pas forcément préoccupante, elle n'est pas forcément liée au déficit sédimentaire mais plutôt à la dynamique de colonisation et de réajustement progressif de la largeur à la suite de mouvements significatifs se marquant temporairement par de forts élargissements comme nous allons le voir ensuite.

Quant aux recharges sédimentaires effectuées sur le linéaire entre 2005 et 2010, celles-ci ne se caractérisent pas par l'apparition de nouvelles formes de dépôts, à l'exception de l'opération la plus aval effectuée en 2005, ce qui montre que les volumes introduits sont encore modestes.

Figure 2.5 :



La *Figure 2.5* présente les mêmes résultats, sous la forme de courbes cumulées des surfaces de bancs, aux trois dates étudiées (la figure en *Annexe 4* présente aussi ces résultats, sans la correction des données). Cette présentation met en évidence et confirme la diminution des surfaces de bancs de galets au cours du temps, qui sont passées de 62,9 Ha à 43,2 Ha entre 2000 et 2009, pour un débit théorique de 91 m³/s : cela représente une diminution de 30 %. Entre 2000 et 2005, on constate que le « déficit de bancs » s'exprime principalement dans la zone en amont de Mollon. Ce secteur correspond à une zone en forte incision (comme nous l'avons dit dans la première partie de ce rapport), et comprend entre autre le recoupement du méandre de Mollon. Cette différence est presque comblée par l'apparition du banc dont on a parlé plus haut, dû au recoupement du méandre de Martinaz. Entre 2005 et 2009, c'est la végétalisation de ce dernier qui produit le changement planimétrique le plus marqué. Sur les autres secteurs, on retrouve à chaque fois globalement les mêmes formes de progression des courbes.

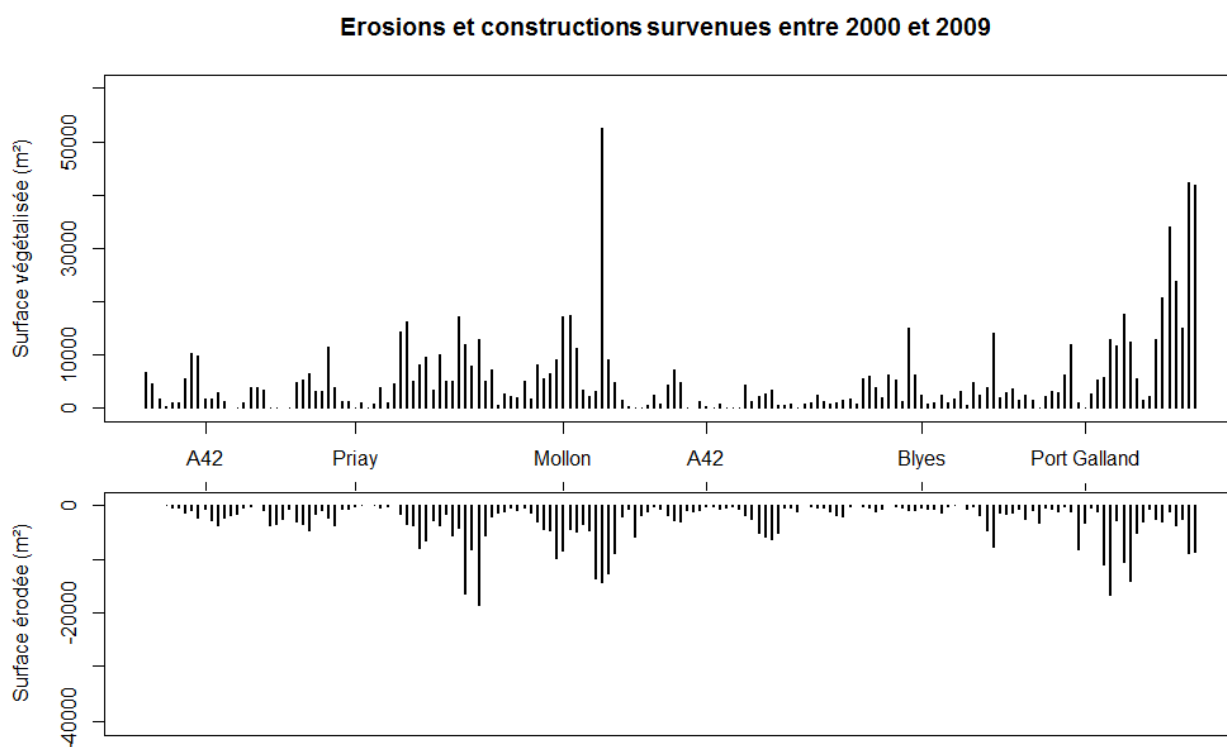
Erosions et constructions survenues entre 2000 et 2009 :

Dans cette partie, nous comparons le tracé de la bande active au cours des 2 périodes afin de déterminer les surfaces qui ont été érodées – c'est-à-dire qui ne faisaient pas partie de la bande active à une date n et qui sont devenues soit chenal soit banc de galets à une date $n+x$ - et inversement les surface qui ont été végétalisées (qui sont « sorties » de la bande active). La *Figure 2.6* présente ces résultats entre 2000 et 2009. En *Annexe 5* on présente les mêmes graphiques pour les deux sous-périodes, 2000-2005 et 2005-2009. Le *Tableau 2.3* présente les valeurs estimées de surfaces construites et érodées au cours des trois périodes considérées : 2000-2005, 2005-2009 et 2000-2009.

Tableau 2.3 : Surfaces estimées, érodées et construites entre 2000, 2005 et 2009

Période	Surfaces érodées (ha)	Surfaces érodées par an (ha)	Surfaces construites (ha)	Surfaces construites par an (ha)
2000 – 2005	60,8	12,2	59,0	11,8
2005 – 2009	23,3	5,8	77,3	19,3
2000 – 2009	54,3	6,0	106,4	11,8

Figure 2.6 :



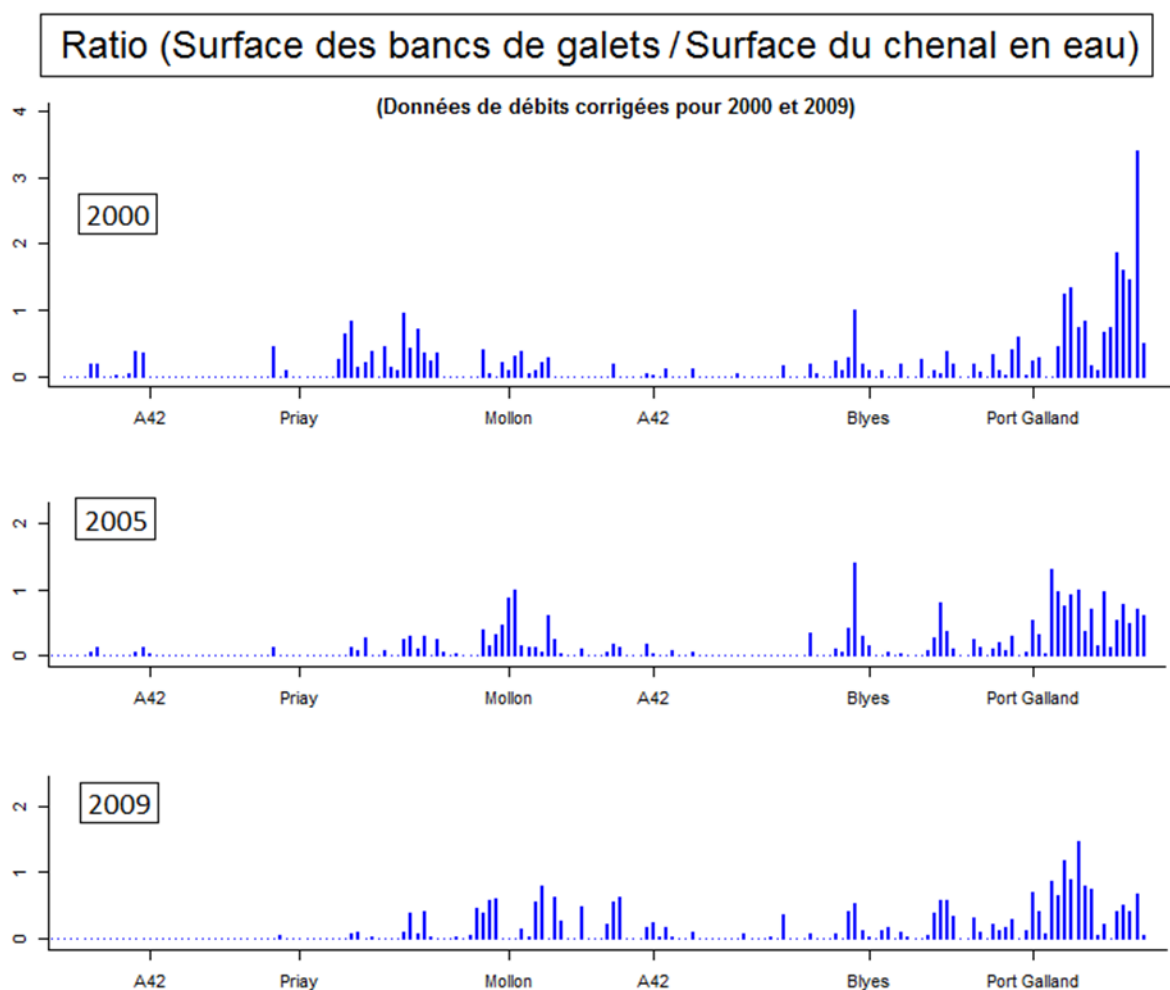
On voit que, sur la période 2000-2009, on observe généralement un certain équilibre entre érosion et végétalisation. Cela illustre bien l'évolution du tracé en plan de la rivière : celle-ci se déplace de manière latérale. En se décalant d'un côté, elle érode l'une de ses berges et la végétation se développe sur l'autre, parfois avec un certain décalage dans le temps. Cependant, les surfaces érodées sont bien inférieures en moyenne aux surfaces végétalisées. Cela met en évidence une rétraction de la bande active, qui est pour partie liée à l'incision et pour partie liée aux évolutions morphologiques de cette décennie avec les recoupements et à l'absence de grandes crues sur cette période.

Sur ce graphique encore, les deux secteurs qui sont mis en évidence sont celui de Priay-Mollon et la confluence avec le Rhône. On voit donc clairement la végétalisation des anciens chenaux, abandonnés à la suite des recoupements de méandres, et la perte d'activité de la zone de confluence.

On peut remarquer, si l'on consulte les graphiques de l'*Annexe 5*, que presque la totalité de la rétraction de la bande active au niveau de la confluence s'exprime entre 2000 et 2005 et que lors de la période suivante une nouvelle activité érosive s'exprime, confirmant le caractère encore dynamique de cette confluence malgré l'incision observée.

Evolution de la proportion de bancs par rapport au chenal :

Figure 2.7 :

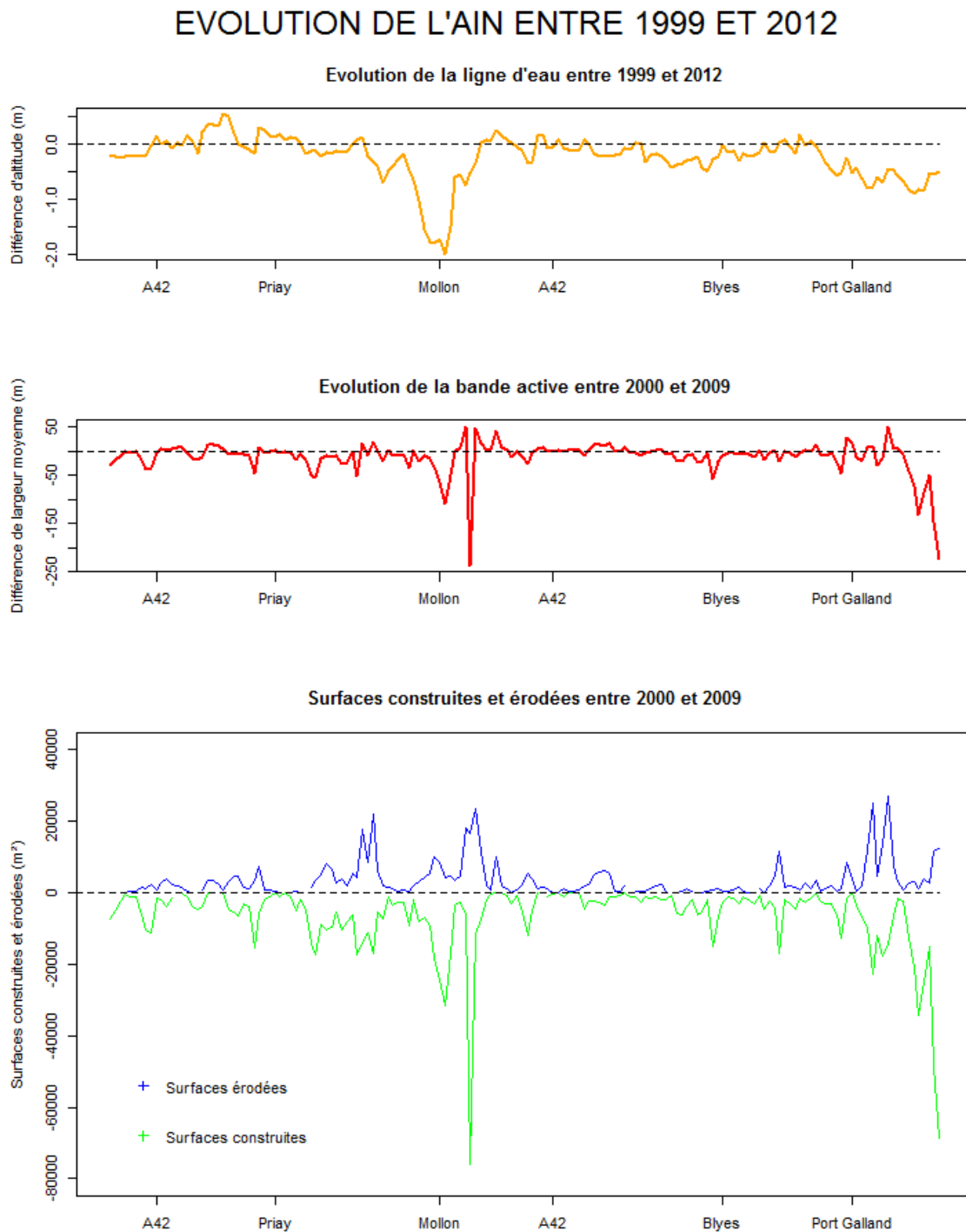


La Figure 2.7 représente les proportions de la surface des bancs de galets par rapport à la surface du chenal en eau, par tronçon de 250 m de long. Elle est basée sur les données corrigées de

surfaces de bancs, et l'on trouve l'équivalent non corrigé en *Annexe 6*. Ici, les segments dont le ratio est nul ne présentent pas de banc. On ne peut pas parler, sur ce graphique, de différence significative dans les valeurs moyennes des trois dates. Cela signifierait que la diminution de la surface des bancs de galets et la rétraction de la bande active que l'on a observées plus haut s'opèrent de manière proportionnelle.

Evolution globale de l'Ain entre 1999 et 2012 :

Figure 2.8 :



Trois graphiques synthétisant l'évolution morphologique de l'Ain sur la période étudiée sont présentés en *Figure 2.8* : le niveau altitudinal de la ligne d'eau, la largeur de la bande active et les surfaces érodées et construites. On note au premier coup d'œil l'incision importante qui s'est produite dans le secteur de Mollon. Elle coïncide avec les zones de forte rétraction de la bande active, par végétalisation des bancs avec une érosion latérale limitée. La zone de la confluence, se trouve dans la même configuration, ce qui met en évidence des changements de tracé en plan significatifs du cours d'eau à ces endroits.

Conclusion

L'analyse planimétrique permet de souligner les éléments suivants :

- La superficie des bancs se réduit au cours de la période dans la partie amont affectée par le déficit sédimentaire ainsi que dans le secteur de recoupement de Mollon-Martinaz.
- La période est marquée par une rétraction importante de la bande active en raison d'une forte végétalisation consécutive à la phase de recoupement et à l'absence de crues significatives.
- La période se caractérise aussi par des érosions significatives au droit des secteurs en rétractions qui confirme un bon maintien de la dynamique latérale, même en l'absence de crues de forte intensité. C'est le cas de la confluence et du secteur Villette-Mollon. Cette dynamique semble se propager à l'aval de Martinaz au fur et à mesure du transfert aval de la charge. Le secteur Martinaz – Chazey devrait ainsi enregistrer plus d'érosion latérale dans les années à venir que lors des 4 dernières décennies.

**Recommandations concernant
quelques secteurs particuliers
soumis à érosion**

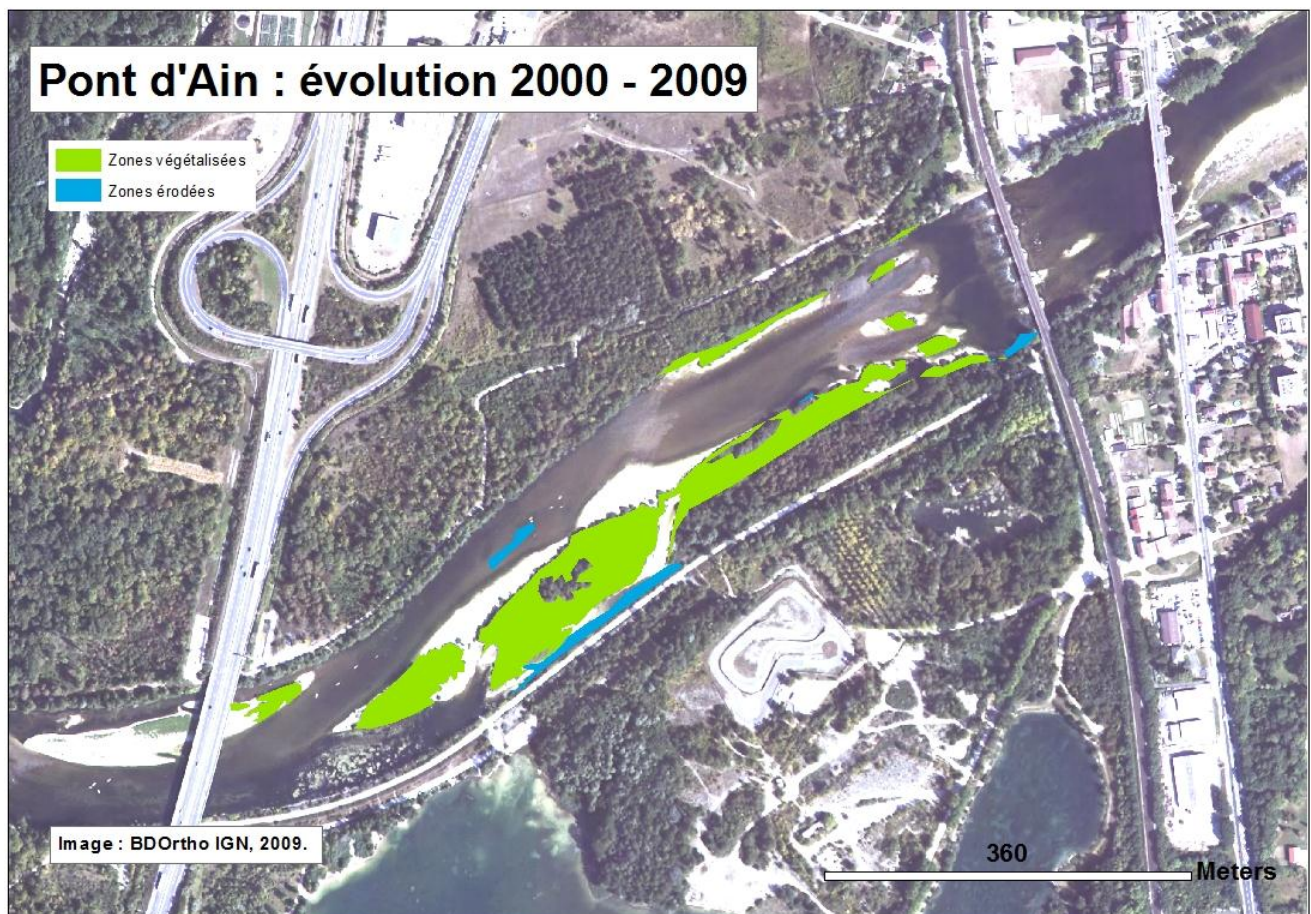
Différents tronçons ont fait l'objet d'une attention particulière, conduisant à réaliser une analyse plus détaillée par SIG des photographies aériennes et des tracés successifs, celle-ci étant complétée par une visite de terrain qui a eu lieu le 24 janvier 2013. Pour les différents cas, nous avons cartographié les zones qui ont été érodées et celles qui se sont construites entre 2000 et 2009 afin de bien cerner l'évolution récente. Pour certains cas, nous avons également analysé l'évolution sur un pas de temps un peu plus long.

Les tronçons retenus sont les suivants :

- un secteur à Pont d'Ain entre le pont de l'autoroute et le pont de la voie SNCF au regard des enjeux de la digue de la Morette ;
- les secteurs de réinjection des galets issus des travaux de restauration des îlots ;
- le secteur de Mollon où l'évolution de la rive droite inquiète les propriétaires riverains et les élus de la commune ;
- les ponts de Blyes et Port Galland où la rivière évolue ces derniers temps ;
- le secteur de la confluence à Saint Maurice de Gourdans au regard des travaux de redynamisation de la rive gauche par le syndicat et des travaux de protection de berge en rive droite par la commune.

Secteur de Pont d'Ain entre le pont de l'autoroute et le pont de la voie SNCF

Figure 3.1 : Erosions et constructions survenues à Pont d'Ain entre 2000 et 2009



Ce secteur a fait l'objet d'un élargissement significatif entre 1983 et 1996, peut-être artificiel lors de la construction de l'autoroute, peut-être naturel lors de la crue de février 1990 (*Figure 3.1* et *Annexe 7*). Depuis cette date, il est en phase de réajustement. Du fait de sa « sur-largeur », les faibles apports solides amont ont tendance à se déposer dans ces secteurs. Ceux-ci sont maintenant émergés en été et ont enregistré une forte végétalisation depuis 1996. Ceci n'empêche aucunement les débordements en rive gauche par-dessus l'ouvrage de surverse. Il s'agit d'un milieu particulièrement intéressant au niveau écologique du fait de ces unités pionnières. Il ne semble pas nécessaire d'intervenir.

Secteurs de réinjection des galets issus des travaux de restauration des lônes

Les différents secteurs de recharge (Priay et Bellegarde) ont fait l'objet d'une visite. La charge a bien été reprise, ces apports ont un effet sensible sur la ligne d'eau en basses eaux, ce qui a permis de bien les détecter lors de la comparaison des profils. Les dépôts ne se végétalisent pas et ont tendance à bien se distribuer dans le fond du lit sans former de nouveaux bancs (voir en *Annexe 8*). Ceci est encourageant pour le maintien du profil en long. Il sera néanmoins important pour les années à venir de continuer de telles injections car celle-ci va progressivement se diffuser vers l'aval.

Secteur de la décharge de Priay

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 puits 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.

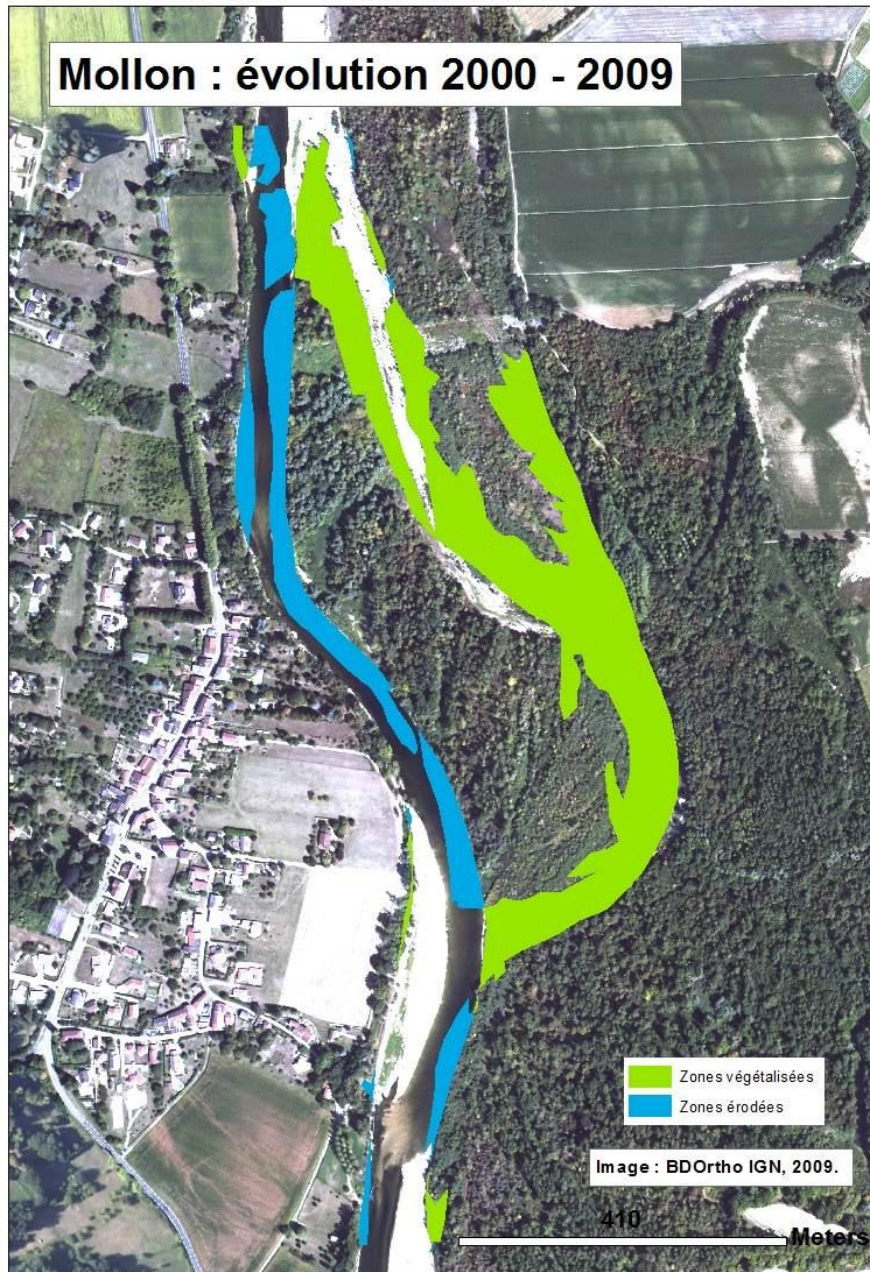
Secteur de Mollon

Il s'agit du secteur qui a enregistré l'une des plus fortes évolutions au cours de la période avec le recoupement du bras de rive gauche (*Figure 3.2* et *Annexe 9*). Le nouveau bras qui a emprunté un tracé ancien s'est fortement élargi aux dépens principalement de la berge alluviale de rive gauche. Il a ré-érodé également une zone en rive droite au droit de la station d'épuration qui correspondait en fait à un îlot alluvial. La visite effectuée sur le terrain montre que la rive droite de la rivière est solidement installée sur un lit d'argiles protégeant efficacement la berge. Celle-ci n'a ainsi pas bougé au cours de la période. Il n'y a pas forcément un risque significatif quant à un déplacement de la rivière en rive droite compte tenu de la résistance de la berge mais celle-ci est malgré tout localement érodée et très abrupte. Elle est susceptible de glisser lors de crues et il conviendrait de sécuriser cette berge en termes d'accès publics.

Il convient de souligner que dans ce secteur de Mollon, la berge plus aval localisée au droit du puits de captage est aussi en voie d'érosion. Ce secteur est à suivre particulièrement car la distance entre le chenal et le puits est maintenant relativement faible. Il ne sera peut-être pas nécessaire de

devoir protéger cette berge dans la mesure où le chenal érode maintenant la rive gauche conduisant à la formation d'un banc en rive droite qui prograde petit à petit vers l'aval et devrait venir se déposer progressivement au droit de cette berge érodée. L'érosion devrait donc se ralentir, voire même s'arrêter complètement au cours de la prochaine décennie.

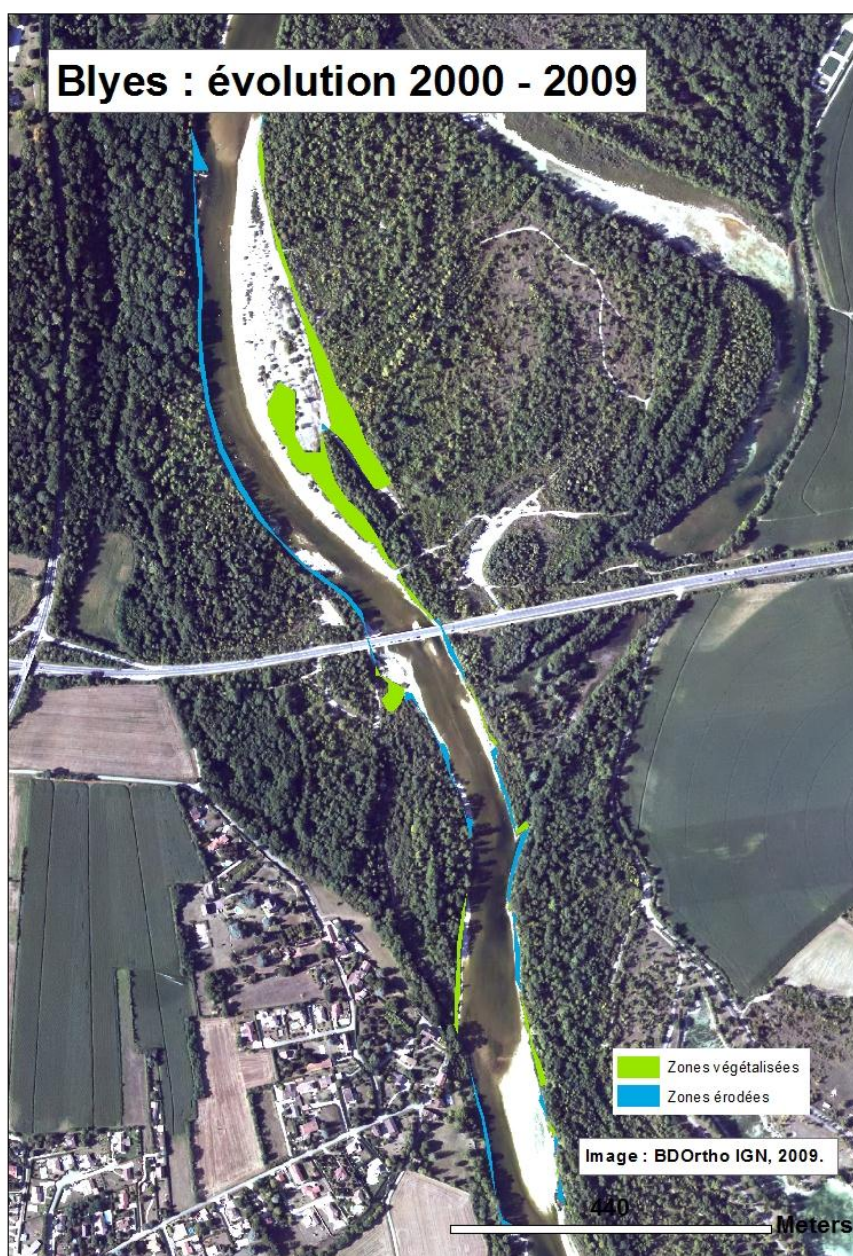
Figure 3.2 : Erosions et constructions survenues à Mollon entre 2000 et 2009



Secteur du Pont de Blyes

La visite de terrain et l'analyse des évolutions 2000-2009 indiquent que ce secteur est stable. Il n'y a pas de problèmes actuellement de mobilité latérale (*Figure 3.3*).

Figure 3.3 : Erosions et constructions survenues au niveau du pont de Blyes entre 2000 et 2009

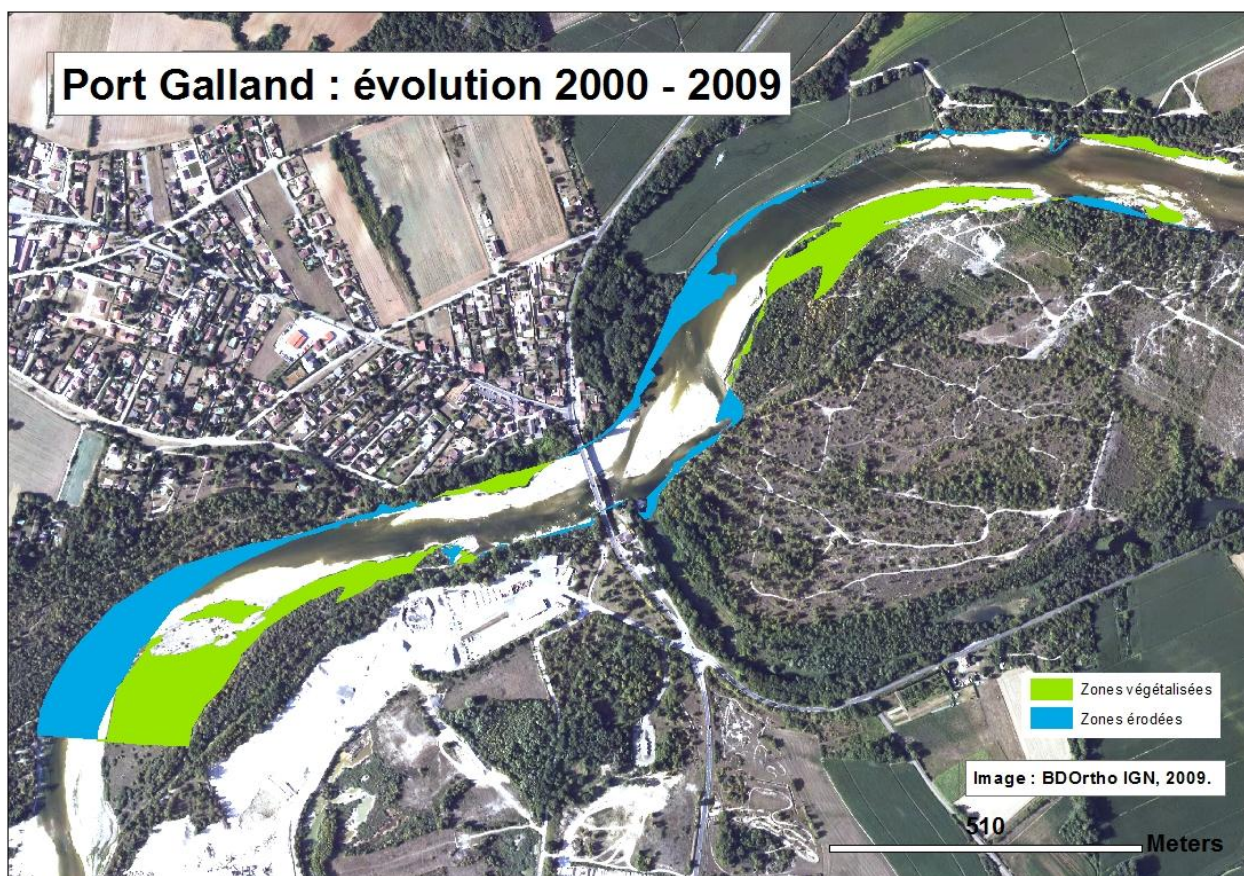


Secteur du Pont de Port Galland

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.

Figure 3.4 : Erosions et constructions survenues à Port Galland entre 2000 et 2009



Secteur de la confluence à Saint Maurice de Gourdans

Le bras de recoupement réalisé récemment en rive gauche pour réduire les érosions en rive droite au droit du terrain de football a déjà été mis en eau cet hiver. La visite de terrain de janvier a montré qu'un transport solide significatif s'est manifesté lors de l'événement. Il est localisé idéalement dans la concavité d'une bouche en voie de formation. Ce secteur a enregistré une forte évolution entre 2005 et 2009 avec de fortes érosions en rive droite et la mise en place de sinuosités actives et très marquées. Les mesures prises devraient permettre de réduire les risques d'érosion de la rive droite tout en rajeunissant tout le lit majeur en rive gauche par érosion, ce qui très positif tant au niveau écologique que paysager. Compte tenu de la boucle de méandre qui se forme en rive droite immédiatement à l'amont (plus de 10 m par an d'érosion latérale depuis 10 ans) et visible sur la *Figure 3.4*, le chenal a tendance à éroder la berge de rive gauche au droit des anciennes carrières. Les fosses sont peu profondes et ces probables érosions ne constituent pas un risque en soi de

capture du chenal. L'érosion devrait être bénéfique pour le rajeunissement de ces milieux qui sont localisés d'ailleurs dans l'espace de liberté.

**Mise à jour
des connaissances et des recommandations
au regard du bilan géomorphologique de la
dernière décennie et des effets de la recharge**

Le rapport de 2000 indiquait les préconisations suivantes :

- Ne pas prélever de sédiments dans le lit de l'Ain, même dans les secteurs exhausés sachant que ceux-ci sont temporaires ;
- Maintenir la recharge sédimentaire par érosion des berges notamment dans les portions incisées puisqu'elles fourniront par mètre de berges érodées plus de sédiments ; cette dernière intéresse principalement des secteurs où les marges sont occupées par la forêt alluviale ou les secteurs déficitaires à long terme à savoir Pont d'Ain – Priay et le tronçon à l'aval de Charnoz ;
- Maintenir les apports sédimentaires depuis l'Albarine ;
- Approfondir les connaissances à propos du comportement de la charge de fond au niveau des barrages à l'aval de la Bienne ;
- Déverser vers l'aval les matériaux prélevés en arrière des retenues des seuils de dérivation au moment de leur curage ;
- Effectuer un suivi topographique quinquennal des zones à problèmes (incision ou exhaussement marqué pouvant présenter un risque) et plus généralement avec un pas de temps de l'ordre de 10 ans (force est de constater que la connaissance de l'évolution du profil en long de l'Ain au cours du 20ème siècle est faible compte tenu du manque de profils en long) ;
- S'engager dans la définition et la gestion d'un espace de liberté ;
- Limiter les protections de berge et implantations humaines pérennes dans l'espace potentiellement érodable, au moins au droit des secteurs identifiés ci-avant, et dans l'espace érodé observé dans la mesure où celui-ci présente un certain nombre de secteurs érodables à court terme et qu'il s'agit de milieux pionniers très sensibles à l'inondation ;
- Ne protéger les berges en rive droite que lorsque l'érosion risque de porter atteinte à du bâti ou des infrastructures coûteuses ;
- S'efforcer d'accélérer certains recoupements en créant un chenal dans la zone boisée de rive gauche en s'efforçant de lui dessiner un tracé le moins rectiligne possible afin de pondérer l'incision régressive qui suivra les travaux ;
- Anticiper les problèmes de perte de terres en engageant une politique de rachat des terrains localisés dans les zones potentiellement érodables.

Les travaux conduits dans le cadre du LIFE et de la thèse d'A.J Rollet ont permis de bien montrer que la dynamique de la rivière était satisfaisante à l'aval de Priay et qu'il convenait de maintenir une approche conservatoire du transport solide telle que préconisée dans l'étude de 1999. En revanche dans la partie située à l'amont de Priay, un déficit sédimentaire significatif a été souligné, conduisant à mettre en œuvre une politique plus active de restauration fondée sur une réintroduction de sédiments, seule garante d'un transport solide actif, de la pérennité des écosystèmes aval et de la stabilité des ouvrages.

Le présent rapport d'expertise confirme que les évolutions observées antérieurement continuent (propagation aval de l'incision notamment) et que la politique mise en œuvre d'une gestion patrimoniale du lit et du transit sédimentaire est tout à fait positive. La plupart des préconisations de 1999 ont été retenues et concourent à préserver des paysages fluviaux de la basse vallée qui sont exceptionnels à l'échelle du territoire national, voire européen. La définition de l'espace de liberté et le suivi de l'érosion ont permis de réduire les situations à risques et la recharge sédimentaire, encore expérimentale, semble déjà montrer ses premiers effets morphologiques.

Il convient maintenant :

- de suivre au cours des prochaines années l'évolution morphologique résultant de cette recharge et les réponses écologiques associées ;

- de mettre en œuvre un ensemble d'actions permettant de maintenir ces apports sédimentaires au cours du temps. Des préconisations avaient été formulées dans le cadre du LIFE. Compte tenu de la forte incision résultant du recoupement des bras de Mollon et de Martinaz, cette action a encore plus de sens aujourd'hui car ces recoupements devraient accélérer la vidange sédimentaire de ces tronçons écologiquement exceptionnels ;

- de solutionner localement les problèmes d'érosion, soit par la réactivation de bras comme cela est conduit sur le secteur de Saint Maurice, soit en rachetant certaines parcelles comme cela est envisageable sur le secteur de Mollon, soit encore en protégeant les berges par des ouvrages, sachant que cette solution ne peut être envisagée que de manière exceptionnelle pour protéger les infrastructures sensibles présentes aux marges de l'espace de liberté.

**Mise à jour de la cartographie
de l'espace de liberté**

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 (Malavoi *et al.*, 1998) 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 existants dans la plaine moderne et usages localisés sur les terrasses lorsque le lit de la rivière est en marge de la plaine moderne).

⇒ 4 enveloppes ont été déterminées :

– **La plaine moderne** déterminée dans l'étude de 1990 (Bravard *et al.*). La plaine moderne définie comme l'espace alluvial historique s'apparente à l'espace fonctionnel de mobilité. Elle correspond à une enveloppe fonctionnelle qu'il convient de préserver afin de ne pas accroître le risque d'érosion et maintenir la libre divagation du chenal sans que celle-ci entraîne des préjudices économiques. Il convient de souligner que certaines basses terrasses potentiellement érodables ne sont pas intégrées dans cet espace « objectif ». Pourtant, certaines parties de ces terrasses peuvent enregistrer des érosions sans qu'il soit besoin de les protéger.

– **L'espace érodé observé** : il a été déterminé à partir du positionnement des tracés de 1945, 1980, 1991 et 1994-96 (bancs de galets non végétalisés et chenal en eau). Cette enveloppe « objective » correspond à l'enveloppe de l'espace de divagation observée entre 1945 et 1994-96. Elle s'inscrit totalement dans la plaine moderne et elle correspond le plus souvent à des espaces naturels. Comme la période entre 1945 et 1980 est longue, de nombreux recoupements ont été enregistrés et l'enveloppe présentée est légèrement sous-évaluée. Malgré tout, sa largeur reste tout à fait pertinente. Cette zone correspond à un espace de liberté minimal qu'il convient de préserver de tous aménagements limitant le déplacement du lit. Cet espace est important dans les secteurs les plus instables puisque sa largeur peut atteindre localement plus d'un kilomètre de large, bien souvent plus de 500 m : secteur Priay – Martinaz, secteur Charnoz – Confluence.

La seule protection de cet espace ne sera pas suffisante pour maintenir le fonctionnement optimal du système fluvial. Deux autres enveloppes déterminées à partir d'une démarche experte tenant compte des dynamiques naturelles et des enjeux humains sont encore à considérer :

- **L'espace potentiellement érodable** à l'échelle de 30 ans (deux fois la période de temps observée 1980-1994/6). Cet espace n'est pas forcément compris dans la bande boisée naturelle ou dans la plaine moderne. Des terrasses ou des zones d'activité localisées dans la plaine moderne peuvent être soumises à l'érosion. Il s'agit de limites proposées mais qui doivent faire l'objet d'un débat dans la mesure où leur position est déterminée « à dire d'experts », dépendant à la fois du contexte fonctionnel naturel et du contexte humain. La proposition s'appuyait sur :

- l'intensité et le sens de migration du chenal observée entre 1980/83 et 1994/96,
- les contraintes humaines « majeures » (principalement les infrastructures et le bâti),
- la présence des ouvrages de protection existants.

- **L'enveloppe de protection** correspond à des espaces aujourd'hui naturels et qui pourraient à l'avenir être soumis à l'érosion sans que cela contrarie les activités humaines existantes. En limitant le développement d'activités pérennes sur ces secteurs, la collectivité se préserve d'une augmentation du risque d'érosion à moyen terme et assure que la rivière d'Ain aura un espace suffisant pour maintenir sa libre divagation.

Une cartographie au 1/11 500^e des enveloppes de mobilité ainsi que les facteurs retenus pour les définir avait été réalisée.

Cette carte a été ré-analysée en intégrant les éléments de connaissance acquis au cours des 10 dernières années. L'espace érodable à 30 ans et l'enveloppe de protection ont ainsi fait l'objet d'une mise à jour significative afin d'intégrer les érosions observées entre 2000 et 2009. La carte a été transmise au SIVU au format ArcGIS, deux extraits sont présentés ci-dessous. L'ensemble des cartes figure par ailleurs en *Annexe 11*.

Dans le secteur présenté en *Figure 5.1*, l'Ain à l'amont de Priay pourrait sortir de l'espace de liberté d'ici 20 ans et éroder des terrains agricoles. L'enveloppe initiale dessinée en 2000 avait exclu les terrains agricoles de la zone érodable car l'érosion latérale n'était pas significative et il n'était pas nécessaire de définir largement la bande de mobilité. L'érosion latérale s'exprimant plus activement au cours de la dernière décennie, il convient d'être vigilant et de suivre ainsi cette zone d'érosion également. Si celle-ci se maintient, il serait souhaitable d'inclure alors les terrains agricoles dans l'espace potentiellement érodable.

Le second secteur présenté est celui de la décharge de Priay (*Figure 5.2*). Un large secteur aujourd'hui en voie d'érosion est cartographié comme étant en dehors de l'espace de mobilité minimal compte tenu des enjeux. Il serait souhaitable de modifier ce zonage et de représenter la partie aval comme étant incluse dans l'espace de mobilité minimal car il n'abrite que des terres agricoles. Solutionner l'érosion dans ce secteur et la pression hydraulique sur les ouvrages de protection passe par la redynamisation d'un bras de débordement localisé en rive gauche. Par ailleurs la décharge aujourd'hui protégée par une protection de berge a été cartographiée comme un secteur à protéger en dehors de l'espace fonctionnel minimal afin d'être en cohérence avec les décisions prises. Elle figurait sur l'ancienne carte dans l'espace de liberté naturel érodable.

Figure 5.1 : Extrait de la carte de l'espace de liberté de 2000 mise à jour en 2012 – secteur amont de Priay



Figure 5.2 : Extrait de la carte de l'espace de liberté de 2000 mise à jour en 2012 – secteur aval de Priay



Références bibliographiques

- BRAVARD J-P., FRANC O., LANDON N., LARGE J-L., PEIRY J-L., 1990, *La basse vallée de l'Ain : étude géomorphologique*, Rapport, Agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse et Conseil Général de l'Ain, 113 pages.
- MALAVOI J.R., BRAVARD J.P., PIEGAY H., HEROIN E., RAMEZ P., 1998, *Détermination de l'espace de liberté des cours d'eau*, Guide technique n°2, Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, 39 pages.
- PIEGAY H., LANDON N., SAULNIER D., 2000, *Etude géomorphologique de la basse rivière d'Ain ; propositions pour une gestion physique équilibrée des lits mineur et majeur*, pour le compte de la Commission Locale de l'Eau du SAGE « Basse Vallée de l'Ain », rapport final, 86 pages.
- ROLLET A-J., 2007, *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*, thèse de doctorat, 305 pages.

Table des matières

Préambule.....	1
Remerciements.....	1
Sommaire	2
Introduction.....	3
Evolution verticale du lit de l'Ain entre 1999 et 2012.....	5
Conditions de réalisation des levés topographiques	6
Traitements des données	7
Traitement des données de 2012 :.....	7
Traitement des données de 1999 :.....	7
Corrections secondaires des données de 1999 :.....	8
Analyse des données	9
Comparaison des profils de 1999 et de 2012 :.....	9
Différence d'altitude entre 1999 et 2012 :	9
Effet de la recharge sédimentaire et du changement de tracé en plan :	11
Conclusion	12
Evolution latérale du lit de l'Ain entre 2000 et 2009	13
Données utilisées et méthodes appliquées	14
Données utilisées et projection des coordonnées :.....	14
Digitalisation des bandes actives :	14
Prise en compte de la différence des débits entre clichés :	15
Analyse des données	17
Répartitions des bancs de galets au cours du temps :	17
Erosions et constructions survenues entre 2000 et 2009 :	20
Evolution de la proportion de bancs par rapport au chenal :	21
Evolution globale de l'Ain entre 1999 et 2012 :.....	22
Conclusion	23
Recommandations concernant quelques secteurs particuliers soumis à érosion.....	24
Secteur de Pont d'Ain entre le pont de l'autoroute et le pont de la voie SNCF	25
Secteurs de réinjection des galets issus des travaux de restauration des îlons	26
Secteur de la décharge de Priay	26
Secteur de Mollon	26
Secteur du Pont de Blyes	27
Secteur du Pont de Port Galland	28
Secteur de la confluence à Saint Maurice de Gourdans.....	29
Mise à jour des connaissances et des recommandations au regard du bilan géomorphologique de la dernière décennie et des effets de la recharge	31
Mise à jour de la cartographie de l'espace de liberté	34
Références bibliographiques	38
Table des matières.....	39
Table des figures	40
Table des tableaux.....	41
Annexes	42
Liste des annexes	42

Table des figures

Figure i.1 : Débits journaliers maximaux annuels à la station de Chazey entre 1999 et 2012	4
Figure 1.1.a : Hauteur d'eau en fonction du débit à la station de Chazey sur Ain, pour de faibles débits (mesurés du 16 au 30 juillet 2012)	6
Figure 1.1.b : Hauteur d'eau en fonction du débit, pour les valeurs faibles enregistrées de mars à juin 2012	6
Figure 1.2 : Tronçon Priay – Gévrieux : avant correction secondaire	8
Figure 1.3 : Tronçon Pont d'Ain – Priay : avant correction secondaire	9
Figure 2.1 Loi reliant la variation de largeur des bancs à la variation de débit - avec, pour les segments 119 à 192 en 2009, un débit de 30.3 m ³ /s (A) ou de 57.1 m ³ /s (B)	16
Figure 2.2 : Variation de largeur des bancs de galets en fonction de la variation du débit	16
Figure 2.3 : Ecart entre les variations de largeurs moyennes des bancs prédite et observée	17
Figure 2.4 : Evolution de la répartition des bancs de galets dans la basse vallée de l'Ain (en m ² par segment de 250 m) – après compensation des différences de débits entre clichés	18
Figure 2.5 : Surfaces cumulées des bancs de galets le long de la basse vallée de l'Ain (m ²)	19
Figure 2.6 : Erosions et constructions survenues entre 2000 et 2009	20
Figure 2.7 : Ratio (Surface des bancs de galets / Surface du chenal en eau)	21
Figure 2.8 : Evolution de l'Ain entre 1999 et 2012	22
Figure 3.1 : Erosions et constructions survenues à Pont d'Ain entre 2000 et 2009	25
Figure 3.2 : Erosions et constructions survenues à Mollon entre 2000 et 2009	27
Figure 3.3 : Erosions et constructions survenues au niveau du pont de Blyes entre 2000 et 2009	28
Figure 3.4 : Erosions et constructions survenues à Port Galland entre 2000 et 2009	29
Figure 5.1 : Extrait de la carte de l'espace de liberté de 2000 mise à jour en 2012 – secteur amont de Priay	36
Figure 5.2 : Extrait de la carte de l'espace de liberté de 2000 mise à jour en 2012 – secteur aval de Priay	37

Table des tableaux

Tableau 1.1 : Longueurs mesurées pour chaque tronçon (en km)	7
Tableau 1.2 : Différences observées sur SIG entre les points de repère et les points de relevé sur le profil en long de 1999	7
Tableau 1.3 : Evolutions des seuils mesurées sur les images pour la correction linéaire du profil de 1999.....	8
Tableau 1.4 : Tronçons « homogènes » dans l'évolution de la ligne d'eau entre 1999 et 2012	10
Tableau 1.5 : Situation des zones restées stables entre 1999 et 2012	10
Tableau 1.6 : Situation des zones en exhaussement entre 1999 et 2012.....	10
Tableau 1.7 : Situation des zones en incision entre 1999 et 2012	11
Tableau 2.1 : Décalage observé entre les dalles de la BDOrtho 2005 et 2009	14
Tableau 2.2 : Débits correspondant aux différents clichés utilisés pour étudier le tracé de l'Ain.	15
Tableau 2.3 : Surfaces estimées, érodées et construites entre 2000, 2005 et 2009.....	20

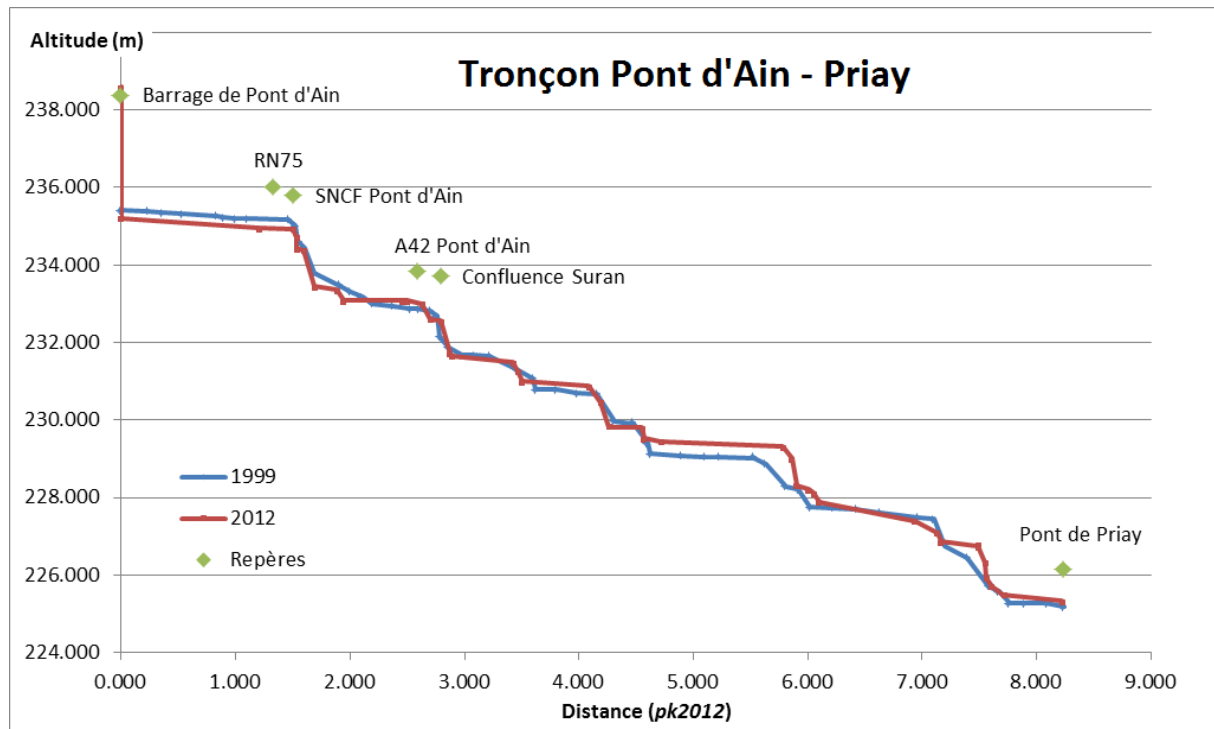
Annexes

Liste des annexes

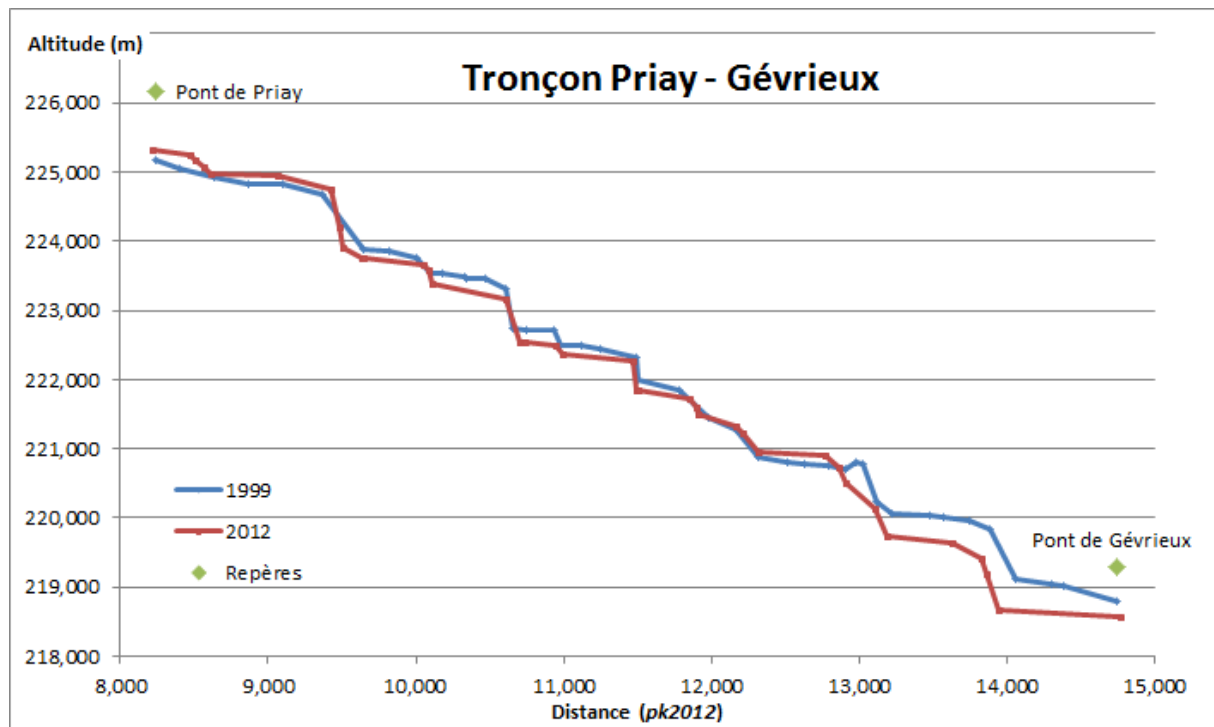
Annexes 1 : Comparaison des profils en long de 1999 et 2012, par tronçon	page 43
Annexe 1.a : Tronçon Pont d'Ain – Priay	page 43
Annexe 1.b : Tronçon Priay – Gévrieux	page 43
Annexe 1.c : Tronçon Gévrieux – Pont de Chazey	page 44
Annexe 1.d : Tronçon Pont de Chazey – Blyes	page 44
Annexe 1.e : Tronçon Blyes – Port Galland	page 45
Annexe 1.f : Tronçon Port Galland – Rhône	page 45
Annexe 2 : Différence d'altitude des lignes d'eau entre 1999 et 2012	page 46
Annexe 3 : Evolution de la répartition des bancs de galets dans la basse vallée de l'Ain – avant compensation des différences de débits entre clichés	page 47
Annexe 4 : Surfaces cumulées des bancs de galets, sans compensation des débits	page 48
Annexe 5 : Erosions et constructions dans la bande active de la basse vallée de l'Ain	page 49
Annexe 5.a : Erosions et constructions survenues entre 2000 et 2005	page 49
Annexe 5.b : Erosions et constructions survenues entre 2005 et 2009	page 49
Annexe 6 : Proportion relative des surfaces de bancs de galets et du chenal en eau, avant compensation des débits	page 50
Annexe 7 : Evolution du secteur de Pont d'Ain entre le pont de l'autoroute et le pont de la voie SNCF, entre 1945 et 2009	page 51
Annexe 8 : Evolution de la zone de réinjections des galets effectuées en amont de Priay entre 2005 et 2011	page 52
Annexe 9 : Evolution du secteur de Mollon entre 1945 et 2009	page 54
Annexe 10 : Evolution du secteur de Port Galland entre 1945 et 2009	page 55
Annexe 11 : Cartographie de l'espace de liberté établie en 1999 et mise à jour en 2012	page 56
Annexe 12 : Correspondances entre les points de repères, la distance à l'amont (en <i>pk2012</i>) et le numéro de segment de 250 m long	page 62
Annexe 12 : Localisation des zones de recharges sédimentaires effectuées dans l'Ain	page 62

Annexes 1 : Comparaison des profils en long de 1999 et 2012, par tronçon

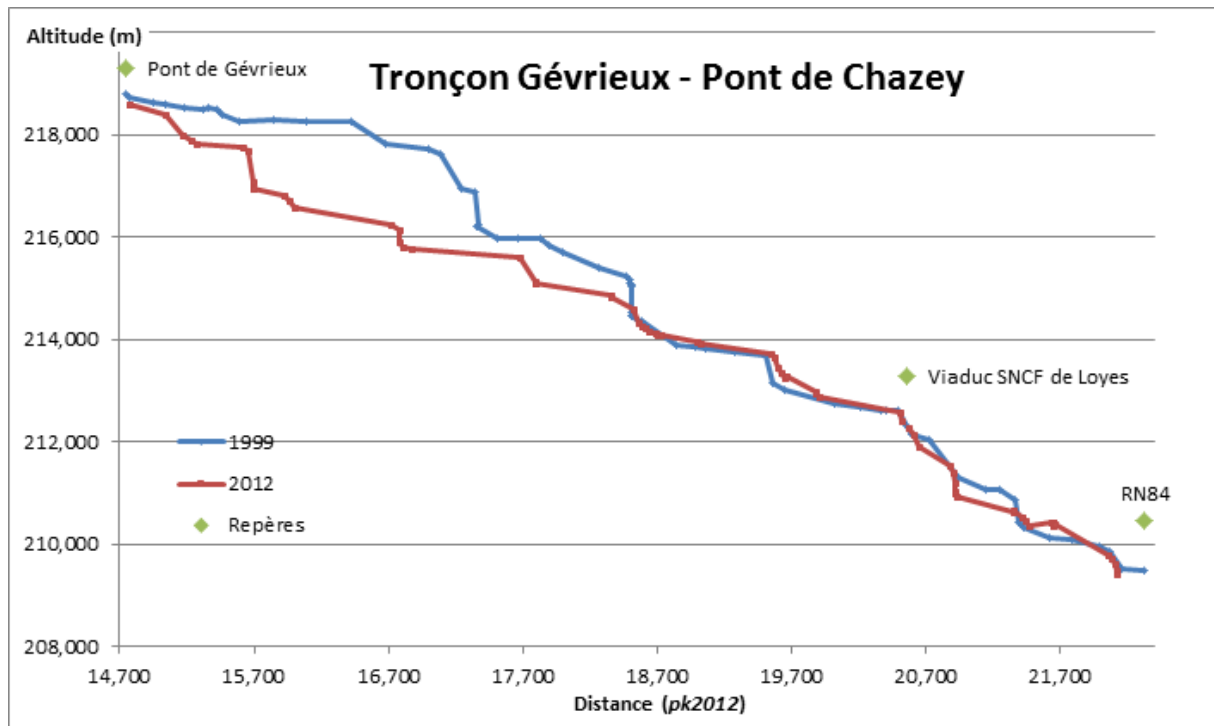
Annexe 1.a :



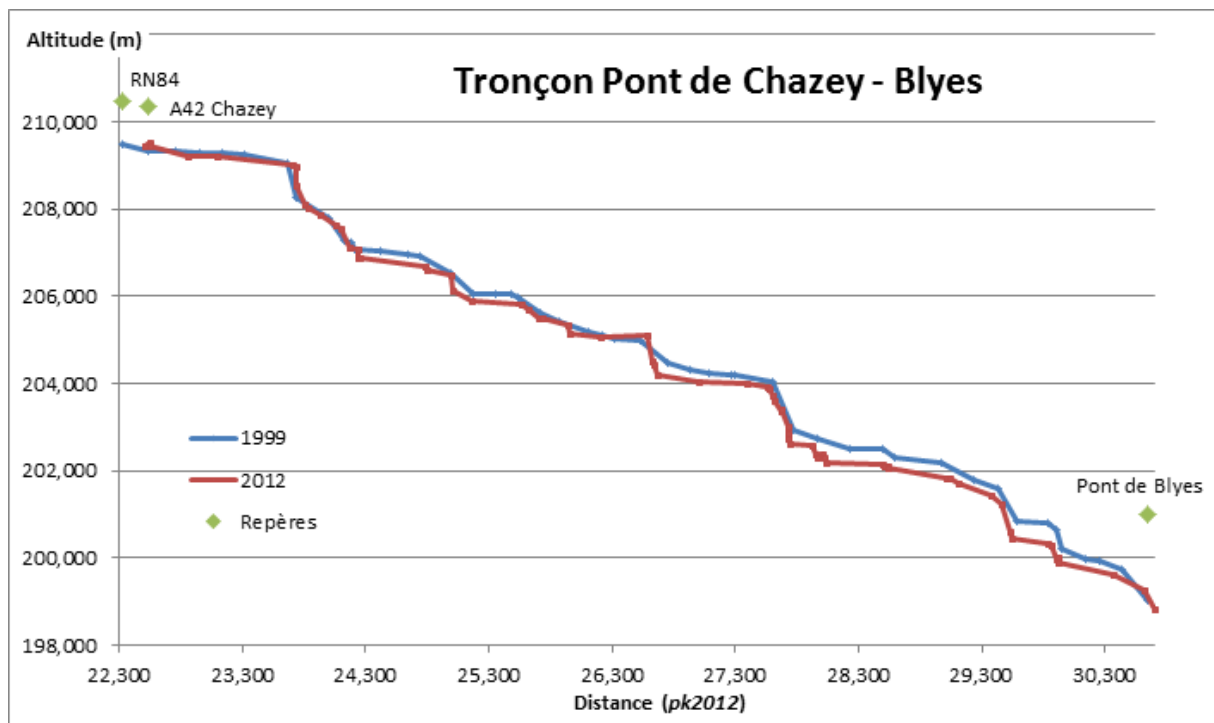
Annexe 1.b :



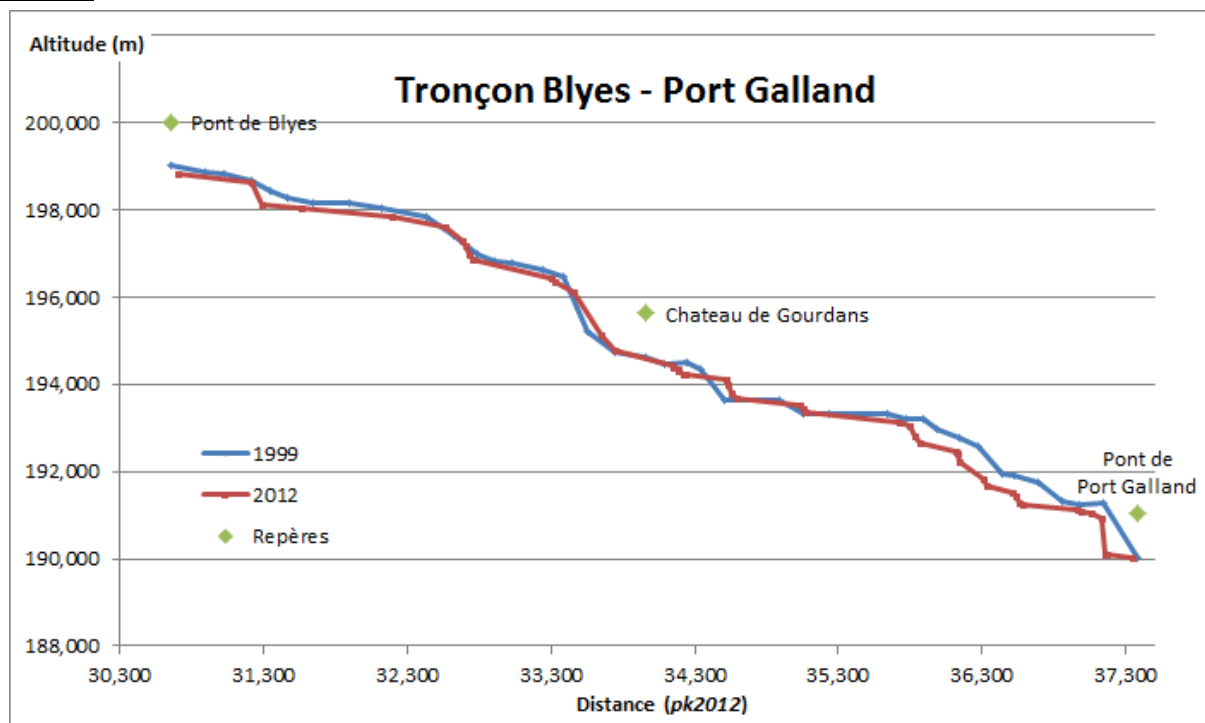
Annexe 1.c :



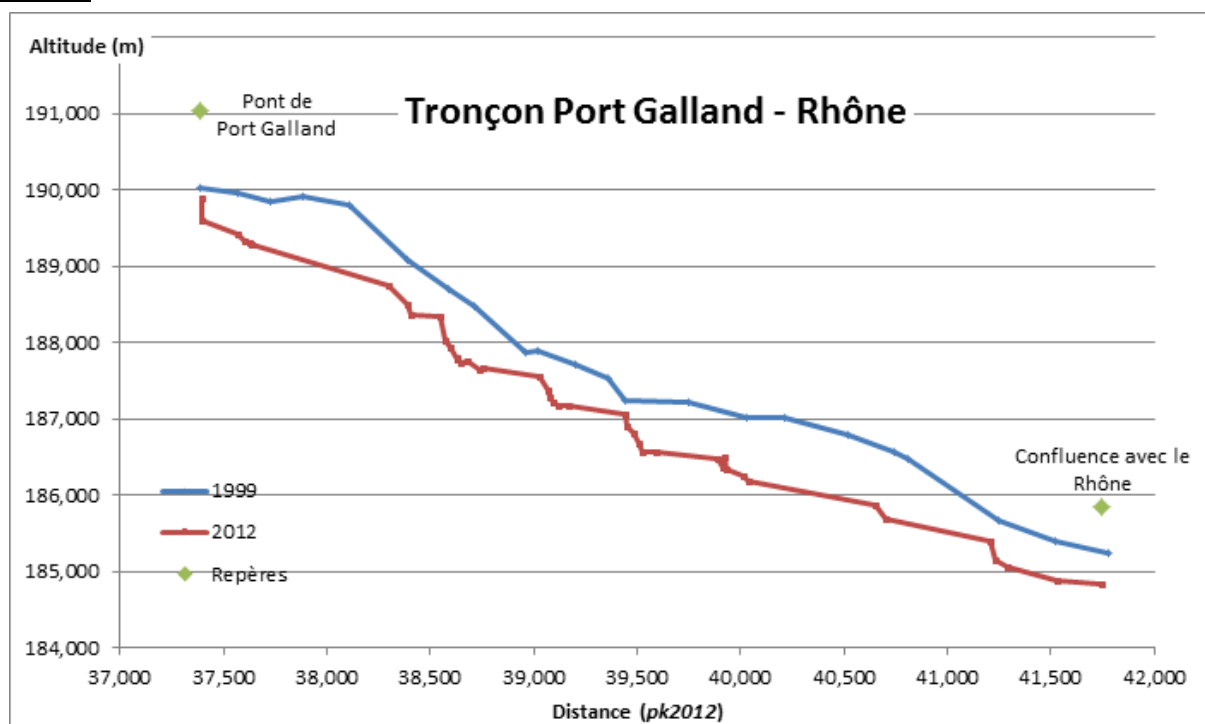
Annexe 1.d :

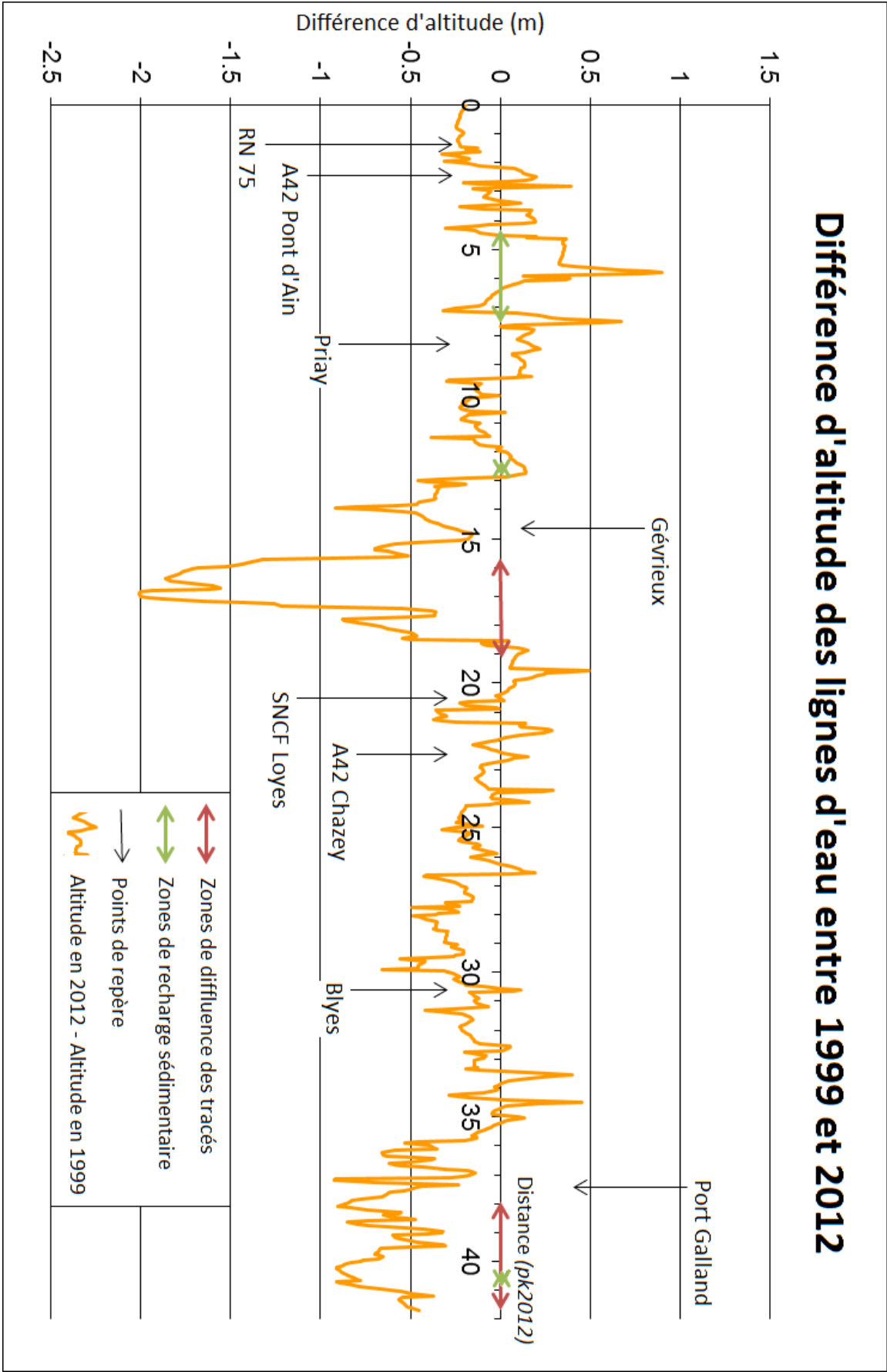


Annexe 1.e :



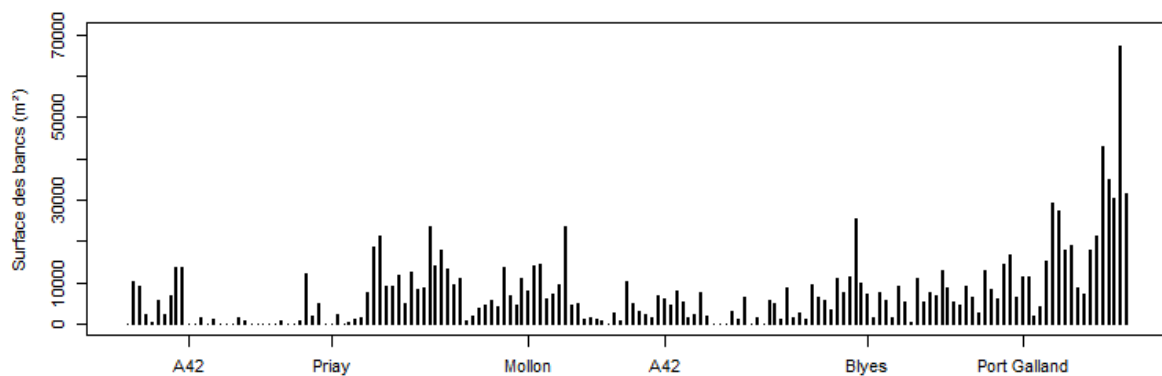
Annexe 1.f :



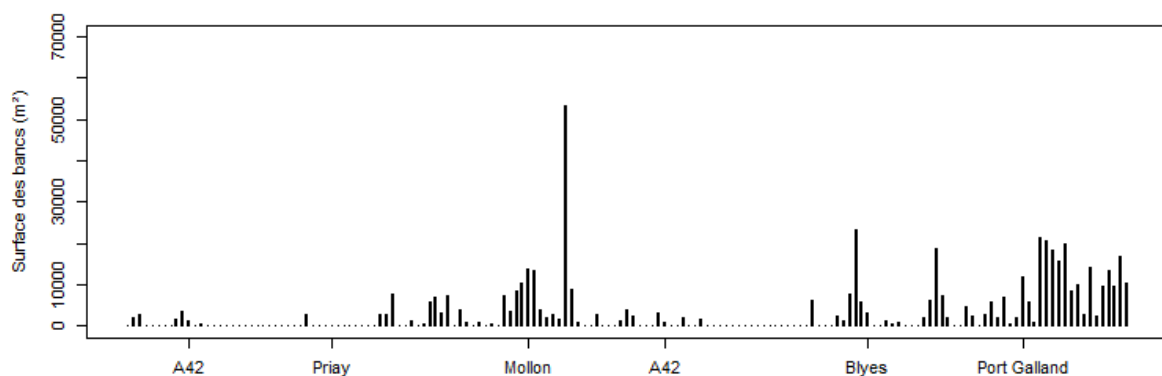


Annexe 3 : Evolution de la répartition des bancs de galets dans la basse vallée de l'Ain – avant compensation des différences de débits entre clichés

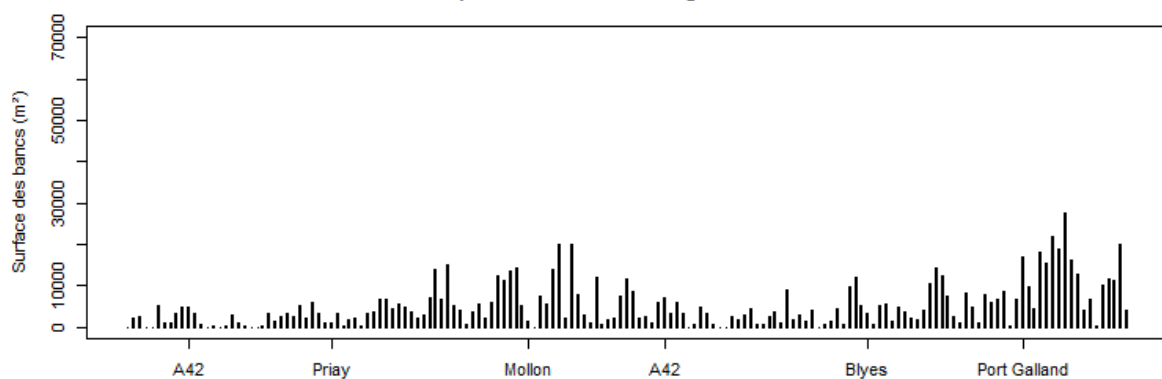
Répartition des bancs de galets en 2000



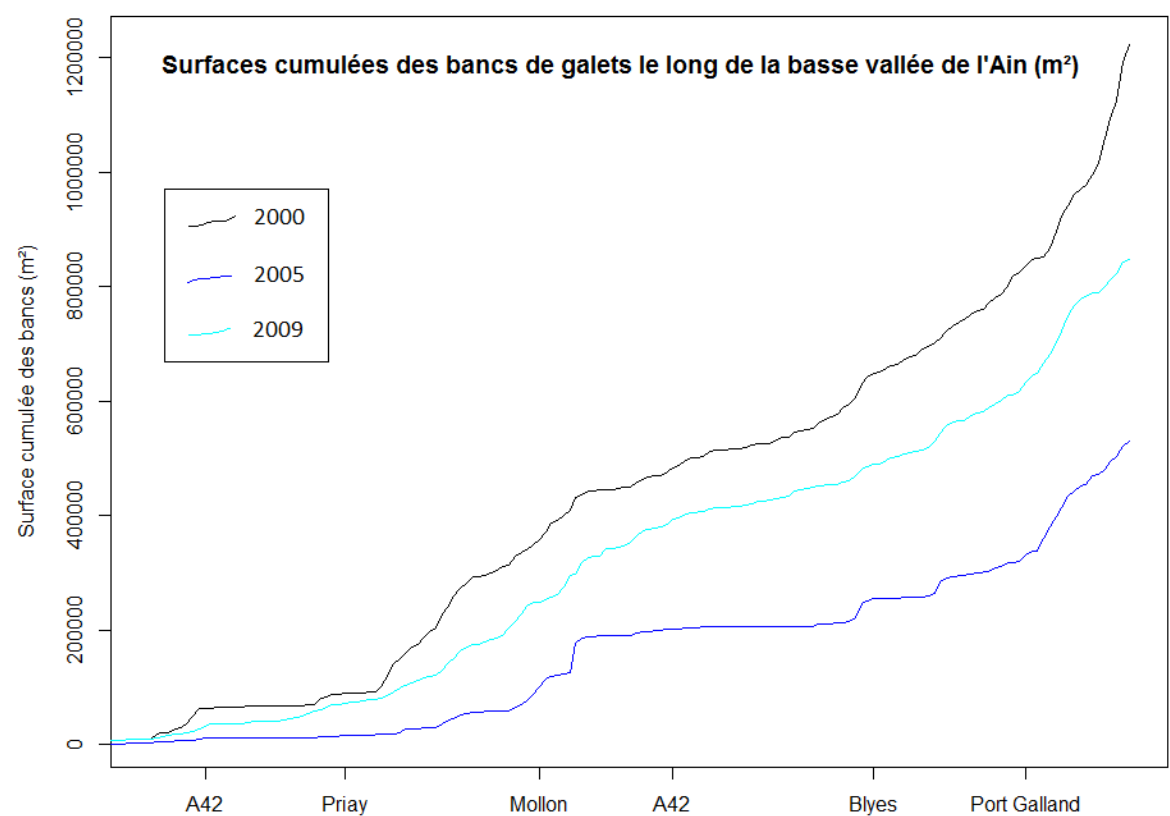
Répartition des bancs de galets en 2005



Répartition des bancs de galets en 2009

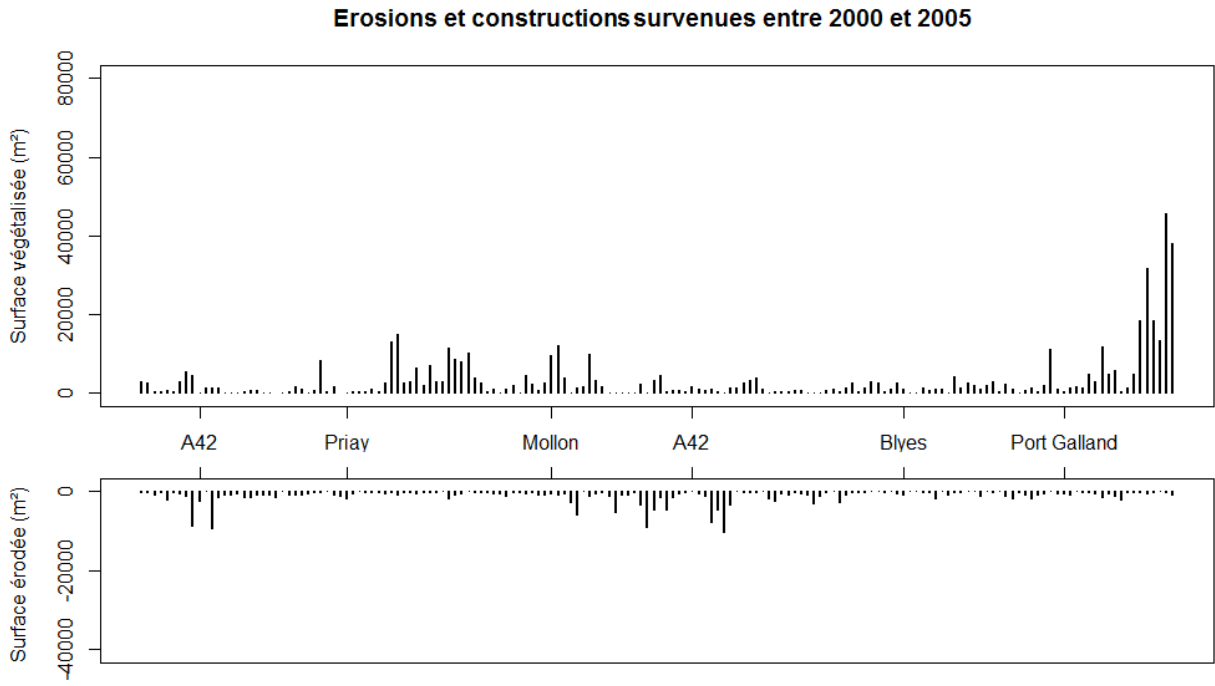


Annexe 4 : Surfaces cumulées des bancs de galets, sans compensation des débits

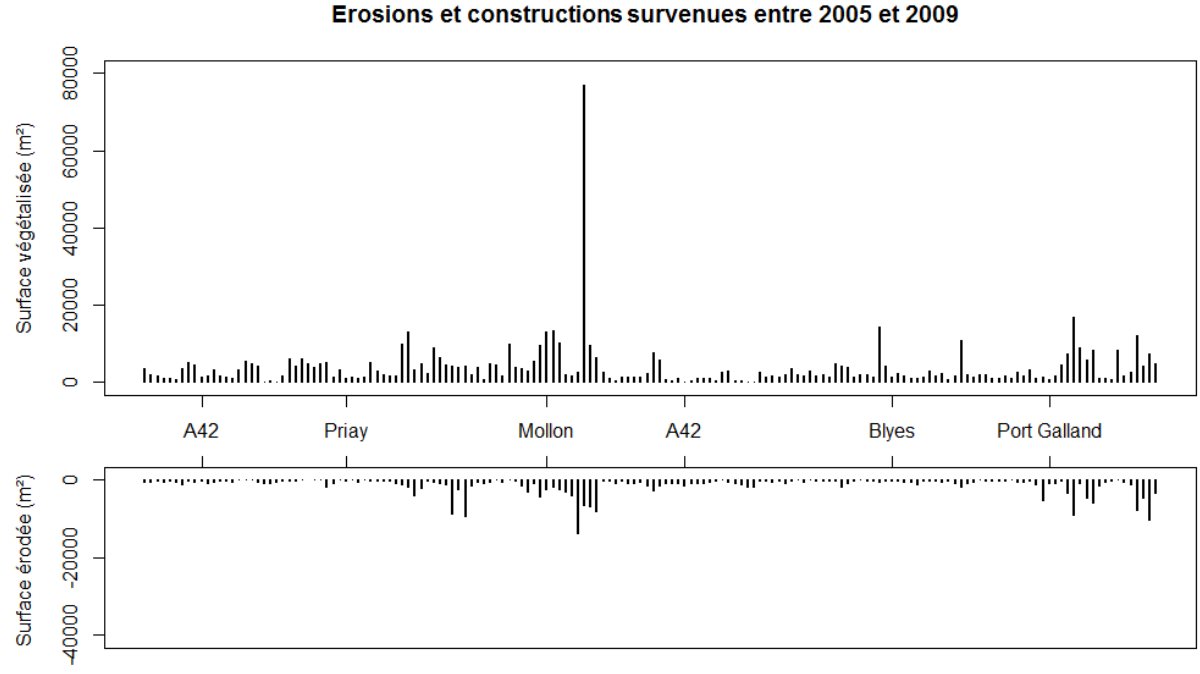


Annexe 5 : Erosions et constructions dans la bande active de la basse vallée de l'Ain

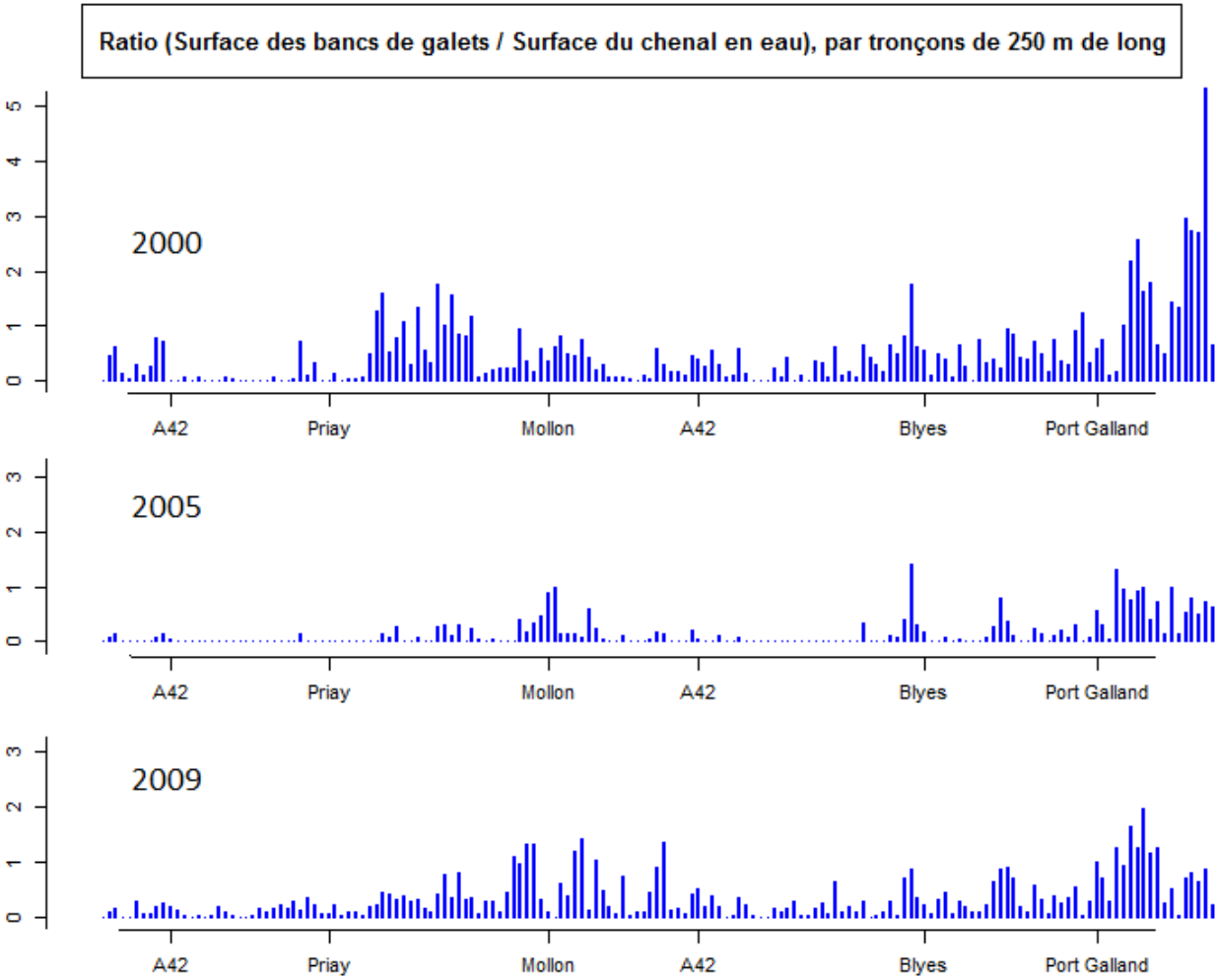
Annexe 5.a :



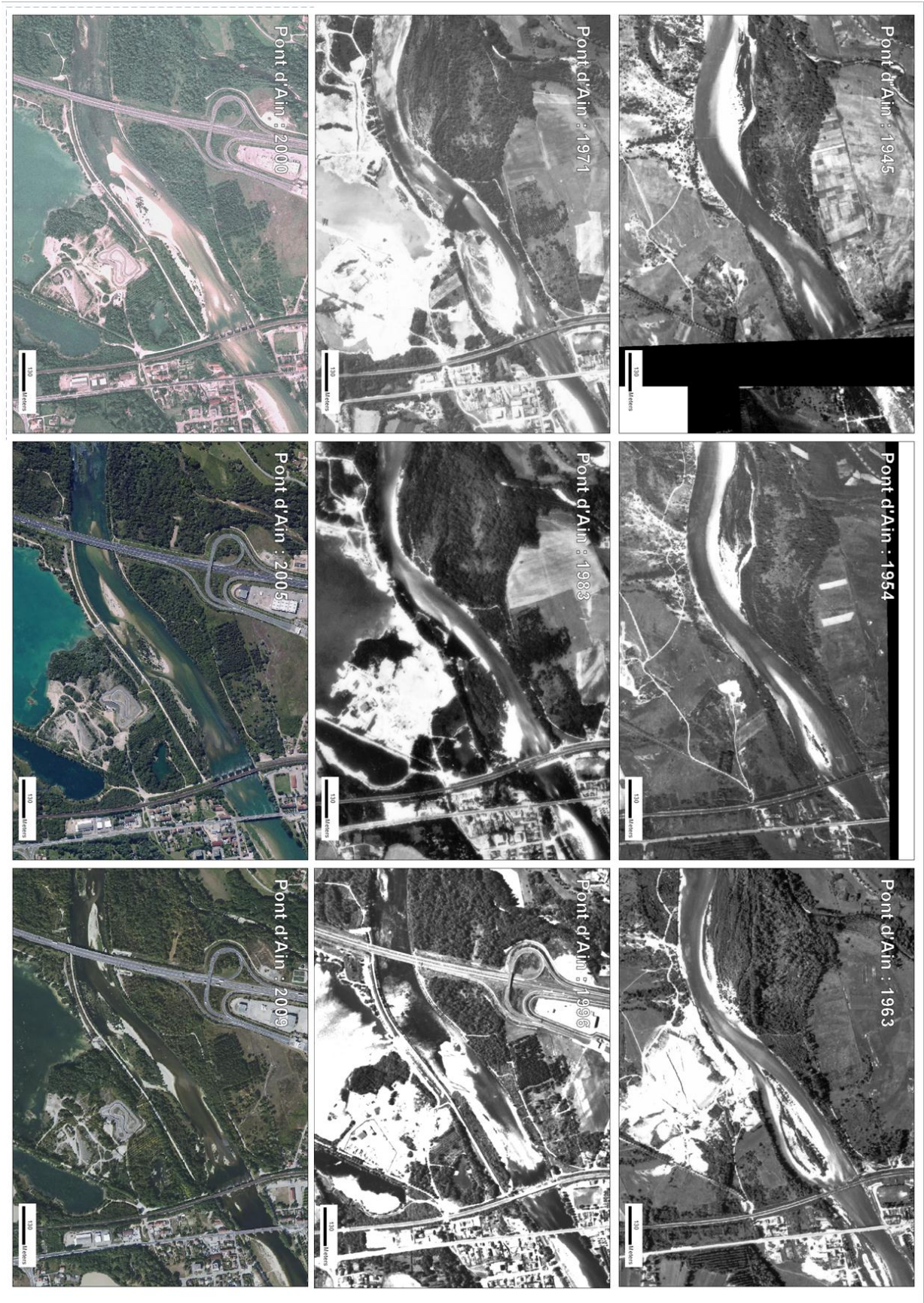
Annexe 5.b :



Annexe 6 : Proportion relative des surfaces de bancs de galets et du chenal en eau, avant compensation des débits



Annexe 7 : Evolution du secteur de Pont d'Ain entre le pont de l'autoroute et le pont de la voie SNCF, entre 1945 et 2009

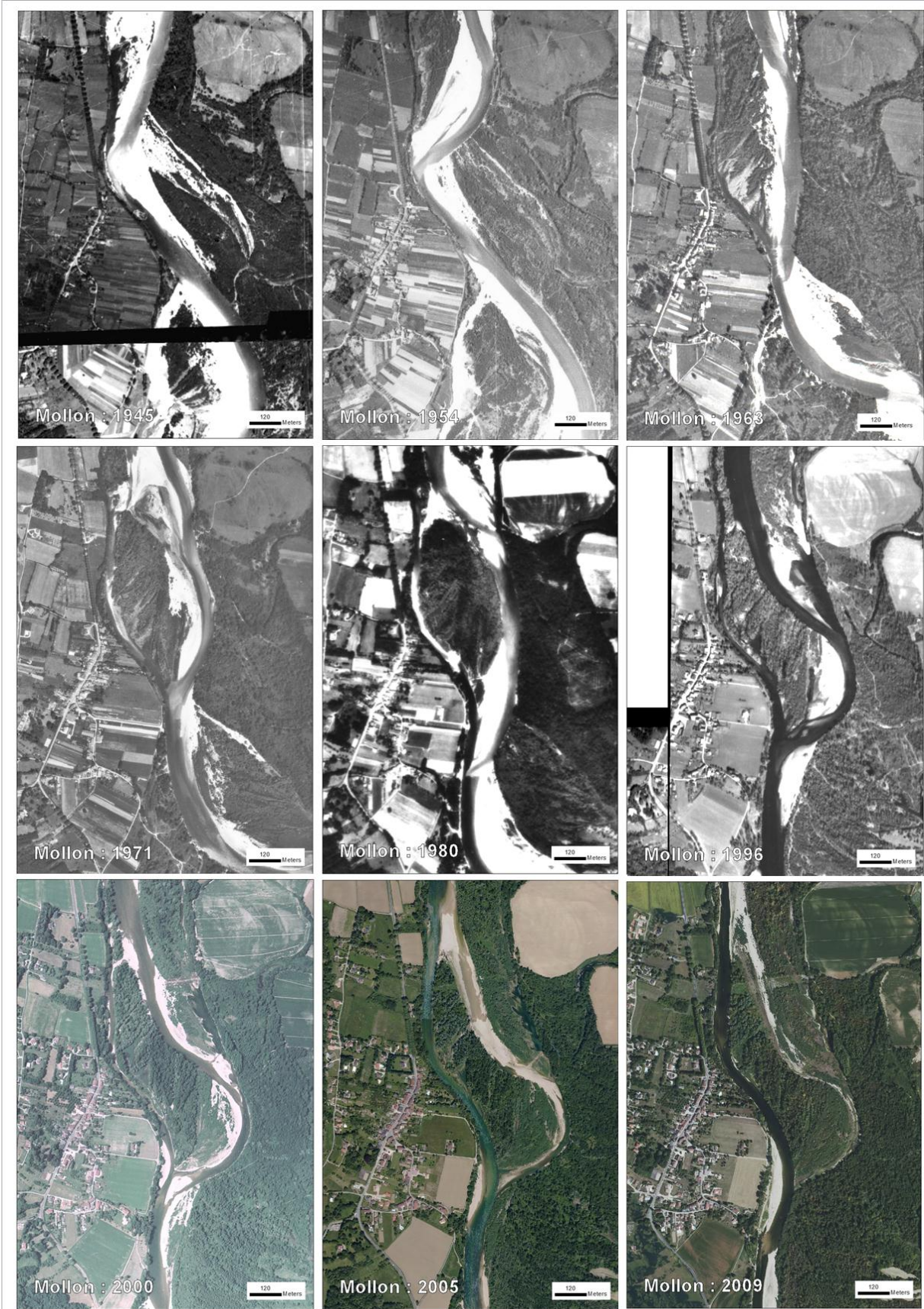


Annexe 8 : Evolution de la zone de réinjections de galets effectuées en amont de Priay entre 2005 et 2011

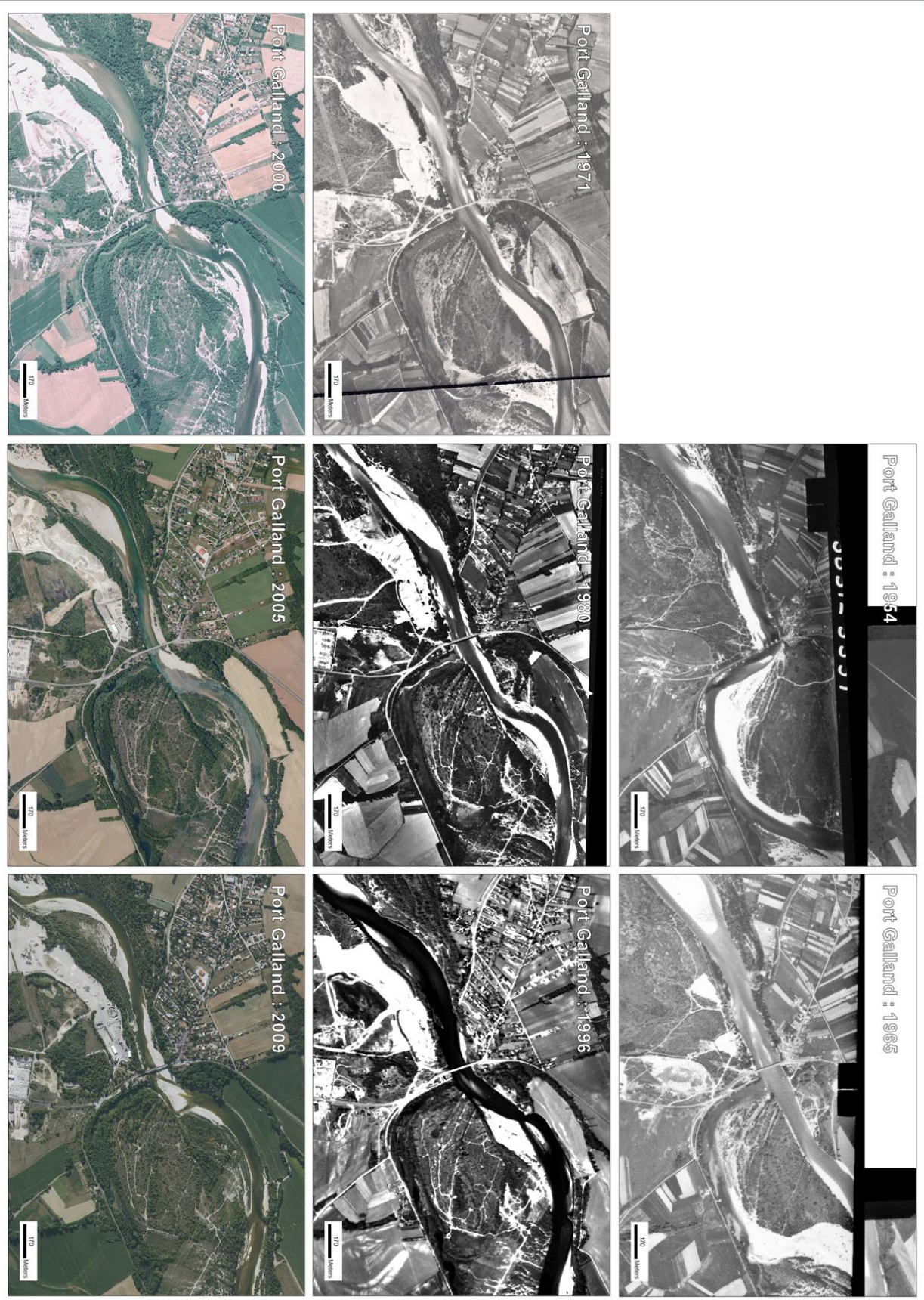




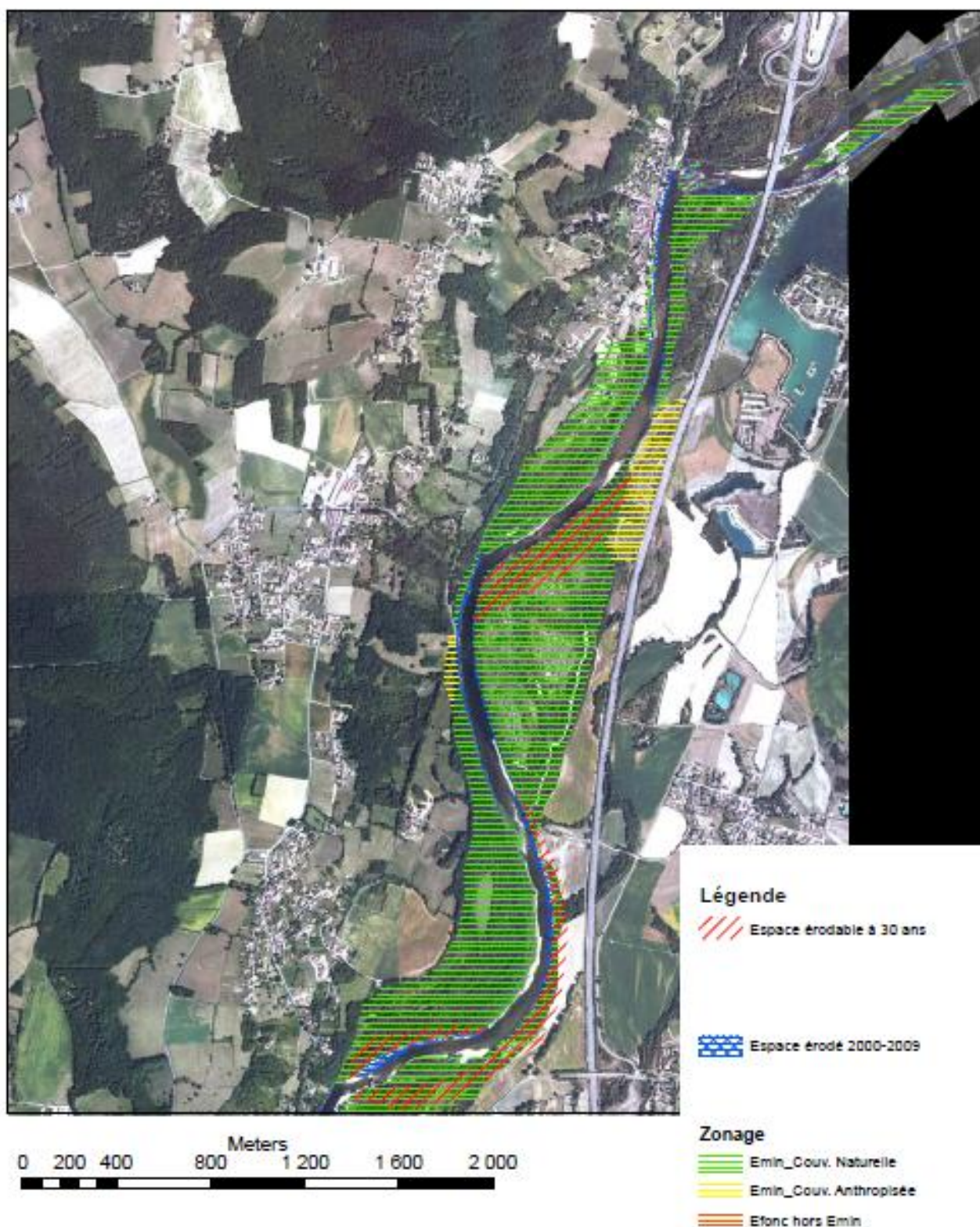
Annexe 9 : Evolution du secteur de Mollon entre 1945 et 2009

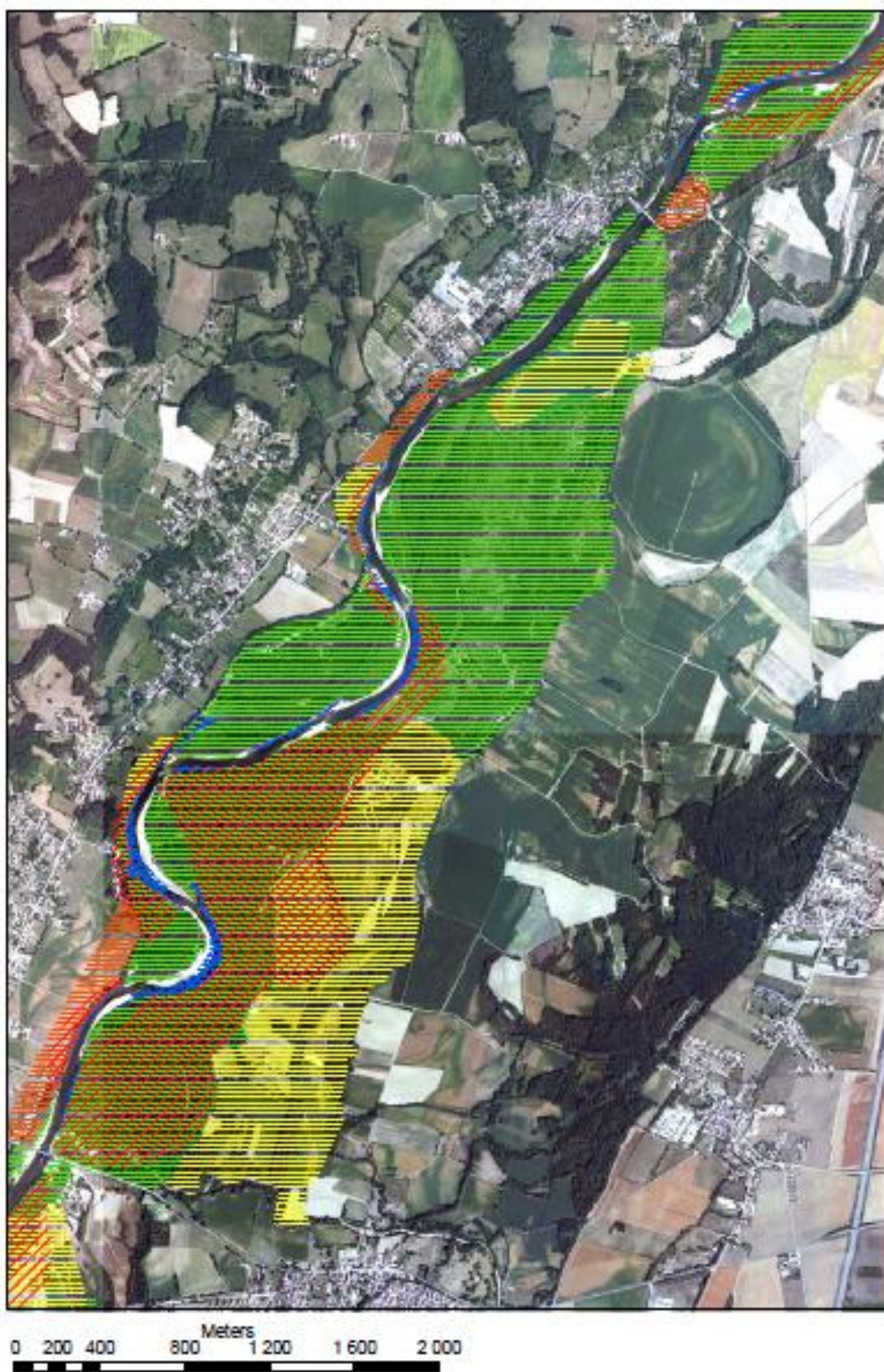


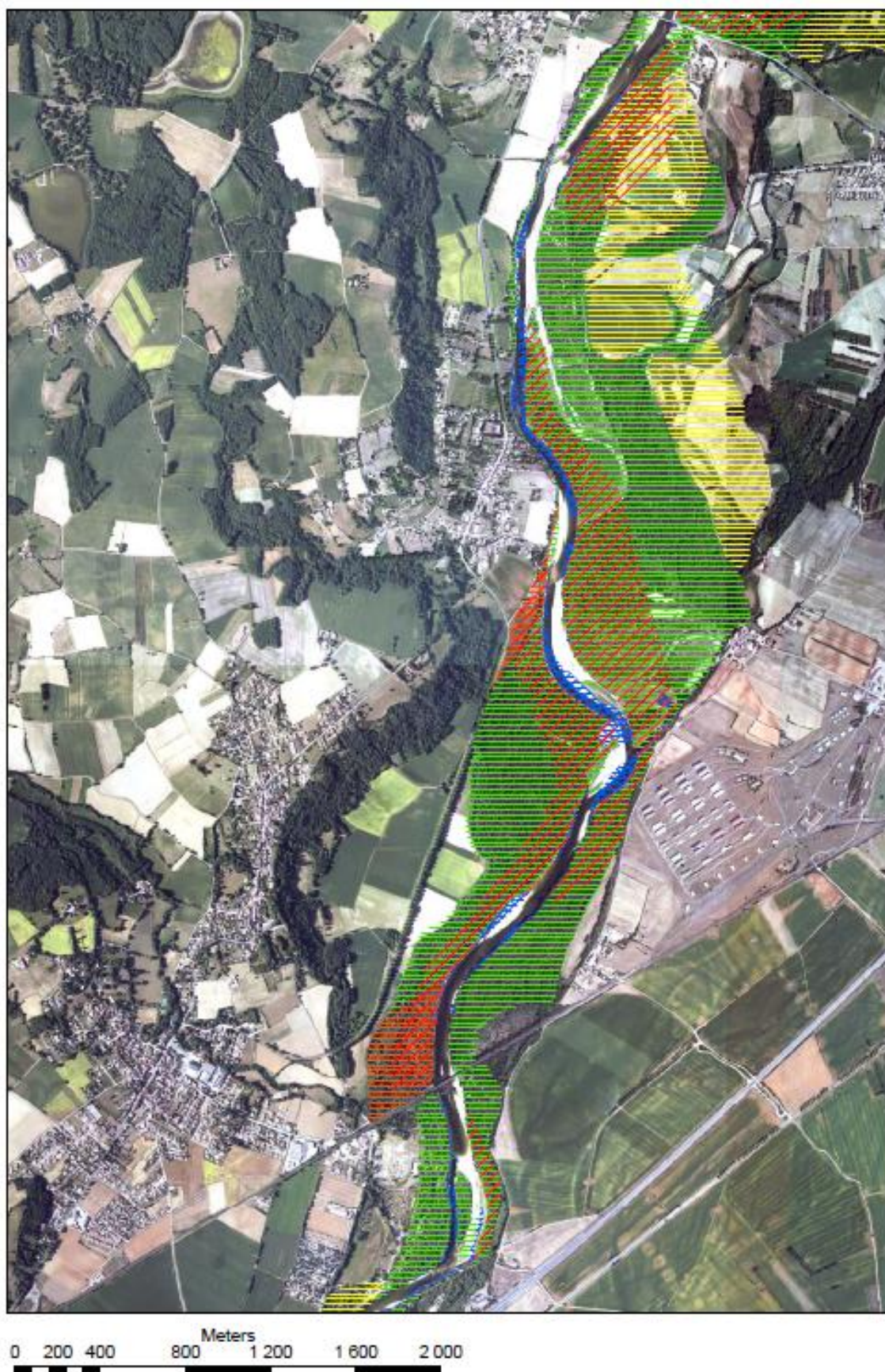
Annexe 10 : Evolution du secteur de Port Galland entre 1945 et 2009

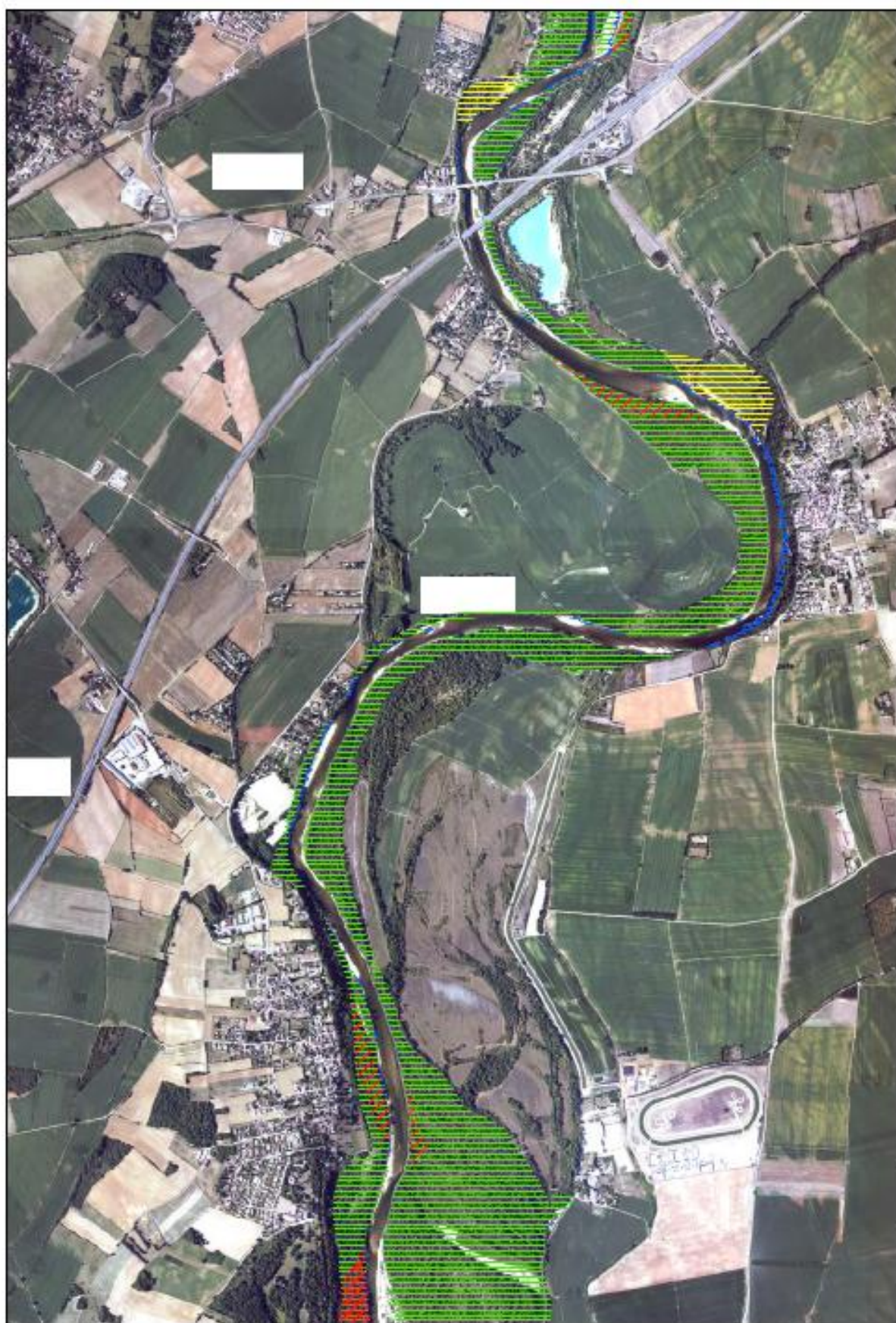


Annexe 11 : Cartographie de l'espace de liberté établie en 1999 et mise à jour en 2012 (Orthophotographie IGN de 2009)

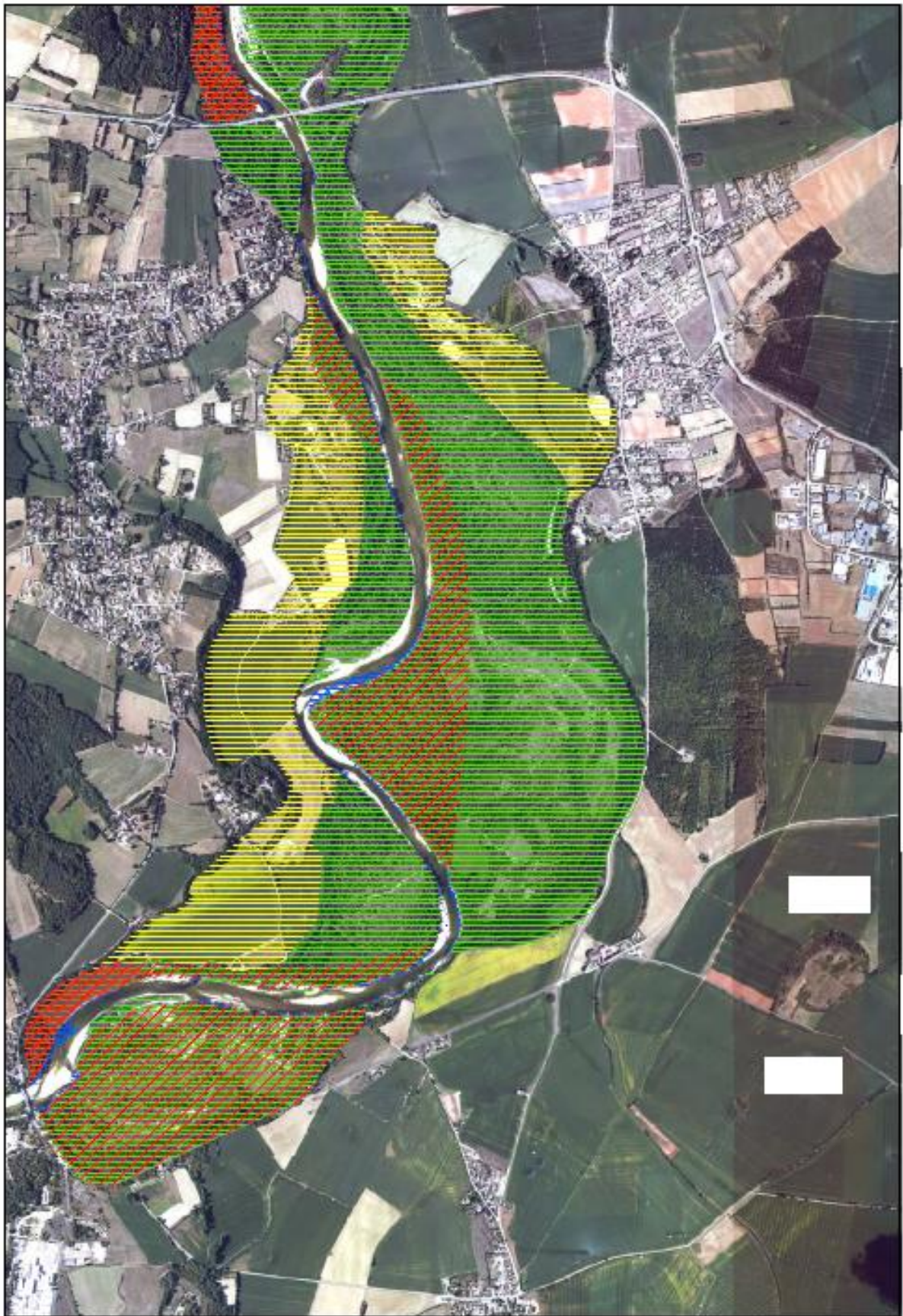




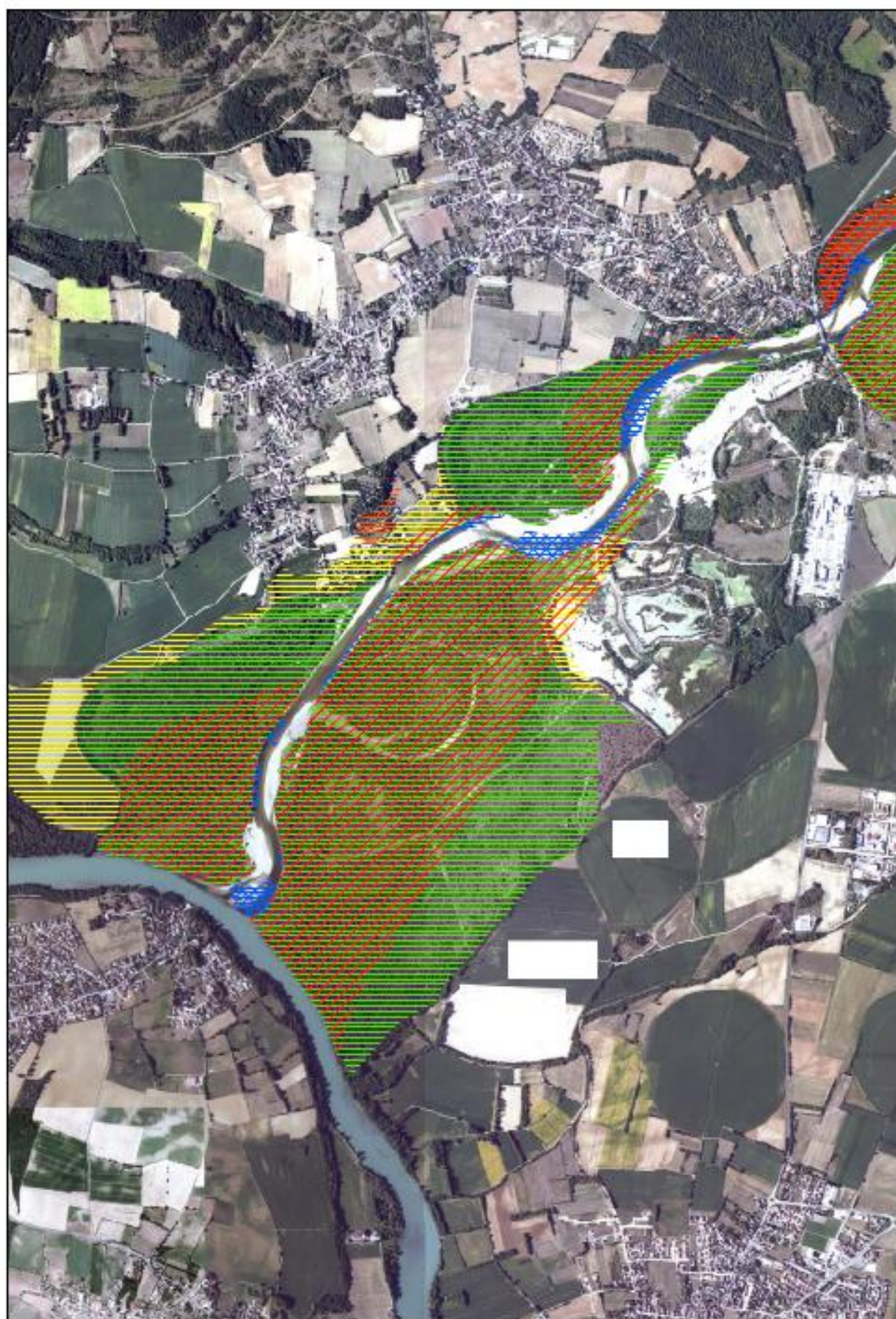




0 200 400 800 1 200 1 600 2 000
Meters



Meters
0 125 250 500 750 1 000 1 250



Meters
0 125 250 500 750 1 000 1 250

Annexe 12 : Correspondances entre les points de repères, la distance à l'amont (en *pk2012*) et le numéro de segment de 250 m long

Point de repère	<i>pk2012</i>	Segment
Barrage d'Allement	-	0
Barrage de Neuville	-	21
Barrage d'Oussiat	-	32
Barrage de Pont d'Ain	0	48
Pont de la RN75 à Pont d'Ain	1,34	53
Pont SNCF à Pont d'Ain	1,51	53
Pont de l'A42 à Pont d'Ain	2,49	57
Confluence avec le Suran	2,91	59
Pont de Priay	8,24	80
Pont de Gévrieux	14,74	104
Amont du hameau de Mollon	16,32	110
Aval du hameau de Mollon	17,60	115
Pont SNCF de Loyes	20,57	126
Pont de la RD84 à Chazey	22,34	134
Pont de l'A42 à Chazey	22,54	134
Pont de Blyes	30,65	167
Pont de Port Galland	37,39	192
Confluence avec le Rhône	41,74	209

Annexe 13 : Localisation des zones de recharges sédimentaires effectuées dans l'Ain

Date	<i>Pk2012</i>	Segment
2006	4,3-4,8	65-66
2008 et 2007	5,7-6,2	70-73
2005	6,5-7,5	73-77
2011	7,2-7,5	76-77
2010	12,5	97
2005	40,5	204/205