



HAL
open science

Analyse des processus de sédimentation dans le lit majeur et les annexes fluviales du RCC de Péage-de-Roussillon. OSR3

Hervé Piégay, Mélanie Bertrand, Bianca Raeppe, Gabrielle Seignemartin,
Hervé Parmentier

► To cite this version:

Hervé Piégay, Mélanie Bertrand, Bianca Raeppe, Gabrielle Seignemartin, Hervé Parmentier. Analyse des processus de sédimentation dans le lit majeur et les annexes fluviales du RCC de Péage-de-Roussillon. OSR3. [Rapport de recherche] Cnrs; ENS de Lyon. 2015. hal-03749625

HAL Id: hal-03749625

<https://hal.science/hal-03749625>

Submitted on 11 Aug 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Analyse des processus de sédimentation dans le lit majeur et les annexes fluviales du RCC de Péage-de-Roussillon

Rapport final

Réalisation

H. Piégay, M. Bertrand, B. Raeppe, G. Seignemartin, H. Parmentier

Juin 2015

Table des matières

1 Contexte et objectifs	2
2. Méthodologie retenue pour l'étude géomatique	3
2.1. Cartographie de la bande active.....	4
2.2. Cartographie des casiers/ouvrages Girardon	5
2.3. Campagne de sondages pédologiques	5
2.4. Traitements géomatiques des sondages	8
2.5. Lien unités alluviales et points de sondage	9
2.6. Estimation du volume de sédiments stockés dans les casiers Girardon	10
2.7. Calcul des taux de sédimentation par type d'unité de la plaine alluviale	12
3. Résultats concernant l'étude des processus de sédimentation sur le site de Péage de Roussillon	13
3.1. Unités de la plaine	13
3.2. Epaisseur des sédiments	17
3.3. Taux de sédimentation.....	24
4. Conclusions et recommandations	30

1. Contexte et objectifs

L'objectif de ce travail, inscrit dans l'axe 2 de l'OSR3 et de l'OSR4, est de mieux comprendre les patrons de sédimentation dans le lit majeur et dans les annexes fluviales (lônes, marges) du Rhône. En lien avec les programmes existants (suivi sédimentaire des lônes dans le cadre de RhonEco, travaux de l'Observatoire Hommes-Milieus Vallée du Rhône sur la sédimentation des casiers, travaux réalisés sur des carottes sédimentaires dans le cadre de l'OSR2), cette première année permet de tester un protocole de caractérisation de la sédimentation fine sur un tronçon, le RCC de Péage-de-Roussillon, à partir :

- i) d'une synthèse des données existantes,
- ii) d'une analyse géomatique de ces données (tracés successifs du chenal, couverture LiDAR de la BDT, lignes d'eau CNR disponibles, occupation des sols établie sur les photographies anciennes, données mises à disposition par la Réserve Naturelle de la Platière),
- iii) et enfin d'une campagne de caractérisation des dépôts à partir de sondages pédologiques, afin de caractériser rétrospectivement la dynamique d'atterrissement en lien avec la fréquence d'inondation. Le travail se fera en étroite interaction avec l'ENTPE afin de replacer les acquisitions déjà engagées via les campagnes GPR et l'étude BRGM dans un cadre géographique plus large.

L'action a permis de financer le contrat postdoctoral de Mélanie Bertrand, spécialiste de géomatique appliquée aux environnements fluviaux entre mai et septembre 2014, ainsi qu'une campagne de caractérisation des dépôts à partir de sondages pédologiques confiée à GeoPeka (Réalisation d'une campagne de sondages dans la plaine alluviale du Rhône à Péage-de-Roussillon, rapport de mesure, juin 2014).

Le secteur d'étude est situé dans la plaine alluviale du Rhône, au droit de Péage-de-Roussillon, entre les PK 51 et 59. Ce secteur se compose d'un tronçon du Rhône court-circuité depuis 1979 par le canal d'amenée de l'usine hydroélectrique de Sablons (Figures 1 et 2).

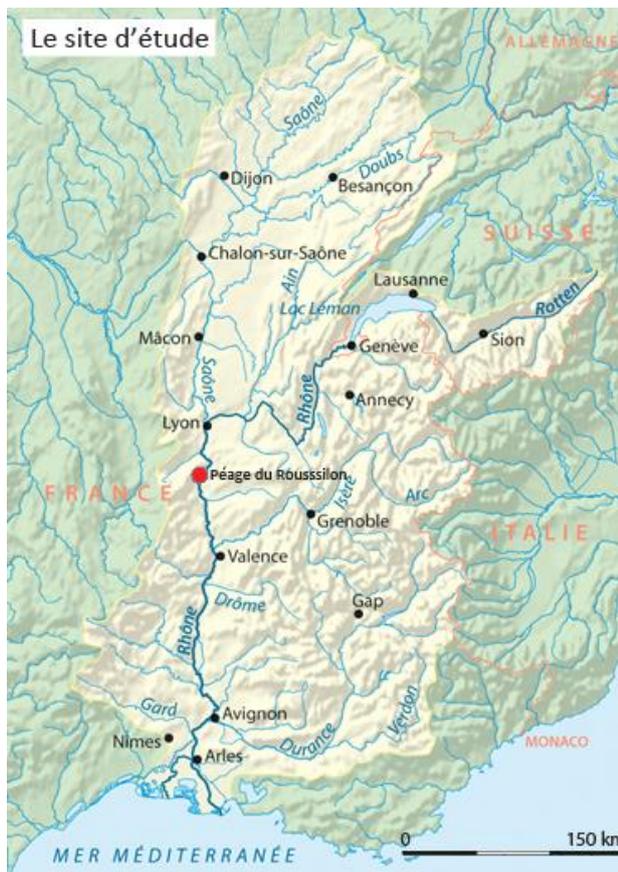


Figure 1. Localisation du site d'étude

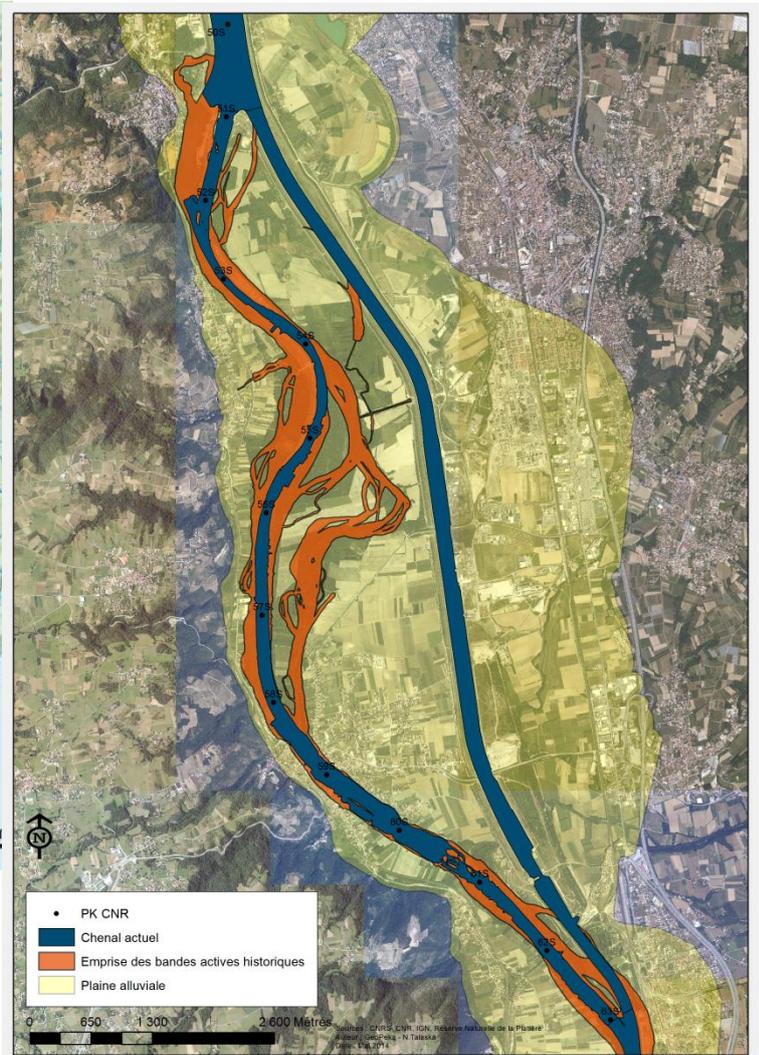


Figure 2. Emprise de l'étude

2. Méthodologie retenue pour l'étude géomatique

Plusieurs couches géomatiques ont été produites :

- Cartographie de la bande active au cours de la période contemporaine aux dates suivantes : 1860 – 1902 – 1939 – 1986 – 2009
- Cartographie fine des casiers et ouvrages Girardon
- Recensement de tous les sondages pédologiques réalisés et réalisation d'une nouvelle campagne complétant les données existantes. Cette nouvelle campagne a été effectuée dans l'espace correspondant à l'emprise des bandes actives du Rhône observées en 1860, 1902, 1939, 1949, 1986 et 2009. La bande orangée sur la figure 2 représente la surface totale de ces emprises. La figure 3 présente les différents tracés successifs du Rhône sur le secteur d'étude.



Figure 3. Tracés du Rhône au cours du temps (1860 – 1902 – 1939 – 1986 – 2009)

2.1. Cartographie de la bande active

A l'issue de cette phase de synthèse des données existantes et d'intégration des données dans un SIG, plusieurs analyses ont été conduites :

- Etude de l'évolution planimétrique de la bande active.
- Détermination d'une carte du toit du gravier afin d'estimer finement les volumes de fines stockées. Un focus spécifique a été réalisé au niveau des casiers.
- Détermination des taux de sédimentation à partir du rapport entre l'épaisseur des sédiments fins et l'âge du lit majeur. Cet âge a été estimé à partir de l'analyse diachronique de l'évolution des bandes actives. On considère que la surface devient « lit majeur » lorsque qu'une végétation ligneuse s'installe ou lorsque certaines entités sont déconnectées du chenal par la construction d'un ouvrage.

La qualité du géo-référencement des différentes campagnes de prises de vue aériennes a fait l'objet d'une évaluation. A chaque image correspond une erreur planimétrique liée à la distorsion des images que l'on a essayé de minimiser en positionnant des points d'amer proche du chenal du vieux Rhône. On peut donc estimer à partir de ces erreurs, combinées au biais de l'opérateur responsable de la digitalisation des bandes actives, que la précision planimétrique varie entre quelques dizaines de cm à quelques mètres (pour les campagnes dont l'échelle de l'image est la plus petite, ou pour celles dont la qualité des images est moyenne à médiocre).

2.2. Cartographie des casiers et ouvrages Girardon

Les casiers Girardon, qui sont délimités par une digue longitudinale submersible et deux ouvrages transversaux amont et aval, ainsi que les champs d'épis ont été digitalisés sous ArcGIS (Figure 4). Ce travail s'est appuyé sur les cartes anciennes (après géo-référencement) sur lesquelles les ouvrages étaient cartographiés. L'interprétation s'est aussi appuyée sur une analyse visuelle des photographies anciennes, notamment celles prises juste après la mise en Rhône Court-Circuité (RCC).

2.3. Campagne de sondages pédologiques

La mission confiée à GeoPeka était de :

- i) faire l'inventaire des données de sondages existantes,
- ii) réaliser une campagne de sondages pour compléter les données existantes,
- iii) réaliser des prélèvements de sédiments en surface au niveau des sondages nouvellement réalisés.

La grande majorité des sondages a été réalisée en milieu terrestre et une partie dans des espaces en eau (casiers, lônes). Le tableau 1 présente les données recueillies avant la campagne GeoPeka de 2014 et la figure 5 leur localisation. Afin de compléter les données existantes, une campagne de terrain a été réalisée au mois de mai 2014. Les sondages réalisés se situent pour une partie dans les casiers et pour une autre partie sur les marges alluviales. Au total, 333 sondages ont été réalisés à la méthode dite de la « perche ». La réalisation des sondages s'est accompagnée de prélèvements de sédiments.

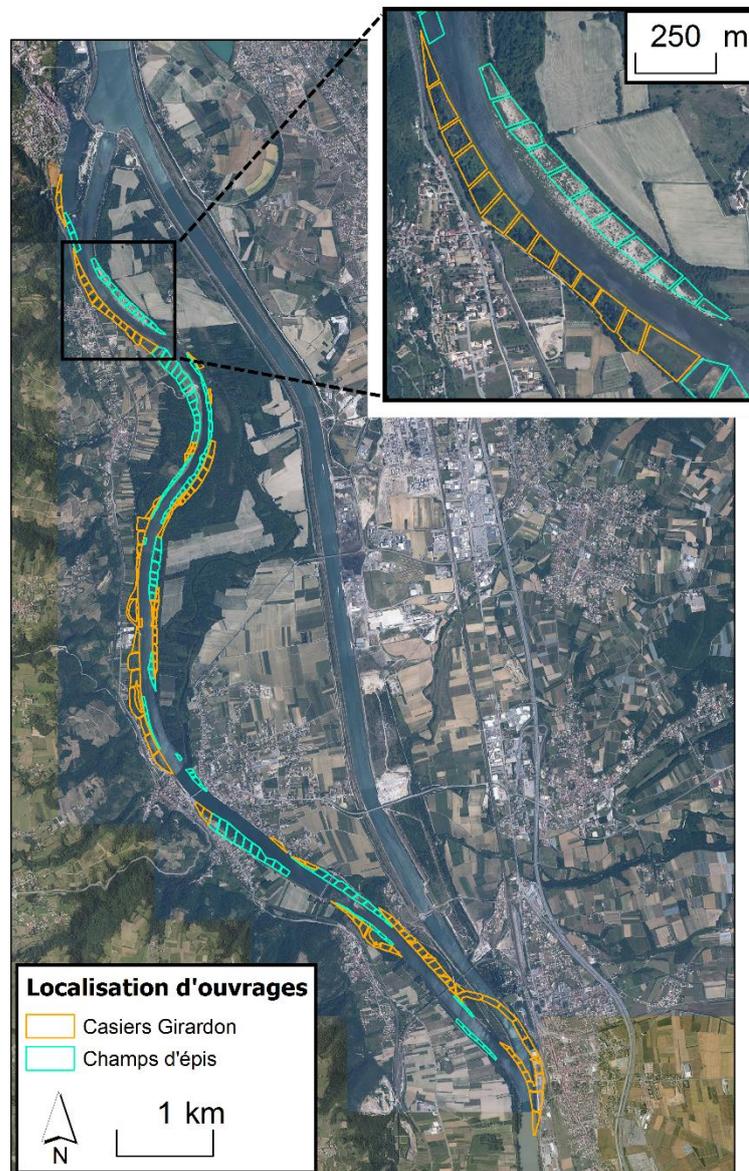


Figure 4. Localisation des ouvrages (casiers Girardon et champs d'épis) dans le secteur court-circuité de Péage-de-Roussillon et zoom sur les casiers d'Arcoule et les champs d'épis en rive gauche (source ortho-photos : IGN)

Nom du fichier original	Auteur	Date	Nombre de sondages
Sondage RN	Réserve Naturelle Platière, B. Pont	?	957
Sondages_CNR	CNR	2005	96
Relevés_Arc_casiers	CNRS, M. Rival	2007	49
Fine Sediment Measurement	CNRS, P. Modrack	2013	36
Relevé_Noyer_Sud_Project Relevé_Ilon_Project	CNRS, J. Riquier	2007	155
Sondage_Gabrielle	CNRS, B. Raeppe	2014	12
TOTAL SONDAGES EXISTANTS			1 305

Tableau 1. Recensement des sondages existants

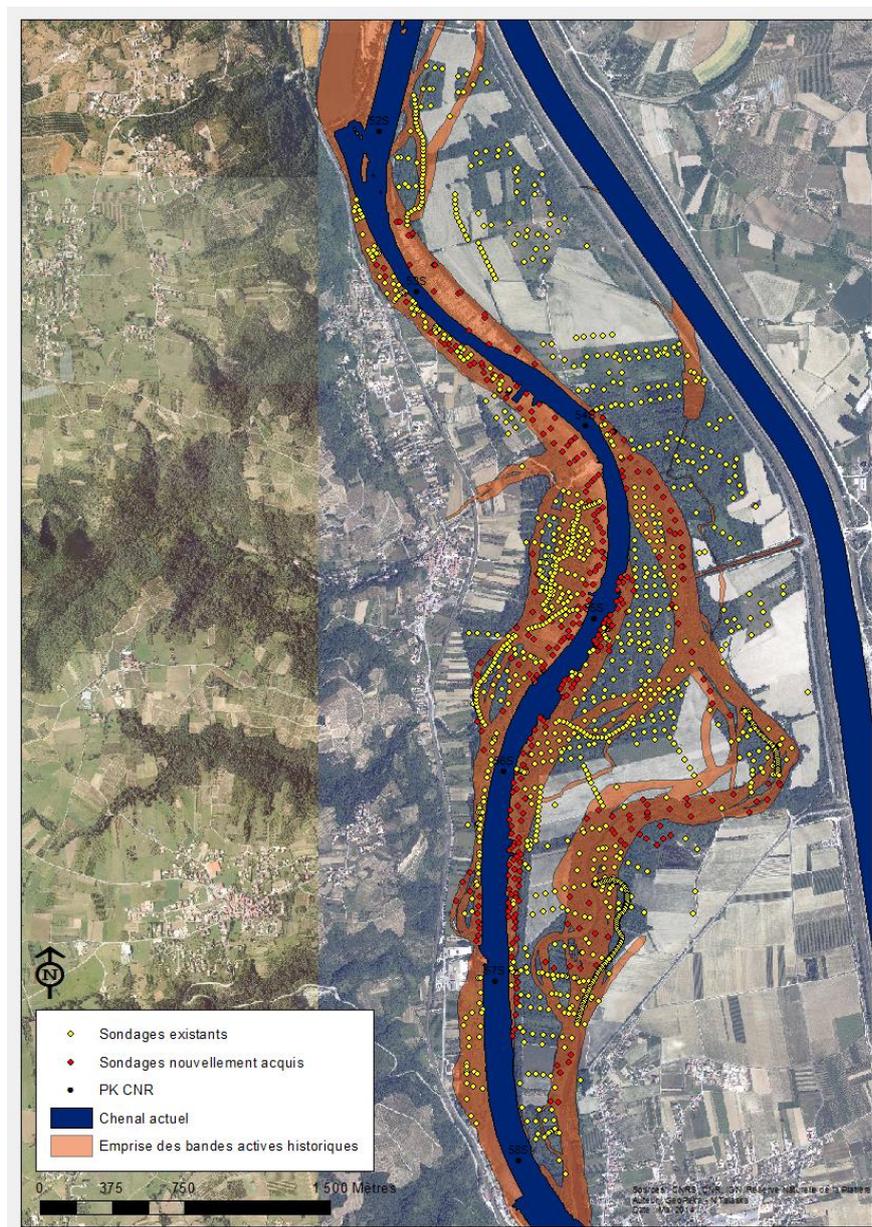


Figure 5. Localisation des sondages existants et nouvellement acquis

Au total, **230 échantillons ont été collectés** au cours du mois de mai 2014. Une centaine de points de sondage n'a pas fait l'objet de prélèvements car les fines étaient absentes (bancs). Tous les sondages disposent de coordonnées géographiques planimétriques mais peu d'entre eux sont renseignés par des coordonnées altimétriques. Afin d'homogénéiser les données altimétriques entre les différentes campagnes de mesures, une référence commune a été utilisée : le MNT issu du LiDAR de la BDT Rhône levé en 2010. Ainsi, l'altitude attribuée à chaque point de sondage a été extraite de ce MNT.

2.4. Traitements géomatiques des sondages

L'exploration des données de sondage pour la cartographie du toit de galets a montré que la forte densité de points dans la Réserve Naturelle de l'île de la Platière est suffisante localement pour réaliser une interpolation de l'altitude du toit de galets. Dans les secteurs situés plus au Sud et au Nord, cette densité de sondages est plus faible, rendant l'interpolation moins précise. Quelles que soient les méthodes d'interpolation testées, les erreurs peuvent aller dans ces secteurs jusqu'à 1 à 2 m (écarts des observés au modèle théorique).

Les méthodes d'interpolation testées sont celles que l'on retrouve le plus fréquemment dans la littérature : les méthodes déterministes (Radial Basis Functions), géostatistiques (Kriging/Cokriging, Empirical Bayesian Kriging), et l'interpolation tenant compte de barrières (Kernel Interpolation with Barriers).

- *Radial Basis Functions (RBF) are moderately quick deterministic interpolators that are exact. They are much more flexible than IDW, but there are more parameter decisions. There is no assessment of prediction errors. The method provides prediction surfaces that are comparable to the exact form of kriging. Radial Basis Functions do not allow you to investigate the autocorrelation of the data, making it less flexible and more automatic than kriging. Radial Basis Functions make no assumptions about the data.*
- *Kriging is an interpolator that can be exact or smoothed depending on the measurement error model. It is very flexible and allows you to investigate graphs of spatial auto- and cross-correlation. Kriging uses statistical models that allow a variety of output surfaces including predictions, prediction standard errors, probability and quantile. The flexibility of kriging can require a lot of decision-making. Kriging assumes the data come from a stationary stochastic process, and some methods assume normally-distributed data.*
- *Empirical Bayesian Kriging is a Kriging-based interpolation method that accounts for uncertainty in semivariogram estimation by simulating many semivariograms from the input data. In addition, Empirical Bayesian Kriging can account for moderate nonstationarity by building local models on subsets of the input data.*
- *Kernel Interpolation with Barriers is a moving window predictor that uses the shortest distance between points so that points on either side of the line barriers are connected.*

Les méthodes qui montrent les meilleures prédictions sont le cokrigeage et l'interpolation intégrant des barrières. Toutefois, les écarts au modèle théorique pour les points très espacés restent relativement importants. Quelles que soient les méthodes testées, l'intégration de points de sondage correspondants à des profils en travers dans le chenal principal (données CNR) a permis une amélioration de la précision de l'interpolation. Dans ce cas, on a fait l'hypothèse qu'il n'y a pas de dépôts fins dans le chenal, et qu'on peut calculer

une altitude du fond du lit ensuite assimilée à l'altitude du toit de galets à partir de la valeur de la hauteur d'eau et de l'altitude de la ligne d'eau. Cette amélioration de la prédiction de l'altitude du toit de galets est surtout constatée pour les valeurs les plus faibles sur les marges du chenal en eau.

Partant du constat que l'intégration de valeurs de sondage supplémentaires entre les sondages existants permet d'améliorer la prédiction, environ 320 sondages fictifs ont été ajoutés dans le chenal (à partir des valeurs de bathymétrie) et dans la plaine alluviale.

Les points de sondage fictifs ajoutés dans le **chenal** résultent de l'interpolation de la bathymétrie à partir des profils en travers de la CNR. Suivant la méthode proposée par Merwade (2006, 2009) un maillage est créé (profils en travers tous les 25 m, profils en long tous les 5 m) et les valeurs bathymétriques sont interpolées le long des axes de ce maillage. Des valeurs sont ensuite extraites le long de l'axe médian de la bande active de 2009 tous les 25 m (c'est-à-dire à chaque profil en travers créé). Dans la **plaine alluviale**, des points de sondage fictifs ont également été ajoutés sur la base de l'expertise de la carte des paléo-environnements de J.P. Bravard et du LiDAR (Figure 6).

L'altitude du toit de galets est calculée pour les points de sondage fictifs comme une moyenne des valeurs des points de sondage observés voisins. Les points voisins utilisés pour attribuer une valeur d'altitude du toit de galets à un point fictif font partie de la même unité paléo-environnementale définie par J.P. Bravard, après vérification de la limite de ces unités sur le LiDAR.

Une interpolation a à nouveau été réalisée avec intégration des points fictifs. Le cokrigage intégrant l'altitude du sol, la distance au chenal principal et le zonage de la carte des paléo-environnements de J.P. Bravard montre les meilleures prédictions pour l'altitude du toit de galets (Figures 7 et 8).

2.5. Lien unités alluviales et points de sondage

A chaque point de sondage réalisé, nous avons attribué un type d'unité de la plaine alluviale. Cinq classes ont été déterminées : **casier, épis, lône, plaine jeune, autre**. La plaine jeune correspond au secteur de la plaine alluviale où la bande active a pu être observée au moins une fois entre 1860 et 2009. La plaine ancienne n'a pas été remaniée par les écoulements depuis 1860. Pour réaliser cette classification, nous nous sommes appuyés sur les différentes cartes disponibles et sur une interprétation du LiDAR.

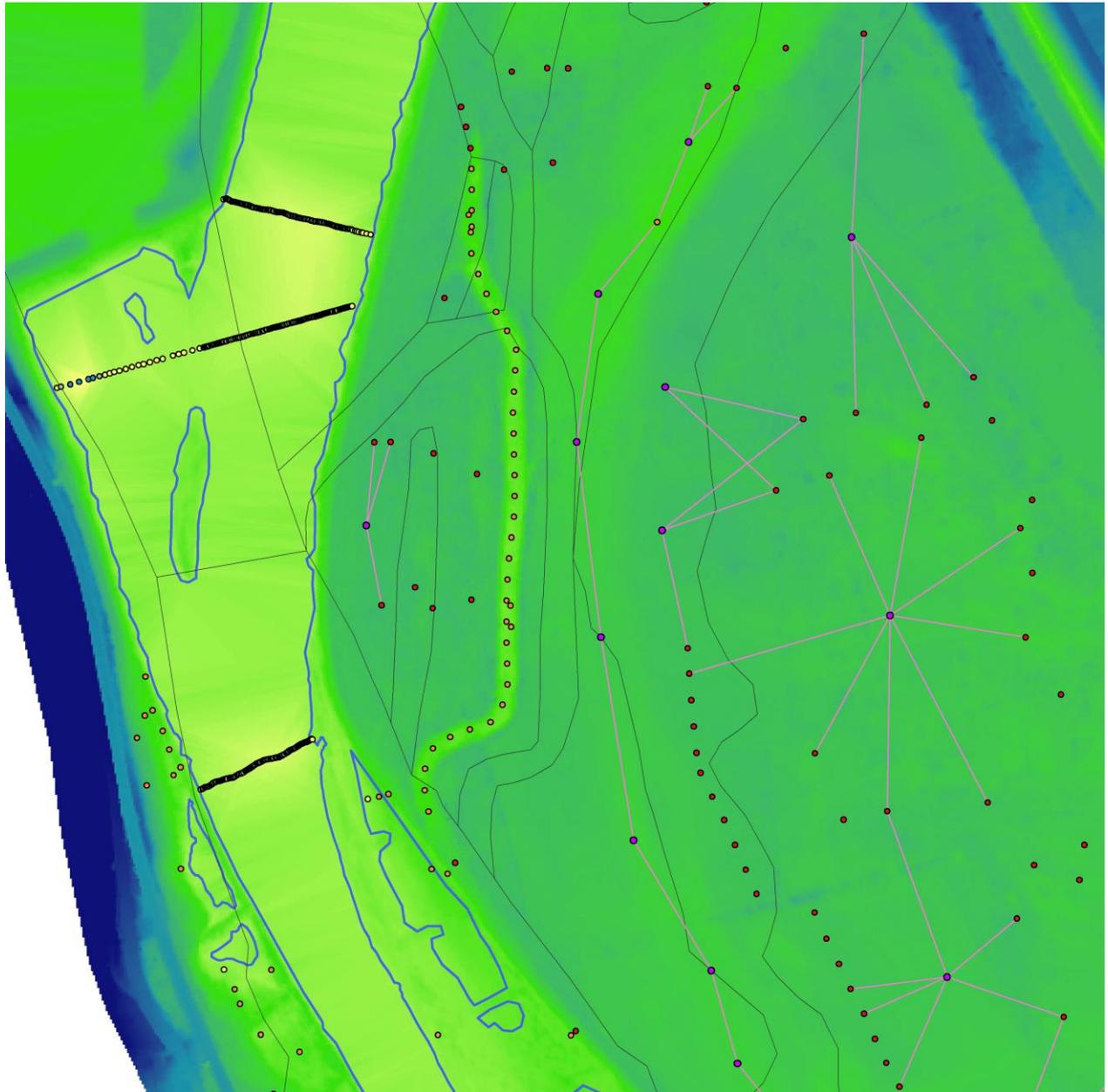


Figure 6. Exemple de points de sondage fictifs ajoutés dans le chenal (transects en jaune) et dans la plaine alluviale (points violet) en lien avec les points de sondage observés voisins (en rouge) retenus pour l'estimation des valeurs d'altitude du toit de galets

2.6. Estimation du volume de sédiments stockés dans les casiers Girardon

Les données altimétriques LiDAR couplées à la cartographie du toit du gravier ont permis de déterminer les volumes de sédiments fins stockés dans chacun des casiers. Dans ce cadre, nous avons fait l'hypothèse que les sédiments stockés entre le toit de graviers et la surface du sol actuelle sont uniquement des fines. L'aire du casier a été délimitée par photo-interprétation à partir des ortho-photographies IGN et du LiDAR. L'épaisseur de sédiments fins stockés a été calculée pour chaque pixel des casiers en faisant la différence altitudinale entre

l'altitude du toit de graviers et l'altitude actuelle du sol (LiDAR). Le volume de sédiments stockés correspond au produit de ces deux paramètres (surface x épaisseur).

Il est également possible d'estimer le volume de sédiments grossiers stockés dans chacun des casiers. Ce volume a été calculé à partir de l'aire du casier et l'épaisseur totale de sédiments stockés à laquelle on retranche l'épaisseur de fines. L'épaisseur totale de sédiments stockés est calculée pour chaque pixel des casiers en faisant la différence altitudinale entre l'altitude minimale dans le chenal au droit du casier déterminée à partir des profils en travers de la BDT Rhône, et l'altitude du toit de graviers calculée par interpolation au sein du casier.

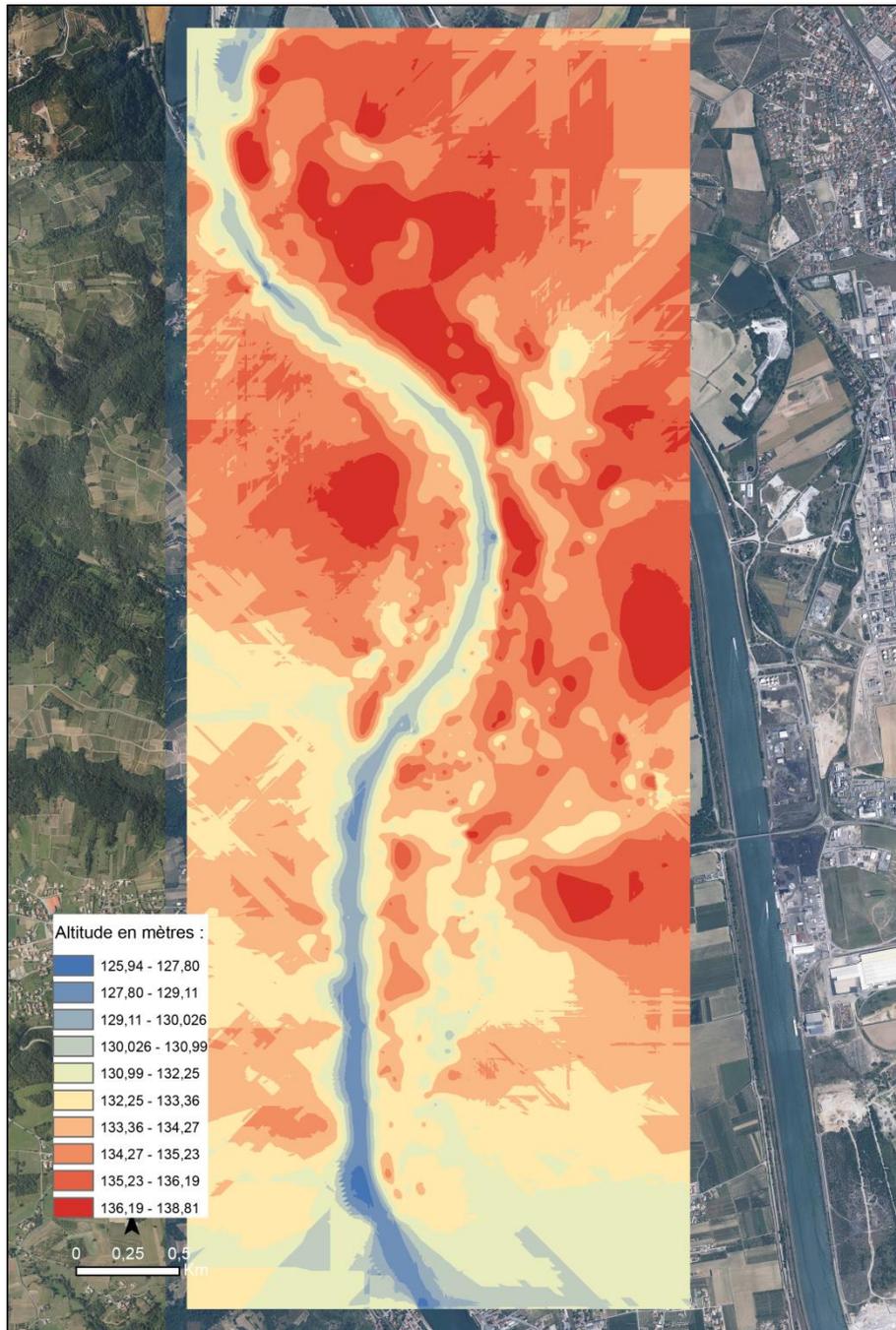


Figure 7. Interpolation du toit de galets par cokrigeage



Figure 8. Erreurs (en m) associées à l'interpolation du toit de galets par cokrigage

2.7. Calcul des taux de sédimentation par type d'unité de la plaine alluviale

Le taux de sédimentation annuel a été calculé à partir de l'épaisseur des sédiments fins et de la date du début de la sédimentation. Cette date se situe au sein d'une période durant laquelle est observée la végétalisation de la surface considérée comme le moment où commencent le piégeage des sédiments fins et les processus morphogénétiques typiques des lits majeurs. Cela est le cas pour la plaine alluviale récente. Dans le cas des casiers, des lônes et des épis, le taux de sédimentation a été calculé en s'appuyant sur la période de temps séparant la date de construction de l'ouvrage déconnectant le secteur et aujourd'hui.

3. Résultats concernant l'étude des processus de sédimentation sur le site de Péage-de-Roussillon

3.1. Unités de la plaine

La mobilité du chenal du Rhône au cours du dernier siècle est très limitée. La figure 9 montre que le Rhône, à chenaux multiples en 1860 présente un lit unique en 1910 à la suite de la multiplication des ouvrages Girardon.

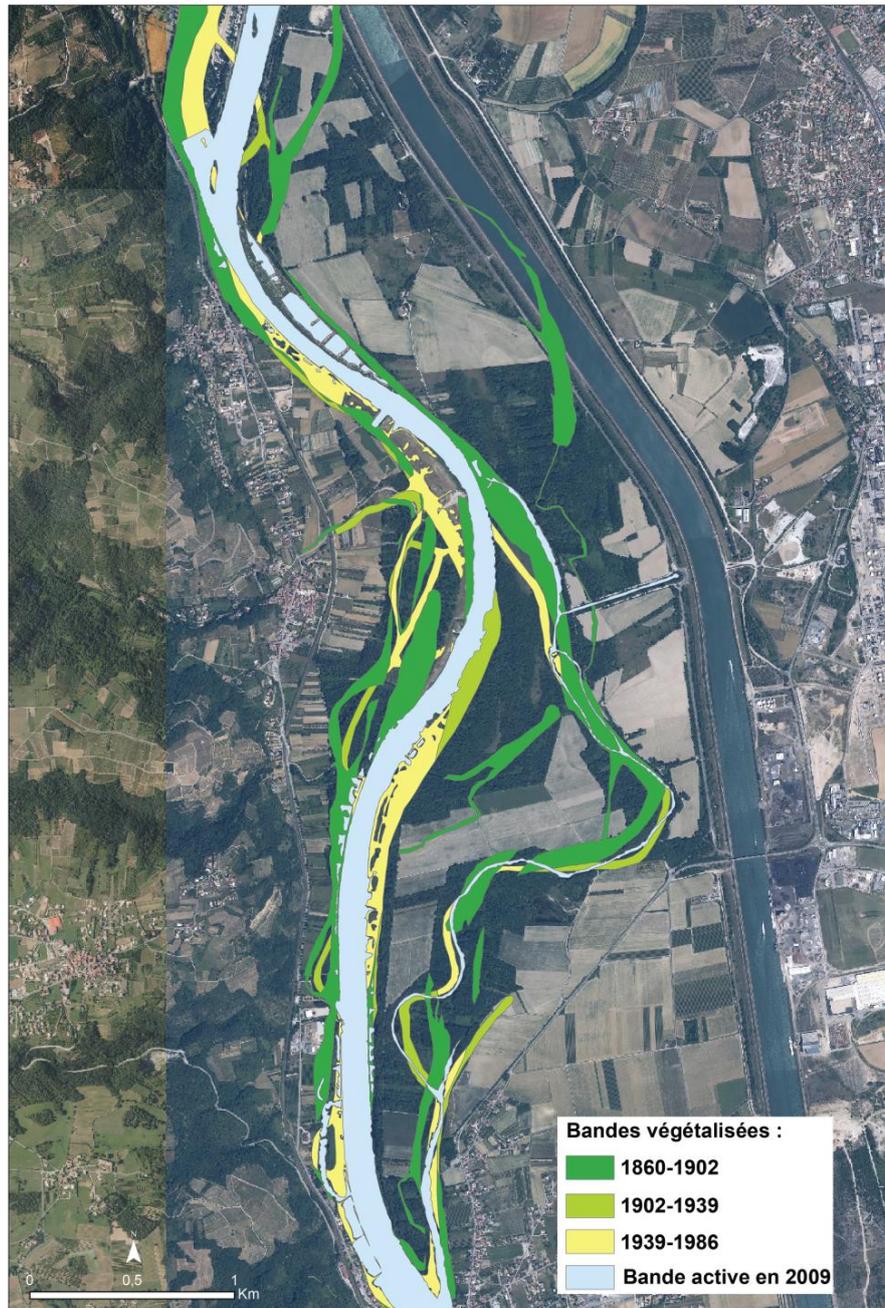


Figure 9. Végétalisation des marges du Rhône au cours de la période contemporaine (1860-1986). NB : Entre 1986 et 2009, aucun changement planimétrique n'est observé

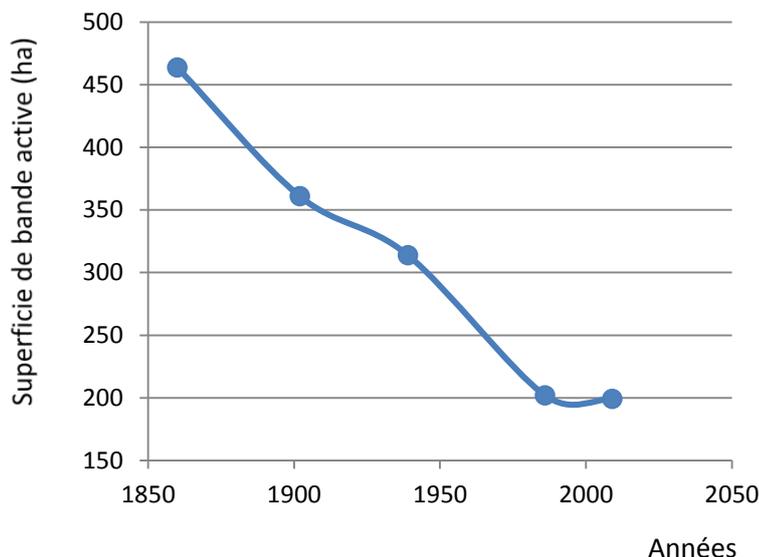


Figure 10. Evolution de la superficie de la bande active du Rhône entre 1860 et 2009 dans le secteur de Péage-de-Roussillon

La bande active qui est alors de 465 ha en 1860 se réduit à 361 ha en 1910 (Figure 10). La période 1910-1939 semble une période où les changements sont plus modérés. Une nouvelle phase de rétraction est ensuite observée entre 1939 et 1986 ; celle-ci est du même ordre de grandeur que celle enregistrée entre 1860 et 1910.

La figure 4 montre que les ouvrages couvrent les marges du secteur court-circuité presque dans leur totalité. **Cent vingt-quatre casiers** ont été identifiés. Ils varient en surface entre 0,01 ha et 2,76 ha, avec une surface moyenne de 0,57 ha (Figure 11). Le périmètre des casiers mesure entre 52 m et 1361 m (moyenne : 333,80 m). Leur géométrie est variable. Ils présentent des formes quasi triangulaires, carrées ou rectangulaires. Des ratios largeur/longueur ont été calculés comme indice de forme, en appliquant une emprise géométrique minimale afin d'approximer les longueurs et largeurs. Les ratios varient entre 0,11 et 0,87 (moyenne : 0,46). Les **champs d'épis** dans le secteur court-circuité comptaient **121 ouvrages** avant la mise en place de l'aménagement hydroélectrique. Leur taille varie entre 0,05 ha et 1,56 ha (moyenne : 0,41 ha), le périmètre entre 131 m et 530 m (moyenne : 269 m) et le ratio largeur/longueur entre 0,12 et 0,98 (moyenne : 0,46).

La figure 12 présente la répartition des surfaces occupées par chaque unité paysagère. Actuellement, les casiers boisés dominent : 45,4% des casiers sont considérés comme terrestres présentant de la végétation ligneuse. Près de 15 ha sont encore en eau en conditions de débit réservé soit 27% des surfaces à l'intérieur des casiers. Enfin, 26,5% sont occupés par des sédiments nus ou des herbacées, 0,03% consistent en champs agricoles et 1,1% sont couverts par des ouvrages.

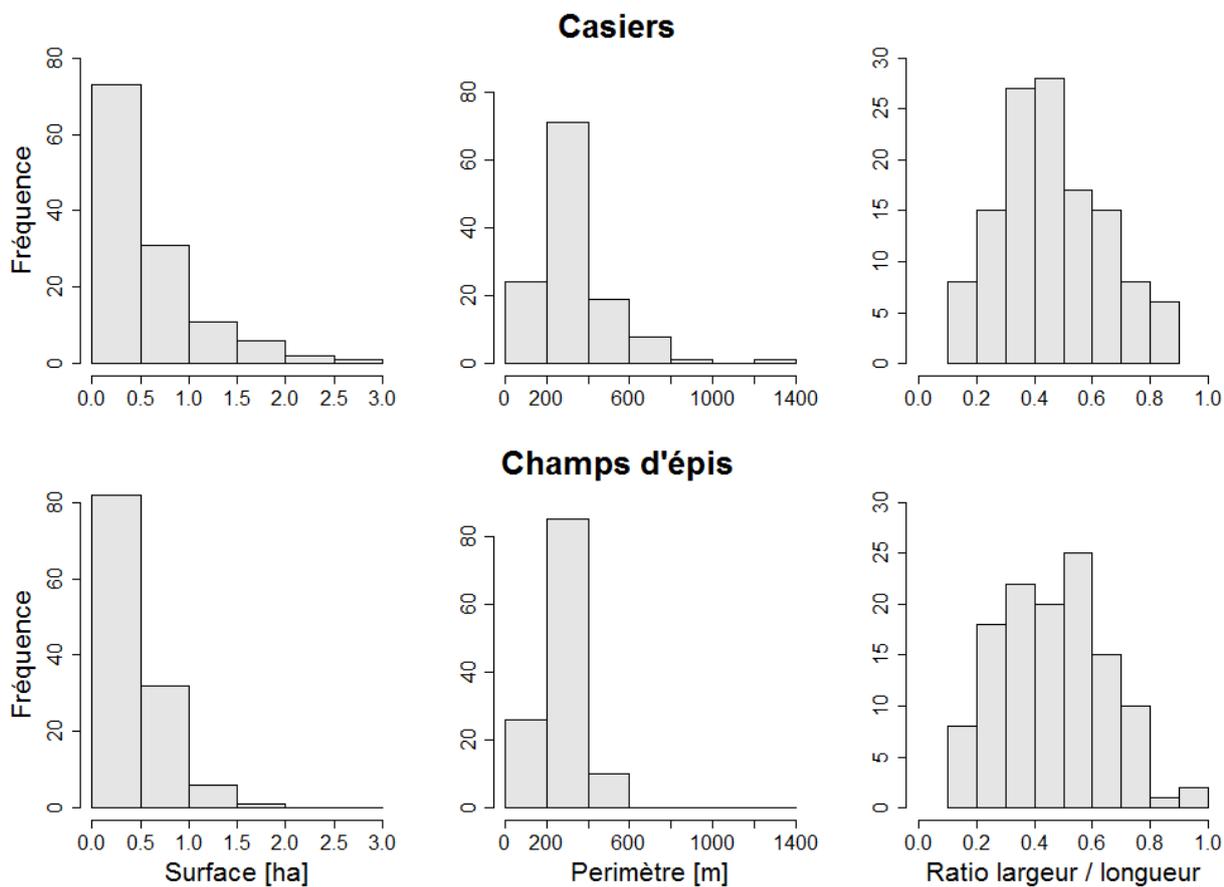


Figure 11. Caractérisation géométrique des ouvrages Girardon (casiers et champs d'épis)

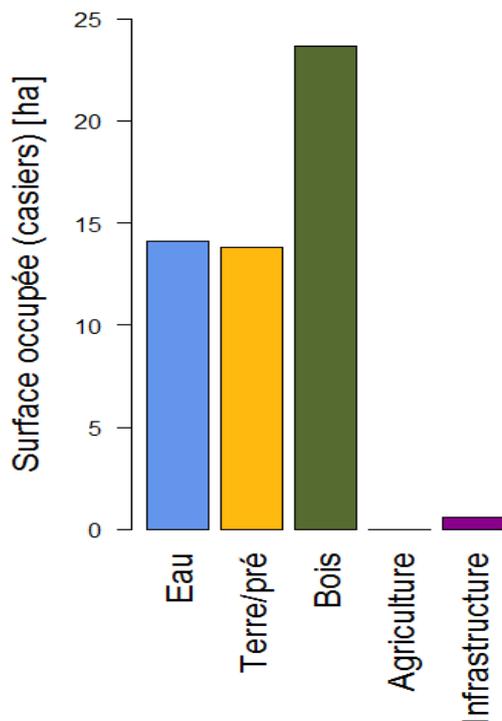


Figure 12. Superficies occupées par les différentes unités paysagères à l'intérieur de l'ensemble des casiers du secteur court-circuité

Grâce aux archives photographiques, les limites lit mineur/lit majeur ont été retracées entre chaque phase d'aménagement (Figure 13). Ainsi, les phénomènes d'atterrissement et de sédimentation ont été spatialisés et quantifiés. Concernant la planimétrie sur l'ensemble du secteur, on notera qu'il reste 1/5 des surfaces des casiers en eau en 2009. Le phénomène d'émersion des surfaces se partage quasi-également entre la période post-correction et la période post-dérivation. Dans les casiers Girardon étudiés (n=102), 40 ha résultent d'un atterrissement consécutif aux aménagements.

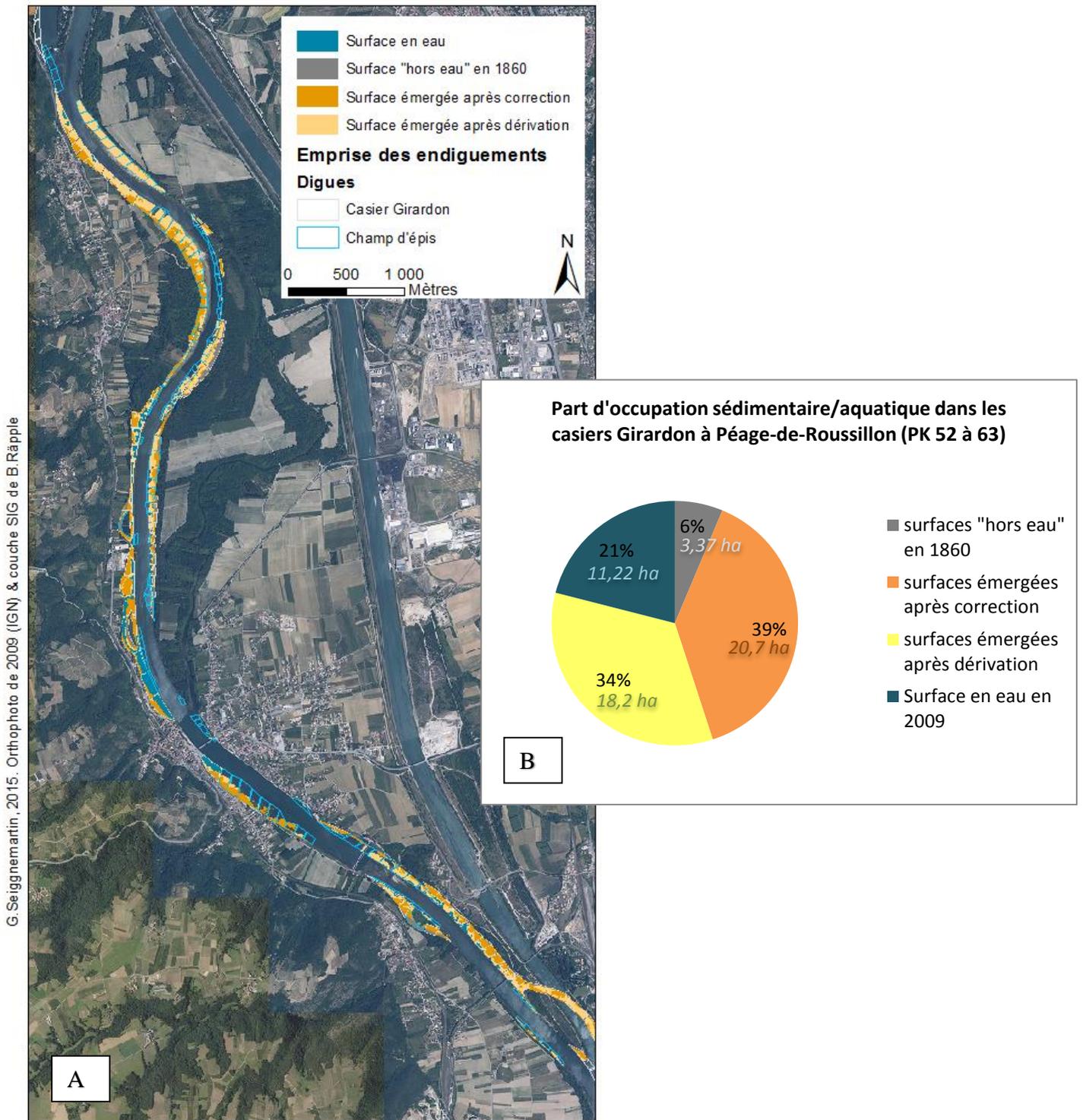


Figure 13. Dynamique d'atterrissement des casiers entre 1860 et 2009. Approche cartographique (A) et synthèse chiffrée (B)

Il est possible d'identifier une sectorisation de cette évolution le long du linéaire (Figure 14). Sur les premiers casiers amont, l'émersion semble avant tout observée en situation post-dérivation du fait d'un changement de ligne d'eau plus marqué à l'amont qu'à l'aval. Sur le tronçon intermédiaire, les proportions de surface en eau apparaissent plus importantes au sein des casiers (ces surfaces sont sans doute préservées du fait de la présence d'un seuil). Sur les casiers les plus aval, l'émersion s'est faite principalement en phase post-correction.

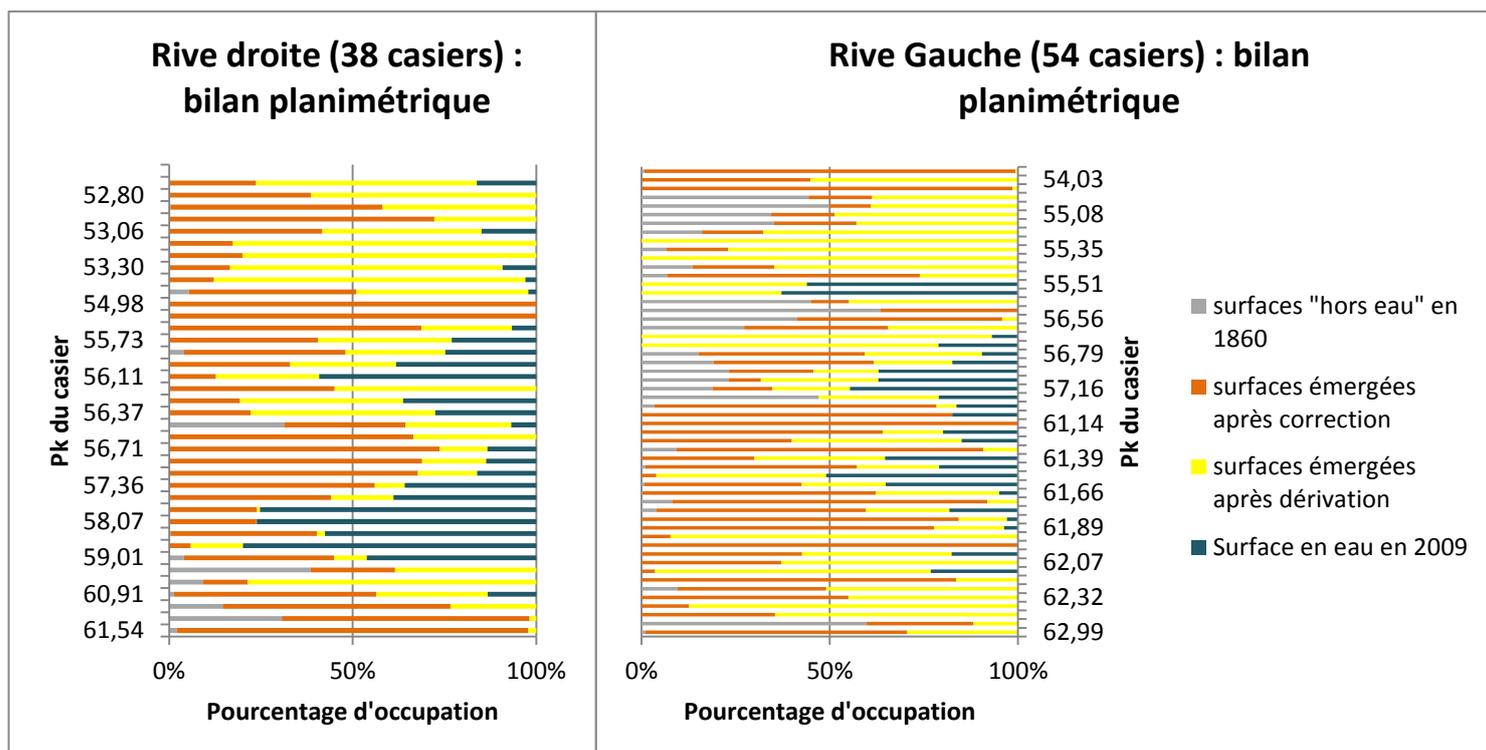


Figure 14. Dynamique d'atterrissement des casiers entre 1860 et 2009. Approche graphique afin de distinguer les évolutions longitudinalement et selon les rives

3.2. Epaisseur des sédiments

L'ensemble des sondages permet de disposer d'une vue synoptique de la sédimentation fine sur le secteur (Figure 15). Ces sondages ont été complétés par une analyse comparative de l'altitude de la plaine au niveau de quelques transects levés en 1860 (Figures 16 et 17) et comparés aux données de la BDT Rhône.

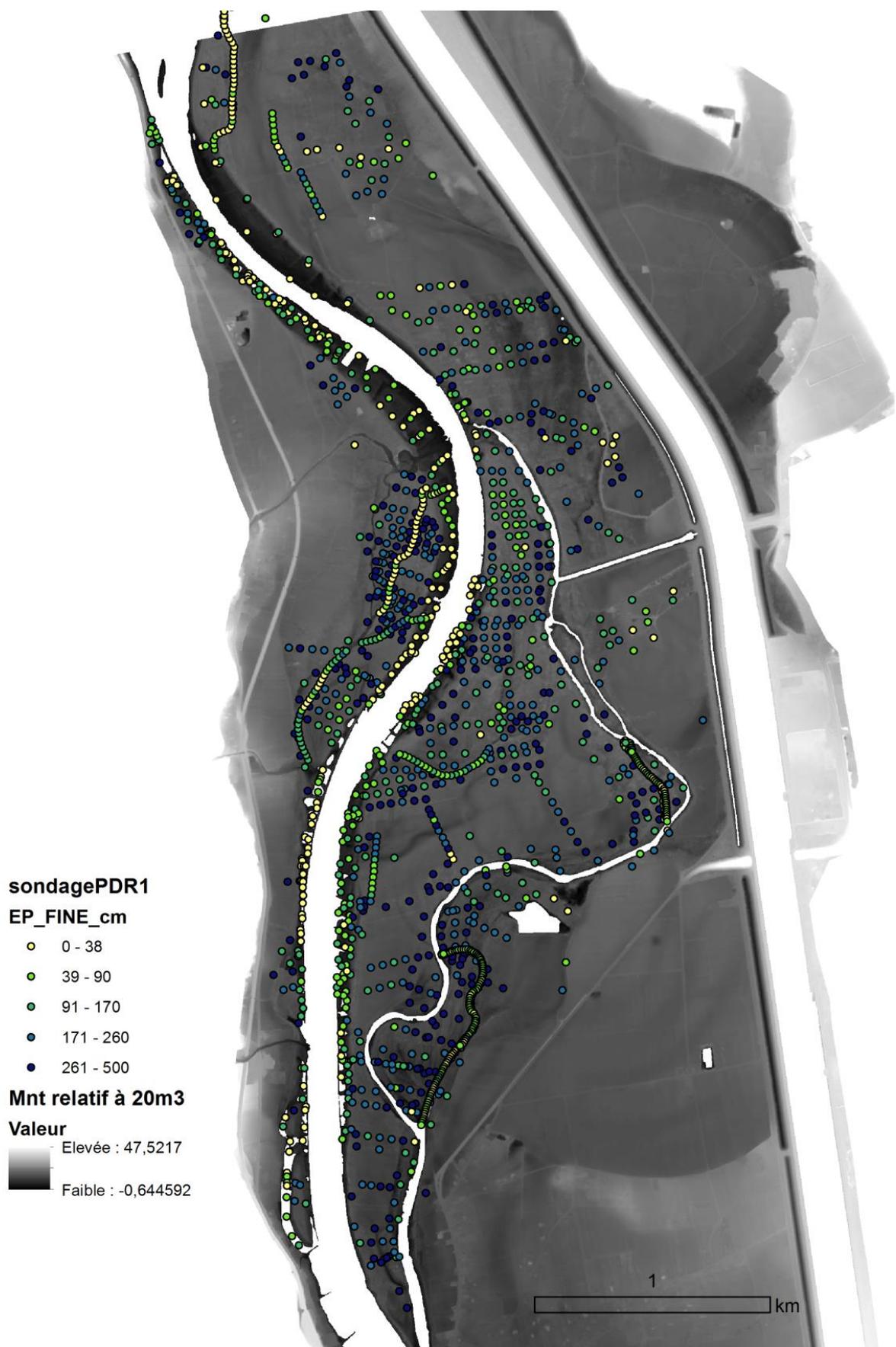


Figure 15. Epaisseur des fines(en cm) sur les différents sondages acquis sur le secteur de Péage-de-Roussillon

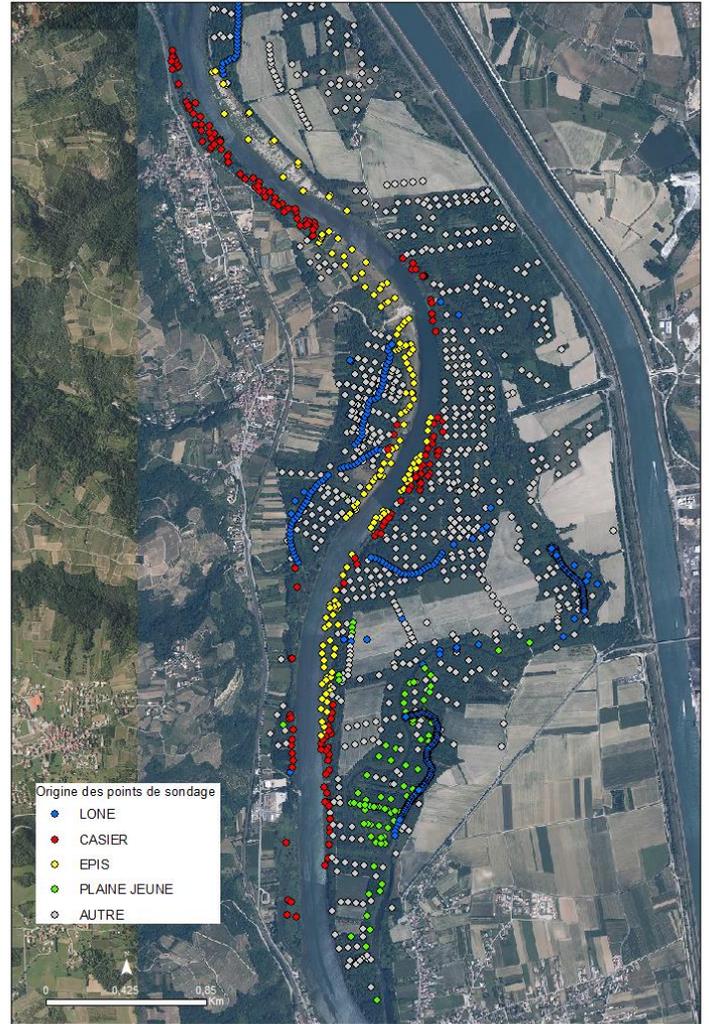
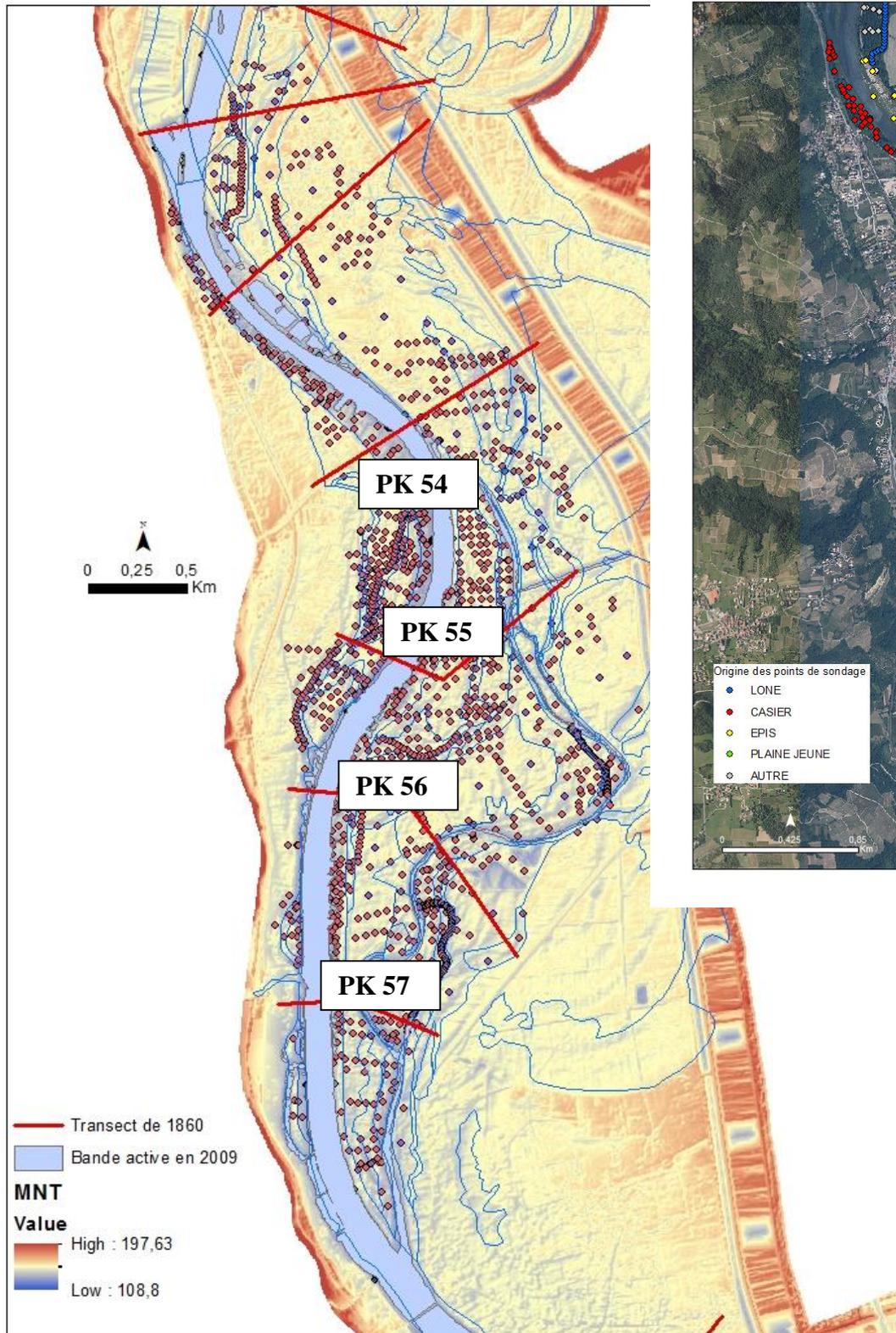


Figure 16. Points de sondage en fonction des types d'unité de la plaine (à droite) et position des transects levés en 1860 (à gauche)

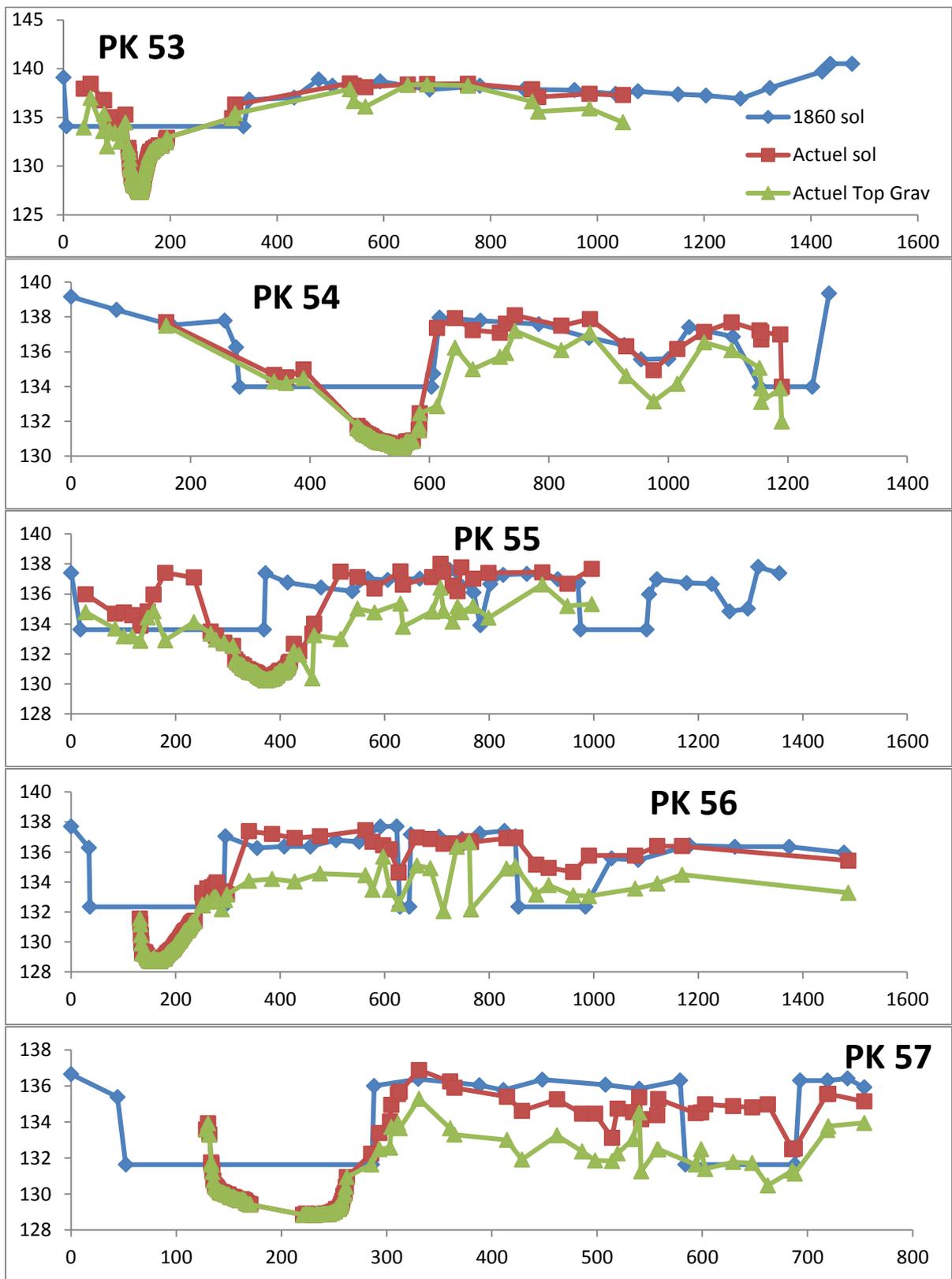


Figure 17. Transects levés en 1860 et niveaux actuels de la surface et du toit du gravier (voir leur localisation sur la figure 16)

Ce travail permet d'estimer l'épaisseur des sédiments fins observée dans la plaine en fonction des différents compartiments. La plaine ancienne (antérieure à 1860) présente en moyenne une épaisseur de fine de 2,15 m avec un maximum de 4,85 m (Figure 18 et Tableau 2). L'épaisseur de sédiments est plus importante dans la plaine jeune avec une moyenne de 2,5 m. L'épaisseur moyenne observée dans les casiers n'est que de 1,44 m. Dans les autres compartiments, les volumes stockés sont moindres.

L'analyse des transects montre que la plaine ancienne n'a pas enregistré de sédimentation depuis 1860. L'essentiel de la sédimentation s'observe avant tous sur les marges du chenal et des lônes au cours de cette période. Il est possible que le secteur aval de la lône de la Platière ait également enregistré une phase érosive (peut être au début du 20^{ème} siècle) comme semble l'indiquer la comparaison des profils au PK 57.

	Min	Médiane	Max
Plaine ancienne (<1860)	0	220	485
Plaine jeune (>1860)	0	250	450
Casiers	0	145	500
Epis	0	48	188
Lônes	0	74	360

Tableau 2. Epaisseur de fines(en cm) dans les différents compartiments de la plaine

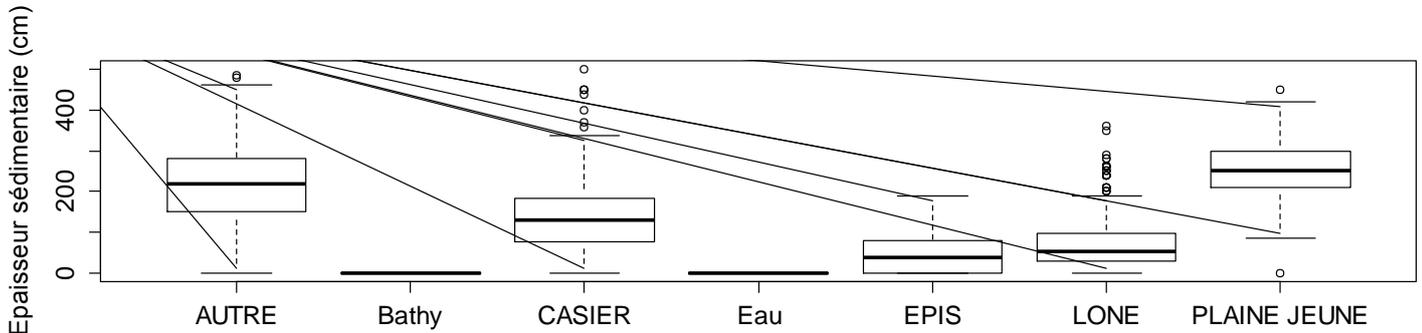


Figure 18. Epaisseur de fines (en cm) dans les différents compartiments de la plaine (principaux centiles D10, D25, D50, D76, D90)

A partir de campagnes de sondage des épaisseurs de sédiments fins, un raster du toit de galets a été réalisé selon une méthode de cokrigage. Ce jeu de données, associé au Modèle Numérique de Terrain (MNT) de la BDT Rhône, a permis de créer un raster des épaisseurs de sédiments au sein de la plaine. Disposant de l'épaisseur de fines interpolée en tout point du secteur, il est possible de déterminer le volume de sédiments fins stockés dans la plaine alluviale. Au sein de chaque casier, les épaisseurs sont moyennées par période de sédimentation. Le produit de cette épaisseur moyenne et de la surface du casier permet alors d'estimer le volume de sédiments fins stockés dans les casiers (Figures 19 et 20).

Ces travaux ont permis d'estimer que les casiers (n=59) piègent près de 430 000 m³ de sédiments fins, dont 284 000 m³ suite aux aménagements de correction et 149 000 m³ suite aux aménagements de dérivation. Il est possible de distinguer des tendances sur le continuum : des volumes du même ordre de grandeur sont regroupés en lots le long du linéaire. La moyenne de sédiments stockés (toute période confondue) est de 8600 m³ par casier. Cette moyenne est à considérer en regard de l'hétérogénéité géométrique des casiers et des stocks estimés. En rive gauche, le train de casier le plus en aval est par exemple révélateur de cette hétérogénéité : la moyenne de stock de sédiments fins pour ces dix casiers est de 1930 m³ par casier.

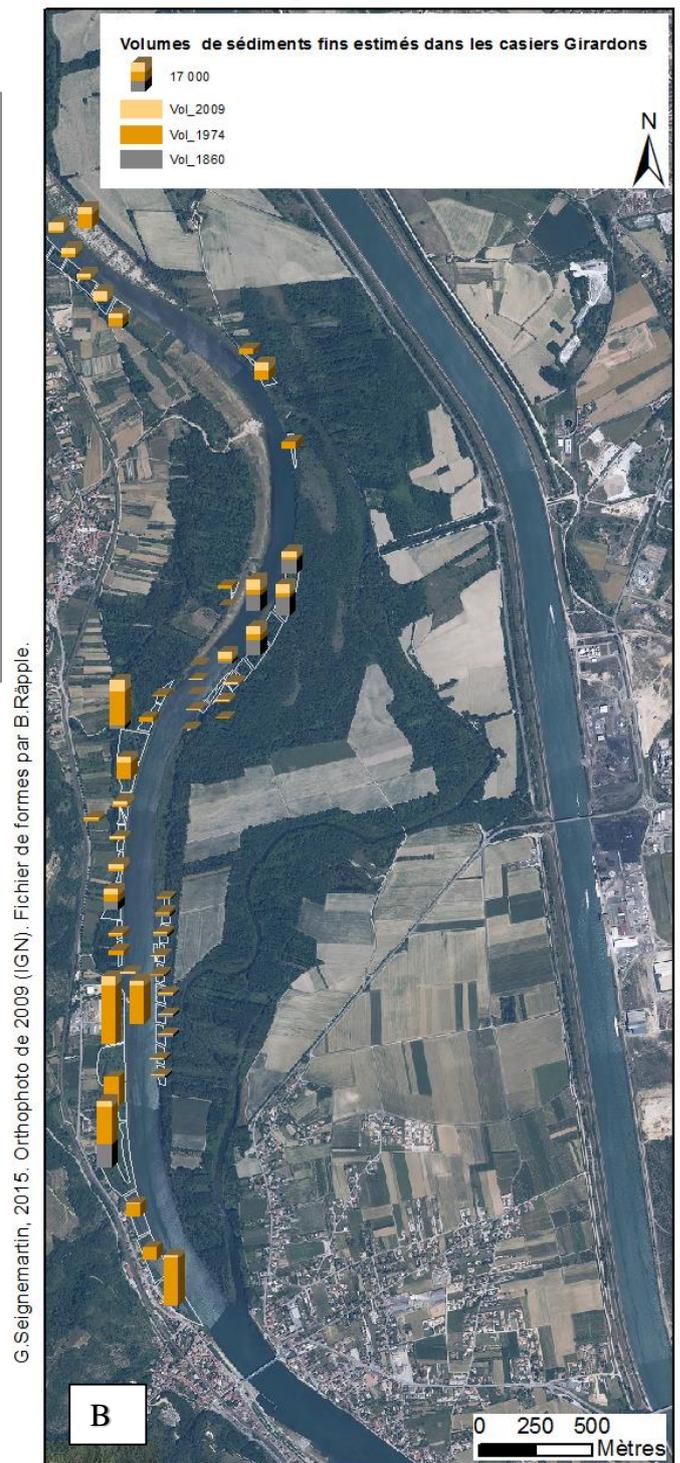
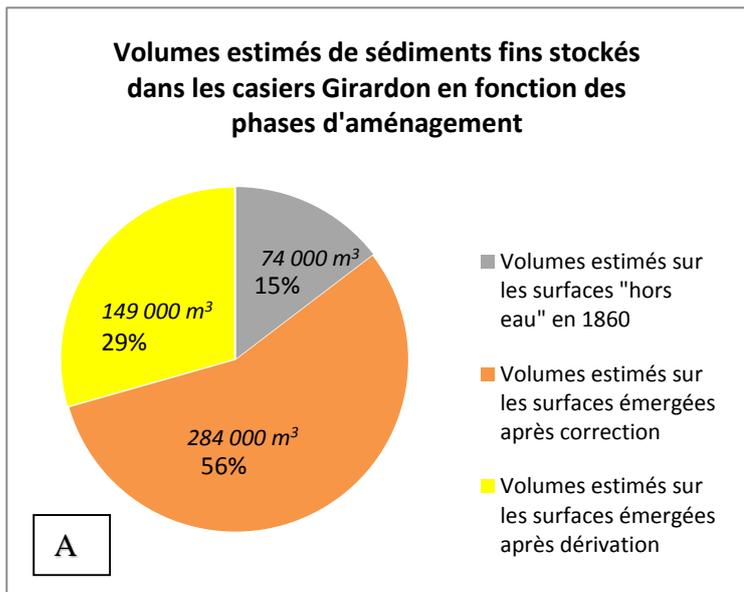


Figure 19. Volumes estimés de sédiments fins stockés dans les casiers Girardon en fonction des phases d'aménagement (A) et de leur localisation spatiale (B).

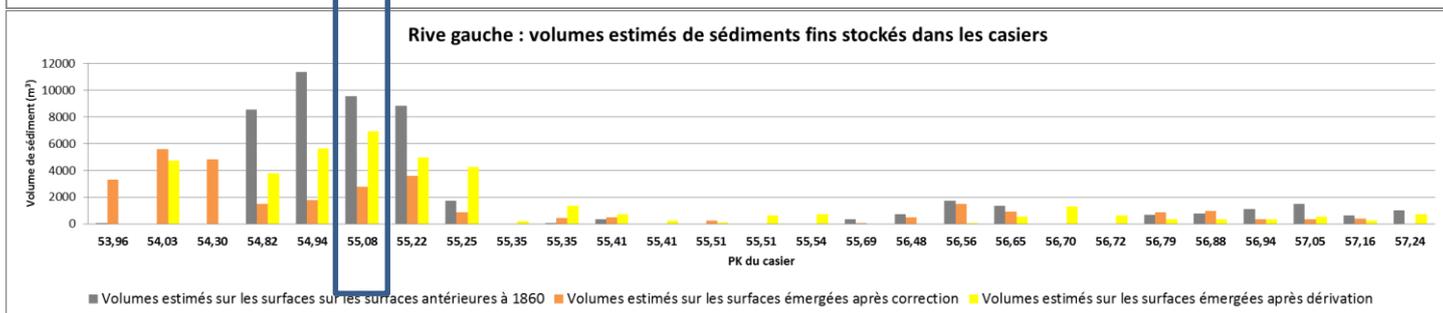
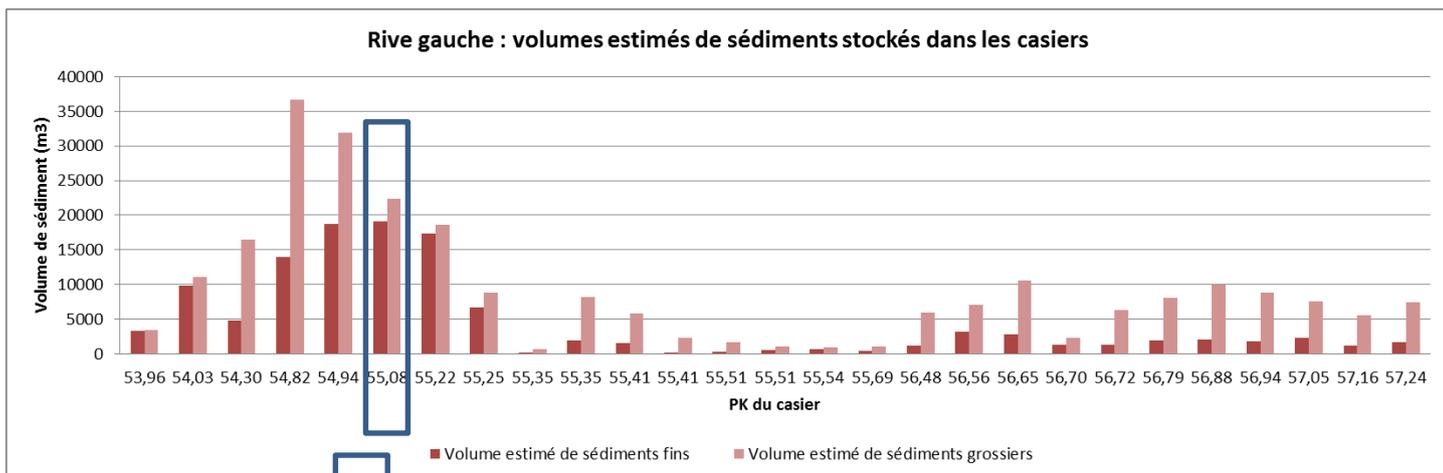
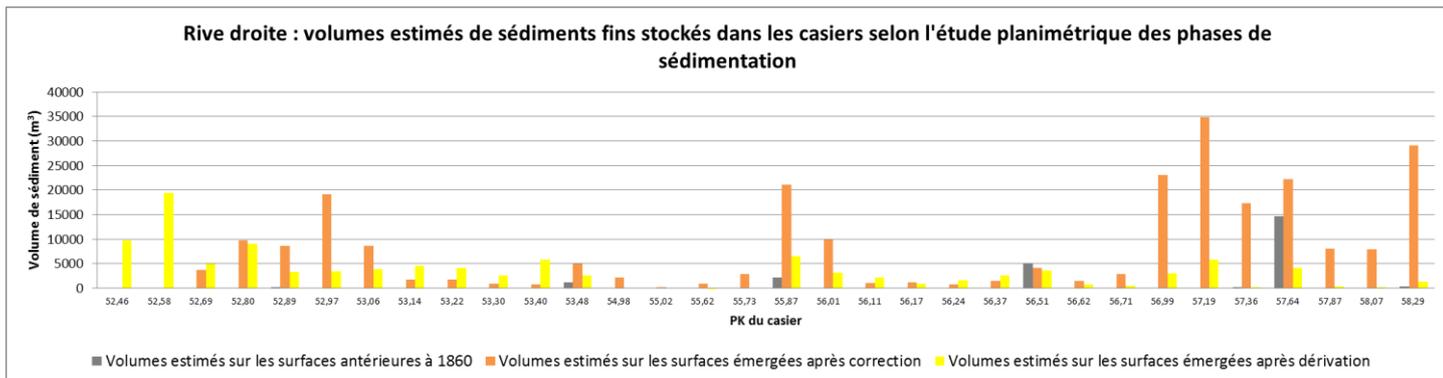
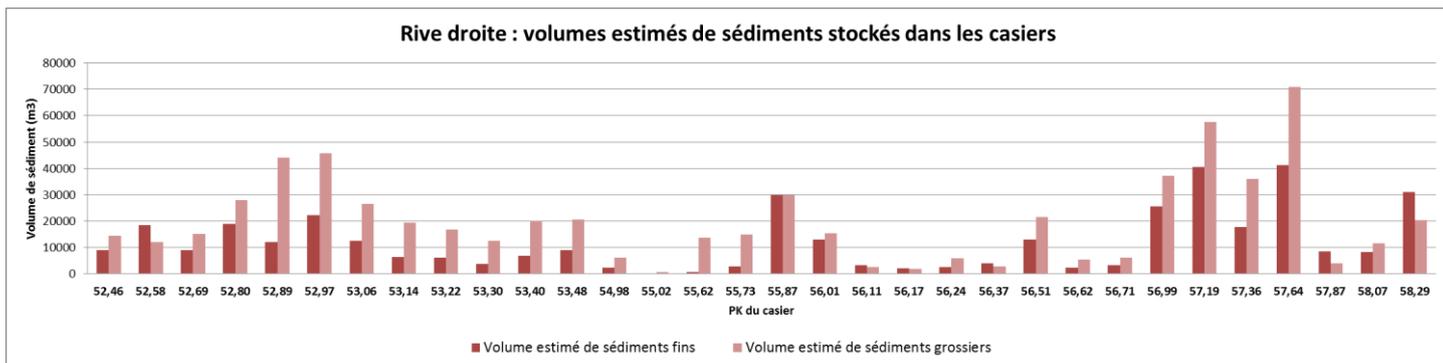


Figure 20. Volumes de sédiments fins et grossiers stockés dans les casiers Girardon en fonction des phases d'aménagement, de la distance aval et de la rive. Le rectangle identifie le casier étudié par le BRGM

Le casier étudié par le BGRM concentre le stock le plus important de sédiments fins. Localisé à l'amont du secteur, sa sédimentation est avant tout marquée par une sédimentation post-dérivation.

Il est également possible de déterminer les stocks en graviers à partir de la couche du toit du gravier et de la ligne du fond du lit reconstituée à partir des profils en travers disponibles tous les 500 m. Une première analyse a été centrée sur les casiers. Sur l'aménagement de Péage-de-Roussillon, il y aurait près de 800 000 m³ de sédiments fins piégés dans les casiers sur un linéaire de 6,5 km. Dans le secteur de la Réserve Naturelle où est prévu un ré-élargissement en rive gauche sur une berge de près de 1 500 m de linéaire, il y aurait également près de 150 000 m³ de graviers piégés, soit 100 m³ par mètre de linéaire (en moyenne sur tout le RCC il y a près de 61 m³/m linéaire). Ce secteur du casier étudié par le BRGM concentre en effet les casiers qui disposent des stocks graveleux les plus importants.

3.3. Taux de sédimentation

En faisant le rapport entre épaisseur de fines et durée de sédimentation, en s'appuyant sur les données planimétriques permettant de dater les différentes phases de construction du lit majeur, il est possible d'estimer des taux de sédimentation. C'est ainsi que la plaine jeune enregistre un taux de sédimentation plutôt élevée, proche de 2 cm/an avec des maxima voisins de 3 cm/an (Figures 21 et 22).

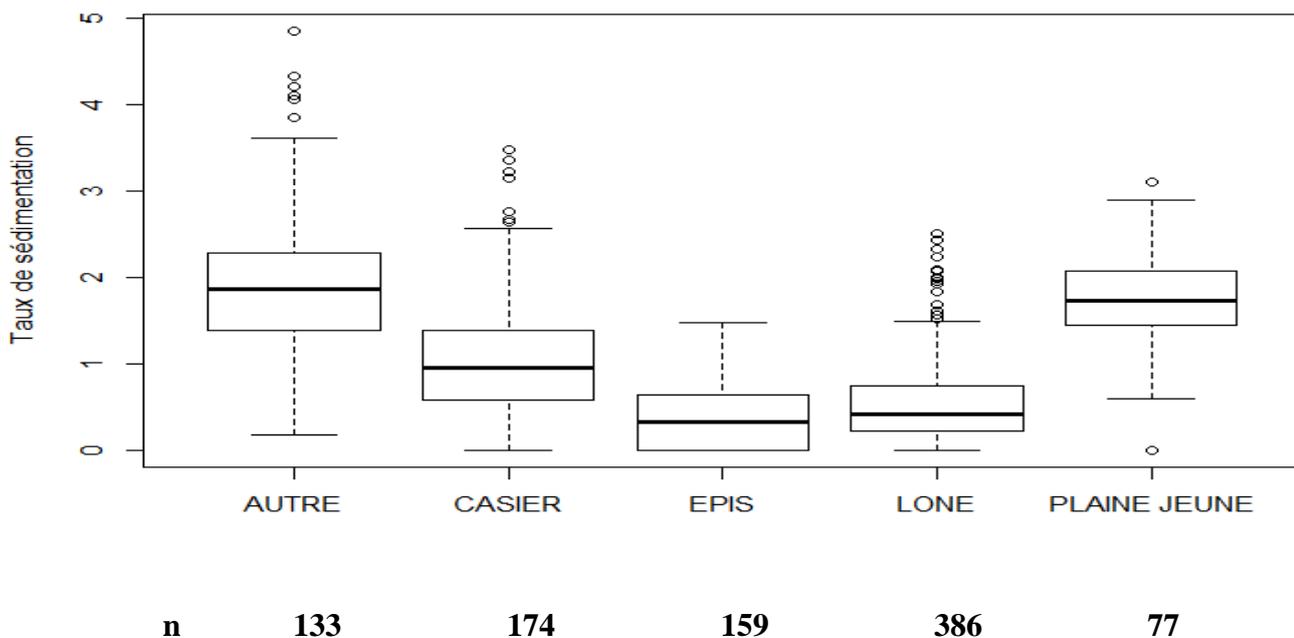


Figure 21. Taux de sédimentation (en cm/an) calculés par compartiment au sein de la plaine alluviale (principaux centiles D10, D25, D50, D76, D90)

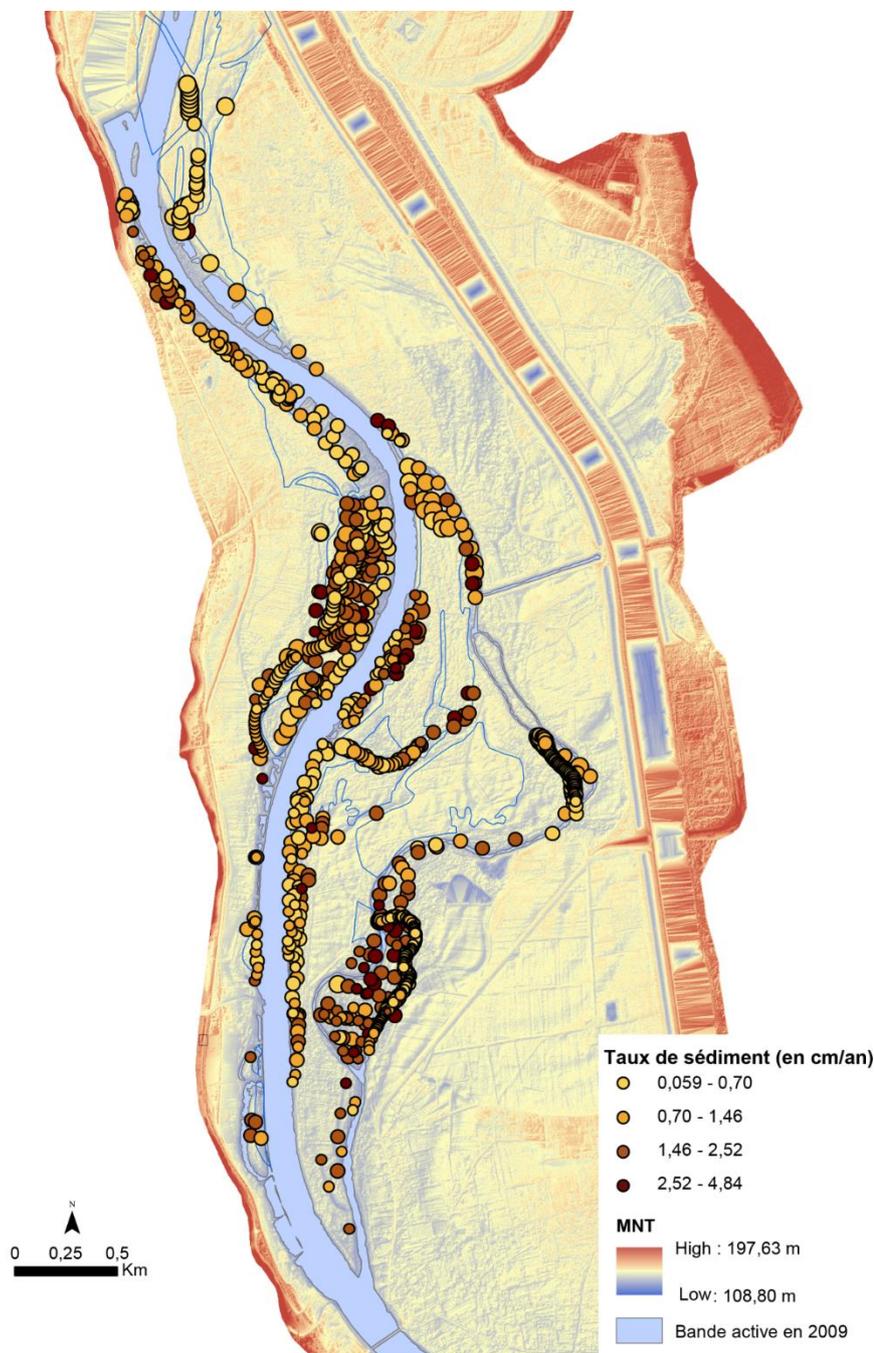


Figure 22. Taux de sédimentation(en cm/an) calculés pour les différents sondages

Dans les casiers, la période de sédimentation est de l'ordre de la centaine d'années pour les dépôts correspondant à la première zone de sédimentation (depuis la mise en place des aménagements de correction) et de 38 ans pour la seconde zone (date de la mise en dérivation). Ainsi, les taux à l'intérieur des casiers sont de 1,67 cm/an de sédiments déposés sur la zone émergée en post-corrrection et de 3,9 cm/an sur la zone émergée en post-dérivation (Figure 23). Ces chiffres sont cohérents avec les estimations de la sédimentation de G. Roux à partir des profils de radioactivité du Cs137 et du Pb210 dans le casier étudié par le BRGM (PK 55,8). Dans ce casier, le taux de sédimentation est parmi les plus élevés.

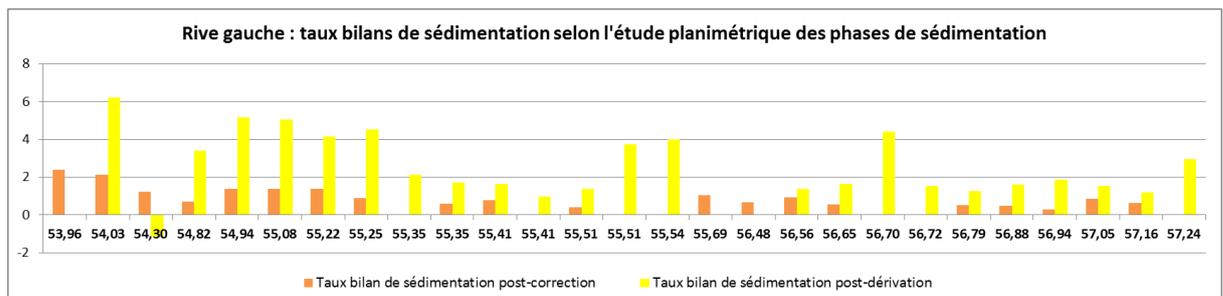
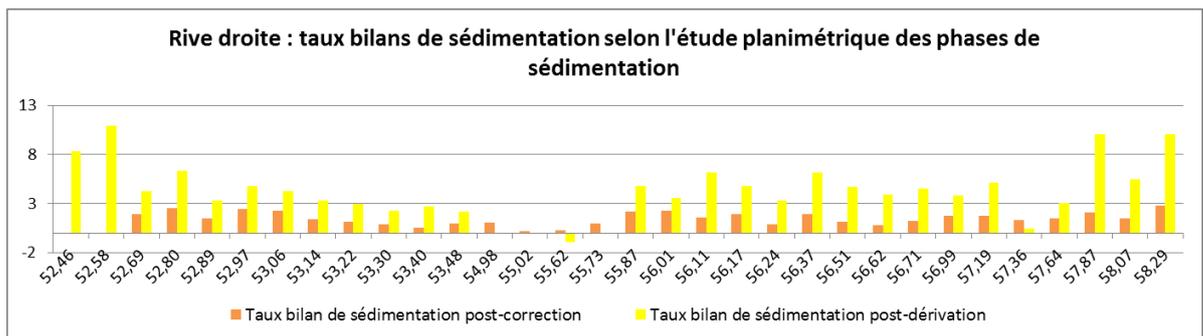
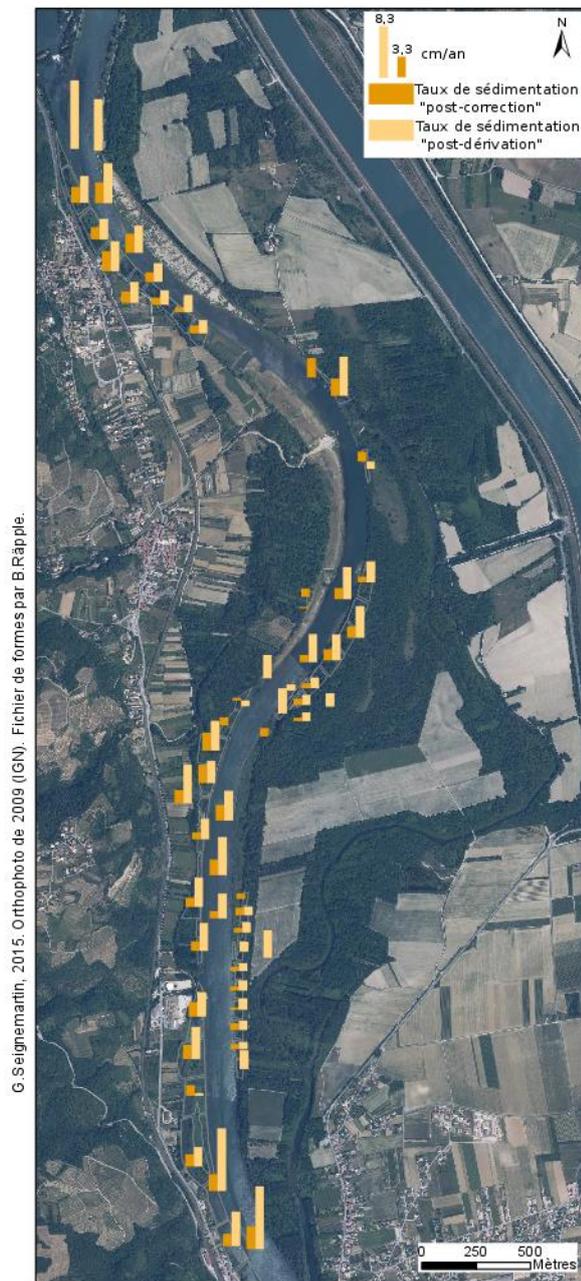


Figure 23. Taux de sédimentation (en cm/an) calculés par casier en fonction de la période de sédimentation

Des analyses statistiques ont été effectuées pour identifier les paramètres contrôlant la sédimentation dans la plaine alluviale. Malgré les incertitudes sur le calcul de la période de sédimentation, il apparaît que la sédimentation est d'autant plus forte que le niveau topographique de la surface est élevé (Figure 24). Pour calculer l'altitude relative des points de sondage, nous avons retenu la ligne d'eau de 1962 qui était une ligne d'eau courante avant aménagement afin que cette hauteur relative ait un sens hydraulique. Cette tendance souligne que ce sont les unités les plus hautes qui enregistrent les taux de sédimentation les plus élevés. Ces unités étant par ailleurs les plus âgées (Figure 25). On constate ainsi que le taux de sédimentation se réduit au cours du temps. Les taux les plus élevés (médiane de 1,7 cm/an) sont ainsi observés entre 1860 et 1910 (Figure 26). La période consécutive à la mise en débit réservé est également une période où une plus forte sédimentation est observée, mais celle-ci reste modeste par rapport aux taux de sédimentation du début du siècle. Les ouvrages Girardon ont pu être très favorables au piégeage des fines. Ils ont sans doute également eu cet effet au moment où le flux de fines était très important du fait de la forte pression humaine dans le bassin versant.

Dans les zones avec des épis ou des ouvrages Girardon, on constate qu'il y a une relation inverse entre la fréquence d'inondation (en nombre de jours par an) et le taux de sédimentation (Figure 27). Plus l'inondation est fréquente, moins la sédimentation est importante. Cela corrobore les observations faites sur les îlots dans le cadre du programme RhonEco. Les ouvrages fréquemment inondés enregistrent sans doute des forces tractrices élevées limitant la sédimentation. Celle-ci est avant tout liée à la mise hors d'eau des ouvrages et à leur végétalisation à l'origine d'une capacité de piégeage élevée. Ceci explique pourquoi la mise en débit réservé a eu un effet sur la sédimentation en émergeant ces environnements et en réduisant également les forces tractrices, une partie de la crue étant de fait laminée du fait de l'écoulement d'une partie de l'eau dans le canal.

De fait les ouvrages Girardon ne se caractérisent pas forcément pas une sédimentation continue et ininterrompue mais avant tout par des phases d'ajustement et de sédimentation exacerbée par des changements hydro-morphologiques particuliers. Une fois ajustés aux nouvelles conditions hydrauliques, ces compartiments peuvent ne pas/plus enregistrer de sédimentation fine.

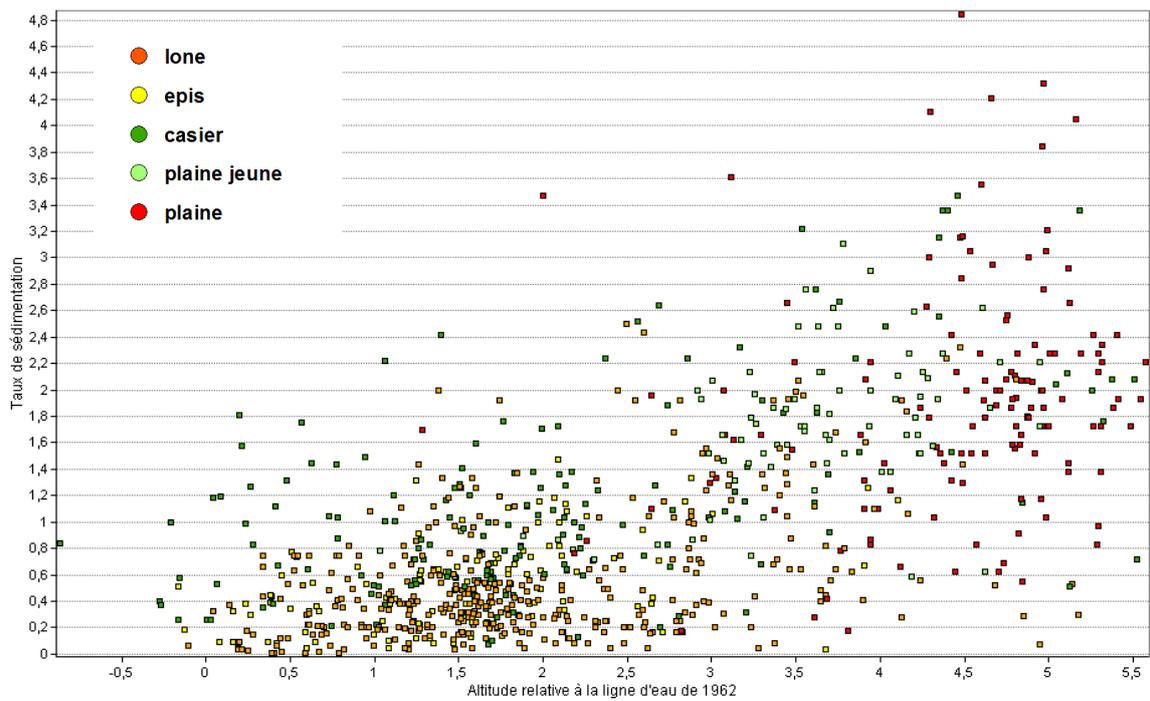


Figure 24. Taux de sédimentation (en cm/an) des différents compartiments de la plaine en fonction de l'altitude des sondages (en m) relative à la ligne d'eau de 1962

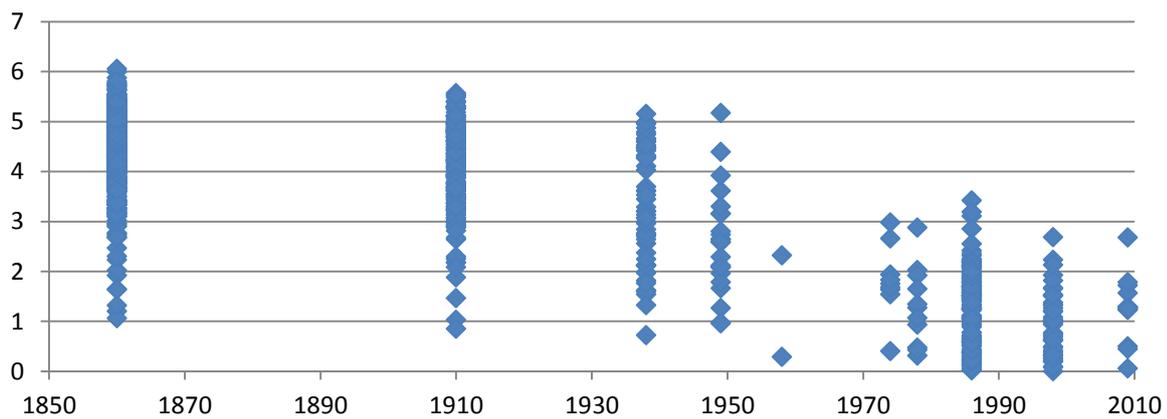


Figure 25. Altitude relative à la ligne d'eau de 1962 et âge des unités de la plaine alluviale

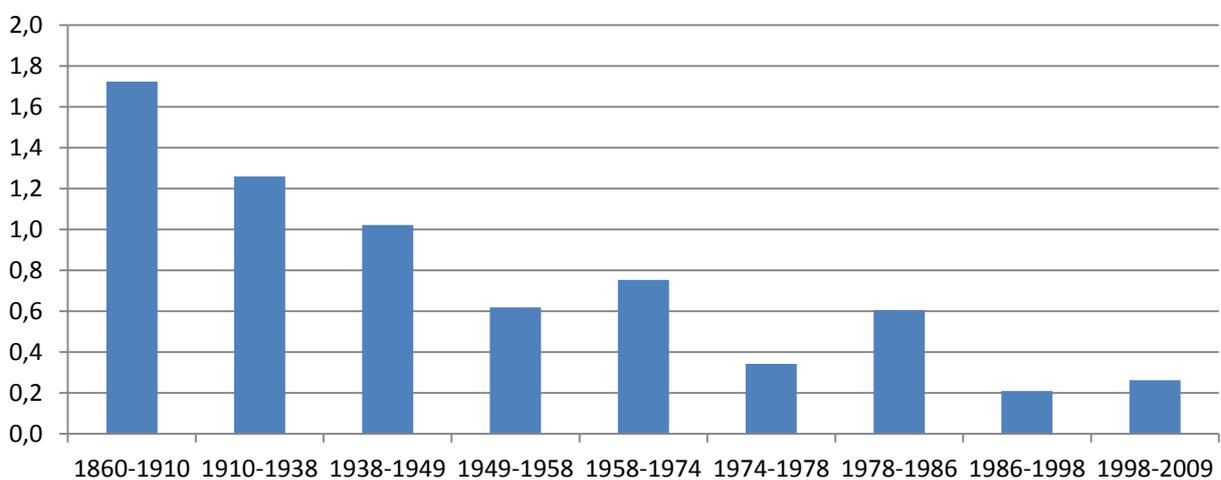


Figure 26. Taux de sédimentation (en cm/an) en fonction de la classe d'âge des unités de la plaine

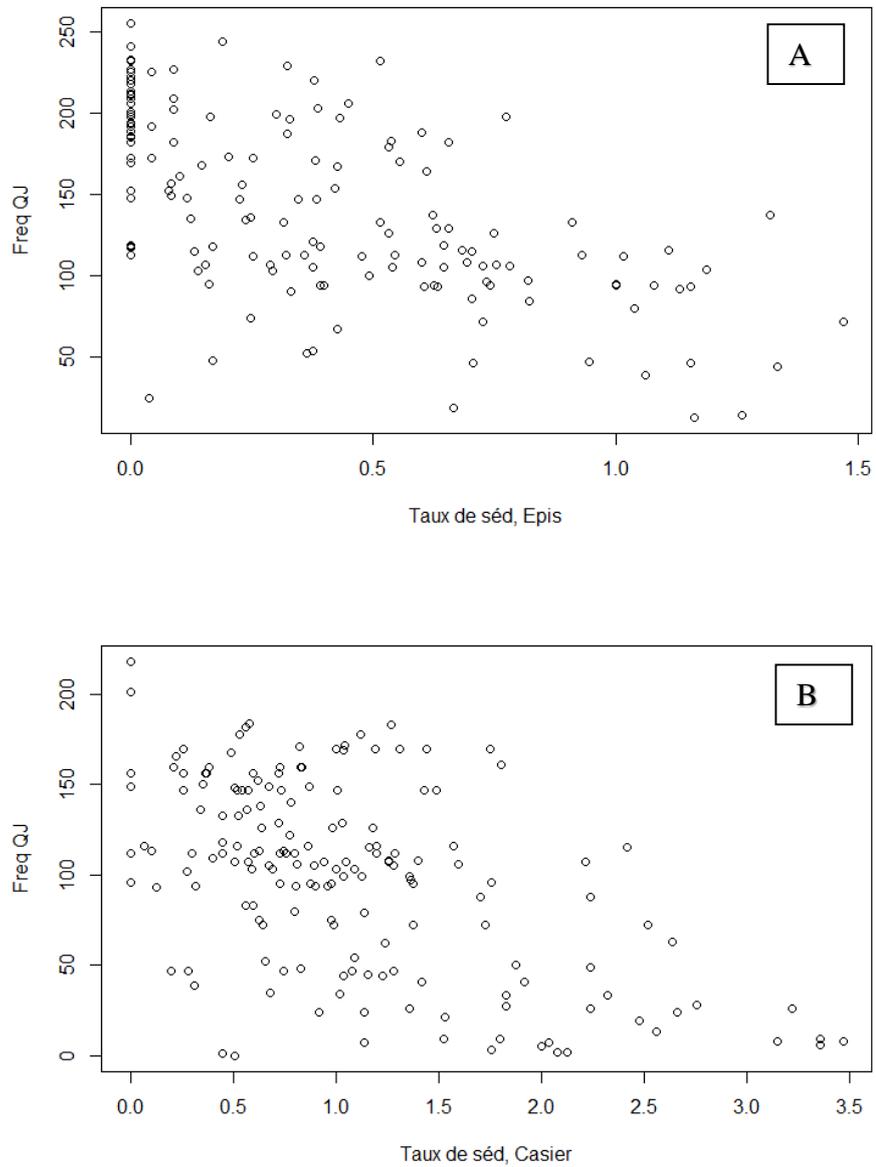


Figure 27. Fréquence d'inondation (en nombre de jours par an) en fonction du taux de sédimentation (en cm/an) dans les épis (A) et les casiers (B)

4. Conclusions et recommandations

Ces travaux ont permis de souligner que le Rhône dans le secteur de Péage-de-Roussillon est un système figé dès la fin du 19^{ème} siècle, alors soumis à un lent vieillissement par déconnexion. Le lit majeur, antérieur à 1860, présente de fortes épaisseurs de sédiments fins qui n'ont pas été significativement accrues ensuite, une sédimentation fine étant uniquement observée sur les marges récentes et notamment dans les casiers. De toute évidence, le Rhône présente un flux de sédiments fins beaucoup plus faible au 20^{ème} siècle qu'au 19^{ème} siècle et donc des taux de sédimentation également plus faibles.

La forte sédimentation dans les milieux nouvellement abandonnés se manifeste par deux périodes, l'une consécutive à la construction des ouvrages Girardon, l'autre consécutive à la mise en place des aménagements hydroélectriques et du RCC. L'atterrissement de certains casiers à la suite de la mise en débit réservé a eu un effet significatif sur leur végétalisation et leur sédimentation. La sédimentation contemporaine est ainsi principalement régie par les différentes phases d'aménagement, et se trouve exacerbée dans les années qui suivent des changements morphologiques significatifs. Une fois cette phase d'ajustement enregistrée, la sédimentation est plus modérée si bien que certains casiers n'enregistrent que peu ou pas de sédimentation en fonction des conditions hydrauliques observées.

Du fait de la date de construction de cet aménagement et de la période maximale de transit des flux de PCB (1970-1980), ce RCC est sans doute le plus affecté par la sédimentation de ces contaminants car le piégeage maximal des fines a sans doute été observé tout de suite après la mise en RCC, c'est-à-dire au moment où le flux de PCB était encore important, notamment dans les casiers les plus amont principalement atterris durant cette période.

Du fait de l'incision du chenal consécutif à la construction des ouvrages Girardon et d'une sédimentation sablo-graveleuse qui a pu se manifester dans les casiers au début de l'ajustement du fleuve, le stock graveleux a été estimé à 66 m³/m linéaire de berge, voire 100 m³/m linéaire dans le secteur de l'île du gravier. Ces estimations permettent de pouvoir raisonner en termes de recharge sédimentaire du fleuve dans le cas de l'enlèvement des ouvrages et d'une ré-érosion des marges. Une intervention de 1,5 km et une érosion latérale de la largeur des casiers pourrait ainsi introduire dans le chenal près de 150 000 m³ de graviers, soit sans doute plusieurs fois la capacité de transport annuel du Rhône dans ce secteur. Ceci reste cependant à calculer en fonction de la granulométrie de ces dépôts.

La question qui est aujourd'hui posée est la question de la redynamisation du fleuve. Ces résultats soulignent la fixation du fleuve alors que celui-ci était extrêmement dynamique avant les aménagements. Les travaux de T. Depret dans le cadre de RhonEco soulignent que les atterrissements des bras recoupés avant aménagement se manifestaient en moins de deux décennies et que la dynamique latérale était active. Ceci était sans doute associé à un transport solide actif. Le schéma de ré-élargissement doit ainsi promouvoir de la dynamique pour être durable dans ses effets, notamment en termes d'habitats pionniers. Ceci ne peut être observé que s'il existe un certain transport solide susceptible de renouveler les habitats par engraissement de bancs et par régression via l'érosion latérale. Dans ce contexte, les travaux de ré-élargissement engagés sur ce secteur sont très importants et le présent rapport fournit un état initial permettant de pouvoir suivre les effets futurs de ces actions.

Enfin, ces travaux permettent de caler les acquisitions à mener sur les autres RCC identifiés dans le cadre de l'OSR 4 afin de réaliser également cet état avant-travaux, à savoir les secteurs de Montélimar et Donzère-Mondragon. L'approche planimétrique sera également conduite en essayant de disposer d'un plus grand nombre d'états photographiques et cartographiques. En revanche l'investissement réalisé sur ce secteur en termes de nombre de sondages ne pourra pas être conduit ailleurs car il est trop lourd. Nous essaierons cependant de nous concentrer davantage sur les marges immédiates du chenal.