

# Patrons spatio-temporels des atterrissements sur les marges construites du Rhône

Spatio-temporal terrestrialization patterns within the dike fields of a highly engineered river

Gabrielle Seignemartin\*<sup>1,2</sup>, Hervé Piégay<sup>3</sup>, Brice Mourier<sup>1</sup>, Jérémie Riquier<sup>4</sup>, Bianca Räßple, Yoann Laffont<sup>5</sup> and Thierry Winiarski<sup>1</sup>

1 : Univ Lyon, Université Claude Bernard Lyon 1, CNRS, ENTPE, UMR5023 LEHNA, F-69518, Vaulx-en-Velin, France

[gabrielle.seignemartin@gmail.com](mailto:gabrielle.seignemartin@gmail.com)

2 : Université de Lyon, CNRS, UMR5600, EVS, Université Lyon 2, Lyon, France

3 : Université de Lyon, CNRS, UMR 5600, EVS, ENS de Lyon, Lyon, France

4 : Université de Lyon, CNRS, EVS UMR 5600, UJM - Saint-Etienne, Saint-Etienne, France

5 : CNR, Lyon, France

## RÉSUMÉ

Sur les grands cours d'eau européens et nord-américains, des champs d'épis ont couramment été implémentés au 19<sup>ème</sup> siècle afin de corriger et stabiliser leur géométrie. Au 20<sup>ème</sup> siècle, beaucoup se voient équipés de barrages pour la production hydro-électrique. Travaillant sur le Rhône qui cumule ces deux types d'aménagement, nous observons un phénomène d'atterrissement de ses marges alluviales « construites ». L'étude s'appuie sur la planimétrie diachronique sous SIG (9 dates de 1938 à 2009) de plus de 150 structures (champs d'épis et « casiers » fermés par une digue longitudinale submersible) du tronçon court-circuité de Péage-de-Roussillon (Rhône moyen). Elle est complétée par des relevés au radar géologique (GPR) informant de l'organisation des dépôts sédimentaires. Nous référant aux patrons sédimentaires inter-épis de Sukhodolov *et al.* (2002), nous décrivons des motifs supplémentaires qui retranscrivent l'histoire des aménagements et les spécificités géomorphologiques du Rhône. En deux phases, l'atterrissement est tout d'abord initié par les structures de correction qui induisent du piégeage sédimentaire (intra-digue) puis la dérivation entraîne une rétraction du chenal en eau et l'émersion des abords du lit mineur, favorisant le stockage des sédiments fins. Ces deux phénomènes contribuent à la déconnection du fleuve de ses marges alluviales et à la réduction des annexes fluviales. Comprendre l'évolution de ces écotones permet notamment de mieux évaluer leur fonctionnalité actuelle et de formuler des recommandations en termes de gestion et de restauration.

## ABSTRACT

European and North American rivers, hydraulic structures such as groynes were commonly implemented in the 19<sup>th</sup> century in order to correct and stabilize their geometry. In the 20<sup>th</sup> century, many were equipped with dams for hydroelectric production. Working on the Rhône River which combines these two types of development, we observe a phenomenon of terrestrialization on its alluvial margins. The study is based on the diachronic planimetry under GIS (9 dates from 1938 to 2009) over 150 dike fields (groyne fields and specific closed field) of the by-passed reach from Péage-de-Roussillon (mid Rhône). It is supplemented by a Ground Penetrating Radar (GPR) survey which provides information about the organization of sedimentary deposits. Referring to inter-groyne deposition models of Sukhodolov *et al.* (2002), we describe additional patterns that are informative of the development history and of the Rhône River geomorphological specificities. We observed that terrestrialization takes place in two phases. It is first initiated by the correction structures which induce sediment trapping (infra-dike). Then the diversion leads to a retraction of the water channel and the emersion of the active channel edges, promoting furthermore fine sediment trapping conditions. These two phenomena contribute to the channel disconnection from its alluvial margins and to the reduction of fluvial annexes. Understanding the evolution of these ecotones makes it possible to better assess their current functionality and to adjust recommendations in terms of management and restoration.

## MOTS CLES

Chenalisation, épis, dérivation, patrons sédimentaires, terrestrialisation

## 55 1. INTRODUCTION

56 Comme la plupart des grands cours d'eau européens et nord-américains, le Rhône a été fortement  
 57 aménagé au cours des deux derniers siècles : initialement tressé et pourvu d'une charge alluvionnaire  
 58 grossière abondante, il devient un cours d'eau à chenal unique dont les marges aménagées  
 59 s'exhaussent par sédimentation (sables, limons). En venant corseter et fixer la géométrie du chenal,  
 60 des structures de correction (champs d'épis et casiers Girardon) mises en place à la fin du 19<sup>ème</sup>  
 61 siècle ont profondément modifié les marges alluviales du fleuve. Initialement en eau, ces ouvrages  
 62 constituent des pièges à sédiments qui, au cours du 20<sup>ème</sup> siècle se sont totalement atterris et  
 63 peuvent, en outre, témoigner des changements hydro-géomorphologiques induits par la dérivation  
 64 réalisée quelques décennies après leur construction. Ce travail a donc pour objectif de mettre en  
 65 évidence les dynamiques et les processus à l'origine de la formation de ces marges alluviales  
 66 terrestres que l'on peut qualifier d' « anthropo-induites ».

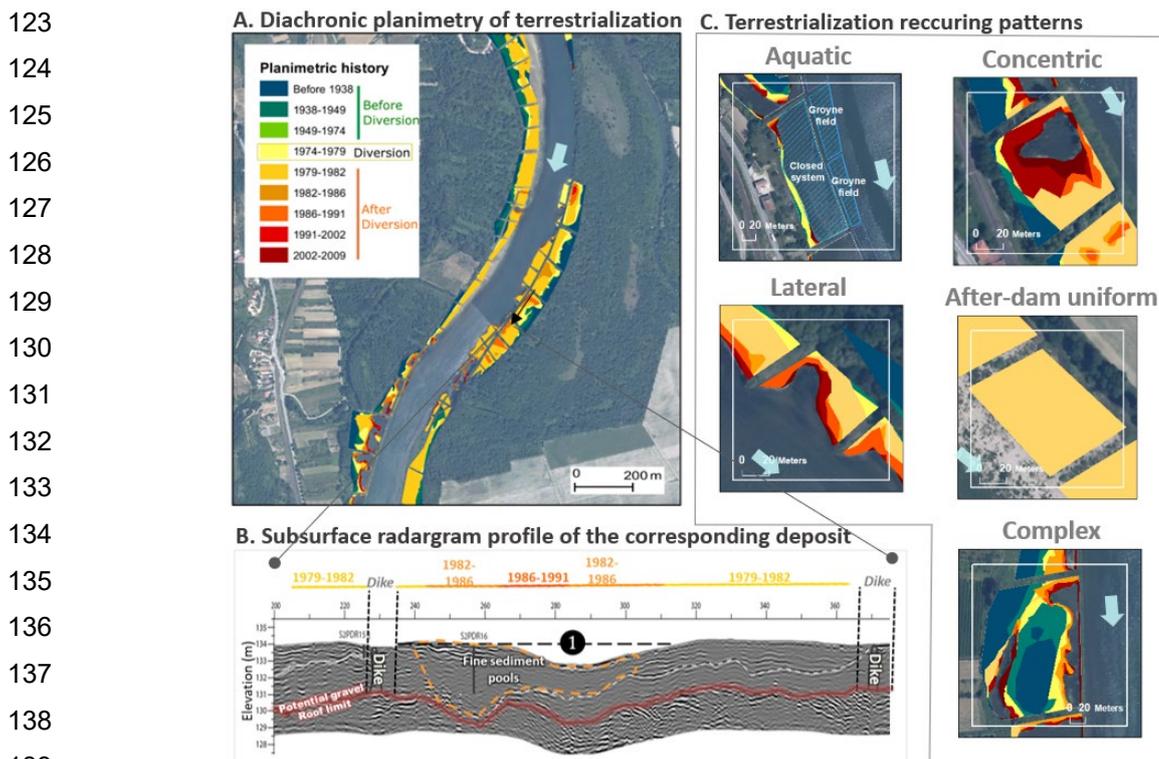
## 67 2. SITE &amp; METHODES

68 Situé sur le Rhône moyen, le secteur de Péage-de-Roussillon (Point Kilométrique 50.5 à 63) est à la  
 69 fois « corrigé » (fin 20<sup>ème</sup> siècle) et « court-circuité » (1979). L'étude porte sur 156 structures qui sont  
 70 soit **ouvertes « champs d'épis »** (n=79), soit **fermées par une digue longitudinale submersible**  
 71 **« casiers Girardon »** (n=77). Les planimétries diachroniques sont établies sous SIG à partir de  
 72 processus de géoréférencement et de vectorisation d'images aériennes provenant de 9 séries  
 73 temporelles permettant d'appréhender l'impact des aménagements sur les processus de  
 74 terrestrialisation. Il s'agit d'informer **l'évolution post-correction/pré-dérivation du début et du**  
 75 **milieu du 20<sup>ème</sup> siècle** (1938, 1949, 1974), **l'impact direct de la mise en place de la dérivation**  
 76 **(1979), les changements rapides post-dérivation** (1982 et 1986) et **les ajustements plusieurs**  
 77 **décennies après la dérivation** (1991, 2002, 2009). Les échelles varient entre 1/15 000 et 1/25  
 78 000<sup>ème</sup> pour les photographies aériennes datées de 1938 à 2002. Les orthophotographies de 2009 sur  
 79 lesquelles se base le géoréférencement ont une résolution de 66 cm/pixel. Les erreurs de  
 80 géoréférencement varient entre 4,1 ± 1,6 m (série de 1938) et 2,2 ± 0,9 m (série de 2002) en  
 81 cohérence avec ce qui est habituellement observé (cf. Arnaud *et al.*, 2015). Notre typologie des  
 82 patrons planimétriques d'atterrissement est basée sur une approche empirique reposant sur la  
 83 récurrence des motifs de remplissage sédimentaire ; s'inspirant notamment des patrons de dépôts  
 84 inter-épis de Sukhodolov *et al.* (2002). Le radar géologique (GPR), approche géophysique non  
 85 invasive, permet par une technique de réflexion électromagnétique, de produire des images de  
 86 subsurface de la structure des dépôts sédimentaires.

## 87 3. RESULTATS / DISCUSSION

88 Les données quantitatives issues de la diachronie planimétrique témoignent d'une dynamique  
 89 d'atterrissement marquée par la mise en dérivation et qui diffère selon le type d'ouvrage observé  
 90 (champs d'épis ouverts versus casiers fermés) (Figure 1.A) : assez stables entre 1948 et 1974, les  
 91 pourcentages de terrestrialisation moyens évoluent après la dérivation de 14.5 % à 60.7% dans les  
 92 champs d'épis ouverts et de 50,8 % à 70,8 % dans les casiers (Figure 1.A, surface en orange clair).  
 93 L'évolution post-dérivation (surface de couleur orangée à rouge) est plus lente mais tend  
 94 progressivement vers une disparition des surfaces aquatiques résiduelles (-13,1 % dans les casiers et  
 95 -2,3 % dans les champs d'épis). En soulignant l'organisation structurale des dépôts, les profils GPR  
 96 attestent de la pertinence de l'approche planimétrique (Figure 1.B). Ils mettent en correspondance les  
 97 structures sédimentaires, les motifs planimétriques et l'histoire des aménagements et de leurs impacts  
 98 sur les dynamiques hydrosédimentaires. Par exemple, le réflecteur épais surligné en rouge sur la  
 99 Figure 1.C est interprété comme le toit des galets ; il retranscrit la différence texturale entre les  
 100 alluvions grossières (ancien lit du Rhône) et les sédiments fins accumulés durant le 20<sup>ème</sup> siècle. Le  
 101 radarfaciès « lisse » au niveau d'une zone atterrie concentriquement témoigne de la présence d'une  
 102 « cuvette » de sédiments fins, dont la mise en place est concordante avec des modes de dépôts en  
 103 contexte de connectivité hydrologique réduite. De ce fait, les patrons planimétriques d'atterrissement  
 104 (Figure 1.C) sont des témoins pertinents de la mise en place des dépôts sédimentaires et leur  
 105 récurrence permet de proposer une typologie qui fait le lien entre motifs planimétriques, géohistoire et  
 106 spécificité des aménagements. Ainsi, les motifs concentriques sont associés aux casiers et leur  
 107 atterrissement circulaire progressif à la période post-dérivation. Les motifs « uniformes » (en jaune,  
 108 fenêtre temporelle 1974-1979) correspondent à une réponse rapide post-dérivation. Les patrons  
 109 peuvent aussi retranscrire les spécificités géomorphologiques du Rhône ; ici l'exemple de patron  
 110 « complexe » est situé au niveau d'un ancien îlot qui conditionne l'organisation spatiale des motifs  
 111 postérieurs d'atterrissement. Enfin, les patrons « aquatiques » et « latéraux » montrent que malgré

112 toute cette complexité, les structures de digues du Rhône présentent des patrons de déposition  
 113 « classiques » que l'on retrouve au sein de la classification inter-épés de Sukhodolov *et al.* (2002).  
 114 Suite à la dérivation, la mise en débit réservé a entraîné une réduction de pente et un abaissement de  
 115 la ligne d'eau sur le tronçon court-circuité. Les marges alluviales se sont donc brutalement retrouvées  
 116 exondées, « perchées » par rapport à la ligne d'eau, et ce, de façon différentielle selon la position  
 117 dans le gradient amont-aval du tronçon. En outre, leur connectivité hydrologique a profondément été  
 118 modifiée avec des conditions de débit réservé la plupart du temps et des crues conditionnées par le  
 119 dépassement de la capacité d'usinage. De la sorte, l'atterrissement des marges du Rhône résulte non  
 120 seulement de l'expansion des surfaces terrestres par des processus de dépôt sédimentaire (différents  
 121 en « pré » et post « dérivation ») mais aussi par l'exondation des abords du chenal du fait de la mise  
 122 en dérivation (effet « immédiat »).



141 Figure 1. A. Planimétrie diachronique obtenue sous SIG à partir des archives photographiques (sous-secteur à  
 142 Péage-de-Roussillon) ; B. Patrons planimétriques récurrents observés sous SIG ; C. Radargramme et planimétrie  
 143 diachronique associée au sein d'un motif « concentrique »

#### 144 4. CONCLUSION

145 Cette approche combinant géomatique et géophysique permet de mieux appréhender la dynamique  
 146 d'atterrissement des marges aménagées du Rhône et met en évidence l'impact cumulatifs des  
 147 régulations. Témoins omniprésents et très pertinents des modifications hydrosédimentaires du siècle  
 148 dernier, les champs de digues pourraient représenter un objet d'étude privilégié pour comprendre les  
 149 trajectoires évolutives contemporaines des cours d'eau anthropisés. En outre, les perspectives  
 150 scientifique et opérationnelle sont nombreuses : par exemple, les dépôts de sédiments fins constituent  
 151 des archives du 20<sup>ème</sup> siècle qui peuvent être étudiées afin de mieux saisir les chroniques de  
 152 pollutions (ETM, POP). Aussi, la compréhension du fonctionnement des zones semi-aquatiques  
 153 résiduelles pourrait permettre de consolider des stratégies de reconnexion permettant le maintien/la  
 154 « re » -création d'écotones favorables à la diversité des habitats et à la biodiversité.

#### 155 5. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 156 Arnaud, F., Piégay, H., Schmitt, L., Rollet, A.J., ferrier, V., Béal, D., 2015. Historical geomorphic analysis (1932–  
 157 2011) of a by-passed river reach in process-based restoration perspectives: The Old Rhine downstream of the  
 158 Kembs diversion dam (France, Germany). *Geomorphology* 236, 163–177.
- 159 Sukhodolov, A., Uijtewaal, W.S.J., Christof Engelhardt, 2002. On the correspondence between morphological  
 160 and hydrodynamical patterns of groyne fields. *Earth Surf. Process. Landforms* 27, 289–305.