



**HAL**  
open science

# QUAntification des Apports Sédimentaires À la plaine deltaïque au Petit Âge de Glace dans le delta du Rhône (QUASAR)

Claude Vella, Kharlanova Anna, Caroline Carlon, Doriane Delanghe, Anne Mailloux, Philippe Rigaud, Véronique Rinalducci, Stéphane Durand, Minoru Uehara, Jules Fleury, et al.

► **To cite this version:**

Claude Vella, Kharlanova Anna, Caroline Carlon, Doriane Delanghe, Anne Mailloux, et al.. QUAntification des Apports Sédimentaires À la plaine deltaïque au Petit Âge de Glace dans le delta du Rhône (QUASAR). Aix-Marseille Université; CNRS. 2023. hal-04555292

**HAL Id: hal-04555292**

**<https://hal.science/hal-04555292>**

Submitted on 22 Apr 2024

**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.

Copyright

# QUAntification des Apports Sédimentaires À la plaine deltaïque au Petit Âge de Glace dans le delta du Rhône (QUASAR)

*Ce travail a bénéficié d'une aide de l'Etat gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du LabEx DRIIHM, programme « Investissements d'avenir » portant la référence ANR-11-LABX-0010 »*

**Résumé :** Le chenal du Bras de Fer fonctionne sur le delta du Rhône entre 1583 et 1711. Les apports sédimentaires en mer contribuant à la progradation littorale ont été largement étudiés, en revanche, la quantification des apports sédimentaires à la plaine deltaïque par les débordements et les dépôts sur les berges n'ont pas été à ce jour évalués. Les nombreux documents cartographiques, les données historiques et documents d'archives ont été croisés aux données issues des méthodes des géosciences pour améliorer la datation des événements hydro-sédimentaires et mesurer les volumes déposés. Des taux de sédimentation exceptionnels sur les berges et la plaine d'inondation proximale ont été mesurés ( $96 \text{ cm}^3/\text{m}^2$  et par an). Les perturbations et les ruptures géo-historiques générées par l'hydrologie fluviale seront appréciées au travers des politiques publiques en matière de gestion des risques, de gestion du transport fluvial, de gestion des flux économiques en Provence et vers la vallée du Rhône. Ce modèle d'évolution géo-historique constitue une rupture majeure pour l'économie fluviomaritime.

## Contexte et objectifs du projet

Face à la montée du niveau marin l'aggradation (élévation) de la plaine deltaïque du Rhône aurait pu compenser par les apports sédimentaires de débordement les effets de submersion. Cependant qu'en est-il de la quantification de ce phénomène d'aggradation dans un système pas encore totalement anthropisé comme celui du bras de Fer à la période du Petit Âge de Glace ? Le caractère très marqué de cet épisode hydrologique peut servir de référence à ce mécanisme de réponse à la montée du niveau marin pour une période où l'on peut encore faire abstraction des nombreux autres paramètres de contrôle de l'édification des plaines deltaïques : anthropisation totale de l'hydrosystème fluvial, littoral et d'accélération de l'élévation du niveau marin.

Les objectifs du projet étaient :

- d'estimer/quantifier le volume sédimenté sur la plaine deltaïque du Rhône dans un secteur bien délimité et sur une période tout aussi bien délimitée entre environ 1583 et 1711, période du fonctionnement du chenal du Bras de Fer ;
- d'apprécier à partir des documents historiques, cartes, chroniques et documents d'archives les implications sociétales des événements hydro-sédimentaires historiques ;
- de dater les apports à la plaine par des datations absolues (radiocarbone et luminescence stimulée optiquement (OSL) et le croisement des données historiques : cartes, chroniques hydrologiques et toute mention des débordements ;

## Contacts

Claude Vella (AMU-CEREGE, vella@cerege.fr), Anna Kharlanova (CEREGE), Caroline Carlon (TELEMME), Doriane Delanghe (CEREGE, SEDIM), Anne Mailloux (LA3M), Philippe Rigaud, Véronique Rinalducci (CNRS), Stéphane Durand (Centre Norbert Elias Avignon), Minoru Uehara (CEREGE), Jules Fleury, Yoann Quesnel (AMU-CEREGE)

- d'analyser, à partir des cartes anciennes déjà connues ou à découvrir, les processus morphodynamiques qui ont contribué à l'évolution des formes entre différentes dates ;
- d'établir une périodicité des crues les plus morphogènes. Ce point fait l'objet d'une démarche prospective autour de la datation OSL et radiocarbone, la large incertitude de ces méthodes sera comparée et contrainte par l'approche historique. L'ensemble des données chronologiques sera traité par une approche statistique bayésienne.

## Méthodologies

---

La quantification des volumes déposés a été estimée à partir d'un modèle numérique de terrain obtenu à partir d'une chaîne de traitement en géomatique de données LiDAR Haute Définition de l'IGN mise en ligne en 2021. Cette topographie à haute résolution (50 cm) a été croisée avec des observations verticales de la stratigraphie des dépôts fluviaux obtenues par carottages et tranchées à la pelle mécanique. Des surfaces repères ont été établies permettant une extrapolation de ces horizons caractéristiques le long du chenal fluvial et in fine de calculer un volume déposé.

L'interprétation des dynamiques alluviales a été obtenue à partir de l'analyse sédimentaire des dépôts (granulométrie, texture et teneur en carbonate et matière organique) et de la confrontation de 93 documents cartographiques retrouvés dans 4 fonds d'archives prospectés en ligne, BNF et Archive d'Etat à Turin, et physiquement, archives de la médiathèque d'Arles et archives municipales d'Arles permettant une interprétation des formes alluviales et de leur évolution (migration de méandre, colmatage du chenal, débordement et création de crevasses). La très riche documentation indique le fort intérêt pour cette partie du territoire et son importance économique notamment en termes de navigation.

La datation OSL et C14 sont en cours, les résultats seront obtenus fin de l'année 2024.

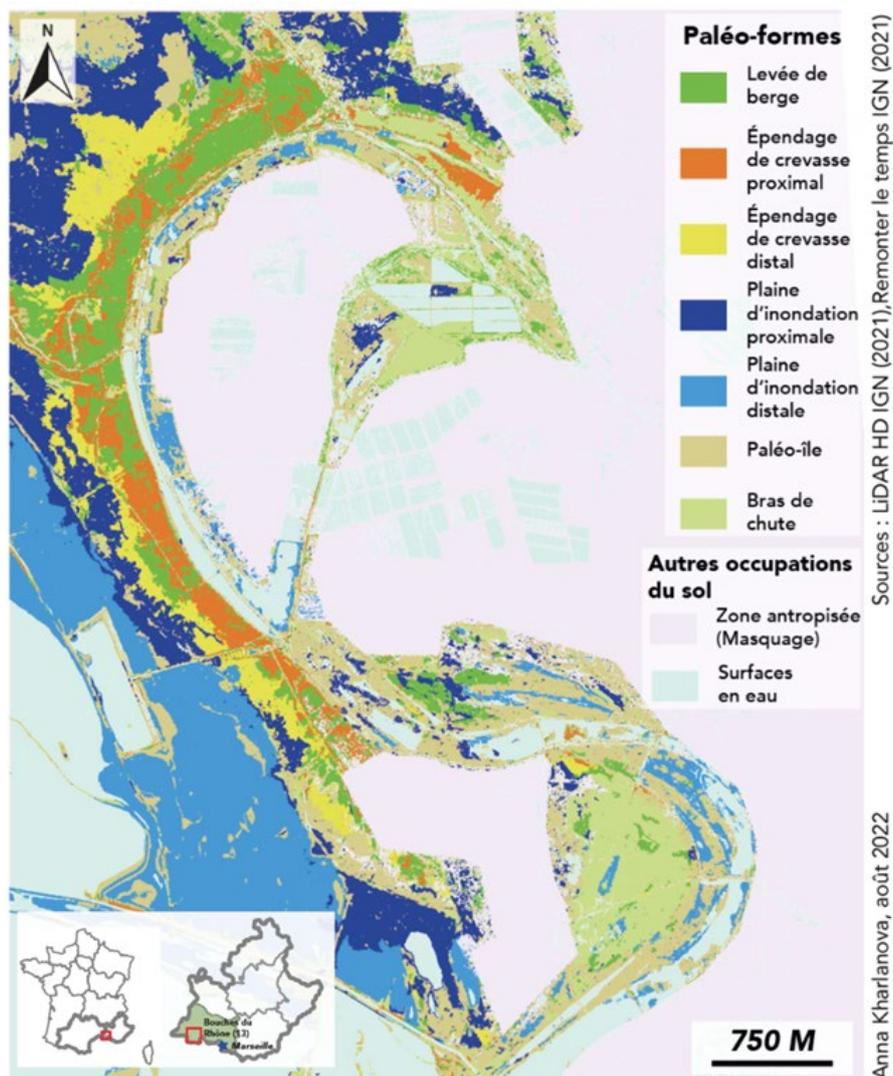
## Principaux résultats

---

Il s'agit d'une première quantification des apports sédimentaires à la plaine deltaïque dans une période climatique clé du Petit Âge de Glace. La surface couverte reste cependant modeste (environ 8 km<sup>2</sup>) en regard de la surface du delta du Rhône « active » pendant cette période (environ 100 km<sup>2</sup>). Les premiers résultats semblent indiquer deux phases dans les apports au système. Une première phase débordante cantonnée aux levées de berges suite à la création du bras en 1587 ; suivie par une seconde phase de débordements importants et de formation d'épandages de crevasses majeurs liés soit à un accroissement de la compétence hydraulique soit à des mécanismes auto-cycliques de dynamique interne du chenal. La seconde phase est obligatoirement antérieure à 1711. La date de bascule entre les deux dynamiques reste à être précisée par les datations absolues et le couplage des données de géosciences aux données d'archives en cours.

En regard des sources documentaires elle surviendrait à la fin de la première moitié du 17<sup>ème</sup> siècle. Ces résultats semblent concorder avec les travaux historiques sur l'hydrologie du bas Rhône (Pichard, 1995). La collaboration avec les historiens a aussi montré l'importance du nombre des ouvrages hydrauliques sans pour l'instant quantifier leurs effets sur l'hydrosystème fluvial. Une première estimation des volumes a été produite à partir du croisement des données issues de la géophysique, des tranchées à la pelle mécanique et des sondages carottés et à la tarière. L'ensemble de ces données a été traité sous GOCAD® avec l'aide de Sophie Viseur (IR AMU-CEREGE). Une première estimation des volumes permet d'estimer le volume déposé sur la période à 96 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> et par an. D'autre part, La cartographie orientée objet a permis d'aboutir à un résultat encore imparfait mais prometteur, le doctorat en cours d'Anna Kharlanova devrait permettre la levée de verrous scientifiques à partir d'un algorithme en cours d'élaboration d'identification des formes fluviales sous Python.

Figure 1 - Cartographie des formes fluviales du bras de Fer obtenue par une approche semi-dirigée orientée objet à partir du MNT LiDAR HD de l'IGN et la mosaïque des images aériennes IGN de 1942 (Kharlanova, 2022)



## Perspectives

Ce projet OHM Vallée du Rhône a permis :

- de constituer une équipe de recherche qui a déposé à l'ANR un projet de recherche intitulé RETHROPAG ;
- d'initier un travail de doctorat CHRONOS co-financé CNRS/Région (financement acquis : début de la thèse 01 novembre 2022) ;
- le dépôt d'un Projet collectif de Recherche auprès du Service régional d'Archéologie de PACA intitulé : Hydrogéomorphologie d'un méandre fluvial et implications sociétales de l'évolution du Rhône médiéval du Grand Passon au niveau du méandre de l'Escale.

## Plus-value pour le territoire

Le delta du Rhône est confronté à d'importantes menaces liées au changement climatique et à la diminution des apports fluviaux. Cette étude a été réalisée en étroite collaboration avec le Parc Naturel Régional de Camargue, en particulier avec Madame Estelle Rouquette, conservatrice du Musée de Camargue. Une approche

pédagogique a été entreprise à l'égard des résidents locaux ainsi que des visiteurs afin de leur expliquer les processus en jeu, les enjeux associés, et les conséquences anticipées de l'impact humain sur le Rhône, ainsi que des effets du changement climatique. L'objectif est d'encourager l'adoption des meilleures pratiques et attitudes pour faire face à l'érosion et à la montée des eaux. Dans cette optique, des visites guidées sur le terrain ont été organisées le 16/11/2024, une exposition temporaire s'est tenue d'octobre 2023 à octobre 2024, et des conférences ont été organisées au musée dans le cadre de l'exposition intitulée "Le Bras de Fer : un destin éphémère". Ce travail met également en lumière les menaces pesant sur le patrimoine naturel et culturel de la région.

## Publications majeures

---

- KHARLANOVA, A., VELLA, C., DELANGHE, D., FLEURY, J., VISEUR S., RINALDUCCI, V., QUESNEL, Y., UEHARA, M., DEMORY, F., KOMEY K. and O. BELLIER (2023). *Caractérisation et estimation des volumes de dépôts débordement d'un bras fossile du Rhône, Bras de fer (France), au Petit Âge de Glace à l'aide de la géomatique, la sédimentologie et la géophysique*
- KHARLANOVA, A., RINALDUCCI, V., VELLA, C., FLEURY, J., DELANGHE, D., QUESNEL, Y., UEHARA, M., and DEMORY, F. (2023). *Vestiges de formes fluviales en tant que les indicateurs de l'évolution climatique et hydraulique dans le delta du Rhône : Comparaison entre le Moyen Âge et la période moderne, Colloque Sylitmed, Aix-en-Provence*
- KHARLANOVA A., RINALDUCCI V., RIGAUD P., VELLA C., *Le Bras de Fer, un laboratoire de recherche entre deux eaux, entre deux bras indiquant la grande mobilité naturelle des chenaux et du littoral au fil du temps. Exposition du Musée de la Camargue Entre deux eaux, octobre 2023 à octobre 2024.*
- KHARLANOVA A, FLEURY Th, VELLA C., DELANGHE D., RINALDUCCI V., QUESNEL Y., UEHARA M. & DEMORY F. (July 2023) « *Estimating method of the overflowing volume deposits at the Little Ice Age applied to the fossil branch of the Rhône, Bras de Fer (France)* ». Poster soumis pour le colloque INQUA à Rome [https://shs.hal.science/OHM-VALLEE\\_DU\\_RHONE/halshs-04319922v1](https://shs.hal.science/OHM-VALLEE_DU_RHONE/halshs-04319922v1)
- KHARLANOVA A, FLEURY Th, VELLA C., DELANGHE D., RINALDUCCI V., QUESNEL Y., UEHARA M. & DEMORY F., « *Characterization of fluvial deposits at the Little Ice Age through geomatics, sedimentology and geophysical tools : Rhône, Bras de Fer (France),* ». soumission janvier 2024
- KHARLANOVA A, FLEURY Th, VELLA C., DELANGHE D., RINALDUCCI V., QUESNEL Y., UEHARA M. & DEMORY F. (septembre 2022) « *Quantification par télédétection, géophysique et sédimentologie des volumes de débordement au Petit Âge de Glace le long du Bras de Fer, Delta du Rhône* ». Présenté au colloque de l'ASF à Brest

## Fiches de métadonnées associées

---

- *Mosaïque ortho-rectifiée d'images aériennes de 1942 (partie est du delta du Rhône) ([Lien URL vers la fiche de métadonnées](#))*
- *MNT en très haute résolution de l'est du delta du Rhône ([Lien URL vers la fiche de métadonnées](#))*