

Impacts anthropiques sur l'environnement marin: Suivi des contaminants métalliques du rejet de l'effluent de l'usine d'alumine de Gardanne en mer Méditerranée

*Dix ans de recherches de l'Observatoire Hommes-Milieus Littoral méditerranéen
sur le **Littoral marseillais** - Marseille, 14 et 15 juin 2023*



JACQUET Stéphanie

CR HDR CNRS / Océanographe

MIO - Institut Méditerranéen d'Océanologie

Equipe de Chimie des Environnements Marins

stephanie.jacquet@mio.osupytheas.fr



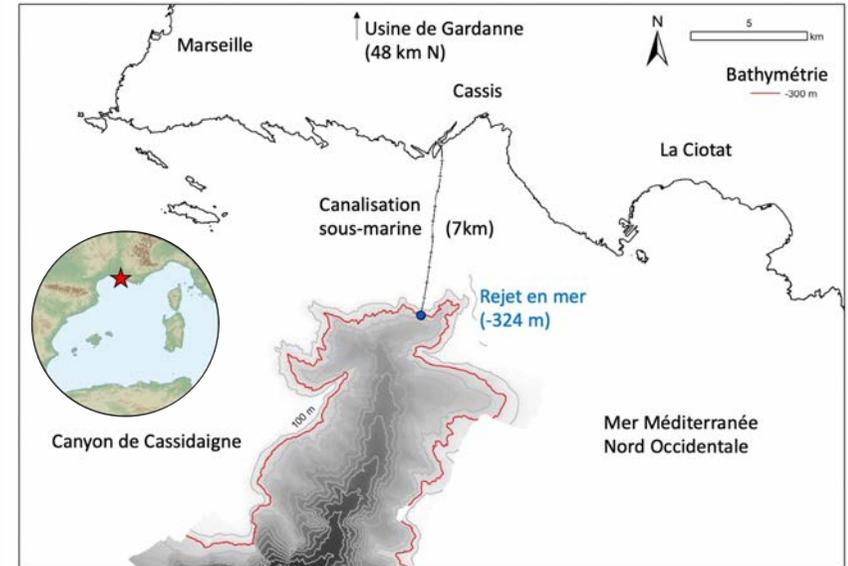
Pressions anthropiques sur l'environnement marin:

- Zone littorale péri-urbaine marseillaise (passé historique industriel; grande ville maritime aux activités complexes)
- Rejets déchets de l'usine de production d'alumine de Gardanne depuis les années 60 (Sujet très médiatisé des boues rouges) - Canyon de Cassidaigne

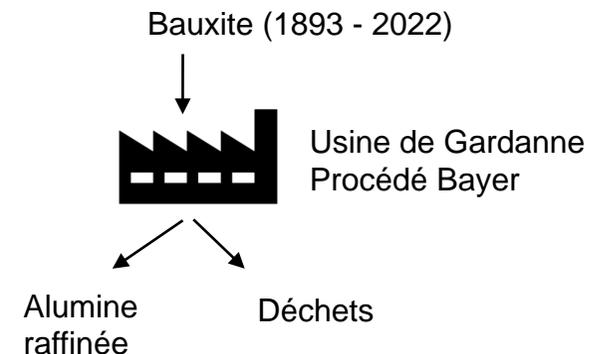
Usine de Gardanne: produit depuis fin 19^{ième} de l'alumine à partir du minerai de Bauxite (procédé bayer) – 1 t alumine = 1.5 t déchets (boues rouges)

Les déchets = partie non exploitable du minerai

- peu de chimie par le Bayer (attaque soude)
- riches en métaux de la bauxite
- stockés à terre puis rejetés en mer



↑ Point du rejet en mer (-324 m), Parc des Calanques, au large de Cassis



Les rejets en mer (années 60) ont généré des questions environnementales accompagnées de conflits militants

Plusieurs périodes charnières dans l'évolution des rejets :

- 1987-1996: décrets, normes à suivre, études d'impact (1997), engagements à arrêter les rejets
- 2010-2015: tournants décisifs (technologiques et décisions organismes d'état: solide terre + liquide mer)
- 2016-2022: modification majeures du traitement de l'effluent (filtres-presses, effluent clarifié, traitement CO₂ et biologique, arrêt de l'attaque de la bauxite)



↑ Filtre presse pour la filtration des boues rouges (2022, inactif).

Les rejets en mer (années 60) ont généré des questions environnementales accompagnées de conflits militants

Plusieurs périodes charnières dans l'évolution des rejets :

- 1987-1996: décrets, normes à suivre, études d'impact (1997), engagements à arrêter les rejets
- 2010-2015: tournants décisifs (technologiques et décisions organismes d'état: solide terre + liquide mer)
- 2016-2022: **modification majeure du traitement de l'effluent (filtres-presses, effluent clarifié, neutralisé, traitement CO₂ et biologique, arrêt de l'attaque de la bauxite)**

Comité de suivi (CSIRM)

Etudes de l'impact de l'effluent en mer



↑ Filtre presse pour la filtration des boues rouges (2022, inactif).

Suivi des contaminants métalliques de l'effluent rejeté en mer (2016-2021)

- Effluent (usine)
- Zone mélange effluent/ eau de mer, panache
- Colonnes de Concrétions
- Eau de mer au dessus du rejet
- Sédiments

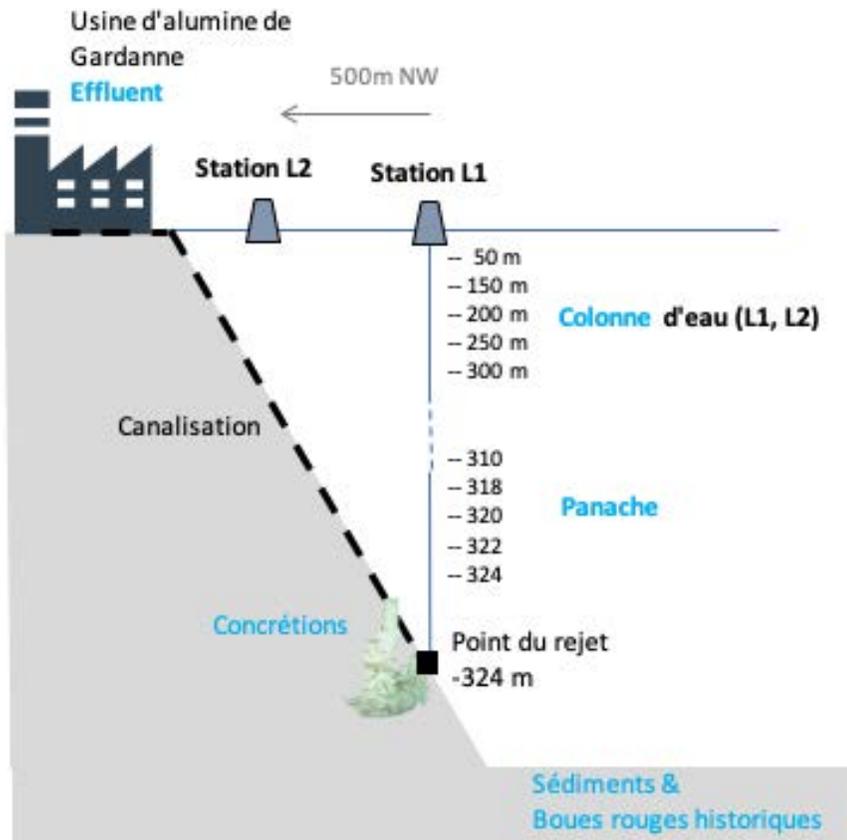
Objectifs

- Impact de l'effluent en mer (différents compartiments)?
- Evolution depuis 2016 des métaux en mer en parallèle des avancées du traitement du rejet en usine?



↑ Effluent clarifié, après neutralisation (traitement station CO₂), Usine de Gardanne (2022).

Etude des contaminants métalliques dans les différents compartiments:



↑ Représentation des compartiments échantillonnés pour l'analyse des métaux

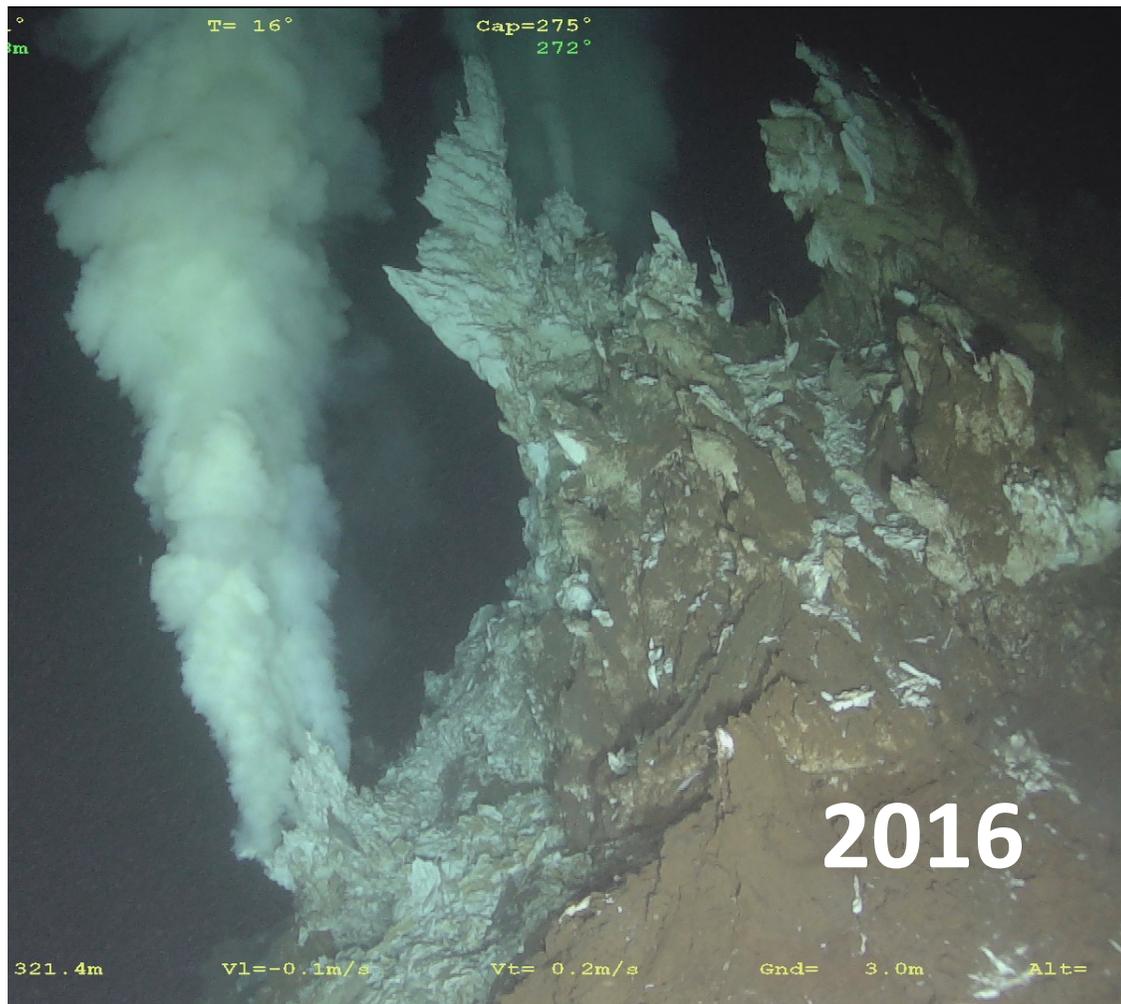
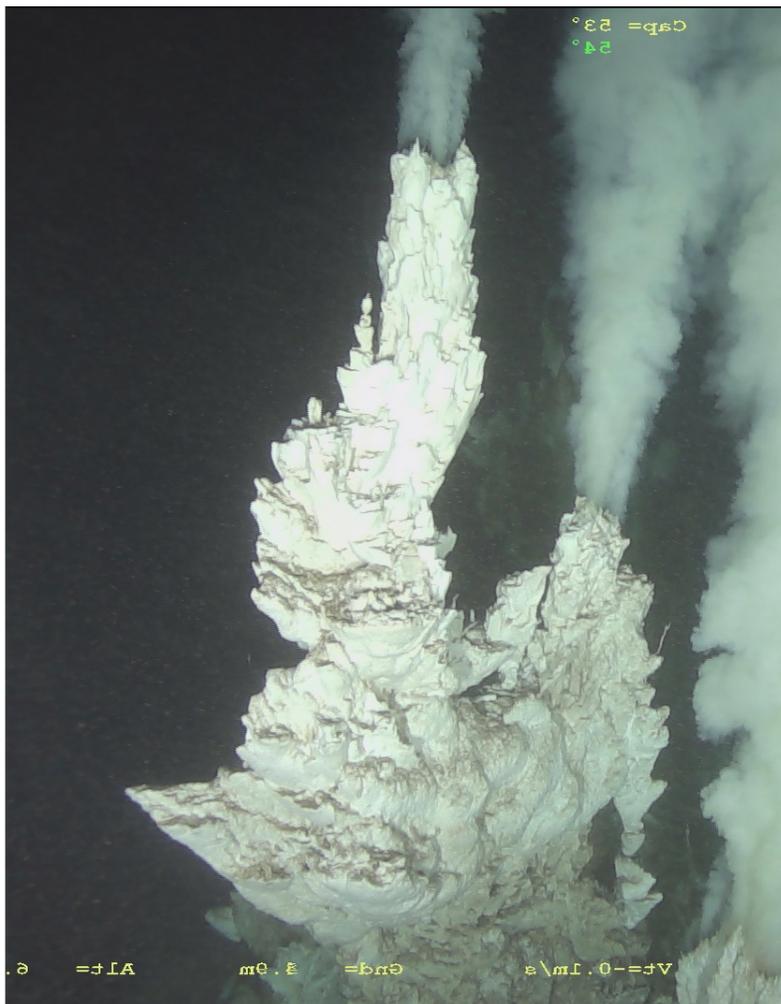
11 Projets de recherche (PI)

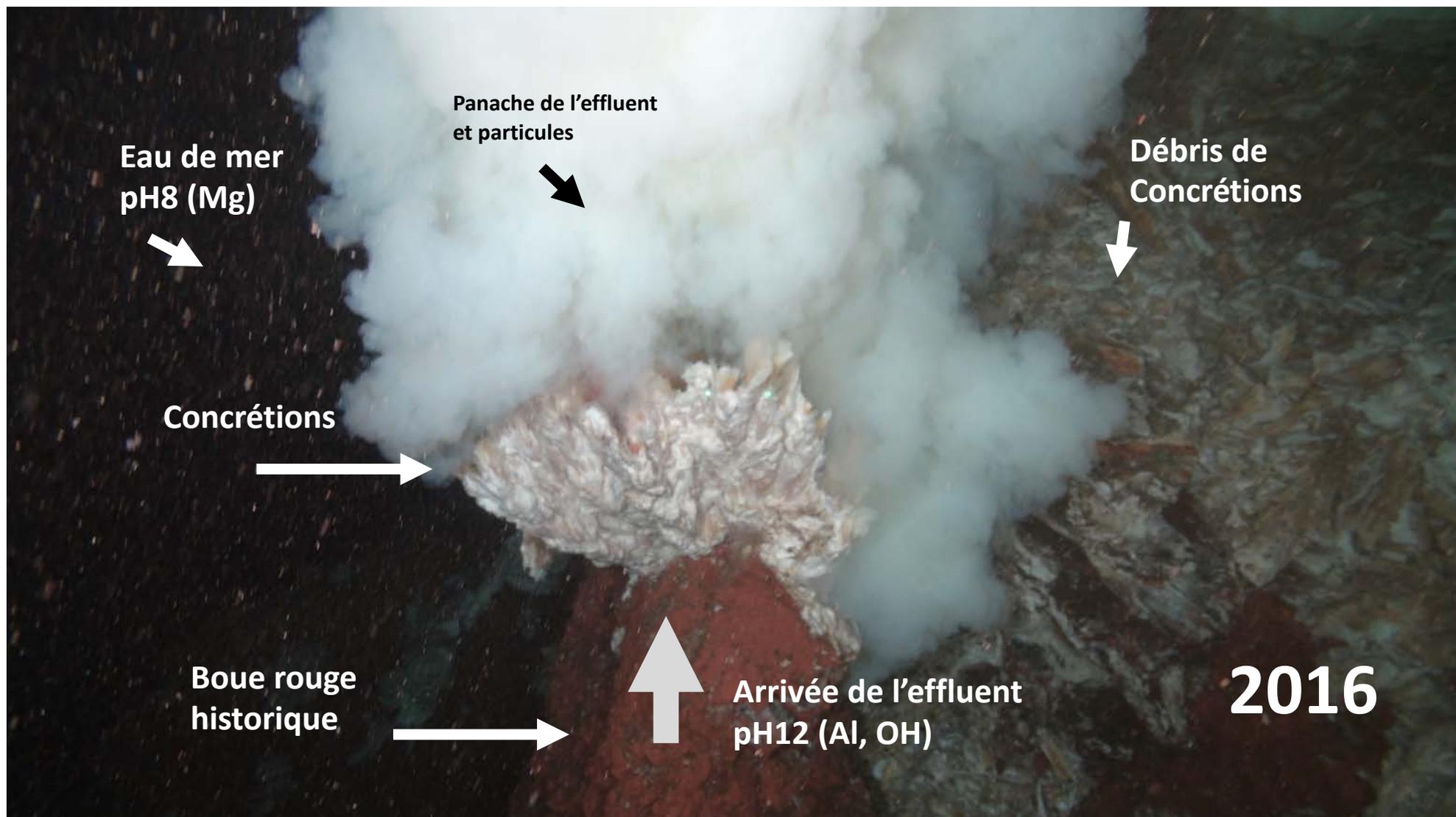
- Labex DRIIHM, AT MISTRALS P&C, Labex OT-Med, APOG PACA, GRD-OMER CNRS, EAURMC, CREOCEAN, ALTEO.

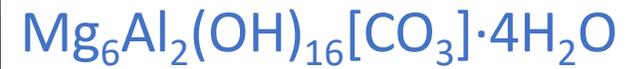
15 Missions en mer depuis 2016

- Janus II et Minibex (Comex – SAAS), Europe, Astroïdes, Antedon
- Goflo, système HTC, ROV (Apache, Super Achille, Ariane)
- Laboratoire: salles blanches, HR-ICP-MS

Hydrothermalisme « industriel » hyperalcalin (pH12)







Composition chimique et minéralogique, taux de formation, taux de dissolution, vitesse de chute, stabilité dans l'eau de mer.

Formation d'hydrotalcite, Hydroxydes Doubles Lamellaires de type Mg-Al-OH

Structure en feuillets = incorporation de métaux (de l'effluent et de l'eau de mer)

- mg/g: **Mg, Al**, Ca, S
- **μg/g**: Si, V, K, Sr, P, As, B, Mo, Fe, Cu, Zn, Sn
- ng/g: Rb, U, Ba, Cr, Ni, Co, Sb, Mn, Hg, Ag, Cd, Pb, Th | traces

1

Chemosphere 263 (2021) 127695



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Chemosphere

journal homepage: www.elsevier.com/locate/chemosphere



Characterization of the submarine disposal of a Bayer effluent (Gardanne alumina plant, southern France): I. Size distribution, chemical composition and settling rate of particles forming at the outfall

Stéphanie Jacquet ^{a,*}, Christophe Monnin ^b, Olivier Herlory ^c, Deborah Mille ^c, Aurélie Dufour ^a, Benjamin Oursel ^a, Lars-Eric Heimbürger-Boavida ^a, Sébastien D'onofrio ^a, Nicolas Layglon ^a, Cédric Garnier ^a

^a Aix Marseille Université, CNRS/INSU, Université de Toulon, IRD, Mediterranean Institute of Oceanography (MIO), UM 110, 13288, Marseille, France
^b Géosciences Environnement Toulouse, CNRS - Université Paul Sabatier – IRD (Observatoire Midi-Pyrénées), 14 Avenue Edouard Belin, 31400, Toulouse, France
^c CREOCEAN, Valparc – Bât B, 230 Avenue de Rome, 83500, La Seyne sur Mer, France



2

Environmental Advances 5 (2021) 100087



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Environmental Advances

journal homepage: www.sciencedirect.com/journal/environmental-advances



Characterization of the submarine disposal of a Bayer effluent (Gardanne alumina plant, southern France): II. Chemical composition of the clarified effluent and mineralogical composition of the concretions formed by its discharge in the Mediterranean Sea

Christophe Monnin ^{a,*}, Aimée Laurene Koumba Boussougou ^a, Priscia Oliva ^a, Cédric Garnier ^b, Stéphanie Jacquet ^b

^a Géosciences Environnement Toulouse, CNRS - Université Paul Sabatier – IRD (Observatoire Midi-Pyrénées), 14 avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France
^b Aix Marseille Université, CNRS/INSU, Université de Toulon, IRD, Mediterranean Institute of Oceanography (MIO), UM 110, 13288 Marseille, France



Depuis 2019: pH effluent similaire à l'eau de mer (effluent neutralisé), arrêt de la formation des concrétions, il n'y a plus de panache blanc, teneurs en métaux effluent beaucoup plus faibles (/100 Al).

TRAVAUX EN COURS

- Autre dimension de l'impact des rejets: la dimension sociétale
 - Circulation de l'information / données scientifiques dans un contexte de conflit ? Soutien /controverses?
 - Comment ont-elles alimenté les discussion et participé aux prises de décision et prises de position
 - Les rendre accessibles pour et avec les acteurs et parties prenantes

Projet INTERFACES (EAURMC – 2022-2025)

Thèse GdR OMER (MITI CNRS): CALLENS

Lauralie

Co-encadrement JUANALS Brigitte

Pr HDR AMU (CNE - INSHS) / Science de l'information et de la communication

Projet PRESHUMER (80PRIME – 2022-2024)

Thèse MITI CNRS: DARBOURET Aurélie

Co-encadrement PETRIC Boris

DR HDR CNRS (CNE - INSHS) / Anthropologie sonore et visuelle