



Master 2 Reproduction et Développement
Stage de recherche 2026-2027

Prénom et NOM de l'encadrant :

Christine RAMPON (MCU UPCité) et Alice BALFOURIER (MCU ENS)

Téléphone : 0144322453

Mail : christine.rampon@u-paris.fr; alice.balfourier@ens.psl.eu

Prénom et NOM du/de la responsable d'équipe :

Clotilde POLICAR et Nicolas DELSUC

Intitulé de l'équipe d'accueil :

Metals in biology and redox homeostasis (METHROX)

Site internet de l'unité : <https://ens-bic.fr/>

Prénom et NOM du/de la directeur-riche du Laboratoire ou de l'Unité :

Rodolphe VUILLEUMIER

Adresse du Laboratoire ou de l'Unité :

Ecole Normale Supérieure, Laboratoire CPCV
24 rue Lhomond 75005 Paris

Résumé du thème de recherche de l'équipe d'accueil (une dizaine de lignes maximum) :

Our interdisciplinary team has the specificity to be composed of biologists expert in redox signaling, live imaging and morphogenesis, and bio-inorganic chemists specializing in metal imaging or antioxidant enzyme mimics. The research subjects cover the elaboration of metal-based drugs inspired from metalloproteins, of metal-based probes, the study of endogenous metals in biological processes, and the redox homeostasis during development and tissue regeneration.

Titre du projet de stage :

Iron and H₂O₂ dialog during zebrafish development

Projet de stage : (une vingtaine de lignes maximum)

Human embryo development is severely impacted by endogenous iron imbalance. Iron exhibits a U-shaped risk curve. At one side deficiency impairs haematopoiesis, cardiovascular system formation and sex determination; at the other, overload leads to hepatic iron accumulation, oxidative stress and ferroptosis in offspring^[1]. Despite these effects, the exact role of iron during embryogenesis remains unclear. A general overview of the localization and dynamics of this metal during embryogenesis, is missing even in unperturbed environment.

Furthermore, iron acts as a double sword regarding reactive oxygen species regulation; on one side it is a known cofactor of enzymes that regulate ROS level in tissues, and on the other side it is capable of generating oxidative damage via Fenton-like reactions^[2]. ROS were originally described as toxic by-products of aerobic cellular energy metabolism, however, recent findings have shown that ROS can also contribute to bona fide physiological processes^[3]. Amongst ROS, hydrogen peroxide (H₂O₂) best fits the properties of a signaling



Master 2 Reproduction et Développement
Stage de recherche 2026-2027

molecule, and is at the same time recognized as the major ROS in the oxidative regulation of physiological activity. Less is known about the iron homeostasis modulation by ROS, giving rise to a possible feedback loop which would impact embryogenesis. Bridging this gap is thus a challenge we are tackling in the Methrox team of the CPCV laboratory.

This internship project aims to complete the distribution of the iron labile pool, during the first hours post fertilization, with a new genetically encoded ratiometric probe that we obtained recently [4]. Then, iron distribution will be analysed after ROS modulation. Furthermore, H₂O₂ levels after iron supplementation or chelation will be monitored using the HyPer probe [5]. All the necessary tools are available in the lab. Expression of the redox machinery or iron storage proteins will be studied to complete this project. We chose the zebrafish as a vertebrate model organism. It offers a number of advantages, including scale, high fecundity, optical clarity enabling non-invasive live imaging. It is often used in embryogenesis studies to bypass mammalian constraints as it displays rapid and external development in controllable environment.

[1] 10.3390/biom10081176, [2] 10.1016/j.tox.2011.03.001, [3] 10.1038/s41580-020-0230-3, [4] 10.1021/acssensors.5c01165, [5] 10.1016/j.cmet.2020.02.003

Techniques mises en œuvre par le stagiaire : zebrafish spawning and egg collection, *in vitro* transcription, RNA microinjection into zygotes, morphological analyses, molecular analyses (*in situ* hybridization, RNA extraction followed by RT-qPCR, whole-organism immunolabeling), confocal and spinning-disk imaging (time-lapse or on fixed embryos), image analysis using Fiji, XRF session (if obtained)

Publications du Responsable de stage au cours des 5 dernières années :

Christine RAMPON

- Thauvin M, Amblard I, Joliot A, Volovitch M, Rampon C, Vríz S. Chapter 6: *H₂O₂ in morphogenesis and regeneration*. Redox regulation of differentiation and de-differentiation (Oxidative Stress and Disease). (2021). CRC Press. ISBN 9780367895662.
- Thauvin M, Matias de Sousa R, Alves M, Volovitch M, Vríz S, Rampon C. *An early Shh-H₂O₂ reciprocal regulatory interaction controls the regenerative program during zebrafish fin regeneration*. (2022) J Cell Sc. 2022 Feb 2;jcs.259664.
- Thauvin M, Amblard I, Rampon C, Mourton A, Queguiner I, Li C, Gautier A, Joliot A, Volovitch M, Vríz S. *Reciprocal regulation of Shh trafficking and H₂O₂ levels via a noncanonical BOC-Rac1 pathway*. (2022) Antioxidant. 5;11(4):718
- Zasu A, Hishima F, Thauvin M, Yoneyama Y, Kitana Y, Hakuno F, Volovitch M, Takahashi SI, Vríz S, Rampon C, Kamei H. *NADPH-Oxidase Derived Hydrogen Peroxide and Irs2b Facilitate Re-oxygenation-Induced Catch-Up Growth in Zebrafish Embryo*. (2022) Front Endocrinol. 1;13:929668
- Rampon C, Vríz S. *Hydrogen Peroxide Signaling in Physiology and Pathology*. (2023) Antioxidants. 12, 661.
- Mandal M, Tehrani H.S, Mai Q, Simon E, Plamont M.A, Rampon C, Vríz S, Aujard I, Le Saux T, Jullien L. *A series of caged fluorophores for calibrating light intensity*. (2023) Chem Sci. 14(47):13799-13811
- Nelson L.M, Choubey M, Kamei H, Rampon, C. *Editorial: Insights in developmental endocrinology*. (2024) Frontiers in Endocrinology. 15.
- El Hajji L, Lam F, Avtodeeva M, Benaissa H, Rampon C, Volovitch M, Vríz S, Gautier A. *Multiplexed In Vivo Imaging with Fluorescence Lifetime-Modulating Tags*. (2024) Advanced Science. 11 (32), 2404354.



Master 2 Reproduction et Développement Stage de recherche 2026-2027

- El Hajji L, Bunel B, Joliot O, Li C, Tebo AG, Rampon C, Volovitch M, Fischer E, Pietrancosta N, Perez F, Morin X, Vríz S, Gautier A. *A tunable and versatile chemogenetic near-infrared fluorescent reporter*. (2025) Nat Commun. 16(1):2594.
- Policar C, Rampon, C, Balfourier A, Volovitch M, Vríz S, Bertrand H.C, Delsuc N. *Inorganic chemical biology and metal complexes in cells: from the design of cellular models to evaluate antioxidant activity to the characterization of metal complexes in cells*. (2025) Comptes Rendus. Chimie. 28, 397.

Alice BALFOURIER

- Mulens-Arias V, Nicolás-Boluda A, Pinto A, Balfourier A, Carn F, Silva A.K.A, Pocard M, Gazeau F. *Tumor-Selective Immune-Active Mild Hyperthermia Associated with Chemotherapy in Colon Peritoneal Metastasis by Photoactivation of Fluorouracil–Gold Nanoparticle Complexes*. (2021) ACS Nano, 15 (2), 3330.
- Boss A, Heeb L, Vats D, Starsich F.H.L, Balfourier A, Herrmann I.K, Gupta A. *Assessment of iron nanoparticle distribution in mouse models using ultrashort-echo-time MRI*. (2022) NMR in Biomedicine. p. e4690.
- Balfourier A, Tsolaki E, Heeb L, Starsich F.H.L, Klose D, Boss A, Gupta A, Gogos A, Herrmann I.K. *Multiscale Multimodal Investigation of the Intratissural Biodistribution of Iron Nanotherapeutics with Single Cell Resolution Reveals Co-Localization with Endogenous Iron in Splenic Macrophages*. (2022) Small Methods. 2201061.
- Balfourier A, Marty A-P, Gazeau F. *Importance of Metal Biotransformation in Cell Response to Metallic Nanoparticles: A Transcriptomic Meta-analysis Study*. (2022) ACS Nanoscience Au. 2c00035.
- Lécuyer T, Seguin J, Balfourier A, Delagrangé M, Burckel P, Lai-Kuen R, Mignon V, Ducos B, Tharaud M, Saubaméa B, Scherman D, Mignet N, Gazeau F, Richard C. *Fate and biological impact of persistent luminescence nanoparticles after injection in mice: a one-year follow-up*. (2022) Nanoscale. 10.1039.D2NR03546D.
- Schanne G, Vincent A, Chain F, Ruffié P, Carbonne C, Quévrain E, Mathieu E, Balfourier A, Bermudez L.E, Langella P, Thenet S, Carrière V, Hammoudi N, Svreck M, Demignot S, Seksik P, Policar C, Delsuc N. *SOD mimics delivered to the gut using lactic acid bacteria mitigate the colitis symptoms in a mouse model of Inflammatory Bowel Diseases*. (2025) Free Radical Research. 59, 262–273.
- Policar C, Rampon, C, Balfourier A, Volovitch M, Vríz S, Bertrand H.C, Delsuc N. *Inorganic chemical biology and metal complexes in cells: from the design of cellular models to evaluate antioxidant activity to the characterization of metal complexes in cells*. (2025) Comptes Rendus. Chimie. 28, 397.

Autres informations:

Etudiants actuellement en thèse ou en M2 dans l'équipe d'accueil. Pour chaque étudiant indiquez le nom du responsable de thèse, l'année du début de la thèse et l'Ecole Doctorale de rattachement

DOCTORANTS

Nom et Prénom	Direction de thèse	Début thèse	Ecole doctorale	Financements
BEN HADJ HAMMOUDA Yaqine	POLICAR Clotilde SESIK Philippe	2023	406	ENS CDSN
BALBALI Nader	DELSUC Nicolas	2023	406	Bourse MESR 406
KAUFFELD Willem	DELSUC Nicolas POLICAR Clotilde	2024	406	ANR CATMAN
LEGER Célia	POLICAR Clotilde BALFOURIER Alice ESPELI Olivier	2024	406	ANR METALINFY
MARCOS Emmanuel	RAMPON Christine BERTRAND Héléne	2024	515	Bourse MESR 515



Master 2 Reproduction et Développement
Stage de recherche 2026-2027

CHEN Yanyi	POLICAR Clotilde	2024	406	PEPR EVs
ALEXOPOULOS Vivian	POLICAR Clotilde BALFOURIER Alice	2025	406	Bourse MESR 406
YUAN Yi	POLICAR Clotilde SEKSIK Philippe	2025	406	Programme IPV (SU)
KOSHY Isabella	BERTRAND Hélène	2026	406	ANR POPCORN

ETUDIANTS EN MASTER 2

Nom et Prénom	Encadrants	Intitulé du Master 2
DOGANIS Hugo	RAMPON Christine BERTRAND Hélène	Chimie de Paris centre, parcours moléculaire
RANCU Oliver	POLICAR Clotilde BEHAR Anastasia	Chimie de PSL
SCHMIDT Alexandra	SQUARCINA Andrea	Interfaces chimie-biologie

Etudiants ayant préparé ou soutenu leur thèse ou leur M2 dans l'équipe d'accueil au cours des six dernières années. Pour chaque étudiant indiquez le nom du responsable de l'étudiant, l'année du début de la thèse et de fin de la thèse, l'Ecole Doctorale de rattachement et le devenir de l'étudiant.

DOCTORANTS

Nom et Prénom	Direction de thèse	Années	Financement	ED	Devenir
LIM Teresa Yu Ping	BERTRAND Hélène LEONG Weng Kee	2022 2026	IGP NTU	406	Recherche de post-doc
VERVISCH Caitlan	BERTRAND Hélène GAZEAU Françoise	2022 2025	Programme interdisciplinaire en cancérologie (SU)	406	Recherche de post-doc
JOHN Namita	POLICAR Clotilde CHIAPETTA Giovanni	2022 2025	ANR CATMAN	406	Recherche de post-doc
LOPEZ SANCHES Alvaro	BERTRAND Hélène	2021 2024	Bourse MESR 406	406	Post-doc, MCU à la rentrée 2026
BOUVET Jean	POLICAR Clotilde DEMIGNOT Sylvie VINH Joëlle	2020 2023	Programme IPV (SU)	406	Post-doc
SCHANNE Gabrielle	DELSUC Nicolas SEKSIK Philippe	2019 2022	Programme IPV (SU)	406	Biomemory
ZOUMPOULAKI Martha	POLICAR Clotilde DELSUC Nicolas VINH Joëlle	2017 2021	ANR MAGIC	406	Air Liquide
HOSTE Rose	BERTRAND Hélène POLICAR Clotilde	2017 2020	CDSN ENS	406	Aqemia
COULIBALY Koudedja	DELSUC Nicolas POLICAR Clotilde	2017 2020	ANR Pepzyme	406	Ummah Charity

ETUDIANTS EN MASTER 2

Nom et Prénom	Encadrants	Année	Intitulé du Master 2
KOSHY Isabella	POLICAR Clotilde	2025	Chimie de Paris centre, parcours sciences du vivant
CHEN Yanyi	POLICAR Clotilde	2024	Chimie de Paris centre, parcours sciences du vivant
LE TRI Angel	BALFOURIER Alice POLICAR Clotilde	2024	Chimie de Paris centre, parcours sciences du vivant
NGUYEN Quynh Nhu	BERTRAND Hélène RAMPON Christine	2024	Chimie de Paris centre, parcours moléculaire
BALBALI Nader	DELSUC Nicolas	2023	Chimie de Paris centre, parcours moléculaire



Master 2 Reproduction et Développement
Stage de recherche 2026-2027

PENSIERI Alexandra	DELSUC Nicolas	2023	Chimie de Paris centre, parcours chimie analytique
ALEM Léa	BERTRAND Hélène RAMPON Christine	2023	Biologie moléculaire et cellulaire, parcours Biologie et développement cellulaires
VERVISCH Caitlan	BERTRAND Hélène	2022	Chimie, parcours moléculaire
YANG Jeannine	POLICAR Clotilde	2022	Chimie de Paris centre, parcours moléculaire
COIS Justine	DELSUC Nicolas	2021	Frontiers Paris Cité
BEN HADJ HAMMOUDA Yaqine	DELSUC Nicolas POLICAR Clotilde	2022	Chimie de Paris Centre
LOPEZ-SANCHEZ Alvaro	BERTRAND Hélène	2021	Chimie de Paris centre, parcours moléculaire
CHEDOTAL Henri	BERTRAND Hélène	2021	Chimie de Paris centre, parcours moléculaire
ROCHETTE Paul	DELSUC Nicolas	2021	Chimie, parcours sciences du vivant

Cette proposition de stage s'adresse-t-elle spécifiquement à un étudiant scientifique, médecin ou vétérinaire ou bien est-il ouvert à tous les profils ?

Tous les profils

Ce sujet peut-il donner lieu à une thèse ?

oui