

Proposition de sujet de thèse 2026

(A remplir par les équipes d'accueil et à retourner à Isabelle HAMMAD : hammad@cerege.fr
*à renseigner obligatoirement pour la validation du sujet, (1) : A remplir lors de la campagne d'attribution des allocations, à l'issue de la session de juin des Masters

Sujet de doctorat proposé *: Dynamics and Control of Zoonotic Diseases in Primate Communities

Encadrant(s), nom, prénom, adresse mail *:

CHENUIL-MAUREL Anne, anne.chenuil@imbe.fr (HDR)

ROMANO DE PAULA Valéria, valeria.romano@imbe.fr

Laboratoire *: IMBE UMR 7263

Tableau récapitulatif du sujet

Candidat(e) ⁽¹⁾	
Nom - Prénom :	
Date de naissance :	
Licence (origine, années, mention) :	
Mention et classement au Master 1 année	
Mention et classement au S3 du Master 2	
Mention et classement au S4 du Master 2	
Mention et classement au M2 (année=	
MASTER (nom, université)	
Sujet de doctorat proposé*	Dynamics and Control of Zoonotic Diseases in Primate Communities
Encadrants (2 max, indiquer si HDR ou pas)*	Anne Chenuil-Maurel (HDR) Valéria Romano de Paula
Laboratoire*	Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie marine et continentale (IMBE)
Programme finançant la recherche (indiqué si obtenu ou envisagé) (1)	Institut Universitaire de France (IUF) 2000€ destinés à l'achat de petit équipement et à la réalisation d'analyses en laboratoire, FUNBIO (suivi des populations sauvages et rémunération de l'équipe de terrain au Brésil), Fondation Simone et Cino Del Duca (envisagé 75000€), CAPES-COFECUB ou AOI MS (appel interne IMBE) pour la mobilité de l'étudiant vers le Brésil (envisagé 2-3000€).

Sujet de doctorat proposé*

Titre: Dynamics and Control of Zoonotic Diseases in Primate Communities

Contexte :

Dans un contexte de mondialisation, la propagation de maladie zoonotiques devient un sujet de préoccupation majeure pour les acteurs de la santé publiques ainsi que les spécialistes de la conservation. En effet, les humains sont désormais un vecteur considérable de pathogènes, par contamination directe ou transport accidentel, reliant ainsi des environnements microbiologiques jusqu'alors isolés (Sohail *et al.* 2023). Importée d'Afrique il y a 400 ans lors de la traite d'esclave, le virus de la Fièvre jaune *Orthoflavivirus flavi* est aujourd'hui installé de façon pérenne dans plusieurs écosystèmes d'Amérique du Sud dont la forêt amazonienne (Bryant *et al.* 2007). À l'échelle mondiale, la fièvre jaune demeure aujourd'hui une maladie à fort impact sanitaire, responsable d'environ 84 000 à 170 000 cas graves et de 29 000 à 60 000 décès chaque année, principalement en Afrique et en Amérique latine (OMS 2025).

Au cours de la dernière décennie, le virus a réémergé et étendu son aire de circulation vers le sud-est du Brésil, provoquant des vagues épidémiques humaines ainsi que des épizooties majeures chez les primates non humains dans les paysages de la forêt atlantique (Dietz *et al.* 2019). Cette dynamique met en évidence le rôle potentiel des changements d'usage des terres, de la fragmentation des habitats et de l'intensification des interactions entre humains, primates et vecteurs dans la reconfiguration des schémas de transmission. Dans ce contexte, l'hypothèse d'une propagation et d'une amplification favorisées par les activités humaines est désormais largement discutée pour expliquer la diffusion du virus au sein de ces systèmes socio-écologiques complexes (Wu *et al.* 2016).

Dans le prolongement de cette dynamique épidémiologique récente, les épisodes de fièvre jaune ont entraîné des déclin démographiques majeurs chez plusieurs primates de la forêt atlantique. Des pertes d'environ 30% ont été estimées chez le tamarin-lion doré (*Leontopithecus rosalia*) (Dietz *et al.* 2019), tandis que les populations de singes hurleurs bruns (*Alouatta guariba clamitans*) ont diminué jusqu'à près de 80% (Buss *et al.* 2021). A l'inverse, les ouistitis (*Callithrix spp.*) présentent une très faible mortalité après infection (1.1%) (Fernandes *et al.* 2021), leur abondance dans la région combinée à cette faible sensibilité en font des potentielles espèces réservoir pour la fièvre jaune. Cette vague épidémique s'est également accompagnée de plusieurs centaines de cas humains, dont environ 215 décès rapportés dans la région (OMS 2017). Face à cette menace, une campagne de vaccination ciblant les tamarins lions dorés a été initiée en 2020 par l'Associação Mico-Leão-Dourado (AMLD, partenaire institutionnel brésilien), avec l'appui de la Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) et du gouvernement brésilien, afin de constituer une réserve d'au moins 500 individus vaccinés. Si cette initiative répond à une urgence sanitaire et de conservation, elle souligne aussi la nécessité de développer des stratégies préventives à long terme fondées sur des modèles démographiques et épidémiologiques mécanistes, d'autant que l'efficacité à long terme du vaccin chez cette espèce demeure encore mal connue.

Objectifs et méthodes :

L'objectif de cette thèse est de comprendre et de prédire la dynamique éco-épidémiologique de la fièvre jaune au sein des communautés multi-hôtes de primates, afin d'optimiser des stratégies de vaccination et de conservation fondées sur des modèles mécanistes spatialement explicites et informés par des données empiriques.

Le suivi à long terme des populations de tamarins lions dorés, conduit par l'AMLD depuis 1989, a permis le développement de modèles démographiques détaillés ainsi que la constitution d'une importante base de données sérologiques, issue notamment des campagnes de vaccination récentes et encore largement sous-exploitées. L'analyse de cette base, combinée à une nouvelle campagne de prélèvements sérologiques, offrirait l'opportunité d'affiner les modèles de transmission et de définir des stratégies vaccinales plus efficaces et mieux ciblées.

Pour répondre à ces questions, ce doctorat s'articulera en trois axes complémentaires. Le premier portera sur l'analyse de l'hétérogénéité individuelle de l'immunité chez le tamarin-lion doré, à partir de données sérologiques (N=200) et de nouvelles collectes sur le terrain. Il visera notamment à caractériser la durée de l'immunité post-vaccinale et post-infectieuse, ainsi que l'influence de facteurs individuels tels que l'âge ou le sexe. Ces analyses, reposant sur des approches statistiques telles que des modèles mixtes et des analyses de survie, permettront de dériver des fonctions d'immunité paramétriques directement intégrables dans un modèle éco-épidémiologique.

Le deuxième axe consistera à développer un modèle mécaniste individu-centré multi-espèces, spatialement explicite, sous NetLogo (un outil en libre accès favorisant la diffusion scientifique). Ce modèle intégrera trois espèces de primates impliquées dans la dynamique de la fièvre jaune (tamarin-lion doré, singes hurleurs, ouistitis), vivant en périphérie des zones forestières. L'exposition aux vecteurs (moustiques) sera représentée à travers la modélisation de zones à risque. Il intégrera explicitement les processus démographiques, immunologiques, spatiaux et saisonniers influençant la dynamique de transmission. La dynamique épidémiologique sera représentée au moyen de compartiments de type SEIRV (Susceptible–Exposed–Infectious–Recovered–Vaccinated), paramétrés à partir des données disponibles dans la littérature.

Le modèle sera validé en confrontant les dynamiques émergentes simulées aux épidémies documentées entre 2016 et 2019, tandis que sa robustesse sera évaluée au moyen d'analyses de sensibilité globale.

Enfin, le troisième axe visera à optimiser les stratégies de conservation dans ce cadre éco-épidémiologique en s'appuyant sur une approche d'apprentissage par renforcement. Un agent basé sur l'algorithme de Proximal Policy Optimization (PPO), développé en Python en interaction avec le modèle NetLogo (Axe 2), sera utilisé pour explorer de manière systématique les différentes combinaisons de leviers de gestion, incluant la vaccination, les translocations, la connectivité, la composition du paysage et la priorisation spatiale, sous contraintes budgétaires variables.

Dans ce cadre, l'agent PPO constituera le cœur du dispositif d'exploration : il testera itérativement ces combinaisons en ajustant ses décisions au fil des simulations, selon les retours du système modélisé. Ce processus permettra d'identifier de manière robuste les stratégies les plus performantes à long terme, en évaluant leur capacité à maximiser les taux de survie des populations tout en préservant la diversité génétique et en limitant le risque de transmission.

Cette approche intégrée permettra ainsi de relier données empiriques, modélisation mécaniste et optimisation, afin de proposer des recommandations robustes et opérationnelles pour la gestion de la fièvre jaune dans les communautés de primates de la forêt atlantique.

Résultats attendus :

Cette thèse devrait permettre de mieux caractériser la variabilité individuelle et la durée de l'immunité post-vaccinale et post-infectieuse chez le tamarin-lion doré, fournissant ainsi des paramètres empiriquement fondés pour la modélisation de la transmission. Le développement d'un modèle éco-épidémiologique mécaniste multi-espèces et spatialement explicite devrait améliorer la compréhension des déterminants écologiques et démographiques de la circulation du virus dans les paysages de la forêt atlantique.

L'exploration de scénarios de gestion et les approches d'optimisation devraient permettre d'identifier des stratégies de vaccination et de conservation plus efficaces, capables de réduire simultanément le risque épidémique, les déclin de population et le potentiel de débordement zoonotique. Plus largement, ce travail vise à produire un cadre méthodologique transférable pour la gestion des maladies zoonotiques dans des systèmes multi-hôtes complexes, ainsi que des recommandations opérationnelles à destination des acteurs de la conservation et de la santé publique.

Équipe:

<u>Nom</u>	<u>Affiliation</u>	<u>Rôle dans la thèse</u>	<u>Compétences</u>
Anne CHENUIL-MAUREL	Directrice de recherche IMBE, (CNRS)	Direction	Génétiques des populations, évolution, conservation, surveillance d'écosystème.
Valéria ROMANO DE PAULA	Chargée de recherche, IRD, IMBE (UMR CNRS 7263), Conseillère scientifique de l'AMLD	Co-direction	Biologie de la conservation, écologie du comportement, réseaux sociaux et écologiques, primatologie, modélisation.
Cédric SUEUR	Professeur des Universités, Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien Chaire Conservation et Culture des Grands Singes, Université de Strasbourg Membre de l'Institut Universitaire de France Responsable de l'IRP Comp ² A (CNRS-Université de Strasbourg-Université de Kyoto 京都大学)	Partenaire académique	Biologie de la conservation, écologie du comportement, réseaux sociaux et écologiques, primatologie, modélisation, intelligence artificielle.
Associação Mico-Leão-Dourado	ONG En charge du programme de	Partenaire associatif	Collecte de données sur le terrain, actions de conservation et

(AMLD)	conservation du tamarin-lion doré		d'éducation à l'environnement sur la zone d'étude.
Marcus FREIRE	Vice-coordonateur général du Centre de développement technologique en santé (FIOCRUZ)	Partenaire académique	Vaccinologie, production du vaccin contre la fièvre jaune, gestion de programmes scientifiques et conduite de recherches appliquées.
Jeronimo ALENCAR	Professeur, FIOCRUZ	Partenaire académique	Spécialiste de l'écologie des moustiques, en particulier des vecteurs de la fièvre jaune.
Carlos RUIZ-MIRANDA	Professeur, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Laboratório de Ciências Ambientais (LCA), Centro de Biociências e Biotecnologia	Partenaire académique	Primatologie, écologie du mouvement, biologie de la conservation, espèces exotiques envahissantes.
Júlio CESAR BICCA-MARQUES	Professeur Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul	Partenaire Académique	Conservation, primatologie, spécialiste des singes hurleurs.

Tableau 1 : Type et disponibilité des données de la thèse :

<u>Type de données</u>	<u>Disponibilité</u>	<u>Producteur</u>	<u>Résolution spatiale et temporelle</u>	<u>Informations</u>
Occupation du sol	Oui	MapBiomass	30m 1985-présent	Catégories d'occupation du sol (agriculture, zone urbaine, forêt, etc.)
Données de localisation et de composition des groupes de tamarins-lions dorés	Oui	AMLD	1989-présent 111 groupes 1567 individus identifiés	Individu, identité, sexe, âge, localisation, groupe, statut vaccinal
Données d'occurrence des ouistitis	Oui	AMLD	2013-présent	Localisation Espèce
Données d'occurrence des singes hurleurs bruns	Oui	IUCN SSC Primate Specialist Group	à déterminer	Localisation, groupe, sexe, âge
Données de mouvement de tamarins-lions dorés	Oui	AMLD/UENF	1989-présent	Mouvement des individus Taux de passage des passages à faune Domaine vital avant et après les ponts (pour les tamarins-lions dorés)
Echantillons sérologiques obtenus chez 200 individus	Oui	AMLD	2020- présent	Analyses immunologiques

Références :

Sohail M, Khalid A, Sarwar MA, Riaz A, Taimoor M, Chaudhry Dr AA, Sakhawat A, Rahim A, Ameen A and Iqbal U, 2023. The Threat of Transboundary Zoonosis. In: Altaf S, Khan A and Abbas RZ (eds), Zoonosis, Unique Scientific Publishers, Faisalabad, Pakistan, Vol 4: 701-715. <https://doi.org/10.47278/book.zoon/2023.190>

Bryant, J. E., Holmes, E. C., & Barrett, A. D. (2007). Out of Africa: A Molecular Perspective on the Introduction of Yellow Fever Virus into the Americas. *Plos Pathogens*, 3(5), e75. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.0030075>

Buss, G., Bicca-Marques, J. C., Alves, S. L., Ingberman, B., Fries, B. G., Alonso, A. C., ... & Talebi, M. (2021). *Alouatta guariba ssp. clamitans* (amended version of 2020 assessment). *The IUCN Red List of Threatened Species, 2021*, e-T39918A190419216.

Dietz, J. M., Hankerson, S. J., Alexandre, B., Henry, M., Martins, A., Ferraz, L. P., ... & Ruiz-Miranda, C. R. (2019). Yellow fever in Brazil threatens successful recovery of endangered golden lion tamarins. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49199-6>

Fernandes, N. C. C. d. A., Guerra, J. M., Díaz-Delgado, J., Cunha, M. S., Saad, L. d., Iglezias, S. D., ... & Catão-Dias, J. L. (2021). Differential Yellow Fever Susceptibility in New World Nonhuman Primates, Comparison with Humans, and Implications for Surveillance. *Emerging Infectious Diseases*, 27(1), 47-56. <https://doi.org/10.3201/eid2701.191220>

OMS.(2017). Yellow Fever. <https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/24-february-2017-yellow-fever-brazil-en?utm>

OMS.(2025). Yellow Fever. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/yellow-fever>

Sohail M, Khalid A, Sarwar MA, Riaz A, Taimoor M, Chaudhry Dr AA, Sakhawat A, Rahim A, Ameen A and Iqbal U, 2023. The Threat of Transboundary Zoonosis. In: Altaf S, Khan A and Abbas RZ (eds), Zoonosis, Unique Scientific Publishers, Faisalabad, Pakistan, Vol 4: 701-715. <https://doi.org/10.47278/book.zoon/2023.190>

Wu, T., Perrings, C., Kinzig, A. P., Collins, J. P., Minter, B. A., & Daszak, P. (2016). Economic growth, urbanization, globalization, and the risks of emerging infectious diseases in China: A review. *Ambio*, 46(1), 18-29. <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0809-2>

Détail du Programme finançant la recherche*: Institut Universitaire de France (IUF) 2000€ destinés à l'achat de petit équipement et à la réalisation d'analyses en laboratoire, FUNBIO (suivi des populations sauvages et rémunération de l'équipe de terrain au Brésil), Fondation Simone et Cino Del Duca (envisagé 75000€), CAPES-COFECUB ou AOI MS (appel interne IMBE) pour la mobilité de l'étudiant vers le Brésil (envisagé 2-3000€).

Directeur(s) de thèse proposé(s)*

(limiter au plus à deux personnes principales, dont au moins une titulaire de l'HDR)

Directeur HDR proposé*

Nom - Prénom : CHENUIL-MAUREL Anne

Corps: CR CNRS

Laboratoire (i.e. formation contractualisée de rattachement, éventuellement équipe au sein de cette formation) :

IMBE UMR 7263, Equipe BEEM

anne.chenuil@imbe.fr

Choix de cinq publications récentes (souligner éventuellement les étudiants dirigés co-signataires) :

1) Rossi V, Lo M, Legrand T, Ser-Giacomi E, De Jode A, Thierry de Ville d'Avray L, Pairaud I, Faure V, Fraysse M, Pinazo C, **Chenuil A**. (2020). Small-scale connectivity of coralligenous habitats : insights from a modelling approach within a semi-opened Mediterranean bay. *Vie et Milieu* 70 (3-4) : 161-174.

2) Legrand T, **Chenuil A**, Ser-Giacomi E, Arnaud-Haond S, Bierne N, Rossi V. (2022). Spatial coalescent connectivity through multi-generation dispersal modelling predicts gene flow across marine phyla. *Nature Communications* 13:5861. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-33499-z> .

3) Zouggar, A. M., Mirleau, P., **Chenuil, A.**, Denis, F., Caruso, A., Ayad, S. M. E. A. A., & Lamara, S. A. C. (2023). Extreme and heterogeneous conditions of the desert wetland Chott Ech Chergui (Algeria) allow isolating halophilic, alkalophilic and thermophilic bacteria. *Wetlands*, 43(8), 108.

4) Cahill, A. E., Megléczy, E., & **Chenuil, A.** (2024). Scientific history, biogeography, and biological traits predict presence of cryptic or overlooked species. *Biological Reviews*, 99(2), 546-561.

5) Lebouazda, Z.*, Mezali, K., Weber, A. A. T., Soualili, D. L., & **Chenuil, A.** (2025). Phylogeography of the Atlanto-Mediterranean brittle star *Ophioderma longicaudum* (Ophiuroidea, Echinodermata) with new gonad histology and genetic data from Algeria. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 205(3), zlaf144.

* : doctorante dont je n'étais pas officiellement encadrante mais que j'ai encadrée à 100% pour cet article.

Thèses encadrées ou co-encadrées au cours des quatre dernières années*

Nom : LEGRAND TERENCE

Intitulé : Influence de la connectivité multi-échelle via la dispersion larvaire sur la structure des populations et les schémas de biodiversité en mer Méditerranée

Type d'allocation : Ministère

Date de début de l'allocation de doctorat : 2018

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : 2022 (prolongation COVID)

Programme finançant la recherche : SEAMOB

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) : post-doctorant

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction : 30 % (co-encadrement avec un physicien)

Nom : MEHIROU-ZOUGGAR Aïcha (co-tutelle)

Intitulé : Etude de la qualité de la biodiversité et du potentiel biotechnologique de la population de micro-organismes extrémophiles de la zone humide d'Aïn Skhouna.

Type d'allocation : PHC Tassili

Date de début de l'allocation de doctorat : août 2019

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : prévue 2023 (COVID, maladie, maternité)

Programme finançant la recherche : PHC Tassili (IBIZAS)

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) :

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction : 50 %

Nom: DELETTRE Marion (co-tutelle)

Intitulé : Approches nouvelles pour connaître la dynamique temporelle du méroplancton et le devenir de la connectivité marine dans le contexte du changement global.

Type d'allocation : Institut Océan (AMU)- Région PACA

Date de début de l'allocation de doctorat : octobre 2024

Date de soutenance (si la thèse est soutenue) : NA

Programme finançant la recherche : Institut Océan (AMU)- Région PACA

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) : NA

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction : 50 %

Autre directeur proposé (éventuellement)*

Nom - Prénom : ROMANO Valéria

Corps: CR IRD

Adresse mail : valeria.romano@imbe.fr

Laboratoire (i.e. formation contractualisée de rattachement, éventuellement équipe au sein de cette formation) :

IMBE UMR 7263, Equipe POPCO

Choix de cinq publications récentes (souligner éventuellement les étudiants dirigés co-signataires) :

1. Pierron M., Ponchon A., Martins A., Ruiz-Miranda C., Sueur C., **Romano V.** *In press*. When conservation meets contagion: mapping yellow fever risk to guide vaccination in an endangered primate. *Journal of Applied Ecology*.
2. Ponchon A., Choquet R., Martins A., Ruiz-Miranda CR., Albert C., **Romano V.** *In press*. Yellow fever outbreak temporarily changes dispersal patterns in an endangered primate. *Journal of Animal Ecology*.

3. Pierron M, Sueur C, Shimada M, MacIntosh A, **Romano V**. 2024. Epidemiological consequences of individual centrality on wild chimpanzees. *American Journal of Primatology*. DOI: [10.1002/ajp.23682](https://doi.org/10.1002/ajp.23682)
4. Nautiyal H, **Romano V**, Tanaka H, Huffman M. 2024. Female social dynamics as viewed from grooming networks in the Central Himalayan Langur (*Semnopithecus schistaceus*). *American Journal of Primatology*. <https://doi.org/10.1002/ajp.23655>
5. RFP Costa, **V Romano**, AS Pereira, JDA Hart, A MacIntosh, M Hayashi. 2023. Mountain gorillas benefit from social distancing too: Close proximity from tourists affects gorillas' sociality. *Conservation Science and Practice*, e12859 <https://doi.org/10.1111/csp2.12859>

Thèses encadrées ou co-encadrées au cours des quatre dernières années*

Nom : PIERRON Maxime

Intitulé: Measuring the vulnerability of primate species to environmental changes in Brazil

Type d'allocation: Contrat Doctorale

Date de début de l'allocation de doctorat: 10/2022

Date de soutenance (si la thèse est soutenue): 12/2025

Programme finançant la recherche: ED 414 – Université de Strasbourg

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue): À la recherche d'un poste postdoctoral

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction: 50%

Nom : DA MOTA Déa Luisa

Intitulé: Epidemiological evaluation of the foam virus transmission in neotropical primates

Type d'allocation: Contrat Doctorale

Date de début de l'allocation de doctorat: 04/2023

Date de soutenance (si la thèse est soutenue): NA

Programme finançant la recherche: CAPES, bourse de thèse - Brésil

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue) : NA

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction: 30%

Nom : MONASSIER Romain

Intitulé: Primates en paysage anthropisé: un défi pour la conservation

Type d'allocation: Contrat Doctorale

Date de début de l'allocation de doctorat: 10/2024

Date de soutenance (si la thèse est soutenue): NA

Programme finançant la recherche: ED 251

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue): NA

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction: 50%

Nom : MAXIMO Leandro

Intitulé: Open data integration and predictive modeling for zoonotic disease surveillance in Paraíba, Brazil

Type d'allocation: Contrat Doctorale

Date de début de l'allocation de doctorat: 03/2025

Date de soutenance (si la thèse est soutenue): NA

Programme finançant la recherche: CAPES, bourse de thèse Brésil

Situation actuelle du docteur (si la thèse est soutenue): NA

Pourcentage de participation du directeur à l'encadrement en cas de co-direction: 50%