

PROPOSITION D'UN PROJET DE THÈSE A L'ÉCOLE DOCTORALE « Écologie, Géosciences, Agronomie, Alimentation »

INFORMATIONS GÉNÉRALES

Titre de la thèse : Modélisation de la diffusion de virus influenza aviaries hautement pathogènes: intégration de facteurs socio-économiques pour évaluer différentes stratégies de gestion.
Acronyme : MIASE
Champ disciplinaire 1 : Agronomie Champ disciplinaire 2 : Alimentation
Trois mots-clés : Modélisation spatio-temporelle ; socio-économie ; épidémiologie
Unité d'accueil : Anses – Laboratoire de Ploufragan- Plouzané-Niort - EPISABE
Nom, prénom du directeur de thèse (HDR indispensable): Dr Nicolas Rose Adresse mail : nicolas.rose@anses.fr Nom, prénom du co-directeur (le cas échéant) (HDR indispensable): Adresse mail : Nom, prénom du co-encadrant de thèse 1 (le cas échéant) : Mathieu Andraud Adresse mail : mathieu.andraud@anses.fr Nom, prénom du co-encadrant de thèse 1 (le cas échéant) : Legrand Saint-Cyr Adresse mail : legrand.saintcyr@anses.fr
Financement (origine et montant) : ARED (24 000€) – Saint-Brieuc Armor Agglomération/Département des Côtes d'Armor (24000€)
Contact(s) (adresse postale) : Région Bretagne 283, avenue du Général Patton – CS 21 101, 35 711 Rennes Cedex 7 Saint-Brieuc Armor Agglomération 5 rue du 71ème RI - CS54403 22044 Saint-Brieuc Cedex 2
Mode de recrutement Le mode de recrutement du doctorant dépend de la nature du financement du projet de thèse. Pour identifier le mode de recrutement, veuillez consulter le site web de l'ED EGAAL - cliquez ici . Le projet de thèse ne sera pas publié si cette information est manquante. <input type="checkbox"/> Concours <input checked="" type="checkbox"/> Entretien <input type="checkbox"/> Autre (précisez) :

**Toutes les rubriques de ce document doivent être remplies.
Une fois complété, merci d'enregistrer ce document au format pdf avec le nom suivant :
Nom du Directeur thèse_Unité_Acronyme du sujet_FR.pdf**

DESCRIPTION SCIENTIFIQUE DU PROJET DE THÈSE

Contexte socio-économique et scientifique : (10 lignes)

Les crises sanitaires successives, conséquences des épizooties dues aux virus IAHP au cours des dernières années, ont des impacts socio-économiques majeurs pour les acteurs des filières avicoles, ainsi que pour les pouvoirs publics. Malgré le renforcement des mesures de biosécurité, la filière est lourdement affectée par une nouvelle épizootie depuis le mois de Novembre 2021. Bien que de multiples introductions aient été identifiées dans différentes zones géographiques en France, une transmission entre unités épidémiologiques a été effective, notamment dans certaines zones géographiques, dont les modalités de diffusion du virus restent à déterminer. Il paraît donc essentiel d'appréhender les voies de transmission du virus et leurs rôles relatifs afin d'identifier les leviers pour limiter le risque de diffusion entre les élevages. Le projet propose le développement d'un modèle épidémiologique, représentant les différentes voies de transmission entre élevages pour les virus IAHP. Le modèle sera utilisé afin d'évaluer, sur la base de scénarios définis conjointement avec les acteurs de la filière et les gestionnaires, l'efficacité de protocoles de surveillance et des mesures de maîtrise au regard de différents facteurs incluant des facteurs socio-économiques.

Hypothèses et questions scientifiques (8 lignes)

Malgré le renforcement des mesures de biosécurité internes et externes, et notamment la mise sous abri des animaux pendant la période à risque, les filières avicoles ont dû faire face à une nouvelle épizootie d'influenza aviaire cet hiver 2021-2022, d'une ampleur supérieure à celles observées lors des crises antérieures. L'identification du rôle relatif des voies de transmission est essentielle pour mieux comprendre l'ampleur des épizooties successives par des virus IAHP dans les filières avicoles et évaluer l'impact des mesures de maîtrise. Le projet répondra aux questions suivantes :

Quels sont les voies de transmission entre élevages ? Quelle est la part relative de chacune d'entre-elles dans le processus infectieux ? Quels leviers ont été et pourraient être actionnés pour limiter la diffusion du virus ? Ces derniers sont-ils techniquement et économiquement réalisables et acceptables socialement ?

Principales étapes de la thèse et démarche (10-12 lignes)

Le projet se décline autour de trois axes répondant à des objectifs distincts mais complémentaires.

Axe 1. Modélisation des réseaux de contacts :

- Analyses des composantes structurelles et des caractéristiques nodales influant sur la topologie des réseaux de contacts directs (mouvements d'animaux) et indirects (tournées d'équarrissage).
- Evaluer l'impact topologique de restructurations des mouvements au sein de la filière.

Axe 2. Modélisation épidémiologique

- Développement du modèle mécanistique de diffusion de virus IAHP
- Evaluation de mesures de surveillance et de contrôle
- Estimation des paramètres de transmission et évaluation du rôle relatif des voies de transmission

Axe 3. Intégration de facteurs socio-économiques dans la modélisation épidémiologique

- Consultation des acteurs des filières et des gestionnaires sur les pratiques actuelles de prévention et de contrôle ainsi que sur la faisabilité des scénarios de prévention et de contrôle alternatifs et les contraintes techniques et socio-économiques associées (en appui de l'axe 2)
- Identification des facteurs socio-économiques à intégrer dans la modélisation issue de l'axe 2 considérés comme pertinents

Approches méthodologiques et techniques envisagées (4-6 lignes)

- Analyse de réseaux sociaux (SNA, ERGM)
- Développement d'un modèle épidémiologique mécaniste
- Estimation de paramètres clés en utilisant des approches d'approximation bayésiennes (ABC, MCMC) ou d'apprentissage profond (Deep learning).

- approche participative permettant d'appréhender les contraintes techniques et socio-économiques

Compétences scientifiques et techniques requises pour le candidat

- Dynamique de population / épidémiologie
- Programmation
- Sciences sociales et économiques
- Communication

ENCADREMENT DE LA THÈSE¹

Nom de l'unité d'accueil : Anses Laboratoire de Ploufragan-Plouzané-Niort	Nom de l'équipe d'accueil : EPISABE
Nom du directeur de l'unité : Nicolas Eterradossi	Nom du responsable de l'équipe : Nicolas Rose
Coordonnées du directeur de l'unité : Anses – Laboratoire de Ploufragan-Plouzané-Niort 41, Rue de Beaucemaine 22440 Ploufragan	Coordonnées du responsable de l'équipe : Anses – Laboratoire de Ploufragan-Plouzané-Niort 41, Rue de Beaucemaine 22440 Ploufragan
Directeur de thèse Nom, prénom : Nicolas Rose Fonction : Chef d'unité, directeur adjoint du laboratoire Date d'obtention de l'HDR : 2009 Employeur : Anses Taux d'encadrement doctoral dans le présent sujet : 40% Taux d'encadrement doctoral en cours (directions et co-directions) (%) : 20% Nombre de directions/co-directions de thèse en cours : 2 directions (soutenances prévues en dec 2022 et février 2023)	
Co-directeur (le cas échéant) Nom, prénom : Fonction : Date d'obtention de l'HDR : Employeur : École doctorale de rattachement :	

¹ Dans l'ED EGAAL, si 1 scientifique dans la direction de la thèse = 100% d'encadrement doctoral ; si 2 personnes impliquées dans la direction de la thèse = entre 50% et 70% d'encadrement doctoral pour l'HDR directeur ; si 3 personnes impliquées dans l'encadrement de la thèse : répartition :40% - 30% - 30% de l'encadrement doctoral.

Taux d'encadrement doctoral dans le présent projet :

Taux d'encadrement doctoral en cours (directions/co-directions/co-encadrements) (%) :

Nombre de directions/co-directions/co-encadrements de thèse en cours :

Co-encadrant de thèse 1 (le cas échéant)

Nom, prénom : Andraud Mathieu

Fonction : Chargé de Projet

Titulaire de l'HDR : oui non Si oui, date d'obtention de l'HDR :

Employeur : Anses

École doctorale de rattachement : EGAAL

Taux d'encadrement doctoral dans le présent projet : 30

Taux d'encadrement doctoral en cours (directions/co-directions/co-encadrements) (%) : 60

Nombre de co-encadrements de thèse en cours : 2

Co-encadrant de thèse 2 (le cas échéant)

Nom, prénom : Saint-Cyr Legrand

Fonction : Chargé de projet

Titulaire de l'HDR : oui non Si oui, date d'obtention de l'HDR :

Employeur : Anses

École doctorale de rattachement :

Taux d'encadrement doctoral dans le présent projet : 30

Taux d'encadrement doctoral en cours (directions/co-directions/co-encadrements) (%) :

Nombre de directions/co-directions/co-encadrements de thèse en cours :

Partenaire privé (si financement CIFRE, privé,...)

Nom, prénom :

Fonction :

Entreprise :

Taux d'encadrement doctoral dans le présent projet :

Taux d'encadrement doctoral en cours (directions/co-directions/co-encadrements) (%) :

Nombre de directions/co-directions/co-encadrements de thèse en cours :

Partenaire international (si thèse en co-tutelle)

Nom, prénom :

Fonction :

Employeur :

Taux d'encadrement doctoral dans le présent projet :

Taux d'encadrement doctoral en cours (directions/co-directions/co-encadrements) (%) :

Nombre de directions/co-directions/co-encadrements de thèse en cours :

Devenir des anciens doctorants du directeur et co-directeur(s)/co-encadrant(s) de thèse (depuis 5 ans)

Compléter les informations suivantes pour chaque ancien doctorant

Nom, prénom : Charlie CADOR

Date de début et de fin de thèse : 01/01/2014 -31/12/2016

Direction de thèse : Rose Nicolas – co-direction : Andraud Mathieu

Emploi actuel, lieu : Référent R&D – Farm'Apro, Plestan

Contrat (post-doc, CDD, CDI) : CDI

Liste des publications issues de ce travail de thèse :

Cador, C., Andraud, M., and Rose, N. (2017a). Contribution of modelling in the study of transmission dynamics of virus in metapopulations: Application to swine influenza A viruses in pig herds. *Virologie* 21(4), 173-187. doi: <https://doi.org/10.1684/vir.2017.0703>.

Cador, C., Andraud, M., Willem, L., and Rose, N. (2017b). Control of endemic swine flu persistence in farrow-to-finish pig farms: a stochastic metapopulation modeling assessment. *Veterinary Research* 48, 58. doi: <https://doi.org/10.1186/s13567-017-0462-1>.

Cador, C., Herve, S., Andraud, M., Gorin, S., Paboeuf, F., Barbier, N., et al. (2016a). Maternally-derived antibodies do not prevent transmission of swine influenza A virus between pigs. *Vet Res* 47(1), 86. doi: <https://doi.org/10.1186/s13567-016-0365-6>.

Cador, C., Rose, N., Willem, L., and Andraud, M. (2016b). Maternally Derived Immunity Extends Swine Influenza A Virus Persistence within Farrow-to-Finish Pig Farms: Insights from a Stochastic Event-Driven Metapopulation Model. *PLOS ONE* 11(9), e0163672. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163672>.

Nom, prénom : Salines Morgane

Date de début et de fin de thèse : 04/09/2016 -05/09/2019

Direction de thèse : Rose Nicolas – co-direction : Andraud Mathieu

Emploi actuel, lieu : Référent Nationale Abattoir, BEAD - DRAAF Bretagne/SRAL.

Contrat (post-doc, CDD, CDI) : CDI

Liste des publications issues de ce travail de thèse :

Salines, M., Andraud, M., Pellerin, M., Bernard, C., Grasland, B., Pavio, N., et al. (2019a). Impact of porcine circovirus type 2 (PCV2) infection on hepatitis E virus (HEV) infection and transmission under experimental conditions. *Veterinary Microbiology* 234, 1-7. doi: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2019.05.010>.

Salines, M., Andraud, M., and Rose, N. (2017a). From the epidemiology of hepatitis e virus (HEV) within the swine reservoir to public health risk mitigation strategies: A comprehensive review. *Veterinary Research* 48(1). doi: <https://doi.org/10.1186/s13567-017-0436-3>.

Salines, M., Andraud, M., and Rose, N. (2017b). Pig movements in France: Designing network models fitting the transmission route of pathogens. *PLoS ONE* 12(10). doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185858>.

Salines, M., Andraud, M., and Rose, N. (2018a). Combining network analysis with epidemiological data to inform risk-based surveillance: Application to hepatitis E virus (HEV) in pigs. *Preventive Veterinary Medicine* 149, 125-131. doi: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2017.11.015>.

Salines, M., Andraud, M., Terrade, F., and Rose, N. (2018b). Are French pig farmers and veterinarians knowledgeable about emerging foodborne pathogens? The case of hepatitis E virus. *Preventive Veterinary Medicine* 156, 1-7. doi: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2018.04.015>.

- Salines, M., Demange, A., Stéphant, G., Renson, P., Bourry, O., Andraud, M., et al. (2019b). Persistent viremia and presence of hepatitis E virus RNA in pig muscle meat after experimental co-infection with porcine reproductive and respiratory syndrome virus. *International Journal of Food Microbiology* 292, 144-149. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.12.023>.
- Salines, M., Dumarest, M., Andraud, M., Mahé, S., Barnaud, E., Cineux, M., et al. (2019c). Natural viral co-infections in pig herds affect hepatitis E virus (HEV) infection dynamics and increase the risk of contaminated livers at slaughter. *Transboundary and Emerging Diseases* 66(5), 1930-1945. doi: <https://doi.org/10.1111/tbed.13224>.
- Salines, M., Rose, N., and Andraud, M. (2019d). Tackling hepatitis E virus spread and persistence on farrow-to-finish pig farms: Insights from a stochastic individual-based multi-pathogen model. *Epidemics*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.epidem.2019.100369>.
- Salines, M., Andraud, M., Rose, N., Widgren, S., 2020. A between-herd data-driven stochastic model to explore the spatio-temporal spread of hepatitis e virus in the French pig production network. *PLoS ONE* 15.
- Teixeira-Costa, C., Andraud, M., Rose, N., Salines, M., 2020. Controlling hepatitis E virus in the pig production sector: Assessment of the technical and behavioural feasibility of on-farm risk mitigation strategies. *Preventive Veterinary Medicine* 175.

Publications majeures des 5 dernières années du directeur de thèse et co-directeur(s)/co-encadrant(s) sur le sujet de thèse :

- Rose, N., Andraud, M., Bigault, L., Jestin, A., Grasland, B., 2016. A commercial PCV2a-based vaccine significantly reduces PCV2b transmission in experimental conditions. *Vaccine* 34, 3738-3745.
- Salines, M., Andraud, M., Rose, N., 2017a. Pig movements in France: Designing network models fitting the transmission route of pathogens. *PLoS ONE* 12.
- Andraud, M., Halasa, T., Boklund, A., Rose, N., 2019. Threat to the French Swine Industry of African Swine Fever: Surveillance, Spread, and Control Perspectives. *Frontiers in Veterinary Science* 6.
- Andraud, M., Rose, N., 2020. Modelling infectious viral diseases in swine populations: A state of the art. *Porcine health management* 6.
- Andraud, M., Bougeard, S., Chesnoiu, T., Rose, N., 2021. Spatiotemporal clustering and Random Forest models to identify risk factors of African swine fever outbreak in Romania in 2018–2019. *Scientific Reports* 11.
- Hayes, B.H., Andraud, M., Salazar, L.G., Rose, N., Vergne, T., 2021. Mechanistic modelling of African swine fever: A systematic review. *Preventive Veterinary Medicine* 191.
- Salines, M., Andraud, M., Rose, N., Widgren, S., 2020. A between-herd data-driven stochastic model to explore the spatio-temporal spread of hepatitis e virus in the French pig production network. *PLoS ONE* 15.
- Salines, M., Rose, N., Andraud, M., 2019. Tackling hepatitis E virus spread and persistence on farrow-to-finish pig farms: Insights from a stochastic individual-based multi-pathogen model. *Epidemics*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.epidem.2019.100369>.
- V. Sicard, M. Andraud, S. Picault (2021). Organization as a multi-level design pattern for agent-based simulation of complex systems. in 13th International Conference on Agents and Artificial Intelligence(ICAART). SCITEPRESS
- Hammami, P., S. Widgren, V. Grosbois, A. Apolloni, N. Rose and M. Andraud (2022). "Complex network analysis to understand trading partnership in French swine production." *PLoS One* 17(4): e0266457.

FINANCEMENT DE LA THÈSE

Origine(s) du financement de la thèse : Région Bretagne – Saint-Brieuc Armor
Agglomération/Département des Côtes d'Armor

Salaire brut mensuel : 1758

État du financement de la thèse : Acquis

Date du début/durée du financement de la thèse : Dec 2022 ou Janv 2023 / 3 ans

Date : 20/07/2022

Nom, signature du directeur d'unité : Nicolas ETERRADOSSI



N. ETERRADOSSI

Nom, signature du responsable de l'équipe : Nicolas ROSE



Nom, signature du directeur de thèse : Nicolas ROSE

