



Entendre les paysages du passé : cartographie historique de l'occupation du sol par apprentissage profond pour l'analyse de la biodiversité acoustique

Stage Master 2 / 3A ingénieur

1. Contexte et motivations

Les paysages ruraux tempérés se sont profondément transformés sous l'effet cumulé des changements climatiques et d'usage des sols avec, pour conséquences, des modifications profondes de la biodiversité. Pour mieux comprendre et quantifier ces dynamiques socio-écologiques, il est nécessaire d'utiliser des métriques intégratives rendant compte de la complexité des relations entre pratiques agricoles, hétérogénéité du paysage et biodiversité. Or, quantifier la biodiversité et modéliser l'état de la biodiversité se heurte aux difficultés inhérentes à caractériser des systèmes complexes. La composante sonore de la biodiversité représente une dimension du vivant encore peu explorée dans les paysages en mosaïques hétérogènes juxtaposant parcelles agricoles et habitats semi-naturels. Elle a fait l'objet d'avancées conceptuelles et méthodologiques importantes avec l'émergence de l'écoacoustique des paysages et des indices de diversité acoustique permettant de quantifier simultanément les sons d'origine biologique et anthropique.

Le projet FARMSOUND, dans lequel s'insère ce stage, a pour objectif de caractériser la diversité acoustique des paysages ruraux hétérogènes soumis à des changements globaux au sein des territoires agricoles, à l'échelle nationale. Il fait l'hypothèse que la diversité acoustique des paysages ruraux augmente avec l'hétérogénéité de composition et de configuration des mosaïques agri-forestières, tout en étant favorisée par des systèmes de polyculture-élevage tendant vers l'extensification des pratiques de gestion (agriculture biologique, transition agro-écologique). De façon subsidiaire, le projet vise à répondre aux questions suivantes : L'hétérogénéité de composition et de configuration a-t-elle changé

depuis l'immédiat après-guerre et dans quelle proportion ? Comment l'essor de la mécanisation, la déprise agricole et la périurbanisation ont-ils contribué à la fois à augmenter les surfaces en friches favorables à la biodiversité tout en isolant les paysages agricoles au sein d'un maillage routier toujours plus important ? Quel est l'effet de la quantité historique de prairies permanentes dans le paysage sur les diversités et les communautés acoustiques actuelles ? Cela se traduit-il par un décalage temporel de réponse de la diversité acoustique (*'time-lag'*) et quelle est la période historique qui a marqué ce changement, notamment en termes de pratiques agricoles ?

2. Objectifs du stage et démarche envisagée

L'objectif du stage est de produire des cartographies diachroniques à partir d'orthophotos anciennes avant (années 50), après remembrement agricole (années 90) et récentes (années 2020) par apprentissage profond pour l'analyse de la biodiversité acoustique actuelle des paysages sonores. Cette cartographie sera appliquée à l'ensemble des sites FARMSOUND (environ 600 paysages répartis sur le territoire national et regroupés par clusters régionaux, Bretagne, Normandie, Nouvelle Aquitaine, Occitanie, PACA, AURA et Bourgogne-Franche Comté). Plus précisément, les objectifs du stage seront :

1. produire une cartographie multi-temporelle aux trois dates de référence de l'occupation du sol sur l'ensemble des sites échantillonnés dans FARMSOUND avec une attention particulière portée aux prairies semi-naturelles permanentes ;
2. analyser les dynamiques paysagères selon les processus principaux : fragmentation *per se* (hétérogénéité de configuration, longueur d'interfaces) et changements d'usage du sol, en particulier évolution des taux de boisement, retournement des prairies naturelles, développement des cultures annuelles, recouvrement des cultures pérennes (vignes, vergers, plantes aromatiques), développement de l'agriculture biologique, entre les 3 périodes de référence (années 1950–1965, 1990–2000, 2020–2025) ;
3. croiser ces dynamiques spatiales historiques avec les valeurs d'indices de biodiversité acoustique actuelle par région et au niveau national, afin de quantifier le pouvoir explicatif relatif des structures paysagères présentes et passées, avant et après remembrement agricole, et biodiversité acoustique actuelle.

3. Profil et compétences attendues

Formation : Master 2 ou école d'ingénieur en intelligence artificielle, data science, vision par ordinateur, géomatique ou discipline équivalente.

Compétences techniques : Maîtrise des bibliothèques de deep learning (PyTorch, TensorFlow, Keras), expérience en segmentation et classification d'images, idéalement sur orthophotos ou images aériennes. Connaissances en SIG (QGIS) et/ou des bibliothèques Python de traitement de données géospatiales (GDAL, Rasterio, Geopandas) appréciées.

Compétences scientifiques et interdisciplinaires : Capacité à travailler sur des problématiques complexes en écologie, agroécologie ou biodiversité. Connaissances ornithologiques, naturalistes ou en agronomie appréciées.

Qualités personnelles et professionnelles : Autonomie, rigueur, organisation, curiosité scientifique et capacité à travailler en équipe multidisciplinaire.

4. Conditions de réalisation

Durée du stage : 6 mois (à partir de Mars 2026 ou plus tard)

Indemnité de stage : selon barème en vigueur

Lieu du stage : Laboratoire DYNAFOR – Campus de l'AgroToulouse (ENSAT)

UMR 1201 INRAE/INP-ENSAT/EI Purpan

Av. de l'Agrobiopôle, BP 32607 - 31326 Castanet-Tolosan

Encadrement :

- Yousra Hamrouni : Enseignante-chercheuse en Sciences des données, INP AgroToulouse, UMR 1201 DYNAFOR
- Luc Barbaro : Chercheur en écologie et en biogéographie, INRAE Toulouse, UMR 1201 DYNAFOR

Collaboration :

Audrey Alignier, Chercheuse en écologie, INRAE Rennes, UMR 0980 BAGAP

5. Candidature

Pour faire acte de candidature, envoyez une lettre de motivation et un CV détaillé au plus tard le 28/11/2025 à yousra.hamrouni@toulouse-inp.fr et luc.barbaro@inrae.fr