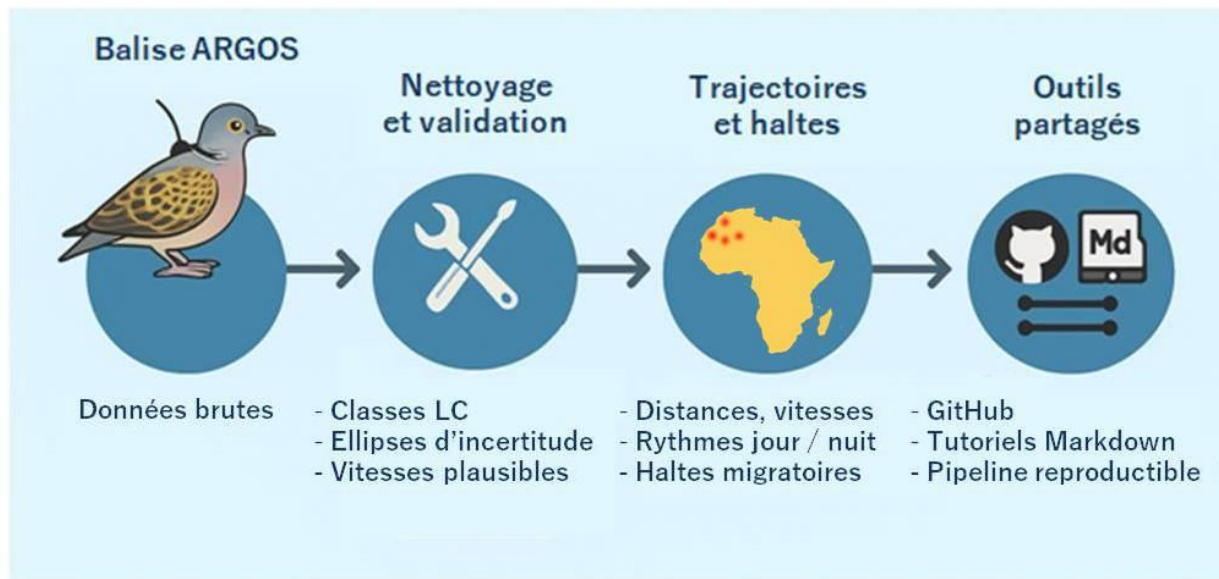


## Offre de stage – Master 2 Année universitaire 2025 – 2026

### Suivis satellitaires et écologie du mouvement : développement d'outils d'analyse de données ARGOS à partir d'un échantillon test sur la Tourterelle des bois au Maroc



#### Contexte

Le suivi télémétrique via le déploiement de balises **ARGOS** s'avère particulièrement adapté aux oiseaux migrateurs transsahariens se reproduisant sur le continent africain. Contrairement à la technologie **GPS-GPRS**, encore limitée en zones sahariennes et sahéliennes par la couverture des réseaux de téléphonie mobile assurant le transfert des données collectées, le système ARGOS permet un suivi continu des individus tout au long du cycle migratoire. Cette technologie offre ainsi des opportunités uniques permettant de documenter les stratégies de migration et d'hivernage d'espèces dont certaines encore largement méconnues. L'acquisition de telles données s'avère aujourd'hui crucial dans le contexte du **changement global**, qui impacte la disponibilité des ressources et fragilise la viabilité des corridors de migration, avec des enjeux majeurs pour la conservation de nombreuses espèces migratrices transsahariennes.

Au cours du printemps 2025, dans le cadre du projet **TIMILLA** (BioSphère Environnement / Office Français de la Biodiversité – OFB / Institut Scientifique de Rabat / GREPOM–BirdLife Maroc), une phase test de déploiement de balises ARGOS a été réalisée sur des **Tourterelles des bois** (*Streptopelia turtur*, ssp. *arenicola*) reproductrices au Maroc. Les premières données recueillies sur ce modèle biologique en fort déclin sur l'ensemble de son aire de répartition (IUCN : "Vulnérable") constituent un **jeu test pertinent** pour développer un pipeline d'analyse ouvert, traçable et réutilisable, applicable aux suivis avifaunistiques via la technologie ARGOS, au bénéfice de la communauté scientifique, des naturalistes et des gestionnaires d'espèces et d'espaces du Maroc.

## Objectifs du stage

### 1) Méthodes & pipeline (reproductible, traçable, ouvert)

- Formaliser une **procédure d'analyse standardisée** :
  - filtrage/validation** des localisations ARGOS (classes de localisation, ellipses d'incertitude),
  - contraintes de vitesse** et détection de segments aberrants,
- Standardiser les **objets de sortie** (cartes avec points et segments de mouvements).
- Structurer un **dépôt GitHub** (scripts + tutoriels **RMarkdown/Quarto**) conforme aux approches **FAIR** (traçabilité, réutilisabilité).

### 2) Écologie du mouvement : analyses avancées à partir de données collectées sur la Tourterelle des bois : construction de scripts sous R pour étude de :

- Cinétique de migration** : distances/vitesses par pas de temps.
- Chronobiologie** des déplacements : rythmes diurnes/nocturnes.
- Stopovers** : détection robuste (segmentation par ruptures ; **state-space models / HMM** pour états : *transit* vs *stopover*).
- Validation croisée** des filtres : règles déterministes (ellipse/vitesse) vs **modèles d'états latents** (comparaison d'indicateurs et sensibilité).

### 3) Valorisation & transfert

- Note méthodologique ou data paper** (pipeline + description du jeu de données test).
- Kit réutilisable** pour les équipes marocaines (chercheurs, ONG, gestionnaires) : scripts, jeux de données tests anonymisés, guide d'utilisation.

### 4) Appui au développement du projet TIMILLA

- Contribution au déploiement de 20 nouvelles balises au cours du printemps 2026 avec deux missions de 10 à 12 jours (province d'Al Haouz, secteur d'**Ouirgane**, Haut-Atlas, et ville de **Marrakech** et sa périphérie immédiate).

## Compétences développées

- Écologie du mouvement** : SSM/HMM, segmentation, stopovers, incertitude.
- Biologging – ARGOS** : traitement d'ellipses, pas de temps irréguliers, métriques robustes.
- Reproductibilité** : pipeline versionné, **Git/GitHub** et RMarkdown.
- Rigueur scientifique** : protocoles comparatifs, traçabilité et mise en forme d'outils de gestion et d'analyse de données.
- Pose de loggers** : acquisition de compétences pratiques intégrant les principes techniques, éthiques et réglementaires.

## Boîte à outils (indicatif et ajustable)

- R** (packages tidyverse, sf, ggplot2/ggspatial pour **cartographie standardisée**).
- Écologie du mouvement** : packages aniMotum (SSM), momentuHMM/moveHMM...
- Optionnel** : **bayesmove** / modèles bayésiens pour états et incertitudes.



## Profil recherché / perspectives

- **Master 2** : écologie, biologie de la conservation, géomatique ou biostatistiques appliquées.
- **Compétences analytiques solides** : intérêt marqué pour la modélisation, l'inférence statistique et la genèse de codes sous *R*.
- **Autonomie élevée** et capacité à structurer un projet de manière rigoureuse.
- Intérêt fort pour les **oiseaux migrants**, l'**écologie du mouvement** et les approches de **science ouverte**.
- **Priorité donnée aux étudiant-e-s marocain-e-s**.
- **Perspectives** : en fonction de l'avancée du projet au cours de l'année 2025 (nombre de nouvelles balises déployées) : possibilité de poursuite en thèse, en **cotutelle avec une université marocaine**, selon résultats et financements. Le projet doctoral porterait sur la **comparaison des stratégies de migration et d'hivernage** des populations de Tourterelles des bois se reproduisant au Maroc vs celles se reproduisant en France.

## Encadrement

- **Encadrement scientifique** : BioSphère Environnement (France), en partenariat avec l'**Office Français de la Biodiversité (OFB – France)**, l'**Institut Scientifique de Rabat** (Université Mohammed V) et le **GREPOM–BirdLife Maroc**.
- **Gouvernance scientifique** : échanges réguliers avec l'ensemble des partenaires (séminaires, réunions de suivi) afin de valider les choix méthodologiques et de garantir la transférabilité des outils.
- **Format mixte** : encadrement combinant le **distanciel** (suivi régulier, réunions de travail en ligne, partage de codes et de rapports via GitHub) et le **présentiel** (séances de travail au Maroc et participation aux missions de terrain).

## Livrables attendus

1. **Pipeline** documenté (scripts + README + jeu test anonymisé).
2. **Guide utilisateur** (RMarkdown/Quarto) pour réemploi par des porteurs de projets marocains.
3. **Note méthodologique / data paper** (soumission envisagée).
4. **Jeux d'indicateurs** standard (CSV/GeoPackage) et gabarits cartographiques.

## Informations pratiques

- **Durée** : 5–6 mois | **Début** : dès début mars 2026 (flexible).
- **Lieu** : Maroc, avec sessions de terrain dans la région d'**Al Haouz (Ouirgane)** et **aux alentours de la ville de Marrakech en avril et mai**.
- **Encadrement** : mixte (distanciel + présentiel au Maroc), en lien avec les différents partenaires du projet. Accueil possible sur le territoire français selon besoins et moyens.

## Candidature

Envoyer **CV + lettre de motivation** à :

**Dr Raphaël Musseau (PhD) — BioSphère Environnement**

**E-mail** : musseau.biosphere-environnement@orange.fr.