

Plan de surveillance de la biodiversité terrestre et de la biodiversité forestière : répartir l'effort dans le temps et l'espace

Stage de M2 recherche ou stage de fin d'étude ingénieur. Forte compétence en statistique ou en biométrie requise

Encadrement : Romain Julliard, CESCO – Muséum ; Antoine Lévêque, Patrinat – Muséum ; Frédéric Gosselin, Inrae – Nogent-sur-Vernisson ; Fabien Laroche Inrae – Toulouse.

La puissance publique tout comme la recherche a besoin de disposer de mesures des variations de l'état de la biodiversité dans le temps (chaque x années, $x \geq 1$), notamment à l'échelle nationale et infra. Il s'agit pour cela de mesurer régulièrement la biodiversité sur des placettes réparties selon un plan d'échantillonnage représentatif du territoire étudié. Les moyens alloués à un tel dispositif étant donnés (par exemple, de quoi aller sur 1000 parcelles chaque année), il s'agit de répartir l'effort de manière optimale afin de réduire l'erreur type de l'estimation des variations temporelles de l'état de la biodiversité (fonction du biais et de la précision). En particulier, ces placettes peuvent être identiques à chaque campagne de mesure (placettes permanentes) ou être renouvelées. De même, on peut répartir l'effort sur davantage de placettes visitées moins souvent ou bien sur peu de placettes visitées fréquemment. On sait déjà que le choix entre ces deux dernières alternatives dépend de l'autocorrélation spatiale et-temporelle de ce qui est mesuré (voir par exemple Rhodes and Jonzén, 2011, *Ecography*). Il est probable qu'il en est de même pour la proportion de placettes permanentes, i.e. revisitées, *PPPPerm*.

Le première partie stage consistera à déterminer les valeurs de *PPPPerm* qui maximisent la précision des tendances estimées en fonction de l'autocorrélation spatiale et temporelle des dynamiques étudiées. Il s'agira plus particulièrement :

- De faire le point de la bibliographie sur cette question ;
- De bien définir les objectifs de la surveillance avec les porteurs des projets PASSIFOR2 et Surveillance de la Biodiversité Terrestre (co-encadrants du stage), pour le territoire national en général et pour la forêt en particulier, et de voir comment la formulation des objectifs peut affecter la réponse à la question ;
- Généraliser les résultats de Rhodes & Jonzen (2011) à la prise en compte d'une autocorrélation temporelle stochastique (par exemple de type AR1), au-delà de l'autocorrélation temporelle induite par la dynamique densité-dépendante de l'espèce étudiée par Rhodes & Jonzen (2011).
- Passer au contexte où $0 < PPPPerm < 1$, pour traiter la question ci-dessus ;
- Quand $PPPPerm > 0$, étudier à la suite de Rhodes & Jonzen (2011) la relation entre l'autocorrélation temporelle de ce qui est mesuré et la périodicité recommandée de retour sur les parcelles permanentes x .

Au-delà des gradients spatiaux et temporels, ces dispositifs de surveillance ont souvent comme ambition de tester une ou plusieurs hypothèses a priori (par exemple, effet d'une gestion particulière, d'une mesure de protection...) : on utilise alors des strates dans le plan d'échantillonnage pour séparer plusieurs types de populations statistiques. Quand l'une de ces strates est naturellement rare, il convient

généralement de la sur-échantillonner afin de maximiser la puissance du test, tout en limitant la perte de précision de l'estimation de la tendance globale, objectif de la surveillance.

- On étudiera quelle recommandation faire sur cette question en fonction de la rareté de la strate, et des niveaux d'autocorrélation spatiale et temporelle de la variable mesurée.
- D'une manière plus générale, il s'agira de voir comment concilier au mieux dispositif de surveillance et test d'hypothèses pouvant se traduire par une stratification a priori de l'échantillonnage.
- Enfin, en prenant le cas particulier de la gestion forestière qui suppose des strates avec une certaine dynamique, voir comment cela peut affecter les recommandations de plan d'échantillonnage.

Le sujet proposé est un sujet de simulation de données sur un dispositif spatial pour le moment relativement virtuel, a priori en se basant sur les travaux de Rhodes & Jonzen (2011, Ecography) qu'il s'agira de généraliser (à la fois les formes des matrices de variance-covariance et les scripts d'optimisation) sous différents aspects (autocorrélation temporelle stochastique, ajout de placettes non permanentes, introduction de strates). Si d'autres cadres émergent durant le stage, ils pourront être préférés à celui de Rhodes et Jonzen. Si le stage avance très vite, d'autres questions pourront être abordées, comme l'application à des données ou contextes réels (comme le programme STOC) ou la simulation de suivis adaptatifs visant d'abord à bien estimer les autocorrélations spatiales et temporelles de différentes espèces avant d'optimiser le dispositif.

Aspects pratiques :

Le stage (6 mois) se déroulera en principe dans les locaux du Cesco au Muséum à Paris. Rémunération forfaitaire par gratification mensuelle conformément à la législation.

Ce projet de master s'insère dans un projet plus large, d'acronyme PASSIFOR2 et intitulé : « ELABORATION DE MAQUETTES DE SUIVI DE LA BIODIVERSITÉ FORESTIÈRE », financé par le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire.

La candidature (CV, lettre de motivation, en précisant d'éventuels travaux faits par l'étudiant sur un sujet proche) est à envoyer au plus vite et dans tous les cas avant le 6 décembre 2020 à Romain Julliard <romain.julliard@mnhn.fr>.