

Deux applications web pour aider dans le suivi des mortalités induites par les éoliennes. Manuel d'utilisation.

Aurélien Besnard & Cyril Bernard – UMR5175 Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive – Montpellier.

Il s'agit de deux petites applications Shiny, c'est-à-dire d'applications web qui font tourner un script R sur le serveur. Ce type d'application permet de programmer des manipulations de données et des calculs sur des variables qui peuvent être entrées par l'utilisateur (fichiers de données ou informations saisies sur la page web). Cet outil permet aussi d'afficher le résultat des calculs (des tableaux, des graphiques, etc). L'ensemble du code est dans le langage R, très utilisé aujourd'hui du fait de son caractère gratuit. Les applications ont été programmées par Aurélien Besnard et Cyril Bernard, permanents du Centre d'Ecologie Fonctionnelle et Evolutive.

EolApp - une petite application pour obtenir les intervalles de confiance à 95% des estimations de mortalités liées aux éoliennes.

La première application permet d'obtenir les intervalles de confiance à 95% des estimations de mortalité obtenues dans le cadre des suivis sous les éoliennes. En effet, le calcul de la mortalité à l'aide des différentes formules issues de la littérature et proposées par le Ministère, sont de fait des estimations. Ce calcul repose sur des processus d'échantillonnage multiples. Par exemple la répartition des mortalités dans le temps est en soit un processus aléatoire. Les passages répétés dans le temps sous les éoliennes correspondent à un processus d'échantillonnage. La persistance et la détection des cadavres lors de la mise en place de cadavres reposent aussi sur des processus aléatoires. Tous ces processus impliquent une incertitude sur les estimations qui se doit d'être quantifiée et précisée en même temps que les résultats des calculs. Un powerpoint résumant ces éléments est téléchargeable sur la page web des applications.

Cette première application repose donc sur des données existantes. Les calculs se basent sur un protocole standardisé, à savoir un nombre de visites défini sur une ou plusieurs éoliennes, séparés par des pas de temps identiques, visites pendant lesquelles les cadavres sont recherchés. Elle utilise aussi les données issues de l'expérimentation utilisée pour estimer la persistance ainsi que la détection.

Lors du chargement de la page, la première information à fournir consiste en fichier de données incluant les données de visites de terrain pour la recherche des cadavres. Ce fichier doit être au format « csv » (exporté de Excel par exemple). Il doit disposer d'une entête de colonne nommée « Cadavres ». Il ne contient qu'une seule colonne. Chaque ligne de cette colonne précise le nombre de cadavres détecté à chaque visite sur le terrain. Si plusieurs éoliennes sont étudiées le même jour et que l'analyse est réalisée à l'échelle de l'ensemble des éoliennes, il convient de fournir le cumul des cadavres détectés sous l'ensemble des éoliennes à la date donnée. Un exemple de fichier est téléchargeable. L'application identifie à partir du fichier le nombre de visites réalisées. Lorsque le fichier est chargé, la fenêtre de droite affiche un extrait de son contenu pour vérification. On peut aussi trouver le nombre de ligne du fichier chargé sous le nom du fichier pour vérification.

L'utilisateur fournit alors un deuxième fichier incluant les données de durée de persistance des cadavres mis en place sous les éoliennes. Il s'agit ici de fournir pour chaque cadavre (un cadavre par

ligne) le nombre de jours pendant lesquels chaque cadavre était toujours présent. Ce fichier est aussi en format « csv ». Il dispose d'une entête de colonne nommée « persistence ». Un exemple de fichier est téléchargeable. Là aussi l'application détecte automatiquement le nombre de cadavres utilisés pour l'expérimentation à partir du nombre de lignes dans le tableau. Lorsque le fichier est chargé, la fenêtre de droite affiche un extrait son contenu pour vérification. On peut trouver le nombre de ligne du fichier chargé, là encore, sous le nom du fichier pour vérification.

Ensuite l'application demande un certain nombre d'informations concernant le protocole utilisé et la méthode à utiliser pour obtenir les intervalles de confiance.

Un premier « bouton » permet de sélectionner selon quel principe méthodologique les intervalles de confiance seront obtenus. Il y a deux possibilités, soit en « bootstrap non-paramétrique », soit en « bootstrap paramétrique ». La première option est la plus lente mais elle est plus fiable quand vous disposez d'un nombre limité de passages ou de cadavres détectés. La deuxième méthode est plus rapide mais pertinente uniquement pour des jeux de données très conséquents (dans le cas de petits jeux de données elle fournit des résultats trop optimistes sur la précision des estimations de mortalité). Les deux méthodes fournissent les mêmes résultats lorsque les jeux de données sont grands.

Il faut ensuite préciser l'intervalle de temps entre les différents passages (une seule valeur possible donc il faut des plans d'échantillonnage standardisés et simples). Cet intervalle de temps peut être un nombre à décimale si vous avez fait des passages irréguliers (par exemple un mélange de passages tous les 3 et 4 jours). Vous pouvez alors fournir la moyenne (les calculs seront alors une approximation). Le logiciel propose des incréments mais vous pouvez taper la valeur que vous voulez. A noter que selon les ordinateurs, le serveur semble accepter soit les virgules uniquement soit les virgules et les points pour les décimales.

L'application demande ensuite combien d'individus ont été posés pour l'estimation de la détection des cadavres et combien ont été trouvés par les observateurs. Dans le cas d'observateurs multiples l'application ne pourra gérer que la moyenne des observateurs. Il faut dans ce cas-là considérer un nombre de cadavre total correspondant au nombre de cadavres posés multipliés par le nombre d'observateurs les ayant cherchés (nombre total de cadavres soumis à la détection).

Enfin, l'application demande le pourcentage de la surface de la zone d'étude ciblée qui a été effectivement échantillonnée. Dans le cas de plusieurs éoliennes il faut fournir le pourcentage moyen sur l'ensemble des éoliennes. L'application ne permet pas de gérer plusieurs cercles concentriques. Attention ce pourcentage est à noter en « taux », c'est-à-dire en chiffre avec décimale (par exemple 0.75 pour 75% de couverture). Le logiciel propose des incréments mais vous pouvez taper la valeur que vous voulez. Là aussi les décimales sont notées soit avec des virgules soit avec des points selon les ordinateurs.

Il suffit alors de cliquer sur « calcul » pour que l'application lance le code R et affiche dans la fenêtre de droite un tableau contenant les estimations des 4 formules retenues par le Ministère avec leur intervalle de confiance à 95% (bornes à 2.5% et 97.5%) et les intervalles de confiance à 80% (bornes à 10% et 90%). Ces chiffres correspondent au nombre total de mortalités estimées sur l'ensemble de la période d'étude.

Eol2App - une petite application pour préparer son suivi de mortalités liées aux éoliennes.

Cette deuxième application vise toujours à estimer des mortalités et calculer leurs intervalles de confiance à 95% mais cette fois en amont de la définition d'un suivi. Cette application simule un grand nombre de fois, les résultats d'un suivi à partir des informations fournies par l'utilisateur et fournit ainsi la distribution des estimations de mortalités. Cela permet de regarder la variabilité des estimations qui peuvent être obtenues dans le cas de ce suivi et donc d'anticiper sur la précision des estimations.

L'utilisation doit fournir un certain nombre d'informations a priori sur le contexte de son étude. Il doit notamment fournir le nombre de visites prévus et l'intervalle de temps entre ces visites. Il doit aussi fournir le nombre de cadavres qui sera utilisé pour estimer la persistance et préciser la persistance moyenne attendue. Il en est de même pour la détection des cadavres. Ces chiffres peuvent reposer sur du dire d'expert ou sur les résultats d'une expérimentation réelle menée en amont sur le site d'étude. Enfin, l'utilisateur doit renseigner combien de mortalités sont occasionnées **annuellement** a priori sur la zone étudiée. Il ne s'agit pas ici de préciser le nombre de cadavres qui seraient trouvés mais bien le nombre de mortalités occasionnées par les éoliennes. Dans le cas où l'utilisateur n'a pas d'idée très précise de ces chiffres, nous recommandons de lancer plusieurs fois l'application en utilisant un gradient de mortalité pour voir comment se comportent les intervalles de confiance de l'estimation.

Cette application repose sur des simulations utilisant les informations fournies par l'utilisateur. En partant du nombre de mortalités annuelles, les « cadavres » sont répartis de manière aléatoire sur l'ensemble de l'année. L'histoire des cadavres est alors modélisée dans le temps en utilisant la persistance fournie par l'utilisateur. A chaque pas de temps et pour chaque cadavre présent sur la zone d'étude, l'application réalise un tirage aléatoire dans une loi de Bernoulli (comme un tirage à pile ou face) avec la probabilité de persistance fournie par l'utilisateur pour déterminer si le cadavre disparaît ou pas lors de ce pas de temps. Cette étape permet de savoir exactement combien de cadavres sont disponibles à la détection par les observateurs chaque jour. On simule alors le protocole de terrain, le protocole commence le 5^{ème} jour (pour laisser le temps à quelques mortalités de s'accumuler dans le cas de persistances importantes). Pour chaque passage sur le terrain, on sait exactement combien de cadavres sont disponibles à la capture du fait de l'étape de simulation précédente. Pour chaque cadavre disponible, on réalise un tirage aléatoire dans une loi de Bernoulli avec la probabilité de détection fournie par l'utilisateur pour simuler le processus de détection et déterminer combien de cadavres seraient effectivement trouvés. Les cadavres trouvés sont alors « effacés » de la suite du jeu de données de cadavres (pour qu'ils ne soient pas trouvés lors de visites ultérieures). On obtient avec ces deux étapes, un jeu de données de détection de cadavres simulant la mortalité et le protocole de recherche. Ce jeu de données est alors utilisé pour estimer les mortalités à partir des quatre formules du Ministère.

Après avoir fourni l'ensemble des informations demandées, il suffit de cliquer sur « SIMULER » pour lancer les simulations. Une barre d'avancement indique où en est le processus. Le temps de calcul pour ces simulations peut être assez long. Malgré tout, nous recommandons de réaliser un minimum de 1000 simulations pour obtenir des résultats fiables. Le temps de calcul augmente avec le nombre de mortalité et la durée totale de l'étude.

Comme pour la première application, les mortalités estimées et leur intervalle de confiance à 95% (bornes à 2.5% et 97.5%) et les intervalles de confiance à 80% (bornes à 10% et 90%) s'affichent dans un tableau à la fin du processus. Il s'agit là aussi des estimations de mortalités totales sur l'ensemble de la période d'étude. Ce tableau inclus aussi une colonne précisant le nombre de simulations pour lesquelles aucun cadavre n'a été trouvé (conduisant donc à une estimation de mortalité à 0). Les graphiques présentés en dessous des estimations figurent la distribution attendue des estimations de mortalités suivant le scénario exploré.