

InSpred. Bayesian modelling at ecological / climatic interface

Stéphane Dupas, Marc Stéfanon, Bruno Le Rü, George Ong'amo, Nicolas Viovy, Juan Fernandez,

Contexte, enjeux

Afin d'adapter des agrosystèmes aux changements globaux nous avons besoin d'établir des scénarios qui prennent en compte les aspects socio-économiques, climatiques, agricoles et écologiques en estimant nos incertitudes. Une des limitations de ces modèles est en effet notre incapacité à appréhender les incertitudes.

Objectif

Améliorer les modèles de prédiction la réponse des insectes ravageurs des cultures en Afrique subsaharienne dans un cadre bayésien probabiliste, en combinant différentes approches de modélisation pour lesquels BASC dispose de compétence dans les différents laboratoires impliqués dans le projet :

- modèles de niche pour la partie écologique,
- modèles de changement d'usage des sols pour la partie socio-économique,
- modèles de réduction d'échelle pour la partie climatique,
- modèles de surface adaptée aux cultures pour la partie plante.

Méthodes

- 1) Acquisition de données sur l'abondance de *B. fusca* sur le maïs et sur les facteurs d'abondance (questionnaires) le long de gradients altitudinaux.
- 2) Inférence modèle de niche (modèle additif généralisé *gam* & maximum d'entropie *maxent*) sur statistiques bioclimatiques moyennes (Worldclim).
- 3) Obtention de séries temporelles climatiques fiables.
- 4) Obtention de séries temporelles d'usage du sol, et inférence de modèles de changement d'usage des sols (LUCC).
- 5) Obtention de séries temporelles d'un modèle de surface adapté au maïs (ORCHIDEE).
- 6) Développement d'un modèle bayésien mécanistique reliant le cycle de vie des insectes aux conditions environnementales, inféré à partir des données de terrain.
- 7) Proposition d'un outil de scénario / alerte précoce / service climatologique pour les insectes

Modèle biologique

Busseola fusca, Lépidoptère Noctuidae, foreur de tige du maïs en Afrique



Les lépidoptères foreurs de tige sont responsables de pertes allant de 25 à 55 % des récoltes en Afrique

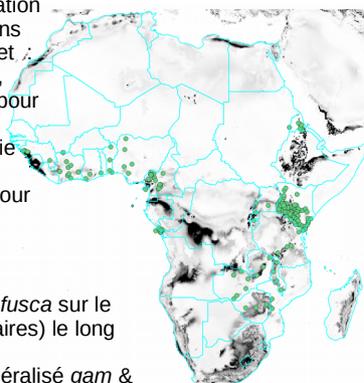
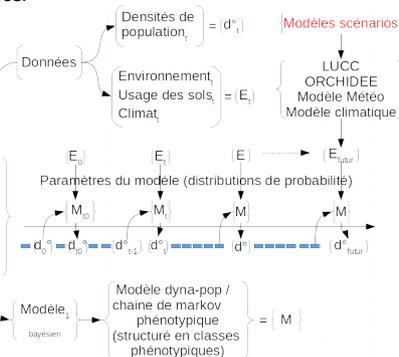


Figure 1 : modèle GAM et localités Africaines

Démarche statistique

Ajustement et la comparaison statistique de modèles de reliant les séries temporelles d'abondances d'insectes aux variables considérées.



Résultats & discussion

- 1) Données 2003 -2003 : 769 collectes (184 localités sur l'Afrique), dissection de 100 tiges, élevage des insectes.
- 2) Inférence modèle de niche (modèle additif généralisé *gam*, figure 1 sur l'Afrique et maximum d'entropie *maxent*, figure 2, sur le Kenya) sur statistiques bioclimatiques moyennes (Worldclim). Les scénarios moyens pour 2050 montrent une importante augmentation des densités attendues pour 2050 (Figure 2).

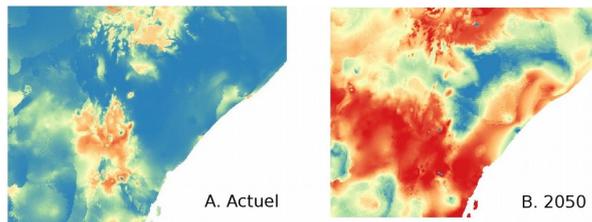


Figure 2 : Projection moyenne au Kenya du modèle Maxent pour 11 modèles de circulation, RCP 2.5° en 2050

- 3) Réduction d'échelle à 5km de séries climatiques du programme CORDEX à 50km. Calage sur 8 stations Kenyennes achetées auprès du service météorologique gouvernemental du pays. Des surestimations de la température ont été observée pour 7 des 8 stations et des surestimations de précipitation pour l'une d'entre elles. Un problème de saisonnalité est aussi observé pour les précipitations et les températures, mais il ne concerne que l'une de stations. Ces modèles n'ont pas pu être plus corrigés du fait du coût des données météorologiques et de l'absence de base de données WFDEI accessible avant 2012.
- 4) Modèle d'usage des sols : stage étudiant, mais n'a pu être développé faute de série temporelle à plus de deux temps dans le temps pour le Kenya.
- 5) Modèles de surface : nécessitait l'obtention de variables complémentaires non disponibles dans CORDEX (rayonnement, vent). Les données WFDEI classiquement utilisées pour alimenter ORCHIDEE ne sont pas disponibles avant 2012. Perspectives : Ces données pourront être éventuellement simulées à l'aide d'un « weather generator » lorsque nous aurons résolu les biais de moyenne et de saisonnalité observés dans nos opérations de downscaling des données cordex.
- 6) Modèle bayésienmécanistique : Une bibliothèque R orienté objet proposant des classes et des méthodes pour l'inférence des paramètres du modèle relatifs à l'écologie des insectes (figure 3). Le modèle disponible sous <https://github.com/stdupas/forwardKenya> codé en R S4 est actuellement composé de classes et de méthodes pour la simulation de cette dynamique. Il comprend les objets suivants : (1) *ecoday* qui rassemble les grilles journalières sur le climat et les insectes et les méthodes *myOperation*, *recruitment*, *ToStream* et *survival* qui permettent d'y accéder et les recalculer séquentiellement dans le temps à l'aide en utilisant les informations du modèle sur la survie la reproduction et le développement de chaque stade de l'insecte en fonction de l'environnement. Ce modèle de transition de stades est hébergé dans une variable de classe *model* qui contient une liste de matrices de transition journalière entre stade et entre cellule géographique. Ces matrices hébergent l'information correspondant à la reproduction, la migration, et le développement d'un stade à un autre. Une variable de classe *envtimeSeries* contient les séries environnementales.
- 7) Le modèle de transition migratoire et de stade en fonction de l'environnement doit alors être inféré à partir des données (plante et précipitations) dans un cadre bayésien approximé. Cette partie finale n'est pas aboutie.

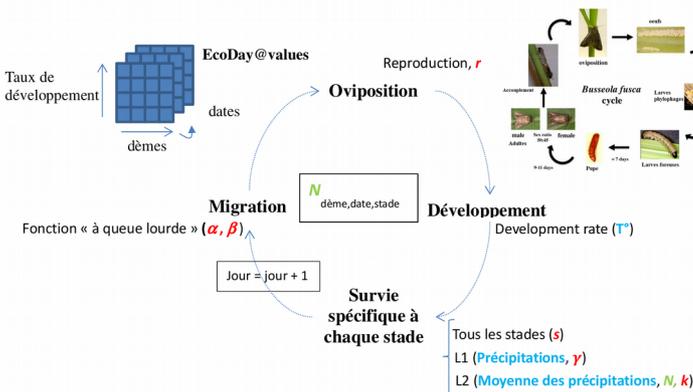


Figure 3. Paramètre du modèle bayésien de dynamique spatiale des populations d'insectes inféré à partir des données d'abondance observé et des séries temporelles environnementales. Le modèle prend en compte la sensibilité des différents stades et leurs capacités migratoires. Il permet d'établir des scénarios à partir des données et de produire des services climatologiques pour l'agriculture

Conclusion : le modèle proposé permettra d'inférer des scénarios probabilistes et des cartes de risques en alertes précoces, comme services climatiques proposés aux agriculteurs. Il permet notamment d'utiliser des données sous forme de cartes climatiques apportées par les prévisions météorologiques.