

BIODIVERSITÉ ET APPROCHES SPATIALES EN ENVIRONNEMENT

INTRODUCTION

Eric PARENT et Avner BAR-HEN *

La question n'est plus d'être pour ou contre la prise en compte de l'environnement dans la conduite de la cité mais bien de la gérer sans hypothéquer les droits de ceux qui l'habiteront demain et après. En d'autres termes, un développement soutenable passe par le partage équitable des ressources naturelles, ce qui suppose la détermination des stocks actuels et, pour le moins, leur sauvegarde. Ainsi, au sommet mondial du développement durable de 2002 à Johannesburg, tous les participants étaient d'accord pour mettre en œuvre des politiques de réduction significative de la perte de biodiversité. Cet objectif louable (et à atteindre d'ici 2010!) repose sur l'hypothèse que nous savons évaluer la perte de biodiversité sur de nombreuses régions, et ce, à différentes échelles de temps et d'espace... sinon nous n'aurons aucun moyen de vérifier si des progrès vers cet objectif ont été réalisés, ni d'évaluer l'efficacité comparée des diverses actions de conservation concertées entre les divers acteurs (locaux, nationaux ou internationaux) pour améliorer l'habitat des espèces et protéger leur statut dans notre société.

Tout statisticien a bien conscience qu'en premier lieu, c'est la mesure qui pose problème! Le terme « biométrie » a d'ailleurs été inventé pour désigner cette activité statistique de la mesure du vivant, même si, dans le langage courant, son acception subit aujourd'hui un dévoiement incommode vers le fichage des caractéristiques anthropométriques à des fins policières.

La mesure de la biodiversité pose un problème considérable parce que l'information sur l'évolution de la biodiversité est très souvent lacunaire, ou éparse en terme de couverture d'espèces ou de régions. Les études de synthèse sur le fonctionnement d'écosystèmes sont rares. Dans ces conditions, comment engager des actions de conservation du patrimoine de biodiversité à échelle importante et avec une intensité significative pour bloquer des changements que l'on pressent irréversibles? Il est vain de vouloir s'attaquer à tous les problèmes à la fois et, pour faire œuvre utile, le statisticien peut commencer par apporter sa première pierre à l'édifice. Il semble d'abord indispensable de prendre en compte la dimension spatiale : ici le « comment ? » dépend essentiellement du « où ? ». C'est en effet dans un contexte spatial que prennent place les mécanismes qui maintiennent la biodiversité, que ce soient les interactions entre espèces ou celles entre les espèces et leur environnement. C'est pourquoi, le 24 mai 2006, la Société Française de Statistique a organisé conjointement

* UMR MIA 518 INRA/AgoParisTech, avner@inapg.fr, parent@ingref.fr

avec la *Royal Statistical Society* et les sections française, britannique et irlandaise de la Société Internationale de Biométrie une journée d'étude sur le thème de la biodiversité et des approches spatiales en environnement. Les articles qui suivent, rédigés en anglais par courtoisie envers nos invités, illustrent comment quelques outils de statistique spatiale (théorie des valeurs extrêmes spatialisées, processus ponctuels, géostatistique transitive, processus de diffusion, modélisation bayésienne hiérarchique) fournissent des moyens de mesure utiles à l'évaluation de la biodiversité pour de nombreux domaines (assemblages d'espèces végétales en communautés, ressources marines, dispersion de pollens, recherche de spécificités génétiques dans une population spatialement répartie).

Les communications présentées au cours de la journée *biodiversité et approches spatiales en environnement* et regroupées dans ce numéro développent des modèles de structures spatiales originales.

L'intervention de Janine Illian et David Burslem discute des mécanismes permettant la coexistence d'un grand nombre d'espèces et le maintien de la biodiversité. Plusieurs théories s'affrontent pour expliquer la coexistence des plantes en communautés, en particulier la théorie de la niche écologique et la théorie neutraliste. Leur article propose de juger les performances des prédictions dans le cadre des différentes théories grâce à l'aide de modèles de processus ponctuels.

Sophie Ancelet, Gilles Guillot et Olivier François proposent une classification bayésienne des ours bruns de Scandinavie fondée à la fois sur la localisation géographique des individus et leur génotype. Comme dans l'approche développée dans l'article suivant, il est abondamment fait ici recours au raisonnement conditionnel hiérarchique, tant pour la modélisation que pour l'inférence réalisée sous le paradigme bayésien.

Frédéric Mortier, Olivier Flores et Sylvie Gourlet-Fleury cherchent à construire des modèles décrivant la densité d'arbres juvéniles qui tiennent compte de la corrélation spatiale entre placettes ainsi que de l'inflation de zéros. Sur les données de Paracou, en Guyane française, on dispose en outre de variables potentiellement explicatives, telles l'altitude ou une mesure du voisinage d'arbres adultes, dont on veut tester l'influence. Ici encore le raisonnement conditionnel hiérarchique bayésien permet l'assemblage de plusieurs briques élémentaires : en haut de la hiérarchie, modèle conditionnel autorégressif pour modéliser la dépendance spatiale, puis régression sur les variables explicatives pour fixer le niveau moyen et enfin manifestation des observables sous la forme de structures aléatoires issues d'enrichissement de la loi de Poisson. Les variantes de cette construction hiérarchique sont comparées conformément à leurs performances prédictives sur le jeu de données.

Nicolas Bez montre comment la géostatistique transitive permet d'évaluer les stocks de ressources halieutique à partir d'une seule réalisation du processus en relaxant les hypothèses classiques de stationnarité et d'ergodicité de l'approche géostatistique traditionnelle (ou intrinsèque). Sous ce paradigme inusité mais prometteur, la structure spatiale n'est plus indépendante de

la géométrie du champ de mesures, mais les estimations d'abondance sont simples et robustes.

Catherine Laredo et Agnès Grimaud modélisent la dispersion du pollen et les taux de pollinisation croisés du maïs à l'aide de noyaux de dispersion. Les trajectoires du pollen sont obtenues par intégration d'équations différentielles stochastiques. On peut faire plusieurs hypothèses de modélisation sur le rôle du vent, l'effet de la gravité, la façon dont s'arrête le pollen et la valeur de paramètres biologiques. Plusieurs modèles de dispersion se retrouvent en compétition et l'analyse statistique des données de terrain permet de les comparer.

L'article de Philippe Naveau et Paul Poncet propose deux nouveaux modèles à espace d'états dont les fondations probabilistes reposent sur la théorie des valeurs extrêmes. Ces modèles suscitent de nombreuses questions théoriques, mais leur principal mérite est de créer des liens simples et commodes entre la théorie des valeurs extrêmes et la construction hiérarchique de modèles. Cette approche de modélisation regroupe des techniques statistiques et dynamiques abondamment utilisées pour combiner des couches successives comprenant, d'une part des données issues d'observations et d'autre part les processus phénoménologiques sous-jacents qui gouvernent le fonctionnement du système physique ou biologique.

Ces différents articles représentent davantage des coups de projecteur qu'une vision intégrative de ce vaste sujet qu'est la biodiversité. Nous espérons néanmoins que ce numéro permettra ainsi d'avoir une première idée du sujet sous de multiples facettes et qu'il suscitera d'autres travaux de recherche répondant aux nombreuses et importantes questions que notre société pose et continuera à se poser encore longtemps.

Pour terminer nous aimerions remercier les nombreuses personnes sans qui ce volume n'aurait pas vu le jour : en tout premier lieu les auteurs qui ont cherché à synthétiser de manière didactique des concepts parfois compliqués, les rapporteurs pour leur minutieuse relecture des manuscrits et leurs remarques judicieuses, nos partenaires britanniques Ruth King et Rognvald Smith qui ont suivi avec enthousiasme cette initiative. Enfin ce projet a été facilité par le soutien de la Société Française de Statistique, la *Royal Statistical Society* et les sections française, britannique et irlandaise de la Société Internationale de Biométrie. Nous aimerions remercier Liliane Bel et Marie-Pierre Etienne pour leur investissement dans l'organisation de la journée. Enfin nous souhaitons remercier Henri Caussinus pour son soutien indéfectible, ses conseils avisés et ses relectures rigoureuses.