

## MODELISATION MULTISCALEAIRE DE PHENOMENES SPATIAUX : OPTIMISATION D'ECHELLES D'ANALYSE ET TYPOLOGIES EMBOITEES DANS LE CONTEXTE D'UN RISQUE EPIDEMIOLOGIQUE.

Florian Tolle

UMR 6049 - Théoriser et Modéliser pour Aménager - Besançon (post-doc)

*Echinococcus multilocularis* est un parasite responsable chez l'homme d'une maladie grave : l'échinococcose alvéolaire. Les œufs du parasite, agent pathogène, sont présents dans les fèces de renard et peuvent survivre plusieurs mois dans l'environnement. La dispersion du parasite est fonction des besoins et de l'utilisation de l'espace des campagnols, hôtes intermédiaires, et des renards, hôtes définitifs. La manière dont ces derniers appréhendent leurs domaines vitaux est liée au paysage et aux disponibilités en habitat et en nourriture qu'il recèle. Le risque épidémiologique lié à la maladie a conduit, en France et en Europe, à la mise en place de programmes d'épidémiosurveillance. Ils ont permis de collecter des échantillons géoréférencés dont la contamination éventuelle a été testée. Cette base de données a servi au développement sur SIG d'un protocole de recherche de descripteurs paysagers présumés indicateurs du potentiel de risque. La dimension spatiale des spécificités du cycle parasitaire d'*Echinococcus multilocularis* a été abordée sous l'angle du paysage et de ses aspects structurels et fonctionnels. L'hypothèse est ici celle du rôle du contexte paysager sur la présence et les interactions entre les hôtes. Selon cette hypothèse, il serait possible d'identifier des paysages à risques dans la persistance du cycle parasitaire et dans la transmission d'*Echinococcus multilocularis* à l'homme et aux hôtes.

L'analyse exploratoire des interactions présumées entre le paysage et *Echinococcus multilocularis* nous ont amené à nous poser plusieurs questions. Tout d'abord, à quelle échelle convient-il d'aborder les données paysagères liées à un phénomène épidémiologique ? Ensuite, comment déterminer les variables paysagères les plus aptes à expliquer le ou les processus écologiques ? Enfin, dans quelle mesure la variabilité spatiale des paysages doit-elle être intégrée dans la recherche de facteurs de risque ?

La mise en relation de données ponctuelles (présence/absence, continues...) et de variables environnementales (paysagères, climatiques...) pose la question de l'échelle d'acquisition de ces dernières. Dans le cadre d'un programme de veille sanitaire portant sur le parasite responsable de l'échinococcose alvéolaire, nous avons mis en oeuvre deux méthodes d'optimisation scalaire appliquées au département du Doubs et à l'espace français.

Dans le Doubs tout d'abord, nous avons cherché à ouvrir le plus largement possible les champs de la description ouverts par l'écologie du paysage. Dans une zone connue comme endémique pour *Echinococcus multilocularis*, nous avons abordé l'échelle des paysages en cherchant à maximiser l'hétérogénéité locale des paysages autour des échantillons en fonction de leur statut épidémiologique. Cette étape nous a conduit à déterminer trois échelles locales emboîtées qui ont été retenues pour appréhender les processus parasitaires du département. Pour chacune de ces échelles, une analyse en régression logistique binaire a permis l'identification d'indices paysagers associés aux zones présentant des échantillons positifs. La qualité des modèles prédictifs générés a été testée par la méthode des courbes ROC et de l'aire sous la courbe (AUC). La représentation cartographique des facteurs paysagers présumés à risque a conduit à identifier des zones potentiellement favorables à l'établissement du cycle parasitaire sur l'ensemble du territoire du Doubs (fig. 1). L'association de ces zones à risques avec les densités de population humaine rurale et périurbaine a permis de donner une première estimation de la vulnérabilité humaine attendue et des risques de présence conjointe de l'agent pathogène et des hommes.

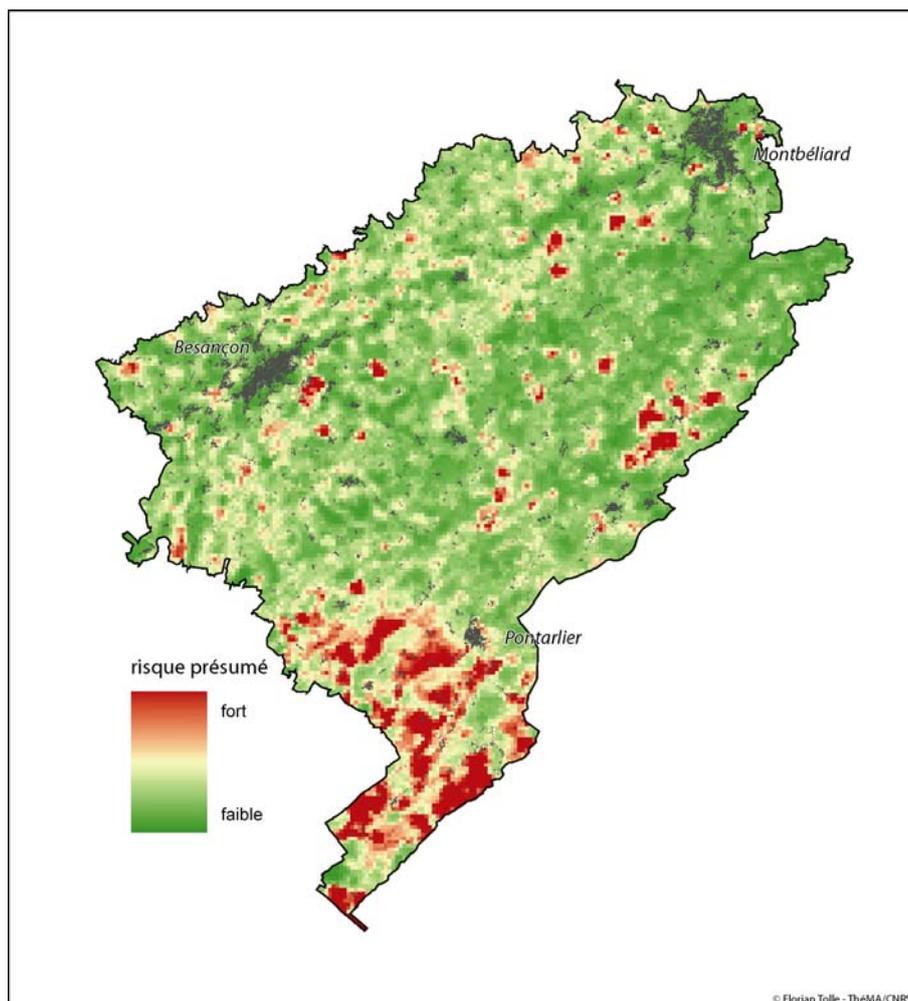


Figure 1 : Synthèse multiscalaire des indices de risque de présence parasitaire dans le département du Doubs.

Pour l'ensemble français, les nuées dynamiques floues ont été utilisées pour le choix de niveaux d'échelle pertinents et pour la sélection d'un nombre de classes optimal. Une typologie des paysages environnant les échantillons collectés a été réalisée à un premier niveau d'échelle. La répartition homogène des échantillons positifs dans les différents types paysagers nous a conduit à définir un second niveau d'échelle, plus local, pour les quatre types les plus représentés. La prévalence de chaque type paysager ainsi défini a été calculée et ordonnée selon un gradient de risque présumé croissant. Les types paysagers, définis ponctuellement dans l'environnement des points de données, ont été généralisés à l'ensemble de l'espace de manière à obtenir une représentation continue de la présence de ces types dans l'espace français. Les paysages ont été représentés en fonction de leur susceptibilité présumée à accueillir le cycle parasitaire. Cette approche visait à détecter d'éventuels contextes de prédilection pour l'établissement du cycle parasitaire. Au final, elle a révélé la grande diversité des zones contaminées. Les prévalences constatées dans chacun des types paysagers ne se sont pas pour autant avérées homogènes. La représentation ordonnée de ces disparités a abouti à une cartographie des paysages présumés à risque sur l'espace français (fig. 2). Le résultat offre une lecture des paysages où le parasite a été identifié le plus fréquemment, mais aussi une estimation du potentiel des paysages de zones où aucune données sur le parasite ne sont encore disponibles.

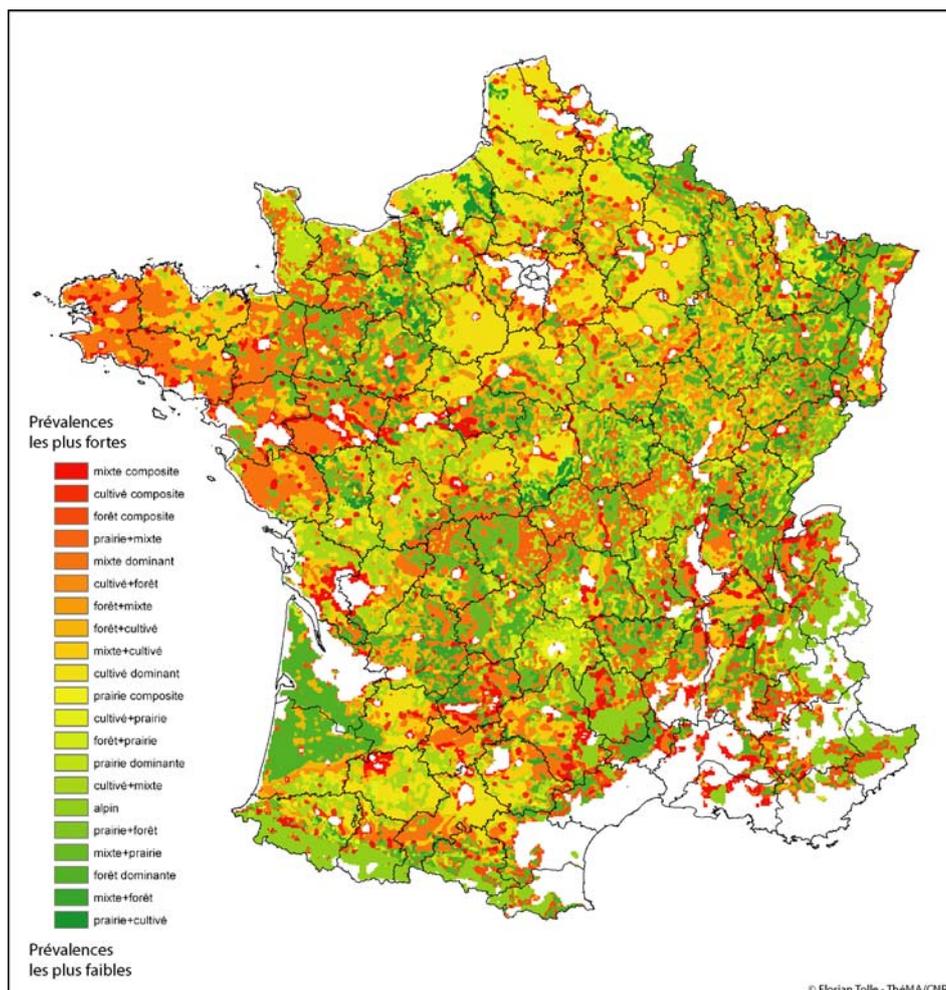


Figure 2 : Typologie des paysages et gradient de présence parasitaire présumée à l'échelle de la France.

Ces travaux ont permis de déterminer les liens présumés entre présence parasitaire et paysage. Ils ont, pour l'essentiel, porté sur la détermination d'espaces potentiellement favorables au parasite et à la survie de ses œufs, agent pathogène de la maladie. Ces résultats montrent les possibilités offertes par les outils de l'analyse spatiale et de la modélisation multiscalaire dans les problématiques de risque sanitaire.

Mots-clés : Paysage, risque sanitaire, écologie du paysage, épidémiologie, *Echinococcus multilocularis*, échinococcose alvéolaire.

Outils : SIG, indices d'écologie du paysage, maximisation de l'hétérogénéité, régression logistique binaire, courbes ROC, nuées dynamiques floues.