

Interaction entre occupation des sols et qualité écologique des cours d'eau : impact du réseau de mesures sur la modélisation

Interaction between land use and ecological quality of rivers: modeling based on monitoring network

Flavie Cernesson¹, Nathalie Lalande², Marie-George Tournoud³

1. UMR TETIS, AgroParisTech, Montpellier flavie.cernesson@teledetection.fr
2. UMR TETIS, IRSTEA, Montpellier lalande.nath@wanadoo.fr
3. UMR Hydrosiences, Université Montpellier II, Montpellier marie-george.tournoud@um2.fr

RÉSUMÉ

Mettre en œuvre des outils opérationnels pour évaluer et hiérarchiser l'impact de l'occupation du sol sur la qualité écologique des cours d'eau implique de s'appuyer sur la disponibilité des données issues des réseaux de mesures. De plus, ces outils doivent rendre compte de l'imbrication des échelles spatiales et des dynamiques notamment pour garantir une bonne estimation des relations amont-aval. Nous avons développé une méthodologie en trois étapes : préparation et analyse des données, détection d'une dépendance spatiale (ou non) des notes de qualité d'eau mesurées pour deux stations successives dans le réseau hydrographique, puis modélisation pression/état. Nos résultats, établis sur deux sous bassins versant de la Saône (France), permettent d'identifier les pressions humaines influençant le plus la qualité écologique des cours d'eau et montrent que la dépendance spatiale n'est pas systématique. Comme piste de futurs travaux, nous envisageons d'étendre notre démarche sur d'autres paramètres de la qualité de l'eau et sur le bassin de la Saône dans sa globalité.

ABSTRACT

Implementing operational tools to assess and prioritize the impact of land use on the ecological quality of rivers means relying on the availability of water quality data from monitoring networks. In addition, these tools must account for the nested spatial scales and dynamics, in particular to ensure a good estimate of upstream-downstream relations. The analysis of nested spatial scales and temporal dynamics is necessary to ensure a good overview of these relationships. We have developed a three-stage methodology: data collection and pretreatment, detection of spatial dependence (or not) of water quality scores measured for two successive stations, and modeling the relationship between water status and pressure. Our results, based on two sub watersheds of the Saone (France), identify the human pressures influencing the most the ecological quality of rivers and show that the spatial dependence is not systematic. We subsequently consider extending our approach to other water quality parameters and the Saône basin as a whole.

MOTS CLES

Modélisation pression/état, modélisation statistique spatialisée, occupation du sol, qualité de l'eau, réseau hydrographique

INTRODUCTION

La Directive Cadre sur l'Eau impose l'atteinte du bon état (ou d'un bon potentiel) écologique pour les masses d'eau. Préserver ou restaurer les masses d'eau nécessite l'identification et la hiérarchisation des pressions anthropiques sur lesquelles agir. L'utilisation des données d'occupation du sol comme estimateur des pressions diffuses sur les cours d'eau est courante. Elle s'est même développée au cours des dernières décennies grâce à l'accès et au développement de données et d'outils toujours plus performants (Johnson and Host, 2010). C'est dans ce contexte que nous proposons une démarche de modélisation statistique prenant en compte les contraintes imposées par la faible quantité des données mobilisables et par les dépendances spatiales dues au réseau hydrographique. Dans un premier temps, nous présenterons la méthodologie générale, puis nous en présenterons les résultats sur deux bassins tests avant de conclure.

1 METHODOLOGIE

Nous avons adopté une démarche statistique en trois phases qui, sur la base des hypothèses de fonctionnement connues dans la littérature nous permet de considérer : (1) les limitations imposées par des séries de données courtes et irrégulières pour qualifier l'état du cours d'eau ainsi que par le nombre et la localisation des stations de qualité d'eau ; (2) l'unicité de la source de données (l'occupation du sol) pour représenter les pressions humaines ; (3) les interactions spatiales amont/aval définies par la structure du réseau hydrographique ; et (4) le grand nombre d'indicateurs de pressions au regard du nombre d'observations de qualité d'eau (Lalande 2013).

La phase initiale concerne la préparation et l'analyse des jeux de données : (i) données de qualité d'eau qui intègrent l'ensemble des pressions ; (2) données d'occupation du sol aux trois échelles identifiées comme pertinentes dans la littérature pour qualifier les pressions diffuses sur le milieu aquatique ; (3) matrices de voisinage et de distance orientées ou non, permettant de modéliser les liens physiques entre les stations de mesures.

Puis les 2 étapes de la méthodologie consistent à :

- établir si les données de qualité d'eau présentent ou non une autocorrélation spatiale. Cette analyse s'appuie tout d'abord sur une analyse graphique (distance Decay), qui doit être confirmée par des tests statistiques. Les tests sont fondés sur l'analyse des distances ou des voisinages. Nous avons utilisé les tests les plus couramment employés (test de Mantel, indices de Moran et de Geary) malgré leurs contraintes d'application. En effet, ils ne prennent pas en compte l'asymétrie imposée par la localisation des stations sur le réseau hydrographique qui, par définition, est orienté. De plus ces tests ne sont pas très robustes sur de petits échantillons. Nous avons donc créé un quatrième test spécifique, nommé « Spearman et permutations », qui tient compte de l'asymétrie du système et de la petite taille des séries testées (grâce au coefficient de corrélation de Spearman).
- identifier les indicateurs de pression les plus influents. Lorsqu'il n'y a pas d'autocorrélation spatiale, nous avons utilisé une analyse bi-variée entre l'indicateur d'état et chaque indicateur de pression via le coefficient sur le rang de Spearman pour s'affranchir des limites liées aux petits effectifs. Dans le cas où l'autocorrélation spatiale a été observée, on utilise un modèle autorégressif (modèle SAR). Un indicateur de pression est retenu lorsqu'il est significativement corrélé à l'indicateur d'état.

2 RESULTATS

Nous avons testé la méthodologie sur deux sous bassins de la Saône (Est de la France) : l'Ognon (2305 km²), et l'Azergues (884 km²). Principalement agricoles (61 % de la surface du bassin de l'Azergues et 49 % pour celui de l'Ognon, 41 % de la superficie des corridors rivulaires des deux bassins), les deux bassins présentent des zones amont principalement recouvertes par des espaces naturels. Les zones artificielles urbaines, très localisées, sont disséminées dans toutes les parties des deux bassins. Au total, 85 indicateurs de pressions ont été construits pour chacune des stations de mesure à partir des données de Corine Land Cover 2006 (SOeS- EEA), et d'une cartographie fine d'occupation du sol disponible pour les corridors rivulaires (Decherf *et al.* 2011).

L'Indice Biologique Général Normalisé (IBGN) a été retenu pour qualifier l'état écologique des cours d'eau. L'analyse spatiale a été réalisée sur les années les plus riches en données : 2004 pour l'Azergues et 2008 pour l'Ognon (avec respectivement 22 et 10 stations échantillonnées en IBGN). La distance moyenne entre deux stations de qualité d'eau successives est de 5 km pour l'Azergues et de

28,8 km pour l'Ognon. Les réseaux orientés construits à partir de la BD TOPO® de l'IGN permettent de mettre en évidence 130 interactions spatiales pour l'Azergues et 31 pour l'Ognon.

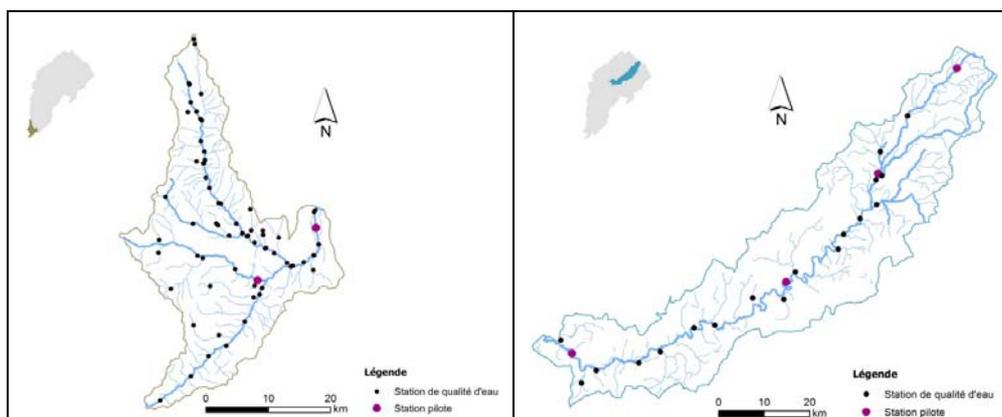


Figure 1 : Réseau d'observation pour les bassins de l'Azergues (à gauche) et de l'Ognon (à droite)

De l'analyse des distances Decay, il ressort que la qualité d'eau se dégrade globalement de l'amont vers l'aval, ce qui était prévisible. Les quatre tests sont appliqués aux séries des indicateurs d'état des deux zones pilotes pour étudier la présence significative d'autocorrélation. Ils détectent tous la présence d'autocorrélation spatiale pour le bassin de l'Azergues. En revanche, pour le bassin versant de l'Ognon, trois des quatre tests aboutissent à l'absence d'autocorrélation spatiale.

Vingt-huit indicateurs de pressions présentent des corrélations significatives entre occupation du sol et IBGN. Les corrélations sont positives pour les occupations du sol naturelle et semi-naturelles ainsi que pour les prairies et négatives pour les occupations du sol de type artificielle (urbain et route) et agricole. Le modèle autorégressif pour l'Azergues permet d'identifier 17 indicateurs pertinents parmi lesquels la forêt présente sur l'ensemble du bassin à l'amont de la station, les zones en prairie sur une bande de 300 m de part et d'autre du réseau hydrographique amont, et la présence de zone artificielle à proximité de la station de qualité d'eau. Les coefficients de Spearman calculés pour le bassin de l'Ognon mettent en avant 15 indicateurs de pression dont la présence de zones agricoles et de forêt à proximité de la station de qualité d'eau.

3 CONCLUSION

Pour conclure, nous retenons tout d'abord qu'il n'est pas possible de construire des indicateurs universels des pressions exercées par l'occupation du sol sur la qualité des eaux. Ensuite, les trois échelles d'analyse des pressions sont nécessaires, il y a donc un intérêt de connaître et d'avoir les moyens de caractériser finement l'occupation du sol à proximité des cours d'eau, information encore peu courante à l'heure actuelle. Enfin, les dépendances spatiales dans une succession amont/aval des stations ne sont pas systématiques et sont liées principalement à la densité des points de mesures. Pour le futur, ce travail de modélisation peut être étendu à l'ensemble du bassin de la Saône et complété en développant des approches multivariées qui intégreraient les paramètres physico-chimiques et biologiques autres que l'IBGN. Enfin, évaluer le caractère prédictif des modèles obtenus est une étape indispensable pour aboutir à un modèle pression/état/réponses intervenant, dans notre cas, directement sur les valeurs des indicateurs de pression.

4 REMERCIEMENT

ANR11-MONU14 (projet FRESQUEAU) ; Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse (convention 2010-0190)

BIBLIOGRAPHIE / LIST OF REFERENCES

- Johnson, L.B., and G.E. Horst (2010). Recent developments in landscapes approaches for the study of aquatic ecosystems. *Journal of the North American Benthological Society*, 29, 41-66
- Lalande, N. (2013). Impacts multi-échelles de l'occupation du sol sur l'état écologique des cours d'eau. Élaboration et test d'un cadre d'analyse et de modélisation. Thèse de Doctorat AgroParisTech, Montpellier.
- Decherf, A., Osé K., Lalande N., Cernesson F., and Kosuth P. (2011). Rapport méthodologique sur la caractérisation fine de l'occupation du sol dans les corridors rivulaires. IRSTEA, Montpellier.