

Optimiser la connectivité des paysages écologiques

Cécile Albert^{2,3}, Basile Couëtoux^{1,3}, François Hamonic^{1,2,3}, and Yann Vaxès^{1,3}

¹ Laboratoire d'Informatique et Systèmes

² Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Écologie

³ Université Aix-Marseille, France

Café de l'arbois
Le 07-12-2021 13h30
Arbois - salle de réunion

1 Introduction

La perte d'habitat est la première cause du déclin de la biodiversité [1]. Au-delà de la diminution d'habitat et de ressources disponibles, la dégradation d'une zone d'habitat réduit la capacité des individus à se déplacer dans le paysage en rendant cette zone plus difficile à traverser, voire risquée dans le cas de routes. Avec la perte progressive des zones d'habitat et la fragmentation du paysage, la connectivité paysagère [2], c.-à-d. le degré selon lequel le paysage facilite les déplacements des individus entre zones d'habitat, devient cruciale pour l'accès aux ressources, le brassage génétique et donc la survie à long terme des individus du paysage écologique. Les organismes de protection de l'environnement disposent d'un budget limité pour protéger et/ou restaurer la qualité des paysages écologiques. Il paraît alors intéressant de savoir identifier les options de protection/restauration dans lesquelles investir de manière à maximiser la qualité du paysage en tenant compte de la connectivité paysagère.

2 Approche en écologie

Une approche étudiée en écologie [3] consiste à modéliser le paysage sous la forme d'un graphe dont les sommets sont les zones d'habitats (appelés patches) et les arêtes (paires de sommets) sont les voies de circulation des individus entre paires de patches (cf. figure 1). Chaque sommet du graphe est muni d'une pondération qui représente l'importance du patch (en aire ou en nombre d'individus). Chaque arête du graphe a une pondération qui représente la difficulté d'effectuer le trajet lui correspondant.

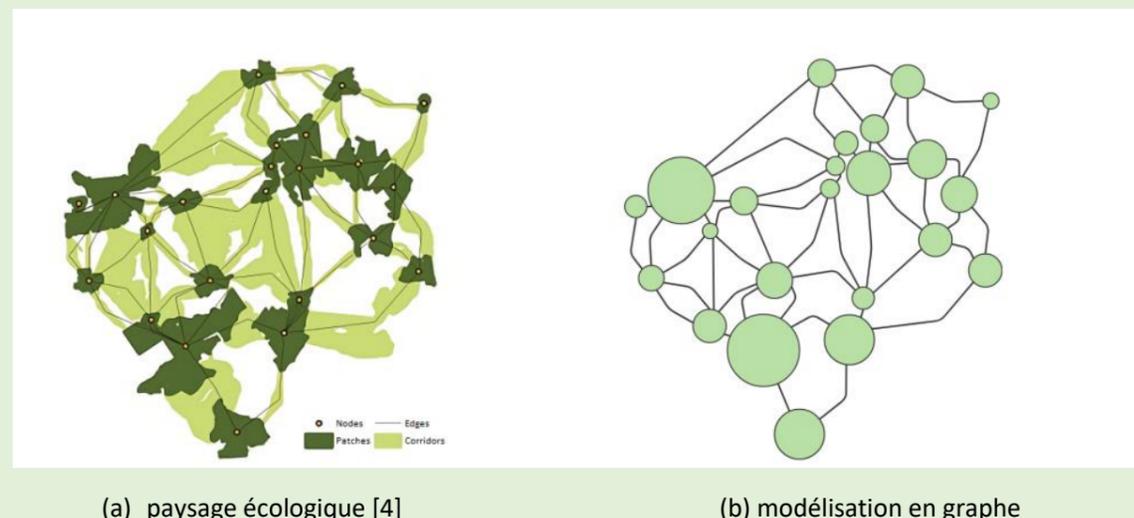


Figure 1 – Exemple de graphe paysager

Plusieurs fonctions ont été proposées pour calculer un indice de connectivité à partir d'un graphe muni de ces pondérations. Parmi elles, l'indice de connectivité ECA [5] semble être celui qui explique le mieux les observations expérimentales [6, 7]. 1 On peut alors se poser le problème d'optimisation combinatoire suivant : Parmi un ensemble d'arêtes dont la difficulté peut être réduite et qui ont chacune un coût de restauration, trouver l'ensemble des arêtes à restaurer afin de maximiser ECA dans la limite du budget. De manière intéressante, ce problème permet aussi de modéliser le cas où l'on souhaite protéger les arêtes du paysage plutôt que les restaurer. Pour cela il suffit de considérer que toutes les arêtes non protégées finiront par être dégradées. Protéger une arête revient donc à la restaurer dans le futur

3 Contributions

Le problème consistant à identifier les arêtes à restaurer afin de maximiser ECA tout en respectant le budget est très complexe (NP-Difficile). Cela signifie qu'à moins d'avancées majeures en informatique, le temps de résolution d'un tel problème est exponentiel en le nombre d'arêtes menacées. En pratique, on utilise donc des algorithmes plus simples, mais qui ne garantissent pas d'obtenir la meilleure solution. Dans certains cas cet algorithme donne même de très mauvaises solutions. Une approche par programmation mathématique a été récemment proposée dans [8] permettant d'obtenir la solution optimale pour des problèmes de petite taille, d'environ 30 patches. Nous avons, dans un premier temps, développé une nouvelle formulation en programmation mathématique permettant de trouver la solution optimale pour des problèmes d'environ 150 patches. Nous avons ensuite développé un algorithme de prétraitement qui permet de grandement réduire la taille de la formulation en programmation mathématique et ainsi résoudre des problèmes plus grands, jusqu'à 300 patches et plus en fonction de la structure du graphe. Avec ces nouvelles méthodes de résolution, on peut désormais comparer sur des cas d'étude restreints, les solutions de différents algorithmes utilisés en pratique avec la solution optimale.

Références

- [1] E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, and H. T. Ngo, Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science- Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES, Bonn, Germany, 2019.
- [2] P. D. Taylor, L. Fahrig, K. Henein, and G. Merriam, "Connectivity is a vital element of landscape structure," *Oikos*, vol. 68, pp. 571–573, 1993.
- [3] D. Urban and T. Keitt, "Landscape connectivity : A graph-theoretic perspective," *Ecology*, vol. 82, pp. 1205–1218, 2001.
- [4] D. A. Rudnick, S. J. Ryan, P. Beier, S. A. Cushman, F. Dieffenbach, C. W. Epps, L. R. Gerber, J. N. Hartter, J. S. Jenness, J. A. Kintsch, A. M. Merenlender, R. M. Perkl, D. V. Preziosi, and S. C. Trombulak, "The role of landscape connectivity in planning and implementing conservation and restoration priorities," *Issues in Ecology*, vol. 16, pp. 1–20, 2012.
- [5] S. Saura, C. Estreguil, C. Mouton, and M. Rodríguez-Freire, "Network analysis to assess landscape connectivity trends : Application to european forests (1990-2000)," *Ecological Indicators*, vol. 11, pp. 407–416, 2011.
- [6] M. Pereira, P. Segurado, and N. Neves, "Using spatial network structure in landscape management and planning : A case study with pond turtles," *Landscape and Urban Planning*, vol. 100, pp. 67 – 76, 2011.
- [7] M. Awade, D. Boscolo, and J. P. Metzger, "Using binary and probabilistic habitat availability indices derived from graph theory to model bird occurrence in fragmented forests," *Landscape Ecology*, vol. 27, pp. 185–198, 2012. 2
- [8] Y. Xue, X. Wu, D. Morin, B. Dilkina, A. Fuller, J. A. Royle, and C. P. Gomes, "Dynamic optimization of landscape connectivity embedding spatial-capture-recapture information," in 31st AAAI Conference on Artificial Intelligence, vol. 31, pp. 4552–4558, 2017

