

**Pour modéliser les réseaux écologiques, de nombreux paramètres sont à fixer. Souvent par manque de connaissances scientifiques ces valeurs sont fixées à dire d'expert ou à partir de références bibliographiques. Cet article montre comment les résultats issus des modèles basés sur la fonctionnalité du paysage varient avec les valeurs que l'on donne au coût de déplacement dans un milieu et à la structure du paysage testé. Il permet donc au bureau d'étude chargé d'une modélisation et à celui qui a commandé l'étude de se poser les bonnes questions sur les choix faits.**

Analyse de l'article « The sensitivity of least-cost habitat graphs to relative cost surface values »  
Bronwyn RAYFIELD, Marie-José FORTIN, Andrew FALL  
Landscape Ecology, 2010, 25 : 519-532

Lien vers l'article : <http://link.springer.com/article/10.1007/s10980-009-9436-7/fulltext.html>

### **Rappel du contexte de la modélisation pour définir la Trame Verte et Bleue**

Dans les études d'identification de la trame verte et bleue, on représente le paysage comme un puzzle composé d'un certain nombre de types de morceaux. La liste des types retenus dépend des connaissances dont on dispose sur le paysage (finesse des études d'occupation du sol) mais aussi de ce que l'on connaît des espèces que l'on veut utiliser. Ainsi selon l'espèce étudiée, une zone boisée pourra être représentée comme un seul grand morceau appelé « forêt » ou décomposée en morceaux séparant les parties de « boisement feuillu », « boisement résineux » et « boisement mixte » parce que l'on sait que l'espèce étudiée y a un comportement différent. Pour une espèce donnée on attribue alors souvent au milieu qui lui est favorable le nom d'habitat et tout ce qui n'est pas de ce type est appelé matrice.

Dans le vocabulaire retenu pour la Trame Verte et Bleue, comme on s'intéresse au plus grand nombre d'espèces possibles, on a retenu le terme de « réservoir de biodiversité » qui correspondent à des zones d'habitats favorables à plusieurs espèces. Pour cartographier la Trame Verte et Bleue, une fois les réservoirs de biodiversité définis, il est nécessaire de cartographier les corridors écologiques qui les relient. Plusieurs méthodes sont possibles pour cela et elles peuvent se classer en méthodes basées sur la structure du paysage et en méthodes basées sur la fonctionnalité du paysage pour les espèces.

Les méthodes basées sur la structure (qui peuvent s'appeler aussi méthodes des continuums) utilisent un système d'information géographique qui trace autour de chaque réservoir une zone de largeur définie qui correspond à une zone que les animaux peuvent traverser (zone tampon). Quand deux réservoirs se touchent via ces zones de bordure ou sont proches, on trace à l'endroit le plus étroit, un corridor écologique. Cette approche ne prend pas en compte la qualité des espaces autour des réservoirs de biodiversité pour les espèces qui ont à se déplacer dans le paysage.

Les méthodes basées sur la fonctionnalité du paysage utilisent généralement des cartes d'occupation du sol. Pour chaque type d'occupation du sol (prairie, forêt, zone urbanisée...) on fixe une valeur de coût de déplacement pour une espèce (réelle ou virtuelle). On considère qu'une espèce a un montant de points de déplacements et qu'elle pourra aller plus ou moins loin dans le paysage en fonction de ce que lui coûtera la traversée de 50 m de prairie ou de zone urbaine.

Quelque soit la méthode choisie, il est très rare de disposer de données scientifiques suffisantes permettant de fixer les distances que peut traverser une espèce dans différents types de milieux. Très souvent les valeurs de largeur de zone tampon ou de coût de déplacement sont fixées à dire d'expert.

### **Intérêt de cet article pour la Trame Verte et Bleue :**

La performance des logiciels de systèmes d'information géographique et des logiciels de modélisation peut inciter à produire des modèles sans examiner réellement les bases écologiques des valeurs testées. Les auteurs en montrant comment les résultats varient avec les valeurs choisies et avec le type de paysage étudié mettent en garde contre les excès qui peuvent découler de modélisation sans validation par des données de terrain.



Cet article analyse comment les résultats issus des modèles basés sur la fonctionnalité du paysage varient avec les valeurs que l'on donne au coût de déplacement dans un milieu et à la structure du paysage testé.

### **Définitions :**

La *connectivité d'un paysage*, valeur que l'on cherche à modéliser, correspond à la possibilité pour un animal de s'y déplacer sans épuiser ses ressources.

Le *coût de déplacement* traduit la facilité ou la difficulté pour animal de se déplacer dans un type de milieu. On considère que dans son habitat (dans le milieu qui est lui le plus favorable) l'animal a de très faibles coûts de déplacement.

La *capacité de déplacement* est un nombre de points que l'on attribue à un animal afin de traduire les ressources qu'il a pour traverser un milieu où il ne trouvera par exemple pas de nourriture. C'est un nombre de points qu'il consomme en traversant x mètres de milieu lui occasionnant un coût de déplacement. On considère que quand il rejoint son habitat, il reconstitue son stock de points. Si on fait l'analogie avec une voiture, sa capacité de déplacement est le volume de son réservoir et son coût de déplacement est la consommation en litre/km. Cette consommation varie avec le type milieu traversé (0,05 l/km sur route mais 0,1 l/km en ville et 1 l/km dans des dunes).

*Structure spatiale du paysage* : agencement des morceaux de puzzles prenant en compte à la fois le nombre de types de morceaux, leur taille et la façon dont ils sont disposés (de manière groupée ou dispersés)

### **Synthèse de l'article :**

La connectivité d'un paysage (potentialité pour un animal de s'y déplacer) est fonction de la qualité et de la structure spatiale du paysage et des capacités de déplacement de l'animal.

En modélisation, par simplification, on prend généralement le type de milieu et la présence de barrières comme seuls éléments déterminants les coûts de déplacement pour une espèce. Par contre dans la réalité, le coût de déplacement est fonction d'autres variables environnementales : pente, altitude, présence d'eau, densité du couvert végétal, humidité et température du sol, sens du vent...

Pour modéliser les déplacements possibles d'un animal, on va passer du paysage représenté comme un puzzle de morceaux de milieux différents à un paysage représenté par un puzzle où chaque morceau coûte quelque chose à traverser. C'est-à-dire par une surface de coût.

Ceci implique d'identifier le nombre de types de milieu que l'animal peut percevoir dans le paysage et de donner à chacun de ces types de milieu un coût pour le mouvement de l'espèce.

Ces valeurs peuvent être obtenues par des données de terrain et d'expérimentation.

Si on a pu mesurer de manière précise combien de temps par jour une espèce fréquente tel ou tel milieu, on peut donner une valeur de coût qui dépend du temps passé par l'animal dans chaque type milieu. Si un animal fréquente beaucoup un type de milieu, c'est qu'il y est bien et on donnera à ce milieu un coût de déplacement faible. Si l'animal n'est jamais observé dans un milieu, on donnera à ce milieu un coût de déplacement fort.

Cependant, les données précises sur le comportement des espèces étant peu nombreuses, un grand nombre d'études laisse une large part au dire d'expert.

Une fois que la carte de surface de coût est produite, on peut soit analyser les chemins de moindre coût soit utiliser la théorie des graphes pour calculer la connectivité du paysage.

Les chemins de moindre coût sont calculés entre paires d'habitats.

La théorie des graphes utilise un seuil maximal de capacité de dispersion et calcule tous les déplacements potentiels dans toutes les taches d'habitat ne dépassant pas ce seuil.

Toute modélisation est une simplification de la réalité qui nécessite une série de choix.

Pour cartographier la Trame Verte et Bleue on travaille sur une représentation du paysage réel, simplifiée certes mais basée sur une connaissance terrain. Dans cet article, comme il s'agit de tester l'influence des choix faits sur les résultats de la modélisation, les auteurs créent un paysage virtuel extrêmement simplifié.

Le paysage qui est fabriqué ne comprend que 3 types de milieu (3 couleurs de pièce de puzzle) :

habitat (H) : milieu optimal pour l'espèce,

matrice hospitalière (HM) : favorable à l'espèce

matrice inhospitalière (IM) : défavorable à l'espèce

Le paysage virtuel est fabriqué comme une grille de 100 cellules sur 100 cellules. Chaque cellule est occupée par l'un des 3 types de milieu. Des règles sont fixées pour imaginer différents types de paysage. Les auteurs donnent des règles de répartition de chaque type de milieu et des règles pour attribuer un type de milieu à une cellule en fonction de ce que contiennent les cellules voisines.

A chaque tirage au sort pour fabriquer un paysage virtuel, on impose que 12 % des cellules soient de l'habitat H (en référence aux objectifs de protection d'habitat dans les réserves naturelles du Canada).

Les autres paramètres varient (la table 2 de l'article indique les valeurs retenues) afin d'obtenir 20 combinaisons possibles. Ces combinaisons permettent de créer des paysages où la matrice inhospitalière est plus ou moins présente et des paysages allant du plus homogènes (on donne une règle pour que les cellules d'habitat se regroupent) au plus fragmenté (la règle définie impose aux cellules d'habitat de se répartir sur l'ensemble de la grille). Les 20 combinaisons sont répliquées 100 fois : 2000 paysages différents sont générés pour l'étude.

#### **Choix des valeurs de coût de déplacement :**

A chacun des 3 milieux, on attribue une valeur de coût de déplacement reflétant les coûts écologiques pour une espèce lors de la traversée de ce milieu.

Le coût de déplacement dans l'habitat est toujours fixé à 1 (pas de coût pour l'animal).

Le coût de déplacement dans la matrice hospitalière est toujours supérieur à 1 (plus que dans l'habitat) mais est toujours inférieur au coût de déplacement dans la matrice inhospitalière.

Les valeurs sont choisies pour refléter des valeurs trouvées dans la littérature. 8 combinaisons des 3 valeurs de coût sont testées (présentées dans la table 3 de l'article).

La combinaison C1 traduit des différences faibles pour l'animal à traverser chacun des trois milieux : valeur de coût = 1 pour l'habitat, 1,5 pour la matrice hospitalière et 2,25 pour la matrice inhospitalière.

Les valeurs les plus extrêmes testées sont la combinaison C8 : valeur de coût = 1 pour l'habitat, 100 pour la matrice hospitalière et 10000 pour la matrice inhospitalière.

Les auteurs comparent ensuite les mesures de connectivité d'habitats produites en faisant tourner le modèle sur les 2000 paysages et les 8 combinaisons choisies afin de tester l'importance de chaque facteur. Le résultat de la modélisation est un graphe : la mesure de sensibilité est faite pour 16 000 graphes produits.

#### Résultats

Il y a une interaction significative entre la composition de la matrice (pourcentage de cellule de matrice hospitalière), la fragmentation de l'habitat (générée par les règles de composition du paysage virtuel) et les différentes combinaisons de valeurs de coût.

La différence entre les coûts de déplacement dans matrice hospitalière et dans la matrice inhospitalière a un effet fort sur les résultats.

La différence entre les coûts de déplacement dans l'habitat et dans la matrice hospitalière n'a pas d'effet.

Le pourcentage de recouvrement de la matrice hospitalière dans le paysage produit présente deux effets de seuil à 30 et 50 % respectivement.

Les différences entre les résultats des différentes combinaisons de coût sont plus marquées quand la fragmentation de l'habitat augmente.

#### Discussion

Cette étude confirme l'influence des paramètres choisis sur les résultats de la modélisation de la connectivité. L'influence des coûts de déplacement varie selon le paysage créé. Les auteurs soulignent que leur expérimentation ne permet pas de comprendre comment ces relations fonctionnent mais elle montre qu'il y a des interactions entre la structure de paysage et les valeurs retenues de coûts de déplacement. Or peu d'études publiées présentent des analyses de sensibilité et, quand elles existent, c'est souvent sur un seul paysage.

Leurs résultats montrent que la modélisation testée est **plus sensible au rapport des coûts de déplacement fixés pour les deux types de matrice** (hospitalière et inhospitalière) qu'entre l'habitat et la matrice hospitalière. De plus la **sensibilité des résultats aux coûts varie selon la composition du paysage**. Au-delà de 30 % du paysage occupé par la matrice hospitalière, la sensibilité des résultats aux différents coûts choisis est moins forte. Par contre le degré de fragmentation du paysage n'a pas d'influence

sur la sensibilité des résultats aux différents coûts.

Des études expérimentales menées sur des batraciens et sur des papillons trouvent des ratios de valeurs de coût faibles (de 3 à 12) entre habitat favorable et matrice : ceci est bien inférieur à la plupart des ratios de valeur fixés à dire d'expert (ici un ratio de 1 à 10 000 a été testé).

Conclusion :

La structure du paysage affecte la sensibilité des résultats de connectivité aux coûts de déplacement relatifs entre les types de milieu et d'autant plus que le paysage est fragmenté. Pour limiter cette sensibilité, les auteurs suggèrent d'utiliser des méthodes qui identifient des multiples chemins ou des zones de moindre coût (méthode « Conditional Minimum Transit Cost » et méthode « Multiple Shortest Path »).

**Commentaire :**

Le seuil retenu ici de 12 % d'habitat favorable est largement supérieur au seuil retenu en France d'atteindre à 2 % de la surface métropolitaine pour les espaces protégés. Il conviendrait de tester la sensibilité au pourcentage d'habitat favorable avec des valeurs entre 2 % et 12 %.

Quelque soient les méthodes utilisées pour définir la Trame Verte et Bleue, dès que le choix d'une valeur est faite, il conviendrait de généraliser les analyses de sensibilité pour avoir une meilleure visibilité de la robustesse des résultats.