

**La loi Suisse sur la compensation de la perte d'habitat permet dans certains cas de compenser par l'amélioration de la connectivité. A partir d'un exemple développé sur leur réseau de pelouses calcaires, 4 scénarios de compensation sont comparés par modélisation de l'équivalence écologique et montrent que dans certains cas reconnecter des habitats difficiles à recréer permet de compenser une perte en surface ou qualité de ces habitats.**

Analyse de l'article « Trading connectivity improvement for area loss in patch-based biodiversity reserve networks »

Thomas DALANG et Anna HERSPERGER

Biological Conservation, 2012, 148 : 116-125

Lien vers sciencedirect : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320712000559>

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

Les atteintes aux continuités écologiques et à leur fonctionnalité doivent désormais être prises en compte dans tous les projets d'aménagement et être compensées si les impacts ne peuvent pas être évités et réduits. Cet article ouvre une piste en montrant que, dans le cas particulier d'habitat très difficile à recréer, une perte de surface et qualité d'habitat peut être compensée par une augmentation de connectivité entre les habitats non impactés. Cette analyse fine des enjeux de mesure d'impact et de solution de compensation par modélisation peut servir d'exemple pour réfléchir à une compensation optimale des impacts d'un aménagement : en augmentant la taille de tache d'habitat et/ou en améliorant la connectivité entre taches.

### **Définitions :**

Métapopulation : ensemble de populations séparées d'une même espèce entre lesquelles il existe des échanges d'individus.

Composant (théorie des graphes) : ensemble de taches d'habitats reliées entre elles par une distance inférieure aux capacités de déplacement des espèces (ici le seuil retenu est 1 km).

### **Synthèse de l'article :**

De nombreux guides sur la compensation des impacts aux écosystèmes demandent une compensation « sur site » ou au plus proche voisinage.

Or, certains habitats de grande qualité sont issus d'une longue évolution et ne peuvent pas être recréés quand ils sont détruits. Ainsi, les pelouses calcaires sèches Suisses, qui représentent 0,6 % du territoire, nécessitent une centaine d'années pour que leur qualité originelle soit retrouvée après une création. Dans ce cas, pour un bon nombre d'espèces utilisant ces pelouses et fonctionnant en métapopulation (bourdons, abeilles, sauterelles, papillons...) améliorer la connectivité de la matrice est une solution pertinente qui permet le renforcement ou l'installation de populations dans des taches d'habitat voisines. La surface et la qualité de ces pelouses diminue en raison de l'intensification agricole et de l'abandon des pratiques traditionnelles, de l'urbanisation.

Alors que beaucoup d'article traitant de modélisation s'appliquent à un paysage virtuel, celui-ci analyse le réseau spatial des pelouses sèches et propose une méthode d'évaluation comparée de la perte de biodiversité due à la réduction de taille d'habitat et du gain dû à l'amélioration de la connectivité. Cette méthode peut s'appliquer même si la situation locale est peu connue.

### **Résumé de la méthode :**

La méthode d'équivalence écologique est basée sur trois mesures :

- Capacité de la métapopulation (MC) qui prend en compte les caractéristiques de taches d'habitat



et le contexte de la matrice paysagère autour. MC traduit la totalité de l'habitat disponible dans le paysage pour une population locale. Elle tient compte en une seule mesure de la taille agrégée des taches d'habitat et de la distance entre taches.

- Besoin en connexion (CN) qui correspond à la réduction de la distance entre deux taches équivalente écologiquement à une perte d'habitat de 100 m<sup>2</sup>.
- Longueur du réseau minimal (minimal spanning tree MST) qui correspond à la somme des liens les plus courts qui permettent de relier toutes les taches d'un composant

Dans cet article<sup>1</sup> la qualité d'une tache d'habitat dépend uniquement de sa surface et la connectivité entre taches est mesurée par une distance euclidienne (à vol d'oiseau). Ainsi la perte d'habitat est exprimée par une diminution de surface d'habitat (choisie de 100 m<sup>2</sup>) et la compensation par une diminution de la distance entre taches.

Quatre scénarios sont testés sur le réseau des pelouses calcaires suisses, ils combinent des pertes et gains localisés ou non-localisés.

- Scénario 1 : diminution de la surface totale des taches d'habitat, compensation par une augmentation globale de la connectivité entre taches
- Scénario 2 : une tache d'habitat est partiellement détruite, compensation par une augmentation globale de la connectivité entre taches.
- Scénario 3 : diminution de la surface totale des taches d'habitat, compensation par une amélioration de la connectivité entre deux taches.
- Scénario 4 : une tache d'habitat est partiellement détruite, compensation par une amélioration de la connectivité entre deux taches.

La méthode est basée sur la théorie des graphes<sup>2</sup> pour décrire le paysage en termes de taches d'habitats, de liens et de composants. Pour les calculs des mesures, elle s'appuie sur la théorie des matrices de transition de Markov, le calcul matriciel et des modèles de régression.

Les matrices de transition de Markov permettent de décrire un état futur d'une population en connaissant les conditions initiales et les probabilités d'évolution d'un état à l'autre.

#### Résultats sur un réseau de pelouses sèches :

L'application de cette méthode permet d'identifier et de cartographier au sein d'un composant de taches de pelouses sèches :

- Chaque tache avec un facteur de compensation spécifique de tache : correspondant à l'effet de la perte de 100 m<sup>2</sup> de cette pelouse
- Chaque lien avec un facteur de compensation spécifique de lien.

Plus une tache a un facteur de compensation élevé, plus la tache contribue à la capacité de la métapopulation (MC). Ceci traduit donc l'importance de préserver cette tache dans le réseau et donc un besoin en connexion (CN) plus grand pour compenser une perte d'habitat intervenant dans cette tache.

Le besoin en connexion (CN) est approximé par le produit de ces deux facteurs de compensation. Il dépend notamment de la position de la tache au sein du réseau et de sa taille.

Pour l'ensemble du réseau de pelouses sèches Suisses (comprenant 6688 taches analysées réparties en 980 composants), les résultats sont présentés par scénario par des courbes qui permettent d'identifier la longueur de besoin en compensation par pourcentage de taches du réseau en considérant soit la réduction de tous les liens du composant auquel appartient la tache, soit de la moitié d'entre eux, soit d'au moins un lien.

Par exemple, pour le scénario 4, il faut réduire la longueur des liens de 100 m :

- Pour tous les liens du composant auquel appartient la tache pour 26% des taches,
- Pour la moitié des liens pour 54 % des taches,
- Pour au moins un lien pour 100 % des taches.

#### Discussion des résultats :

<sup>1</sup> D'autres paramètres peuvent être utilisés, par exemple une distance fonctionnelle au lieu d'euclidienne et une qualité d'habitat basée sur le comportement des espèces.

<sup>2</sup> Pour une présentation détaillée de la théorie des graphes voir sur le site [www.tramevertetbleue.fr](http://www.tramevertetbleue.fr), la synthèse des articles sur la modélisation : <http://www.tramevertetbleue.fr/documentation/cote-recherche/analyses-articles/modelisation-cartographie>

Dans le cas du scénario 1, perte globale d'habitat de qualité et gain de connectivité non localisés, une perte de surface de 1% peut être compensée par une réduction de 3 % de la longueur du réseau minimal (somme des liens entre les taches d'un composant). Cependant ceci doit être nuancé par la taille et la compacité du composant.

Le scénario 2 traduit la réduction en taille d'une tache par un projet d'aménagement et une compensation par une augmentation de connectivité non localisée. Dans ce cas la valeur du besoin en connexion (CN) dépend beaucoup de la taille de la tache et de sa position. Chaque cas particulier doit être examiné.

Le scénario 3, perte globale d'habitat de qualité et renforcement d'une connexion entre deux taches particulières, montre qu'il faut privilégier la création des taches d'habitat moyen pouvant servir de relais (pas japonais) entre deux taches de bonne qualité et de grande taille (ce qui permet les échanges entre deux grandes taches précédemment non reliées).

Le scénario 4 analyse la perte locale de surface d'une tache et la compensation par amélioration de la connectivité entre 2 taches précises. La loi suisse sur la conservation des biotopes (SBR, 1996) prévoit normalement la compensation par création de nouveau biotope mais l'augmentation de la connectivité est aussi une possibilité. La modélisation montre que la compensation par augmentation de connectivité est plus efficace que pour les autres scénarios mais que la position de la tache réduite et des liens améliorés a une grande importance sur son efficacité.

L'analyse fine faite au sein d'un composant du réseau permet de confirmer la « règle d'or » proposée par Etienne en 2004<sup>3</sup> :

1A – augmenter la taille de la plus grande tache si une seule doit être choisie et que l'on fixe un ratio d'augmentation d'habitat (changement relatif)

1B – augmenter la taille de la plus petite tache si une seule doit être choisie et que l'on fixe une surface d'augmentation d'habitat (changement absolu)

2 – réduire la distance entre les deux plus grandes taches si un seul lien peut être amélioré.

Les auteurs signalent que les hypothèses utilisées sont les plus simples possibles et que des développements ultérieurs pourraient être fait en utilisant des distances fonctionnelles (et non euclidienne) ainsi qu'en prenant en compte les caractéristiques de la matrice entre les taches et les caractéristiques des espèces cibles

#### Conclusion :

Une amélioration générale de la matrice et des améliorations localisées de connectivité peuvent être des mesures de compensation efficaces de la perte d'habitat. Cependant les effets dépendent de la géométrie du réseau (taille et localisation des taches et des liens) et si des mesures locales sont choisies, il est nécessaire d'étudier où les mettre en place. En effet, l'augmentation de connectivité fonctionne généralement mieux à proximité des grandes taches d'habitat.

#### **Commentaire :**

Le développement mathématique décrit dans cet article est compliqué mais il montre l'intérêt de mesurer au cas par cas (par cette méthode ou d'autres métriques issues de la théorie des graphes) les impacts d'une perte locale de tache au sein d'un réseau d'habitats sur le fonctionnement en métapopulation. Ainsi que de tester par modélisation les effets d'une compensation soit comme ici par amélioration de connexion (puisque les habitats sont quasi impossibles à restaurer) soit par restauration d'habitat. Ce n'est pas forcément au plus près de l'impact que la restauration de connexion est la plus efficace pour le fonctionnement du réseau d'habitats.

---

<sup>3</sup> Etienne, R.S. (2004). On optimal choices in increase of patch area and reduction of interpatch distance for metapopulation persistence. *Ecological Modelling* 179: 77-90