

2026

Centre de Synthèse sur la Biodiversité

Relier la recherche & la pratique



Un jeu de données et une boîte à outils pour améliorer la mise en réseau des habitats

Rapport de synthèse du groupe de travail
« Mise en réseau des habitats et infrastructure
écologique » dans le cadre du Centre
de synthèse sur la biodiversité

Éditeur

Centre de synthèse sur la biodiversité, EPF Zurich, WSL, Eawag

Direction du projet

Sarah Richman, Sciences des systèmes environnementaux, EPF Zurich

Assistance au projet

Alanis Camichel, Sciences des systèmes environnementaux, EPF Zurich

Johanna Gnägi, Sciences des systèmes environnementaux, EPF Zurich

Eva Lieberherr, Sciences des systèmes environnementaux, EPF Zurich

Rea Pärli, Biodiversité et biologie de la conservation, WSL

Alex Widmer, sciences des systèmes environnementaux, EPF Zurich

Membres du groupe de travail

« Mise en réseau des habitats et infrastructure écologique »

Jonas Ammann, Université de Berne ; Erica Baumann, Réseau des parcs suisses ; Silvia Berger, commune de Worb ; Christoph Bühler, Hintermann & Weber AG ; Nina Dajcar, canton de Schaffhouse ; Giulia Donati, Eawag ; Barbara Finkenbrink, ville de Baden ; Claude Fischer, HEPIA ; Manuel Fischer, Eawag ; Simone Fontana, canton de Saint-Gall ; Urs Gimmi, Conférence des délégués à la protection de la nature et du paysage (CDPNP) ; Jodok Guntern, SCNAT ; Nik Indermühle, ville de Berne ; Heidi Käch, canton de Thurgovie ; Daniela Keller, Fornat ; Roger Keller, Université de Zurich ; Noelle Klein, EPF Zurich ; Jonas Landolt, inatura ; Fridli Marti, Quadra GmbH ; Jacqueline Oehri, Quadra GmbH ; Ervan Rutishauser, info flora ; Jessica Salminen, BAT Avocats SA ; Benedikt Schmidt, info fauna karch ; Bernhard Wegscheider, Université de Berne et Eawag ; Ivo Widmer, Centre de compétence IE ; Rafael Wüest Karpati, canton de Zurich

Sources des images

Photo de couverture : Vallée du Rhin saint-galloise près du Liechtenstein.

Photo : Peter Allgaler, iStock

Résumé : Vue aérienne du magnifique paysage alpin suisse de Grindelwald.

Photo : Jason Yu, iStock

Chapitre 1 : Carte routière vectorielle modifiable d'une ville fictive générique.

Illustration : Jargenmac, iStock

Chapitre 2 : Nuée d'oiseaux au-dessus des vignobles de Lavaux, en Suisse.

Photo : Anna Nahabed, iStock

Chapitre 3 : Collaboration efficace d'une équipe forte et engagée, développement d'entreprise et graphique vectoriel sur le travail d'équipe. Personnages de dessins animés tenant des ampoules et travaillant avec des engrenages mobiles, collaboration entre collègues.

Illustration : Flashvector, iStock

Remerciements

Nous remercions chaleureusement toutes les personnes qui ont apporté leur contribution au groupe de travail. Nous remercions tout particulièrement Rolf Holderegger et André Stapfer. Nous remercions Jacqueline Annen et Bruno Auf der Maur pour la rédaction et la mise en page, ainsi que Jean-Laurent Pfund pour la traduction.

Suggestion de citation

Richman S, Camichel A, Lieberherr E, Pärli R, Widmer A, Ammann J, Baumann E, Berger S, Bühler C, Dajcar N, Donati G, Finkenbrink B, Fischer C, Fischer M, Fontana S, Gimmi U, Guntern J, Indermühle N, Käch H, Keller D, Keller R, Klein N, Landolt J, Marti F, Oehri J, Rutishauser E, Salminen J, Schmidt B, Wegscheider B, Widmer I, Wüest Karpati R, (2026) Mise en réseau fonctionnelle des habitats : une base de connaissances consolidée pour la Suisse » Centre de synthèse sur la biodiversité.

doi.org/10.3929/ethz-c-000785326

Le Centre de synthèse sur la biodiversité – une initiative conjointe du WSL, de l'Eawag et de l'EPF Zurich, soutenue financièrement par le Conseil des EPF – renforce l'échange de connaissances entre la recherche et la pratique dans le domaine de la biodiversité et de la protection de la nature en élaborant des produits de synthèse axés sur la pratique au sein de groupes de travail communs.

© 2026 Centre de synthèse sur la biodiversité, sous licence CC BY 4.0.

ETH zürich



eawag
aquatic research

Avant-propos

La diversité biologique, ou biodiversité, est essentielle au maintien des processus écologiques et économiques mondiaux. Parmi les avantages d'une biodiversité renforcée, on peut citer une meilleure fonctionnalité des écosystèmes, une plus grande capacité d'adaptation des populations naturelles et une meilleure résistance aux effets du changement climatique. Les écosystèmes dotés d'une grande biodiversité améliorent la santé et le bien-être des êtres humains.

Le Centre de synthèse sur la biodiversité (« Translational Centre Biodiversity Conservation », TCBC) est une initiative conjointe du Conseil des EPF qui soutient une gestion efficace et efficiente de la biodiversité en regroupant et en rendant accessibles les connaissances pertinentes, jetant ainsi un pont entre la recherche et la pratique. Sur la base de contributions issues de la pratique, nous identifions des thèmes qui nécessitent une synthèse et coordonnons des groupes de travail d'experte et d'experts qui rassemblent les résultats de la recherche et les expériences pratiques sous forme de travaux de synthèse : rapports, fiches d'information, guides de bonnes pratiques et schémas d'apprentissage interactifs. Nous adoptons une approche participative et transdisciplinaire afin de promouvoir l'échange et la coopération.

Ce rapport a été rédigé par le groupe de travail « Mise en réseau des habitats et infrastructure écologique » du TCBC. Au cours d'une série d'ateliers, le groupe de travail s'est concentré à la fois sur les aspects écologiques et politiques de la mise en réseau des habitats. La partie écologique a porté sur les principaux obstacles à la mise en réseau des habitats en Suisse, sur les approches visant à surmonter ces obstacles et à améliorer les habitats, ainsi que sur l'aménagement du territoire et la modélisation. Les résultats des ateliers ont été intégrés dans la rédaction du présent rapport et d'un deuxième rapport intitulé « Mise en réseau fonctionnelle des habitats : une base de connaissances consolidée pour la Suisse ». La partie politique s'est concentrée sur l'intégration et la généralisation des politiques liées à la planification de l'infrastructure écologique au niveau cantonal. Deux documents ont été issus de la partie politique : un rapport de synthèse intitulé « Aperçu d'aspects politiques pertinents pour une mise en œuvre intersectorielle de l'infrastructure écologique » et un document sur l'intégration intitulé « Mettre en œuvre l'infrastructure écologique : le rôle de la coordination intersectorielle ».

Rolf Holderegger

Rolf Holderegger

Directeur de l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL

Responsable du centre de synthèse Biodiversité



Avant-propos

Dans de nombreux paysages, beaucoup d'habitats importants pour la protection de la nature ne sont plus présents que sur de petites surfaces ou sous forme de vestiges. Afin de renforcer la biodiversité ainsi perdue, les fragments restants et d'autres surfaces appropriées doivent être améliorés sur le plan qualitatif, agrandis et reliés entre eux. Ce processus à long terme nécessite une bonne planification et des priorités mûrement réfléchies. L'ensemble du processus de planification commence par une première évaluation du problème et se termine par la mise en œuvre de mesures visant à améliorer la mise en réseau des habitats. Les modélisations et analyses spatiales, qui sont au cœur du présent rapport, constituent une étape importante de ce processus global. En combinant les données sur le paysage et les habitats avec des données écologiques sur l'espèce ou la communauté cible, les planificateurs établissent des cartes et, sur cette base, formulent des propositions d'amélioration de la connectivité des habitats.

Ce guide vise à aider les planificatrices et planificateurs dans les étapes les plus importantes du processus de modélisation et d'analyse spatiales. Nous proposons une série d'outils et de ressources :

- 1. Un guide pour la modélisation et l'analyse de la connectivité des habitats :** nous expliquons les étapes les plus importantes du processus des modélisations et analyses spatiales qui sont réalisées à l'aide d'un SIG et d'un logiciel de modélisation spécialisé. Nous résumons brièvement les concepts de modélisation spatiale sous-jacents et donnons un aperçu des différents logiciels utilisés pour effectuer les analyses.
- 2. Un jeu de données consolidé sur les déplacements des espèces :** nous fournissons un jeu de données sur les distances de dispersion et d'autres données écologiques pour les espèces indicatrices indigènes. Il s'agit des données les plus importantes utilisées dans le paramétrage des modèles spatiaux.

3. Un recueil de sources d'informations : nous avons rassemblé des ressources qui peuvent être utiles pour les aspects techniques de la modélisation et de l'analyse de la connectivité des habitats et de son amélioration, ainsi que pour le développement de connaissances générales et de compétences dans ce domaine. Le recueil contient des liens vers des bases de données spatiales, des rapports et des sites web utiles, ainsi que vers des projets en Suisse qui travaillent en faveur de l'amélioration de la mise en réseau des habitats et de la mise en valeur des habitats.

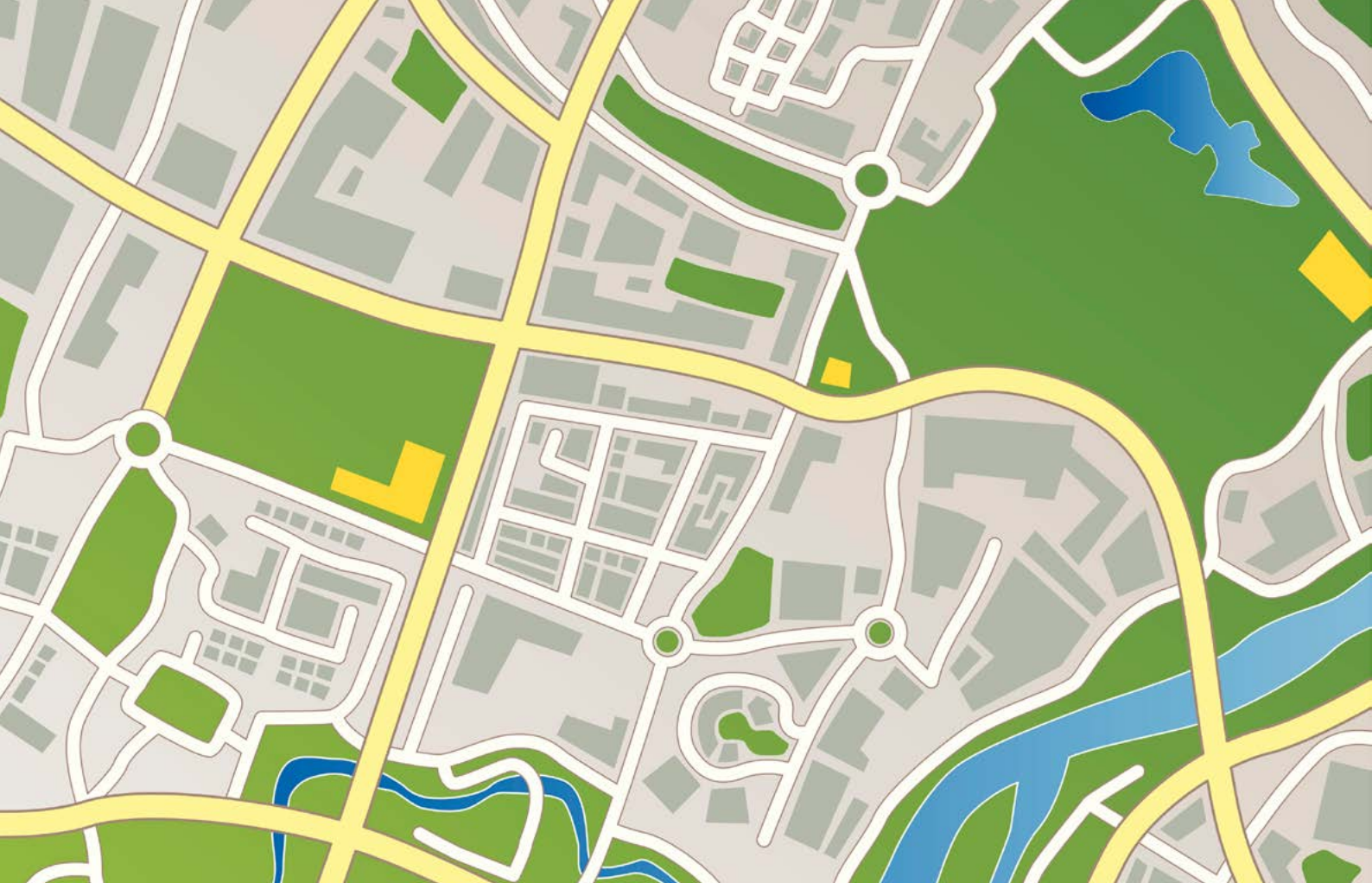
Groupe cible

Ce guide s'adresse aux planificatrices et planificateurs dans le domaine de la mise en réseau des habitats, ce terme englobant plusieurs domaines d'activité différents. Les collaboratrices et collaborateurs des domaines de la protection de la nature, de la gestion des ressources naturelles, de l'urbanisme ou d'autres services similaires au sein des cantons ou des communes sont souvent chargés d'améliorer la mise en réseau des habitats dans leur domaine de compétence. Cette tâche peut être confiée à des collaboratrices et collaborateurs d'instituts de recherche ou de bureaux d'études spécialisés dans l'écologie et l'aménagement du territoire. Les informations disponibles et les approches de modélisation présentées visent également à compléter et à soutenir les planifications cantonales en matière d'infrastructure écologique (IE). Il est important de préciser à l'attention des collaboratrices et collaborateurs des services cantonaux spécialisés que les modélisations approfondies ne remplacent pas la planification existante, mais servent plutôt d'outil stratégique pour optimiser sa mise en œuvre. Les modélisations supplémentaires peuvent notamment aider à identifier de nouveaux domaines prioritaires et à mettre en évidence des lacunes critiques. Cela permet d'affiner des mesures particulières et d'évaluer plus précisément l'efficacité des corridors prévus. Nous considérons donc que cette boîte à outils est utile pour toutes celles et tous ceux qui sont chargés d'évaluer et de proposer des améliorations de la mise en réseau des habitats.

La boîte à outils offre un aperçu synthétique du cadre théorique et des approches de modélisation utilisées, ainsi que des conseils pratiques sur les étapes de planification. Nous partons du principe que les planificatrices et planificateurs connaissent les bases de l'écologie spatiale et du mouvement ainsi que les outils de cartographie SIG. Il n'est toutefois pas nécessaire de disposer de connaissances techniques approfondies. Étant donné que l'ensemble du processus implique un grand nombre de parties prenantes, ce guide pourrait également faciliter les interactions entre elles en leur donnant un aperçu des parties « modélisations et analyses » des processus.

Table des matières

Résumé	4
1 Guide de modélisation et d'analyse de la connectivité des habitats	7
2 Jeu de données consolidé sur les mouvements des espèces	13
3 Recueil de sources d'informations	15
4 Références	18



1 Guide de modélisation et d'analyse de la connectivité des habitats

Nous décrivons ici un processus de modélisation et d'analyse de la connectivité des habitats étape par étape. Le cadre repose sur les principes des surfaces de résistance [1-4]. Nous divisons le processus en deux étapes : **1) définition de la surface de résistance et 2) réalisation de l'analyse de connectivité**. La définition de la surface de résistance peut généralement être effectuée à l'aide d'un logiciel SIG. La réalisation de l'analyse de connectivité nécessite généralement un logiciel particulier. Néanmoins, selon les préférences des utilisatrices et utilisateurs et/ou les contraintes en matière de données, l'analyse peut également être effectuée dans un logiciel SIG à l'aide de plug-ins. Le tableau 1 donne un aperçu des théories d'analyse spatiale qui sous-tendent les différents logiciels présentés dans le tableau 2. La définition de la surface de résistance et la réalisation de l'analyse de connectivité nécessitent toutes deux la saisie de données provenant de différentes sources. Celles-ci peuvent provenir, par exemple, d'études de capture-recapture, d'études génétiques ou expérimentales, de données d'observation sur la présence d'espèces, de la télédétection et/ou d'observations d'expertes et d'experts [3, 5, 6]. En règle générale, différentes sources de données sont utilisées pour les diverses étapes. De nombreux aspects du processus nécessitent des décisions laissées à la discrétion des planificatrices et planificateurs. Des lignes directrices ou des instructions techniques (telles que celles fournies dans ce chapitre) sont très importantes, car elles permettent d'éviter des décisions arbitraires. Une base de connaissances qui peut être utile à certains processus décisionnels complexes est proposée – nous faisons référence au recueil de sources d'information de la boîte à outils (chapitre 3).

Étape 1 : définition de la surface de résistance

- **Mesure des limites géographiques de la zone d'étude.** On utilise des géodonnées relatives à la couverture du sol, aux caractéristiques de l'habitat ainsi qu'aux limites politiques et topographiques qui caractérisent la zone concernée. Il est recommandé de créer une zone tampon autour de la zone d'étude afin d'éviter les effets de bord. La taille de la zone tampon peut varier en fonction de la zone étudiée. Par exemple, une largeur de zone tampon de 1 km est considérée comme appropriée pour les zones urbaines de taille moyenne, tandis que les grandes zones urbaines ou rurales peuvent nécessiter une zone tampon pouvant atteindre 5 km [7]. Les très grandes zones, comme un canton entier, nécessitent des zones tampons encore plus grandes. L'équipe de planification chargée de la modélisation de l'IE du canton de Glaris a par exemple utilisé une zone tampon de 10 km [8]. Lorsque le processus de planification se concentre sur des espèces particulières, la taille de la zone tampon dépend également de leur distance de dispersion (la distance à laquelle un organisme s'éloigne de sa population d'origine) et de leur aire d'activités journalières (l'étendue spatiale des activités quotidiennes d'un organisme). L'ensemble de données sur le mouvement des espèces fourni dans le présent rapport pourrait être utilisé à cette fin.
- **Polygones pour créer des surfaces d'habitat appropriées.** Au sein de la zone d'étude, les limites des habitats dans lesquels l'espèce ou la communauté cible est présente sont définies. Pour ce faire, des formes en deux dimensions (polygones) sont délimitées pour former des habitats appropriés. Que l'analyse se concentre sur une seule espèce ou sur une communauté, le processus reste le même. Toutefois, lorsque l'on examine une communauté, certaines généralisations doivent être faites. Il peut s'agir par exemple d'utiliser un concept d'espèce parapluie ou de définir des limites sur la base des espèces les plus sensibles ou les moins mobiles. Afin de déterminer l'adéquation d'un habitat, une répartition potentielle doit être cartographiée sur la base du type d'habitat et des variables environnementales. La modélisation de la distribution des espèces (Species Distribution Model, SDM) est une approche courante pour déterminer l'adéquation d'un habitat, dans laquelle différents seuils peuvent être définis pour sélectionner les habitats appropriés en fonction d'une question spécifique ou du groupe d'espèces. Cette approche est toutefois très gourmande en ressources informatiques et probablement difficile à mettre en œuvre sans formation spécifique. Pour la Suisse, il existe des cartes d'habitats accessibles au public qui sont répertoriées dans la recueils de sources d'informations (chapitre 3). L'adéquation des habitats peut également être déterminée à l'aide d'autres données, par exemple des données de télédétection ou des avis d'experts et d'expertes [3]. Il peut également être utile de définir une aire minimale pour l'analyse des habitats appropriés, qui peut être déterminée en fonction de la taille du domaine vital d'une espèce cible [9].
- **Résistance à la superposition.** La surface de résistance (également appelée surface de coût) indique le degré de difficulté ou d'énergie nécessaire à un individu d'une espèce pour se déplacer dans le paysage. Les pixels des cartes du paysage et de l'habitat se voient attribuer des valeurs de résistance qui dépendent de leur perméabilité [2, 4]. Pour quantifier précisément les valeurs de résistance, il est important de disposer de connaissances sur l'organisme concerné (mode de déplacement, comportement, distance de dispersion, etc.). Afin de faciliter cette tâche, nous avons compilé un jeu de données contenant les distances de dispersion, la taille du domaine vital et d'autres informations écologiques sur les espèces indicatrices de Suisse (chapitre 2). Il est également essentiel de connaître les barrières existantes dans le paysage. Celles-ci sont associées à des données sur les déplacements et le comportement afin que le modèle puisse prédire comment l'organisme concerné réagira aux barrières. Il est nécessaire de mettre à l'échelle les valeurs de résistance sur le même intervalle standardisé et de classer les différents facteurs de résistance en fonction de leur perméabilité relative [7]. Une possibilité consiste à attribuer une valeur pondérée aux différentes couches de résistance de manière à ce qu'elles totalisent 100. Chernoff (2016) fournit la formule suivante, illustrée à l'aide des couches de résistance de la végétation, des routes asphaltées, des terres cultivées et des chemins en terre, auxquelles sont attribuées des pondérations respectives de 60 %, 10 %, 20 % et 10 % [7].

Résistance = $\{(60 * [\text{végétation}] + (10 * [\text{routes asphaltées}]) + (20 * [\text{terres cultivées}]) + (10 * [\text{chemins en terre}])\} / 100$.

Étape 2 : réalisation de l'analyse de connectivité

- **Sélection du logiciel et définition des valeurs des paramètres.** Un logiciel de modélisation doit être sélectionné en fonction des objectifs de conservation de la nature et de métriques de connectivité pertinentes (tableau 2). Les métriques de connectivité sont le résultat d'algorithmes qui quantifient le potentiel de déplacement entre les habitats sur la base des informations saisies (c'est-à-dire les caractéristiques du paysage et des organismes correspondants). Lors de la modélisation de la connectivité des habitats, diverses approches sont utilisées pour obtenir différentes métriques de connectivité (tableau 1, colonne « Résultats »). En plus de la sélection de métriques de connectivité, il convient de définir les valeurs des paramètres (généralement la distance de dispersion et les valeurs de résistance). Ces dernières sont calculées comme décrit ci-dessus. Les distances de dispersion peuvent être tirées d'une multitude de sources de données, notamment du jeu de données consolidées du présent guide (chapitre 2). Une fois les données saisies dans le logiciel, l'analyse peut être effectuée.
- **Identification des lacunes dans la connectivité des habitats.** Les résultats du modèle fournissent des valeurs de métrique(s) de connectivité. Selon le logiciel utilisé, les résultats du modèle fournissent également des polygones et des lignes représentant des fragments d'habitat, des corridors ou des zones nodales. Ces données permettent d'identifier les zones du paysage où la connectivité des habitats devrait être améliorée. Il peut s'agir par exemple de fragments isolés avec peu de connexions, de chemins à forte résistance ou de zones affectées par des barrières. Les métriques de centralité (tableau 1) peuvent aider à identifier les zones ou les nœuds importants qui peuvent le plus améliorer les mouvements au sein de l'ensemble du réseau [10, 11].
- **Test de solutions visant à améliorer la mise en réseau des habitats.** L'analyse peut être répétée en utilisant les mêmes entrées et valeurs de paramètres que dans les étapes précédentes, mais cette fois-ci avec différents scénarios visant à améliorer la mise en réseau des habitats. Les scénarios peuvent inclure la création de corridors ou de structures relais, la réduction de barrières ainsi que l'amélioration ou la protection d'habitats. Un aperçu des solutions visant à améliorer la mise en réseau des habitats est disponible dans le document d'accompagnement de cette boîte à outils : « Mise en réseau fonctionnelle des habitats : une base de connaissances consolidée pour la Suisse » [12]. Il est également recommandé de réaliser une analyse de sensibilité. Celle-ci permet de vérifier la robustesse des plans face aux incertitudes liées aux paramètres choisis [7]. Les résultats des différents scénarios sont enfin comparés entre eux afin de déterminer celui qui présente la plus grande valeur ajoutée pour la mise en réseau des habitats.

Les résultats de la comparaison des différents scénarios lors de l'étape de modélisation servent de base à l'élaboration de mesures à mettre en œuvre. Une fois que les mesures les plus efficaces pour améliorer la mise en réseau des habitats ont été identifiées, leur mise en œuvre peut commencer. Cette étape nécessite un calendrier, un budget et une répartition des tâches. Il faudra probablement aussi établir des partenariats durables avec des représentantes et représentants de différents groupes d'intérêt, par exemple du monde politique ou agricole. C'est en effet le seul moyen d'intégrer les différents intérêts dans le processus afin de valoriser les résultats de l'analyse de mise en réseau et de définir des mesures réalistes et bénéficiant d'un large soutien. L'élaboration de « bonnes pratiques » pour ce processus dépasserait le cadre du présent rapport, mais pour les questions liées à l'intégration intersectorielle des politiques, nous recommandons un autre rapport du Centre de synthèse sur la biodiversité : « Aperçu d'aspects politiques pertinents pour une mise en œuvre intersectorielle de l'infrastructure écologique » [13].

Tableau 1. Aperçu des concepts sur lesquels reposent les modélisations et analyses présentées sur la mise en réseau des habitats. Les modèles utilisent des données paysagères et des données spécifiques aux espèces concernant leurs modes de déplacement et de dispersion afin d'évaluer la résistance d'un paysage. Les concepts ne se distinguent que légèrement dans leurs approches mathématiques. Le tableau contient des descriptions des différents modèles et une liste d'indices de connectivité des habitats ou d'autres résultats de modélisation. Vous trouverez un aperçu plus détaillé des concepts présentés ici dans les publications suivantes : [14] Correa Ayram et al. 2015 ; [15] Hashemi et Darabi 2022 ; [10] Singleton et McRae 2013 ; [16] Tiwari et al. 2023.

Cadre	Description	Indices
Théorie des graphes	Le paysage est défini comme un système de nœuds (fragments d'habitat) et d'arêtes (connexions entre les nœuds), la logique mathématique étant utilisée pour analyser les modèles de connexion et les propriétés du réseau.	Dans la recherche et la pratique, des dizaines d'indices sont utilisés. Ils sont résumés dans le tableau 3 de Hashemi et Darabi (2022). Parmi les plus couramment utilisés figurent la « Probability of Connectivity » (PC) et l'« Integral Index of Connectivity » (IIC).
Analyse de réseaux	Comme en théorie des graphes, le paysage est défini comme un ensemble de nœuds et d'arêtes, ce qui permet d'analyser les interactions (c'est-à-dire les connexions) au sein du système.	En plus de certains indices utilisés en théorie des graphes : mesures de centralité, emboîtement, modularité, robustesse du réseau
Théorie des circuits	Les espèces et les habitats sont modélisés comme un flux de courant dans un circuit électrique. Les fragments d'habitat sont les nœuds et la facilité de mouvement correspond au degré de conductivité.	Flux de courant, distance de résistance, centralité
Analyse des distances de coût	Le paysage est défini comme une « surface de coût » qui représente le degré de difficulté à se déplacer à travers différents éléments du paysage. Le modèle calcule les coûts cumulés de différents itinéraires.	Itinéraire à coût réduit, distance de coût, surface de coût
Analyse de centralité	Définit les fragments d'habitat comme un réseau de nœuds et identifie les nœuds les plus importants ou les plus influents en fonction de leur position dans le réseau ou du nombre de leurs connexions.	Centralité de degré, centralité d'intermédiarité, centralité de proximité, centralité de vecteur propre

Tableau 2. Logiciels pour la modélisation de la connectivité des habitats. Le tableau contient les descriptions de différents logiciels et les catégorise selon qu'il s'agit de logiciels autonomes ou de « packages » pouvant être utilisés dans le cadre d'un SIG ou de R. La facilité d'utilisation et les exigences en matière de codage ont été déterminées sur la base des contributions du groupe de travail et des évaluations des logiciels disponibles en ligne. Les niveaux de complexité vont d'une « analyse approximative », qui repose sur des algorithmes simples suivant un seul itinéraire tel que celui des chemins de moindre coût « Least-Cost Path » (LCP), à une « différenciation maximale », qui se base sur des méthodes avancées, réalistes du point de vue écologique, telles qu'utilisées dans la théorie des graphes et celle des circuits.

Nom de l'outil	Type	Description	Résultats	Convivialité	Exigences en matière de codage	Niveaux de complexité
Graphab [17]	Logiciel autonome	<ul style="list-style-type: none"> Identifie les fragments d'habitat et leurs connexions afin de calculer des indices de connectivité à partir de cartes du paysage et de points géolocalisés Permet d'analyser les changements de connectivité induits par la modification d'éléments du paysage S'intègre à QGIS et au package R graph4lg 	Métriques de connectivité du paysage, visualisations graphiques	Élevée	Aucune	Niveau avancé
Conefor [18]	Logiciel autonome	<ul style="list-style-type: none"> Utilise l'«Integral Index of Connectivity» (IIC) et la «Probability of Connectivity» (PC) Comprend une étude de cas en Suisse pour les plantes des prairies 	Mesures de connectivité, indices d'importance des fragments d'habitat	Élevée	Aucune	Niveau avancé
Landscape Corridors	Logiciel autonome	<ul style="list-style-type: none"> Crée des cartes de résistance avec plusieurs corridors en utilisant les exigences des espèces en matière d'habitat et un algorithme pour déterminer des chemins à moindre coût Simule les effets des événements stochastiques 	Corridors à moindre coût, analyses de corridors	Élevée	Aucune	Niveau avancé
Condatis [19]	Logiciel autonome	<ul style="list-style-type: none"> Aide à la décision pour l'identification et la classification d'habitats appropriés pour une meilleure mise en réseau des paysages Utilise des données écologiques (dispersion, reproduction) pour simuler les mouvements et localiser les goulots d'étranglement Convient bien aux habitats fragmentés clairement définis, mais est moins efficace pour les zones géographiques de petite taille 	Métriques de connectivité selon la théorie des graphes	Modérée	Aucune	Différenciation maximale
MulTy-Link [20]	Logiciel autonome	<ul style="list-style-type: none"> Les utilisatrices et utilisateurs attribuent des coûts et des valeurs de rugosité aux données saisies (interface des coûts ou grille de répartition des espèces) Fournit des statistiques récapitulatives sur les surfaces de coûts du réseau et sur la réalisation des objectifs de conservation de la nature Vise des solutions efficaces en fonction de la connectivité et des coûts 	Cartes des aires protégées optimales, aperçus des coûts et des représentations	Modérée	Aucune	Différenciation maximale
UNICOR	Logiciel autonome	<ul style="list-style-type: none"> Outil de modélisation de simulation de réseau pour l'identification de la fragmentation des habitats et de la connectivité du paysage Utilise des données raster pour la surface de résistance selon les itinéraires à moindre coût ou la théorie des circuits en tenant compte des données écologiques 	Cartes des flux, métriques de connectivité, cartes de courant	Modérée	Python utile	Différenciation maximale
Circuitscape und Omniscape [21]	Logiciel autonome	<ul style="list-style-type: none"> Circuitscape prédit la connectivité dans des paysages hétérogènes sur la base de la théorie des circuits Omniscape étend Circuitscape à la connectivité omnidirectionnelle (utile pour plusieurs espèces) Fournit des métriques de connectivité pour les diagrammes de flux 	Diagrammes de flux, métriques de connectivité	Modérée	Effort de programmation minimal (contrôlé par l'interface graphique)	Différenciation maximale

Nom de l'outil	Type	Description	Résultats	Convivialité	Exigences en matière de codage	Niveaux de complexité
Corridor Design	Extension d'ArcGIS	<ul style="list-style-type: none"> • Convertit les modèles numériques de terrain (MNT) en rasters topographiques de pentes • Évalue et compare différents types de corridors • Propose des corridors en fonction de la topographie de surface 	Corridors à coûts réduits, analyses de corridors, outils d'optimisation	Modérée	Aucun	Différenciation maximale
Makurhini [22]	«Package» R	<ul style="list-style-type: none"> • Identifie la connectivité d'aires protégées et l'importance d'éléments du paysage • Évalue les scénarios en tenant compte de changements dans la connectivité du paysage • Prend en compte l'hétérogénéité du paysage comme facteur limitant 	Métriques de connectivité, analyse de réseaux	Élevée	R	Niveau avancé
gdistance [23]	«Package» R	<ul style="list-style-type: none"> • Calcule les distances et les itinéraires à travers les paysages en tenant compte des obstacles liés au terrain et à l'habitat 	Chemins à moindre coût, distances, cartes de corridors	Modérée	R	Niveau intermédiaire
least-costpath [24]	«Package» R	<ul style="list-style-type: none"> • Modélise les chemins et les potentiels de mouvement au sein d'un paysage • Calcule les itinéraires les plus favorables, y compris les options probabilistes ou stochastiques • Identifie les corridors ou barrières potentiels 	Chemins à coûts réduits, analyse du potentiel de déplacement	Modérée	R	Analyse approximative



2 Jeu de données consolidé sur les mouvements des espèces

Les modèles d'analyses spatiales sont plus précis lorsqu'ils sont paramétrés à partir de données sur les espèces. Les informations sur la distance de dispersion (la distance à laquelle un organisme s'éloigne de sa population d'origine) et la taille de l'aire d'activité journalière (l'étendue spatiale des activités quotidiennes d'un organisme) sont des données fréquemment utilisées.

Nous mettons ici à disposition un jeu de données contenant des informations importantes sur les espèces indicatrices en Suisse. Ces données peuvent être utilisées pour la modélisation spatiale et l'analyse à l'aide des logiciels décrits dans cette boîte à outils. La liste des espèces indicatrices a été établie par InfoSpecies qui a réalisé une analyse des besoins en surface des guildes. Les guildes sont ici définies comme des groupes d'espèces ayant des exigences similaires en matière d'habitat [25]. Chaque guildes possède des espèces indicatrices spécifiques, sur lesquelles nous nous sommes concentrés lors de la compilation de l'ensemble de données.

Nous avons compilé des données issues de publications scientifiques et spécialisées ainsi que de bases de données disponibles contenant des informations relatives aux espèces. En plus des distances de dispersion et des aires d'activité journalière (normalisées en mètres ou mètres carrés), nous avons inclus, dans la mesure du possible, les informations suivantes en fonction des espèces:

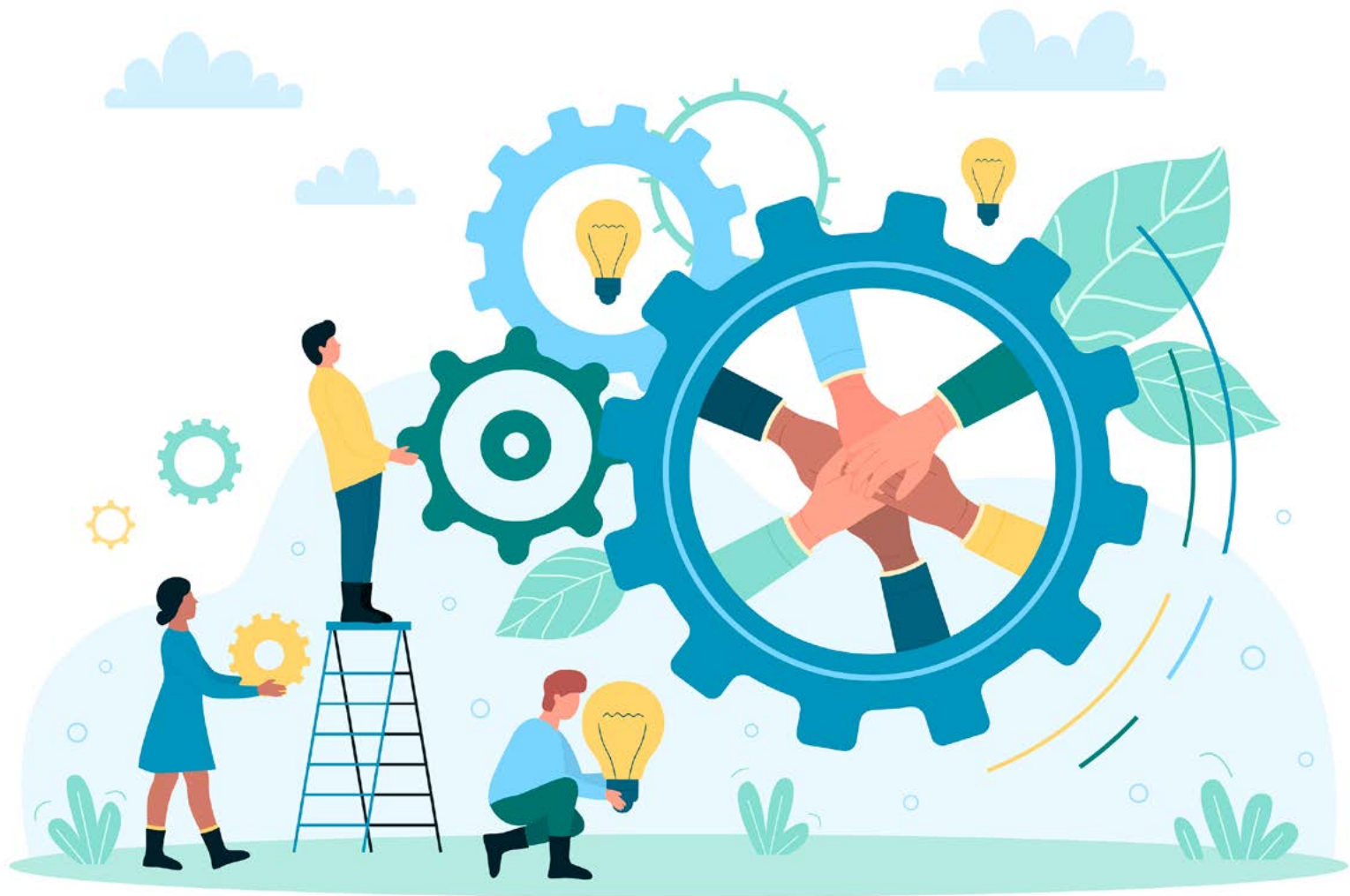
- Taille du corps ou des graines
- Informations sur les obstacles à la mobilité
- Recommandations de protection
- Informations sur la densité de population
- Nous avons également joint la liste des ressources et des bases de données que nous avons utilisées pour créer cette base de données.

Informations complémentaires :

Nous avons trouvé plusieurs valeurs pour la distance de dispersion et la taille du domaine vital de nombreuses espèces. Les valeurs ont été indiquées sous différentes formes, à savoir sous forme de valeurs individuelles, de fourchettes, de moyennes et de médianes. Afin de tenir compte de cette situation, nous mettons l'ensemble de données à disposition sous deux formes. Tout d'abord sous forme « longue », chaque entrée étant répertoriée séparément pour une espèce donnée. La distance de dispersion et le domaine vital y sont indiquées sous forme de valeurs minimales, maximales et moyennes. Il convient de noter que les données présentées sous cette forme longue contiennent de nombreuses cellules vides, pour lesquelles aucune information n'était disponible pour une espèce donnée. I needed to make a small change to this passage, so it is slightly different from the version you read. I used DeepL to translate, would you please check it? L'utilisation des distances minimales permet une estimation prudente à des fins de planification, afin de garantir que les mesures recommandées fonctionnent également pour les espèces ayant un potentiel de dispersion moindre. En plus des données et des métadonnées, nous fournissons le code R qui a été utilisé pour créer le jeu de données en forme résumée.

- Les entrées textuelles du jeu de données (barrières, informations sur la densité de population, etc.) sont fournies dans la langue originale de la source citée (allemand ou anglais).
- Les deux derniers onglets du jeu de données contiennent des données accessibles au public provenant d'InfoSpecies. Elles répertorient toutes les espèces de chaque guildes et fournissent des métadonnées pour la liste.

L'ensemble de données et le code R sont disponibles ici : <https://doi.org/10.3929/ethz-c-000784765>



3 Recueil de sources d'informations

Les ressources suivantes ont été compilées à partir des contributions du groupe de travail. Elles peuvent être utilisées pour réaliser des modèles et des analyses d'aménagement du territoire, par exemple en utilisant les couches cartographiques comme **données d'entrée**. **Nous présentons des projets axés** sur la mise en réseau des habitats en Suisse et proposons une sélection de rapports et de sites web contenant des informations utiles sur les thèmes en lien avec la mise en réseau des habitats, l'aménagement du territoire, la modélisation et l'analyse.

Niveaux cartographiques : [Swiss Geo Administration](#)

Le géoportail fédéral est une carte interactive de la Suisse. Il propose 24 thèmes géographiques comprenant chacun des dizaines de couches qui peuvent être affichées ou masquées. La couche « Nature et environnement » contient notamment des informations sur l'aire de distribution des espèces, les types de sols et la protection de la nature. L'option « Changer de thème » permet d'explorer d'autres thèmes et leurs couches correspondantes. Les thèmes à considérer sont les suivants : (1) OFEV avec des informations supplémentaires sur l'aire de répartition des espèces, y compris des espèces envahissantes, les inventaires fédéraux, les aires protégées et les réserves forestières ; (2) OFS avec des couches indiquant les bâtiments, l'utilisation des sols et la couverture du sol ; (3) OFROU avec le réseau routier et ferroviaire fédéral et les impacts environnementaux associés, tels que les émissions polluantes et sonores. Chaque couche dispose d'une icône d'information avec une description, une légende et la résolution spatiale. Dans de nombreux cas, il existe des rapports fédéraux liés aux données spatiales, pour ceux-ci, le rapport correspondant a été cité.

Niveaux cartographiques : [carte des habitats de la Suisse EnviDat](#)

La carte des habitats de la Suisse [26] est un projet du WSL financé par l'OFEV qui a créé une carte des habitats suisses selon la classification TypoCH [27]. Elle utilise les données de couverture du sol issues du modèle topographique du paysage de Swisstopo. Ces données ont été associées à des modèles de distribution des espèces afin de créer des couches cartographiques qui représentent la répartition spatiale des différents types d'habitats. Il existe un pack téléchargeable pour l'ensemble de la Suisse et des packs individuels pour chaque canton. Chaque pack contient un fichier de base de données géographiques (.gdb, compatible avec ArcGIS, QGIS et R), un document PDF avec la description des données et les couches nécessaires à la légende. La carte des habitats peut également être affichée et obtenue via le géoportail fédéral map.geo.admin.ch (mot-clé : carte des habitats).

Niveaux cartographiques : [cartes des guildes InfoSpecies](#)

InfoSpecies dispose d'informations détaillées sur les exigences territoriales et l'étendue spatiale actuelle des guildes dans chaque canton. Il existe une carte interactive de la Suisse, avec des filtres pour chaque guildes, qui montre où et combien de surface supplémentaire serait nécessaire. Les données sont agrégées au niveau d'une grille en hectares. Il est possible de télécharger des fichiers GeoJSON avec des informations sur la qualité observée et potentielle de l'habitat. Les données sont également disponibles sous forme de tableaux, c'est-à-dire pour la création de graphiques et de diagrammes. Il existe des listes pour l'ensemble de la Suisse et pour chaque canton concernant les espèces présentes dans les guildes correspondantes. Des données sur les sites de découverte de nombreuses espèces peuvent également être demandées auprès d'InfoSpecies.

Projet : [Géodonnées ValPar.CH](#)

ValPar.CH fournit des informations couvrantes sur la qualité écologique de la Suisse. Celles-ci permettent d'obtenir une valeur écologique à l'échelle nationale et de la représenter spatialement. Des modélisations différenciées et à haute résolution des bases écologiques permettent d'évaluer la répartition des espèces et les services écosystémiques qui en résultent. Les résultats des modélisations ValPar.CH complètent les bases de planification existantes en aidant à mieux évaluer le potentiel écologique actuel et futur des surfaces dans une dimension temporelle (par exemple en fonction des changements climatiques).

Projet : [Projets de la Wyss Academy for Nature Hub Bern](#)

La « Wyss Academy for Nature » est une organisation qui traite de questions sociales et écologiques dans le monde entier. Nous présentons deux de ses projets suisses qui revêtent une importance particulière pour la mise en réseau des habitats : (1) Gestion de l'eau (LANAT-3) : recense et décrit les populations et les paramètres de l'habitat des poissons et de certains macroinvertébrés dans les bassins versants de l'Aar et du Rhin. Le projet développe des modèles de biodiversité et des outils de hiérarchisation afin de faciliter la planification de mesures de protection et de restauration des habitats aquatiques. Dans la deuxième phase du projet, les modèles et les outils seront étendus à l'ensemble du réseau fluvial suisse. (2) Infrastructure écologique (LANAT-6) : analyse de la planification de l'infrastructure écologique dans le canton de Berne. Des données spatiales sont générées afin de prioriser la conservation et l'amélioration des aires centrales et des aires de mise en réseau existantes et de définir l'emplacement de nouvelles aires.

Rapport : [Guidelines for connectivity conservation and planning in Europe](#) (NaturaConnect) [28]

Financé par l'Union européenne et piloté par le projet « Horizon Europe NaturaConnect », ce rapport est un guide complet sur les aspects écologiques et politiques de la planification et de la mise en œuvre d'une connectivité fonctionnelle et structurelle au niveau européen. Il offre une vue d'ensemble des concepts de mise en réseau et des approches de planification, décrit différents instruments et méthodes et contient des lignes directrices pour la mise en œuvre. Il donne également un aperçu de sur la priorisation des projets d'amélioration de la connectivité. Le rapport est basé sur un processus de consultation avec les parties prenantes et contient des exemples provenant de toute l'Europe, du niveau régional au niveau international. Il convient toutefois de noter que ce rapport se concentre sur les habitats terrestres.

Site web : [Conservation Evidence](#)

« Conservation Evidence » a été développé par une équipe de recherche de l'université de Cambridge. Il s'agit d'un site web basé sur un moteur de recherche où les utilisatrices et utilisateurs peuvent trouver des informations synthétiques sur différentes stratégies et approches de gestion. Les utilisatrices et utilisateurs peuvent rechercher des espèces, des stratégies ou faire des recherches à partir de mots-clés avant d'être redirigés vers un tableau contenant une liste de stratégies de gestion et d'études sur le sujet, ainsi qu'une évaluation de l'utilité des stratégies basée sur les études. Certaines stratégies n'ont toutefois pas encore été évaluées. Il est également possible de filtrer les résultats par pays, mots-clés supplémentaires, habitat et catégorie de stratégie. Les utilisateurs peuvent accéder directement aux résumés et aux citations d'études contenus dans l'évaluation. La page d'accueil est en anglais, mais une fonction de traduction Google intégrée permet de traduire la page en allemand, en français ou en italien.

Site web : [Conservation Corridor](#)

Cette ressource est une initiative conjointe de la « Wilburforce Foundation », du « Center for Large Landscape Conservation », de la Michigan State University et de la « United States National Science Foundation ». Elle se concentre principalement sur les corridors écologiques mais fournit également des informations sur d'autres thèmes liés à la mise en réseau des habitats, notamment dans les rubriques « Tools » et « Technical Guides ». Le site web propose une aide à la planification grâce à des informations fournies sur de nombreux outils techniques. Il contient également un arbre de décision permettant d'évaluer l'outil le plus approprié (basé sur Dutta et al. 2022 [1]). Le chapitre consacré à l'arbre de décision comprend une liste d'explications sur les différents types de données d'entrée, la préparation des données ainsi que sur le fonctionnement des différentes plateformes et systèmes d'exploitation.

Livre : [Transforming Conservation: A Practical Guide to Evidence and Decision Making](#) [29]

Rédigé par un groupe de chercheuses et chercheurs du monde entier, cet ouvrage vise à créer un partenariat plus étroit entre la recherche et la pratique grâce à une planification de la conservation de la nature basée sur des données scientifiques. La première partie décrit les approches utilisées pour collecter, évaluer et présenter les résultats de la recherche dans le domaine de la conservation. La deuxième partie décrit les processus d'identification des parties prenantes, de définition des problèmes et de prise de décision.

4 Références

1. Dutta T, Sharma S, Meyer N F V, Larroque J, Balkenhol N (2022) An overview of computational tools for preparing, constructing and using resistance surfaces in connectivity research. *Landsc. Ecol.* 37, 9: 2195–2224. doi.org/10.1007/s10980-022-01469-x
2. Wade AA, McKelvey KS, Schwartz MK (2015) Resistance-surface-based wildlife conservation connectivity modeling: Summary of efforts in the United States and guide for practitioners. Gen Tech Rep RMRS-GTR-333 Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mt. Res. Stn. 93. doi.org/10.2737/rmrs-gtr-333
3. Milanesi P, Holderegger R, Caniglia R, Fabbri E, Galaverni M, Randi E (2017) Expert-based versus habitat-suitability models to develop resistance surfaces in landscape genetics. *Oecol.* 183, 1: 67–79. doi.org/10.1007/s00442-016-3751-x
4. Unnithan Kumar S, Cushman S A (2022) Connectivity modelling in conservation science: a comparative evaluation. *Sci. Rep.* 12: 16680. doi.org/10.1038/s41598-022-20370-w
5. Urbina L, Lehmann A, Huber L, und Fischer C (2024) Combining multi-species connectivity modelling with expert knowledge to inform the green infrastructure design. *J. Nat. Conserv.* 81: 126654. doi.org/10.1016/j.jnc.2024.126654
6. Greenaway G (2016) Connecting the Dots: A Guide to Using Ecological Connectivity Modeling in Municipal Planning (Rep.). Miistakis Inst., Calgary, Alberta. Abgerufen: hdl.handle.net/1880/107165
7. Chernoff G (2016) Pulling the Levers: A Guide to Modeling and Mapping Ecological Connectivity. Miistakis Inst., Calgary, Alberta. doi.org/10.11575/PRISM/34994
8. Vögeli P, Aebli A (2024) Fachplanung Ökologische Infrastruktur Dokumentation Kanton Glarus. Bau Umw., Umweltschutz Energ., Glarus, CH. Abgerufen: gl.ch/public/upload/assets/58268/Fachplanung_%C3%96_GL_Dokumentation_V.1.0_202408.pdf?fp=1
9. Albright W, Ament R, Callahan R, Frantz M, Grabau M, Johnson ME (2021) Connectivity and climate change toolkit. Abgerufen: pubs.usgs.gov/publication/70218826
10. Singleton PH, McRae BH (2013) Assessing habitat connectivity. In: Conservation Planning: Shaping the Future. Craighead FL, Convis, CL, eds. 245–270. doi.org/10.13140/2.1.3905.7607
11. Carroll C, McRae BH, Brookes A (2012) Use of Linkage Mapping und Centrality Analysis Across Habitat Gradients to Conserve Connectivity of Gray Wolf Populations in Western North America. *Conservation Biology* 26, 1: 78–87. doi.org/10.1111/j.1523-1739.2011.01753.x
12. Richman S, Camichel A, Lieberherr E, Pärli R, Widmer A, Ammann J, u. a. (2026) Funktionale Vernetzung von Lebensräumen: Eine konsolidierte Wissensbasis für die Schweiz Syntheszentrum Biodiversität. doi.org/10.3929/ethz-c-000782984
13. Camichel A, Richman S, Pärli R, Widmer A, Ammann J, Baumann E, u. a. (2025) Übersicht relevanter Policy-Aspekte für die sektorübergreifende Umsetzung der Ökologischen Infrastruktur Syntheszentrum Biodiversität. doi.org/10.3929/ethz-c-000783033
14. Correa Ayram CA, Mendoza ME, Etter A, Salicrup DRP (2016) Habitat connectivity in biodiversity conservation: A review of recent studies and applications. *Progress in Physical Geography: Earth Environ.* 40, 1: 7–37. doi.org/10.1177/0309133315598713

15. Hashemi R, Darabi H (2023) The Review of Ecological Network Indicators in Graph Theory Context: 2014–2021. *Int. J. Environ. Res.* 16, 2: 24. doi.org/10.1007/s41742-022-00404-x
16. Tiwari A, Saran S, Avishek K (2023) Overview of modeling techniques for ecological Connectivity in heterogeneous landscape. In Review. doi.org/10.21203/rs.3.rs-2509154/v1
17. Foltête J-C, Vuillemot G, Savary P, Clauzel C, Sahraoui Y, Girardet X, Bourgeois M (2021) Graphab: An application for modeling and managing ecological habitat networks. *Softw. Impacts* 8: 10065. doi.org/10.1016/j.simpa.2021.100065
18. Saura S, Tomé J (2009) Conefor Sensinode 2.2: a software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity. *Environ. Modelling Softw.* 24: 135–139. doi.org/10.1016/j.envsoft.2008.05.005
19. Hodgson JA, Thomas CD, Dytham C, Travis MJ, Cornell SJ (2012) The speed of range shifts in fragmented landscapes. *PLoS ONE* 7, 10: e47141. doi.org/10.1371/journal.pone.0047141
20. Brás R, Cerdeira O, Alagador D, Araújo MB (2013) Linking habitats for multiple species. *Environ. Modelling Softw.* 40: 336–339. doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.08.001
21. Hall KR, Anantharaman R, Landau VA, Clark M, Dickson BG, Jones A, u. a. (2021) Circuitscape in Julia: Empowering dynamic approaches to connectivity assessment. *Land.* 10, 3: 301. doi.org/10.3390/land10030301
22. Godínez-Gómez O, Correa-Ayram C, Goicolea T, Saura S (2025) Makurhini: An R package for comprehensive analysis of landscape fragmentation and connectivity. doi.org/10.21203/rs.3.rs-6398746/v1
23. van Etten J (2017) R Package gdistance: Distances and routes on geographical grids. *J. Stat. Softw.* 17, 13: 1–21. doi.org/10.18637/jss.v076.i13
24. Lewis J (2021) Probabilistic modelling for incorporating uncertainty in least cost path results: A postdictive Roman road case study. *J. Archaeol. Method Theory* 28: 911–924. doi.org/10.1007/s10816-021-09522-w
25. Rutishauser, E u. a. (2023) Wie viel Fläche braucht die Artenvielfalt der Schweiz? Analyse zu bestehender Qualitätsfläche und zum Flächenbedarf basierend auf den Funddaten der nationalen Arten-Datenzentren. InfoSpecies, Neuenburg.
26. Price B, Huber N, Nussbaumer A, Ginzler C (2023) The Habitat Map of Switzerland: A Remote Sensing, Composite Approach for a High Spatial and Thematic Resolution Product. *Remote Sens.* 15, 3: 643. doi.org/10.3390/rs15030643
27. Delarze R, Gonseth Y, Eggenberg S, Vust M (2015) Lebensräume der Schweiz: Ökologie – Gefährdung – Kennarten 3., vollständig überarbeitete Auflage. Bern: Ott der Sachbuchverlag. ISBN: 978-3-7225-0149-9.
28. Moreira F, Dias FS, Dertien J, Hasse AC, Borda-de-Água L, Carvalho S, u. a. (2024) Guidelines for connectivity conservation and planning in Europe. *ARPHA Preprints*. europepmc.org/article/PPR/PPR863630
29. Sutherland, WJ (2022) *Transforming Conservation: A Practical Guide to Evidence and Decision Making*. Open Book Publishers, Cambridge, U.K. doi.org/10.11647/OBP.0321



Adresse

Institut fédéral de recherches WSL

Zürcherstrasse 111

CH-8903 Birmensdorf

044 739 28 97

info@wsl.ch

www.synthesebiodiv.ch

ETH zürich



eawag
aquatic research o.o.o