



## Umsetzung der Massnahme 4.2.

*«Der Bund erarbeitet Entscheidungsgrundlagen für eine periodische Überprüfung der Vereinbarkeit der Freizeit- und Erholungsaktivitäten mit dem Schutz des Waldökosystems und seinen verschiedenen Lebensräumen und seiner Artenvielfalt sowie das Sicherstellen der Waldökosystemleistungen (Störungsprävention und -mässigung, Versorgung von Holzressourcen).»*

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt

Berner Fachhochschule

Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften

Waldwissenschaften

## Impressum

**Auftraggeber:** Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Wald, CH-3003 Bern

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

**Auftragnehmer:** HAFL, Abteilung Waldwissenschaften

**Projektleitung:** Dr. Jerylee Wilkes-Allemand, HAFL, [jerylee.wilkes@bfh.ch](mailto:jerylee.wilkes@bfh.ch)

**Projektbegleitung:** Dr. Clémence Dirac, BAFU, [Clemence.DiracRamohavelo@bafu.admin.ch](mailto:Clemence.DiracRamohavelo@bafu.admin.ch)

**Autor\*innen:** Gaspard Dumollard, Valère Martin, Christian Rosset und Jerylee Wilkes-Allemand

**Hinweis:** Dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

**Titelfoto:** Quelle: Jerylee Wilkes-Allemand

**Zitiervorschlag:** Wilkes-Allemand, J., Martin, V., Dumollard, G., Rosset, C. (2023). Umsetzung der Massnahme 4.2. «*Der Bund erarbeitet Entscheidungsgrundlagen für eine periodische Überprüfung der Vereinbarkeit der Freizeit- und Erholungsaktivitäten mit dem Schutz des Waldökosystems und seinen verschiedenen Lebensräumen und seiner Artenvielfalt sowie das Sicherstellen der Waldökosystemleistungen (Störungsprävention und -mässigung, Versorgung von Holzressourcen)*». Schlussbericht, Juli 2023. S.72

**Datum:** Juli 2023

## Zusammenfassung

Die Strategie Freizeit und Erholung im Wald des BAFU beinhaltet sechs Ziele und sechzehn Massnahmen. Die vorliegende Arbeit setzt eine dieser Massnahmen, nämlich Massnahme 4.2 *«Der Bund erarbeitet Entscheidungsgrundlagen für eine periodische Überprüfung der Vereinbarkeit der Freizeit- und Erholungsaktivitäten mit dem Schutz des Waldökosystems und seinen verschiedenen Lebensräumen und seiner Artenvielfalt sowie das Sicherstellen der Waldökosystemleistungen (Störungsprävention und -mässigung, Versorgung von Holzressourcen)»*, um.

Massnahme 4.2 wurde in drei Schritten umgesetzt. Im ersten Schritt wurde die Störungsempfindlichkeit der verschiedenen Waldökosystemleistungen (Beispiel Biodiversität) identifiziert. Im zweiten Schritt wurden die verschiedenen Monitoringsysteme der Freizeit- und Erholungsaktivitäten erfasst. Zuletzt wurde ein Vorschlag gemacht, wie die Ergebnisse in der Waldplanung integriert werden könnten, insbesondere die Zusammenhänge mit Waldentwicklungsplan, Betriebsplan und Erholungskonzept werden anhand konkreter Beispiele aufgezeigt. Dabei verfolgte die Umsetzung der Massnahme das Ziel die *«Entwicklung einer Entscheidungsgrundlage, zur Identifizierung potenzieller oder erwiesener Antagonismen zwischen Freizeit- und Erholungsaktivitäten und anderen Waldökosystemleistungen auf der Waldgebietsebene»*.

Die Umsetzung der Massnahme 4.2 hat gezeigt, dass auf Forstbetriebs- und kantonaler Ebene ein Bedarf nach Entscheidungsgrundlagen besteht. Um jedoch lokale Aussagen treffen zu können, müssen diese Entscheidungsgrundlagen mit lokalen Kenntnissen eingesetzt werden und mit lokalen Monitoringsysteme ergänzt werden. Die Umsetzung der Massnahme hat zudem gezeigt, dass es nicht einfach ist solche Entscheidungsgrundlagen zu entwickeln, da diese, zumindest für den Aspekt *«Störungsempfindlichkeiten der verschiedenen Waldökosystemleistungen»* von den vorhandenen Arten, der Definition der Zielarten und der Qualität, Detaillierungsgrad und Facettenreichtum der vorhandenen Daten über die Arten, ihre Habitate und die Erholungsaktivitäten inkl. Erholungsinfrastrukturen abhängen. Zum Schluss kann gesagt werden, dass solche Entscheidungsgrundlagen eine wichtige, weitere Grundlage im Planungsprozess darstellen, welche passend an den Waldentwicklungsplan oder an die kantonalen bzw. kommunalen Grundlagen gekoppelt werden könnten.

# Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
1 Einleitung	5
1.1 Ausgangslage	5
1.2 Ziel der Arbeit	5
1.3 Aufbau des Berichts	5
2 Methodik und Vorgehen	5
3 Ergebnisse	7
3.1 Phase 1 – Störungsempfindlichkeiten der verschiedenen Waldökosystemleistungen (V. Martin)	7
3.1.1 Zusammenfassung	7
3.1.2 Introduction	10
3.1.3 Concept Grande faune	16
3.1.4 Concept Flore	26
3.1.5 Concept Petite faune	27
3.1.6 Etudes de cas	29
3.1.7 Conclusions Phase 1	39
3.1.8 Glossaire Phase 1	39
3.2 Phase 2 – Erfassung der verschiedene Monitoringsysteme der Freizeit- und Erholungsaktivitäten (G. Dumollard)	41
3.2.1 Résumé des principales recommandations pour la pratique	41
3.2.2 Introduction	42
3.2.3 Données de géolocalisation des appareils connectés	42
3.2.4 Inventaire forestier national	46
3.2.5 Compteurs automatiques de visiteurs	48
3.2.6 Sondages	50
3.2.7 Monitoring participatif	53
3.2.8 Conclusion	54
3.2.9 Perspectives	55
3.3 Phase 3 – Synthese und Integration im Waldplanungsprozess (C. Rosset und J. Wilkes-Allemann)	56
3.3.1 Waldplanung aus Perspektive Biodiversität basierend auf die Interviews	56
3.3.2 Waldplanung aus Perspektive Freizeit und Erholung basierend auf die Interviews	57
3.3.3 Validierung des Modells und Integration in der Waldplanung – Erkenntnisse aus den Expertenworkshops	58
3.3.4 Intégration dans la planification	58
4 Fazit und Ausblick	68
5 Referenzen	70
Anhang Teilnehmer und Teilnehmerinnen Workshops	72

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangslage

Die Strategie *Freizeit und Erholung im Wald*<sup>1</sup> ist eine Strategie des Bundes unter Federführung des Bundesamts für Umwelt (BAFU). Diese wurde im Jahr 2016 in einem partizipativen Prozess unter Einbezug von zentralen Akteuren entwickelt, die sich mit der Freizeit und Erholung im Wald beschäftigen. Die Vision der Strategie ist, dass die Wälder mit Bedeutung für Erholungsnutzung nachhaltig und integral bewirtschaftet werden. Die Strategie basiert auf einem Triple-Win-Prinzip, welches auf drei Schwerpunkten beruht: 1) Fördern der Gesundheit der Bevölkerung, 2) Bewahren des naturnahen Waldökosystems, und 3) ökonomische Inwertsetzung der Erholungsleistung des Waldes.

Die Strategie Freizeit und Erholung im Wald leistet einen direkten Beitrag zur Umsetzung von verschiedenen Stossrichtungen der vom Bundesrat entwickelten Waldpolitik 2020. Darüber hinaus knüpft sie an verschiedene Strategien und Politiken des Bundes an – unter anderem in den Bereichen Gesundheit, Sport, Tourismus, Biodiversität und Raumplanung. Die Strategie Freizeit und Erholung im Wald ist die Handlungsgrundlage für Massnahmen des BAFUs und enthält Empfehlungen an die Adresse weiterer Akteure zur Unterstützung der Umsetzung. Die Strategie beinhaltet sechs Ziele und sechzehn Massnahmen.

## 1.2 Ziel der Arbeit

Mit dieser Arbeit wird das Ziel verfolgt, die Massnahme 4.2 *«Der Bund erarbeitet Entscheidungsgrundlagen für eine periodische Überprüfung der Vereinbarkeit der Freizeit- und Erholungsaktivitäten mit dem Schutz des Waldökosystems und seinen verschiedenen Lebensräumen und seiner Artenvielfalt sowie das Sicherstellen der Waldökosystemleistungen (Störungsprävention und -mässigung, Versorgung von Holzressourcen)»* der Strategie Freizeit und Erholung im Wald umzusetzen. Dabei soll nach Absprache mit dem BAFU das Ziel der *«Entwicklung einer Entscheidungsgrundlage, zur Identifizierung potenzieller oder erwiesener Antagonismen zwischen Freizeit- und Erholungsaktivitäten und anderen Waldökosystemleistungen auf der Waldgebietsebene»* erreicht werden.

## 1.3 Aufbau des Berichts

Der Bericht ist folgendermassen aufgebaut: In Kapitel 2 wird die Methodik und das Vorgehen dieser Arbeit näher beschrieben. In Kapitel 3 werden die Ergebnisse nach den Phasen (1) Identifizierung der Störungsempfindlichkeiten der verschiedenen Waldökosystemleistungen, (2) Erfassung der verschiedenen Monitoringsysteme der Freizeit- und Erholungsaktivitäten, und (3) Synthese und Integration der Ergebnisse in den Waldplanungsprozess am Beispiel der Fallstudie, wie in der Methodik vertieft erläutert, dargestellt. Im Letzten Kapitel wird ein kurzes Fazit gezogen und ein Ausblick gegeben.

# 2 Methodik und Vorgehen

Die vorliegende Arbeit basiert auf vier Projektphasen: (1) Identifizierung der Störungsempfindlichkeiten der verschiedenen Waldökosystemleistungen, (2) Erfassung der verschiedenen Monitoringsysteme der Freizeit- und Erholungsaktivitäten, (3)

<sup>1</sup> [https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/wald-holz/fachinfo-daten/strategie-freizeit-erholung-wald.pdf.download.pdf/Strategie\\_Freizeit\\_und\\_Erholung\\_im\\_Wald\\_2018.pdf](https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/wald-holz/fachinfo-daten/strategie-freizeit-erholung-wald.pdf.download.pdf/Strategie_Freizeit_und_Erholung_im_Wald_2018.pdf)

Synthese und Integration der Ergebnisse in den Waldplanungsprozess am Beispiel der Fallstudie, sowie (4) Diskussion von Teilergebnissen mit dem Auftraggeber.

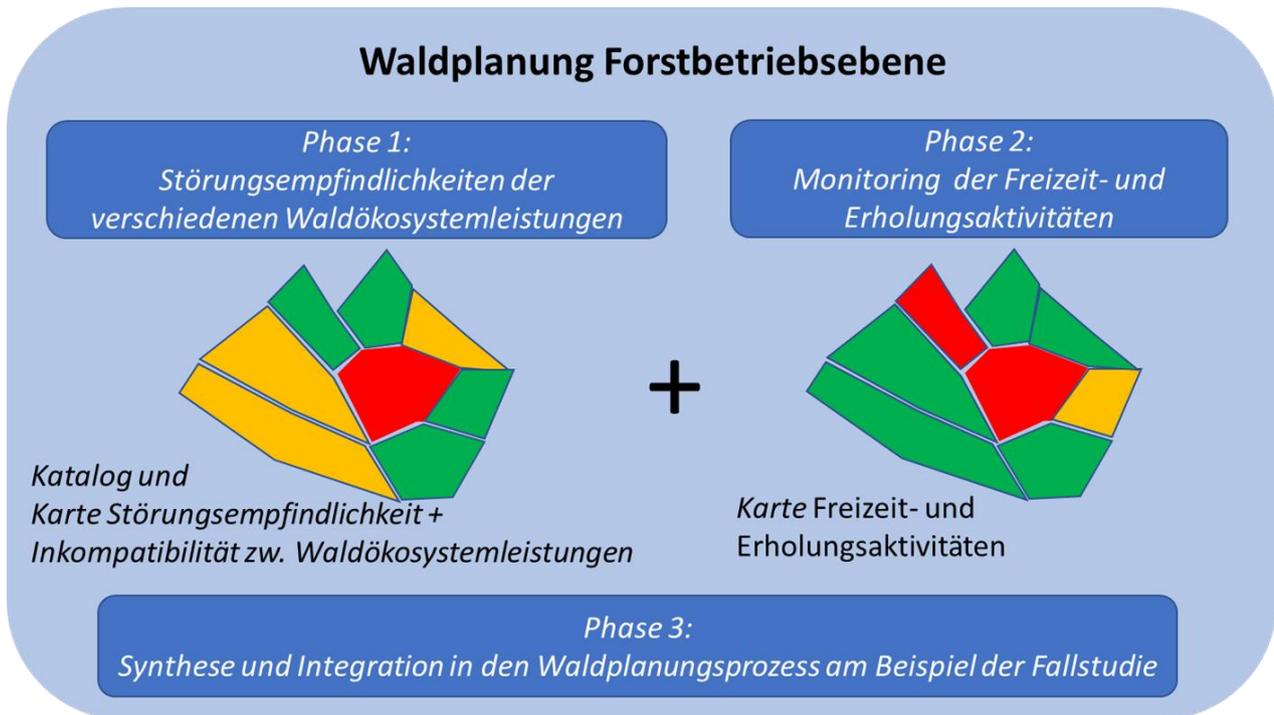


Abbildung 1 Vorgehen des Projekts. Quelle: Eigene Darstellung.

Das Vorgehen der einzelnen Phasen ist in Tabelle 1 dargestellt. Das Projekt wurde im Zeitraum von Februar 2022 bis Mai 2023 ausgeführt.

Tabelle 1 Vorgehen des Projekts. Quelle: Eigene Darstellung.

Nr.	Aktivität	Methodische Ansätze und Beschreibung des Ablaufs
1	Identifizierung der Störungsempfindlichkeiten der verschiedenen Waldökosystemleistungen	Entwicklung einer Methode zur Identifizierung der Störungsempfindlichkeiten basierend auf bestehenden Datengrundlagen (u.a. bestehenden Karten und Informationen zu Zielarten und Erholungsinfrastrukturen).
2	Erfassung der verschiedenen Monitoringsysteme der Freizeit- und Erholungsaktivitäten	Identifizierung der Monitoringsysteme basierend auf einer Internet- und Literaturrecherche von bestehenden Projekten und technischen Lösungen.
3	Synthese und Integration der Ergebnisse in den Waldplanungsprozess am Beispiel der Fallstudie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zwei Interviews mit Fachverantwortlichen der jeweiligen Fallstudie.</li> <li>• Zwei Workshops mit Kantonsvertreter und Kantonsvertreterinnen und Forstbetriebsvertreter und Forstbetriebsvertreterinnen der jeweiligen Fallstudie zur Validierung der Ergebnisse (siehe Anhang 2).</li> <li>• Integration der Ergebnisse basierend auf der Interpretation der Ergebnisse aus den Interviews und Workshops unter Berücksichtigung der lokalen Gegebenheiten des jeweiligen Fallbeispiels.</li> </ul>

## 3 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse nach den drei Hauptforschungsphasen dargestellt. Phase 1 *Störungsempfindlichkeiten der verschiedenen Waldökosystemleistungen* wurde von Valère Martin bearbeitet. Phase 2 *Erfassung der verschiedenen Monitoringsysteme der Freizeit- und Erholungsaktivitäten* wurde von Gaspard Dumollard bearbeitet. Phase 3 *Synthese und Integration der Ergebnisse in den Waldplanungsprozess am Beispiel der Fallstudien* wurde von Christian Rosset und Jerylee Wilkes-Allemand bearbeitet.

### 3.1 Phase 1 – Störungsempfindlichkeiten der verschiedenen Waldökosystemleistungen (V. Martin)

#### 3.1.1 Zusammenfassung

##### Objectifs et principes

Pour atténuer l'impact des activités de loisirs sur la biodiversité, un outil spatial de gestion des forêts est développé. Sur un périmètre forestier donné, cet outil doit permettre d'examiner une situation actuelle initiale et, des modifications possibles de l'utilisation des infrastructures forestières pour améliorer les conditions de vie d'espèces sauvages prioritaires. L'outil intègre l'habitat, les infrastructures utilisées pour les activités de loisirs et des modèles de dérangements.

L'objectif est une co-utilisation d'un périmètre forestier pour la préservation des espèces comme pour la pratique des activités de loisirs. La canalisation des activités de loisirs en fonction des habitats favorables aux espèces prioritaires est le moyen utilisé. L'outil n'est pas destiné à détacher des zones de protection ou de tranquillité absolues mais plutôt de créer des conditions cadres permettant aux espèces de survivre dans ces périmètres par rapport à l'utilisation de la forêt pour les activités de loisirs. Considérer la ressource bois serait une fonctionnalité additionnelle.

La fragmentation de l'habitat définit la discontinuité de l'habitat favorable à une espèce entraînant le morcellement d'une population, en plusieurs populations déconnectées. Le concept de ce travail est une fragmentation due aux dérangements qui s'additionne à la fragmentation de l'habitat. Cette fragmentation par les dérangements résulte de l'utilisation des infrastructures forestières pour des activités de loisirs.

Sur cette base, le périmètre forestier peut être défragmenté pour assurer la prospérité des espèces prioritaires. Ce processus de défragmentation consiste à augmenter la taille de fragments non ou peu soumis aux dérangements. La méthode pour y parvenir est un réaménagement des infrastructures utilisables pour les activités de loisirs.

La modalité d'application de la réduction de l'utilisation de certaines infrastructures n'est pas l'objet de ce travail. Cette canalisation peut être réalisée par la suppression des chemins, la limitation de leur accès, la réduction de la mobilité (obstacles, état naturel des chemins, ...), la création de nouvelles infrastructures ou encore la réduction de l'attractivité (paysagère par exemple).

Pour des raisons d'échelle spatiale, les espèces mobiles, comme les grands mammifères et les oiseaux, ont été priorisées. L'outil a aussi été développé pour la flore et la petite faune (micromammifères, arthropodes, reptiles). Dans ces derniers cas, une bonne précision des données spatiales est essentielle, sans laquelle le résultat manque de finesse dans la différenciation des situations locales réelles.

## **Outil de mitigation des impacts des activités de loisirs sur la biodiversité**

L'outil se présente sur la forme d'un logiciel calculant diverses cartes: des cartes de l'habitat, des cartes des dérangements et une carte servant de base de décisionnelle. Cette dernière combine les éléments dérangements et habitats. Différents paramètres quantitatifs sont calculés pour évaluer objectivement la situation actuelle.

L'outil, utilisé par un expert en biologie et en informatique, permet de calculer des scénarios d'améliorations. Le travail de simulation consiste à canaliser les flux de visiteurs afin de générer des fragments d'habitats favorables définis par la qualité du biotope, la taille des fragments et un degré de tranquillité élevé dans chaque fragment, pour un périmètre forestier donné. La tâche est plus ou moins complexe en fonction de la densité initiale des infrastructures, de contraintes externes, de la sensibilité de l'espèce cible aux dérangements et de ses exigences vis-à-vis de l'habitat.

Ces différents scénarios sont présentés aux gestionnaires des forêts qui sont en charge d'implémenter la meilleure solution dans la pratique et, d'organiser un suivi opérationnel des espèces cibles afin de valider le succès de la cohabitation entre les espèces prioritaires et la pratique des activités de loisir. Des propositions méthodologiques de mise en œuvre d'un suivi à des coûts raisonnables sont faites, comme l'utilisation de réseaux bioacoustiques.

### **Discussion sur l'application de l'outil**

L'application de notre solution à différents cas a montré l'utilité de l'outil dans la planification des infrastructures pour préserver une forêt multifonctionnelle. Dans notre cas, cette multifonctionnalité est examinée par rapport aux loisirs et à la biodiversité. Des scénarios simulés sont comparés et servent de base décisionnelle à l'implémentation de mesures. A ce stade de développement, l'outil requière une connaissance d'experts sur la biodiversité et des compétences en informatique. Par exemple, de nouveaux modules ont été ajoutés en fonction de certains cas considérés.

La paramétrisation du logiciel n'a pas besoin d'être très détaillée grâce à la robustesse de notre approche : des paramètres raisonnables fournissent les mêmes solutions de mitigation. Toutefois des paramètres bien fondés sont un avantage pour travailler à une échelle fine. Des études de cas détaillées, incluant des observations précises actualisées des espèces prioritaires seraient un atout pour valider les contraintes sur la variation des paramètres.

La taille et le nombre de fragments dépendent de la quantité d'infrastructures et de la sensibilité de l'espèce cible. Une comparaison quantitative entre la situation initiale et la situation après mitigation est un indicateur valable des améliorations apportées. Des paramètres identiques permettent également des comparaisons entre des secteurs d'études différents.

L'utilisation de notre logiciel est contrainte par les données géospatiales utilisées :

- Les géodonnées doivent être suffisamment récentes pour être pertinentes. Des géodonnées propres, pour autant qu'elles existent peuvent être facilement intégrées (layons, infrastructures non-officielles - ex. les sentiers de fait- par exemple).
- La résolution spatiale des données diffère. Le degré de précision final est largement déterminé par les géodonnées avec la résolution la plus faible. Une résolution très élevée n'est cependant pas pertinente par rapport à l'incertitude existante sur le calcul spatial de l'habitat. Une telle résolution peut aussi générer une hyper-fragmentation de l'habitat.
- Le nombre de paramètres environnementaux cartographiés détermine l'exactitude de la définition d'habitat favorable.

La solution peut différencier les pratiques estivales des pratiques hivernales des loisirs. Dans ce dernier cas, la solution considère les parcours officiels et intègrent un impact plus fort des dérangements lors de la mauvaise saison. Ainsi, une approche différenciée saisonnière peut être appliquée

La solution proposée pourrait bénéficier d'extensions comme :

- L'intégration de données actuelles, comme les données satellitaires serait une plus-value pour notre solution. Ces données requièrent toutefois un effort de pré-traitement important.
- Des données précises et exhaustives sur les espèces seraient un atout. Malheureusement de telles données sont peu fréquentes car elles se basent principalement sur du Citizen Science.
- Des données sur l'utilisation effective des infrastructures en fonction de la saison permettraient de poser des priorités sur les mesures de mitigation, tout en tenant compte de l'effet de report des utilisateurs suivant une modification. Le défi est la qualité, en termes d'exhaustivité et de précision spatiale de ces données.
- L'intégration de facteurs environnementaux additionnels amènerait de meilleure information sur l'habitat (sol, sous-bois, climat, lumière par exemple).

Une approche dynamique de la canalisation des activités de loisirs et des populations animales pourrait ajouter des perspectives d'application pour la préservation des espèces.

Les infrastructures non-officielles, non répertoriées sur les cartes officielles, ne sont pas incluses. Ces tracés peuvent diminuer l'effet positif attendu des mesures de mitigation. L'utilisation inappropriée des infrastructures amenant à un dérangement plus fort est aussi un facteur pouvant pénaliser le résultat. Ces deux exemples démontrent la nécessité de contrôler les effets positifs attendus. En cas de déclin de la population de l'espèce prioritaire, les causes peuvent être liées soit à des mesures de mitigation trop faibles ou inappropriées, soit à des changements du milieu naturel, soit à des utilisations non-répertoriées pour les activités de loisirs. Dans le premier cas, les mesures peuvent être facilement revisitées grâce au logiciel. Dans le cas de changements dans la forêt, le logiciel permet aussi de calculer des cartes passées et présentes pour autant que les géodonnées existent. Les utilisations inappropriées sont détectées sur la base d'observations de terrain. Ce dernier aspect pourrait encore être développé.

L'application de notre boîte à outils, incluant le calcul des scénarios, l'application pratique des mesures de mitigation et des observations de terrain sur plusieurs années pré- et post-mitigation serait une suite logique à ce travail.

### 3.1.2 Introduction

#### 3.1.2.1 Thématique traitée

Ce projet traite de la thématique des conflits entre activités de loisirs et biodiversité (Abbildung 2). La relation entre Biodiversité et Production de bois est traitée de manière indirecte et partiellement puisque certaines infrastructures liées à la production de bois, comme des routes d'accès, sont aussi utilisées pour les activités de loisirs. L'interaction entre Activités de Loisirs et Production de Bois n'est pas le sujet de ce travail.

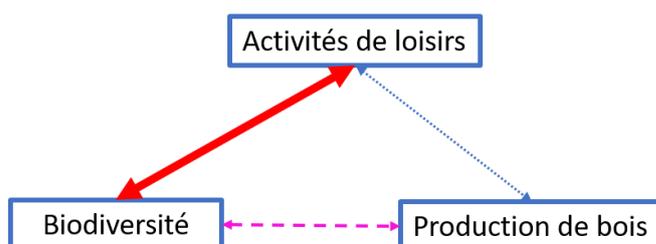


Abbildung 2 différentes fonctions de la forêt interfèrent. Ces interférences peuvent prendre différentes formes de la complémentarité, aux bénéfiques jusqu'aux conflits.

#### 3.1.2.2 Définitions

Par **infrastructures**, nous entendons tous les aménagements en forêt (Abbildung 3) qui facilitent et invitent aux activités de loisirs, tels que les routes, les chemins, les sentiers, les dessertes de tous genres mais aussi les places de pique-nique, les points-de-vue, les places de feux, ou encore les cabanes.



Abbildung 3 Construction d'une nouvelle route en forêt (Neuchâtel avril 2022, V. Martin). A gauche, la route est constituée de graviers et cailloux qui recouvrent l'ancien sol forestier caractérisé par des myrtilles. Cette route a un double impact négatif sur la biodiversité : 1) elle présente une perte d'habitats et 2) elle invite aux activités récréatives, donc augmente les dérangements. Sur la photo de droite, on voit la desserte précédente, moins attractive pour les loisirs et favorable à la biodiversité grâce à la formation de gouilles d'eau et à une végétation herbacée spécifique.

Dans ce travail, le point de vue stricte de la protection de la biodiversité est adopté. Il s'agit de déterminer de quelle manière les infrastructures existantes impactent la biodiversité et comment mitiger leurs impacts en proposant des actions d'amélioration. L'impact de nouvelles infrastructures peut aussi être évalué. Les fonctions liées à la production agricole et forestière des infrastructures ne sont pas considérées. Les aspects touristiques ne sont pas traités non plus.

Plus précisément, il s'agit de l'impact de l'utilisation des infrastructures pour les activités de loisirs. L'impact (négatif et/ou positif) de la présence des infrastructures en forêt n'est pas le sujet de ce travail. **Par simplification du langage, « impact des infrastructures » est utilisé plutôt que « impact de l'utilisation des infrastructures ».**

Par soucis d'exhaustivité, nous avons séparé ce travail en deux groupes : 1) les impacts sur des espèces très mobiles ou avec de larges territoires, présentés dans le **concept Grande faune** et 2) les impacts de proximité (<~30 m des infrastructures) qui sont présentés dans le **concept Flore** et le **concept Petite faune**. Les conflits sont reconnus plus élevés dans le premier cas (Dumollard et al., 2020) et, c'est donc naturellement pour ce premier groupe qu'un concept détaillé a été développé dans ce travail, sous la forme d'un programme informatique de calcul des conflits et de calcul des effets positifs des mesures de mitigation. En théorie, le concept Grande faune pourrait être appliqué pour le groupe 2 (avec quelques adaptations des modèles), à la condition que des géodonnées sur les espèces soient suffisamment étayées, précises et à résolution spatiale élevée. Cette condition n'est pas remplie actuellement.

### 3.1.2.3 Sur les données des espèces

En étudiant les sources de données sur les espèces, il s'est avéré que celles-ci ne se prêtent guère à des actions locales (à l'échelle spatiale des chemins) et progressives de mitigation de l'impact des activités de loisir sur la biodiversité dans une zone d'intérêt déterminée. Les raisons principales sont la faible précision des observations (géolocalisation) et leur caractère aléatoire. Le Citizen Science induit une pression d'observation variable et mal quantifiable, surtout temporellement. Néanmoins de telles observations sont utiles pour compléter une connaissance d'experts sur les espèces prioritaires dans un secteur donné.

La Abbildung 4 illustre par un cas concret la faible précision de géolocalisation de la majorité des données actuelles. La précision requise pour ce travail est la plus élevée (Abb. 4C) qui n'est connue dans ce cas précis que de l'auteur de l'observation. Communiquer une donnée à l'échelle du kilomètre carré présente l'avantage de la rapidité et d'un certain niveau de confidentialité. Beaucoup d'observateurs s'interrogent sur les avantages et les inconvénients de la communication des observations, en particulier des observations précises et liées à la reproduction.

Les applications logicielles de collecte des données pour appareils mobiles entre autres permettent d'introduire des observations précises. Dans le cas de la flore et de petite faune, la précision obtenue est celle du GPS de l'appareil d'acquisition. Selon le mode d'utilisation et la topographie, cette précision peut varier entre <5m et 30m. Un exemple d'une telle application pour les arbres habitats est HabiApp.

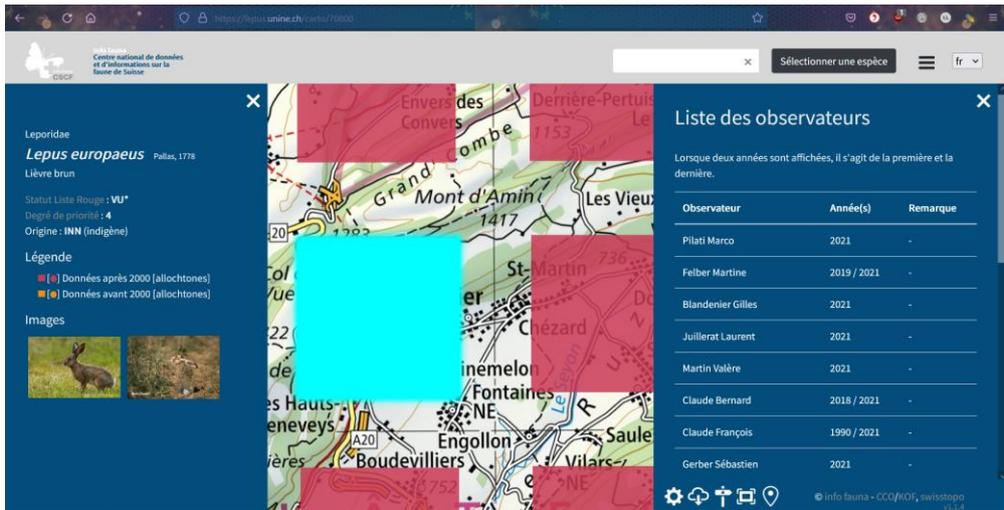
Pour la grande faune, de telles applications existent également mais elles ne résolvent la question de la précision que de manière partielle. Ces applications sont récentes (par exemple, 2014 pour Naturalist). La précision effective dépend beaucoup de la rigueur de l'observateur. La position de l'observateur est souvent fournie à la place de celle de l'observé. Ce mode pratique permet :

- a) La simplification de la transmission des données  
La position de l'observateur est fournie car elle est donnée immédiatement par le GPS de l'appareil mobile ou alors la donnée est simplement fournie au kilomètre carré si le GPS n'est pas disponible (Abb.4B)

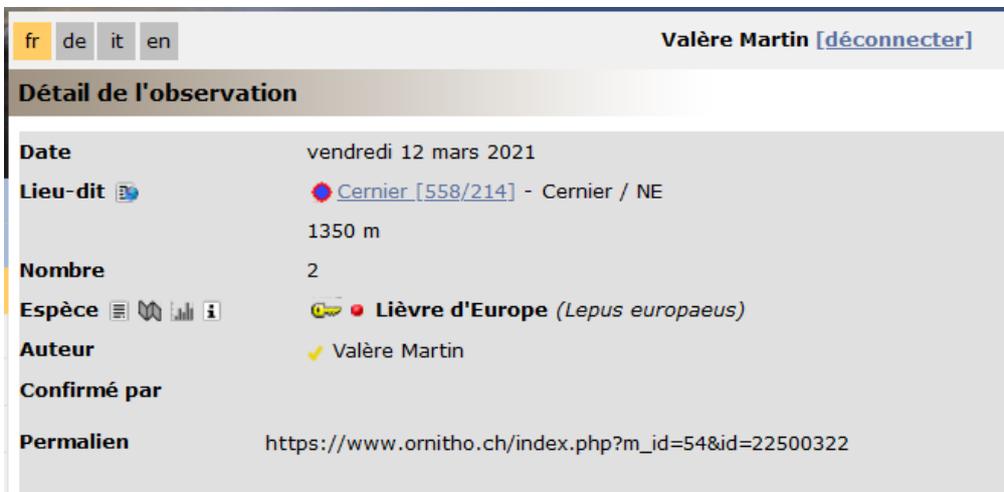
- b) La simplification de la collecte de données multiples  
Plusieurs observations sont groupées sur une seule coordonnée pour accélérer le processus de communication.  
Cette approche permet elle-aussi un gain de temps important.
- c) La non-détermination de la position réelle de l'observé  
Un observateur en forêt qui entend par exemple un cri bref sera capable d'identifier l'espèce mais ne pourra pas déterminer la position de son auteur. Si la position est estimée, sa précision dépendra de l'appréciation propre de l'observateur. Cette tâche de localisation est difficile. La portée des cris varie de 100 mètres à minimum 1000 mètres en fonction de l'espèce, la fréquence ou encore de la pollution sonore et de la topographie. La même situation se présente pour l'observation visuelle d'un oiseau éloigné en vol. Par exemple, un vautour peut être observé et identifié correctement à 5 km du poste d'observation.

En résumé et malgré la géolocalisation automatique, il ne sera pas possible de déterminer la position précise de l'espèce observée, en particulier vis-à-vis de la localisation des infrastructures. Par exemple, est-ce que cet individu était à droite ou à gauche du chemin ?

A



B



C

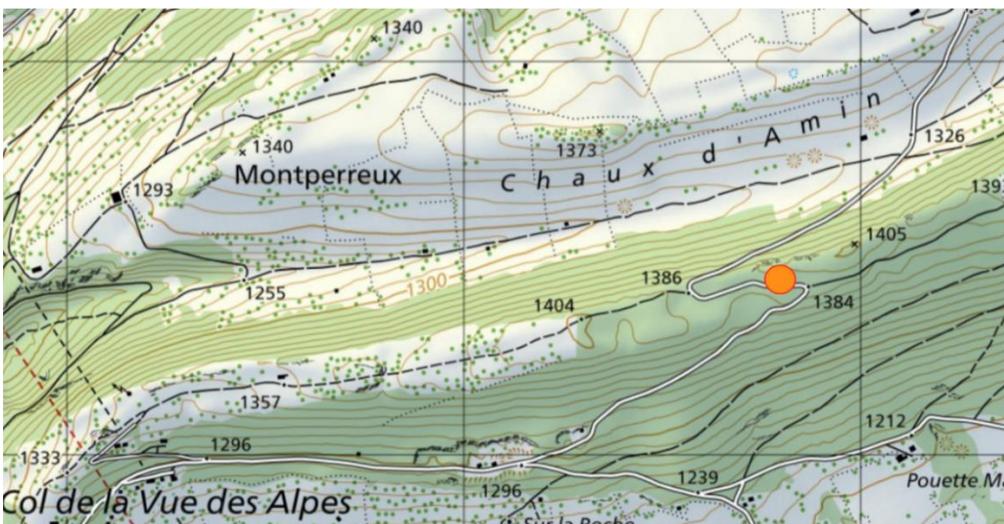


Abbildung 4 Illustration de la précision des observations avec l'exemple d'une observation de l'auteur. A) La donnée publique est fournie avec une précision de 5kmX5km (source : csf.ch). B) Une requête dans la base de données de transmission permet d'obtenir une donnée au kilomètre carré (source : onitho.ch) C) le lieu exact n'est en fait connu que de l'auteur. Dans cet exemple, le lièvre était sur une infrastructure de type route goudronnée en forêt (3c : carte de fond ©Swisstopp).

Un autre défi est l'exhaustivité des données pour un secteur donné, surtout en forêt. Elle dépend de la pression d'observation qui sera plus forte durant les week-ends (de beau temps) et sur les lieux connus à haute valeur biologique mais elle sera quasiment nulle la semaine pour des sites banals (et par forts froids). Cette exhaustivité ne peut être que très partiellement estimée mais de nouveau à large échelle. Autrement dit, les absences à faible échelle d'une espèce ne peuvent pas être validées. Le manque d'exhaustivité spatiale est encore plus fort en forêts : de nombreux lieux ne sont jamais prospectés par les naturalistes amateurs.

Dans ce travail, nous avons tenu compte de ces faiblesses des données et développé une solution qui ne dépend pas de la précision et de l'abondance de données de bonne qualité. Ces dernières données, précises et de haute qualité, seront collectées dans un deuxième temps pour valider la pertinence et l'efficacité des mesures de mitigation. Abbildung 5 illustre une approche possible pour déterminer les espèces prioritaires sur un secteur d'étude.

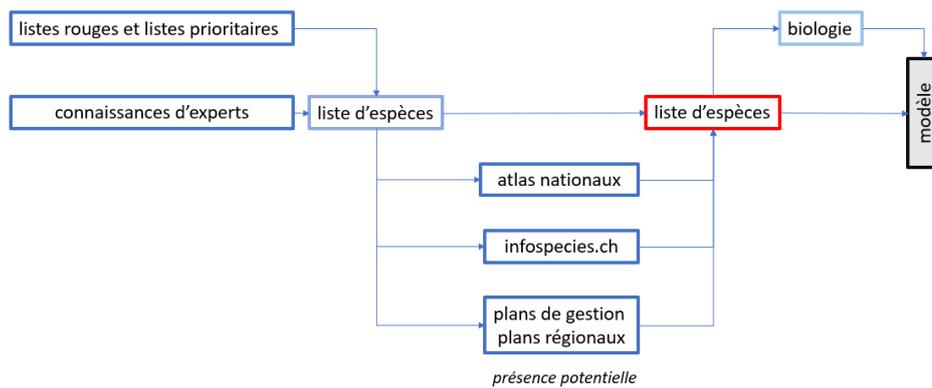


Abbildung 5 Approche pour déterminer la liste d'espèces prioritaires pour un secteur d'étude. Cette liste couplée avec les connaissances sur la biologie des espèces sélectionnées permet ensuite d'utiliser notre modèle pour défragmenter les dérangements.

#### 3.1.2.4 Sur les espèces

Une liste d'espèces prioritaires pour l'ensemble du pays n'est pas pertinente. Les espèces sont en effet classées, selon des priorités nationales, régionales, cantonales et, locales. Des zones de protection, comme les IBAs (International Bird Areas) dédiés à certaines espèces d'oiseaux ou le réseau Emerald, entrent aussi en ligne de compte. Des stratégies nationales et régionales peuvent intervenir dans la sélection. Une espèce considérée commune à l'échelle nationale peut être une espèce prioritaire soit l'échelle locale, soit vis-à-vis de son statut international par exemple.

Pour illustrer, le Pic vert est inclus dans l'IBA2 sur la base du critère B2 qui est « *Si plus de 1 % des effectifs européens d'une espèce d'oiseau à statut de conservation défavorable niche dans un pays, cet oiseau compte parmi les espèces importantes pour la délimitation des IBA.* ». Le pic vert est très répandu dans la zone de l'IBA2 (cas d'étude 2 inclut dans cette zone). Sa population n'y est pas menacée mais doit absolument être préservée, ce qui passe par la conservation de son habitat forestier et, des dérangements conservés à un niveau tolérable.

Selon la liste rouge des mammifères de Suisse, les grands prédateurs figurent parmi les plus menacés. Ils ont cependant de vastes territoires et dépendent de leurs proies, qui se trouvent être d'autres mammifères aussi sujets aux effets négatifs des dérangements. Chez les artiodactyles, aucun n'est classé à un degré de menace élevé selon la liste rouge, mais des zones de tranquillité leur sont pourtant dédiées. Le lièvre brun est classé VU (liste rouge suisse). Il est un habitant des lisières de forêt seulement. Le putois est une espèce forestière classée VU. Le chat sauvage est aussi forestier et classé NT. Si une

espèce de micromammifère classée en CR, VU ou NT est présent, il pourra être considéré comme espèce prioritaire dans le voisinage des chemins (concept Petite faune).

Parmi les oiseaux, les espèces typiquement forestières sont les tétraonidés, la bécasse et l'engoulevent, tous menacés en Suisse, mais aussi les pics et les rapaces habitant les forêts ou nichant dans les arbres.

Notons que la conservation de la biodiversité implique une multitude d'espèces plus ou moins communes.

D'une manière générale, une haute densité spatiale d'infrastructures facilement utilisables pour les activités de loisirs (fig. 24 et un contre-exemple fig. 25) est un facteur négatif sur la biodiversité. Dans ces cas, une espèce générique, c'est-à-dire commune et tolérante aux dérangements, pourra être utilisée pour défragmenter le secteur d'étude.

### 3.1.2.5 Principe du modèle

Le modèle se base sur les géodonnées des infrastructures, les géodonnées des habitats et des connaissances sur les espèces, incluant leur biologie mais aussi leur présence sur les sites d'étude. Cette approche permet de travailler avec le modèle immédiatement sans devoir investir au préalable dans une coûteuse collecte et compilation de données.

Le modèle introduit le concept de fragmentation causé par les dérangements dus aux activités de loisirs. Cette fragmentation des dérangements se distingue de la fragmentation des habitats qui résulte de l'aménagement du territoire, entre autres par modification de l'affectation du territoire, ou par la production de ressources naturelles (agricole, forestière). La fragmentation par les dérangements amène d'abord une diminution du fitness des individus, puis sur la durée potentiellement à une disparition de l'espèce malgré un habitat pourtant favorable (possiblement non fragmenté). La cause de disparition ne serait alors pas l'habitat en soi mais la co-utilisation de cet habitat pour les activités de loisirs.

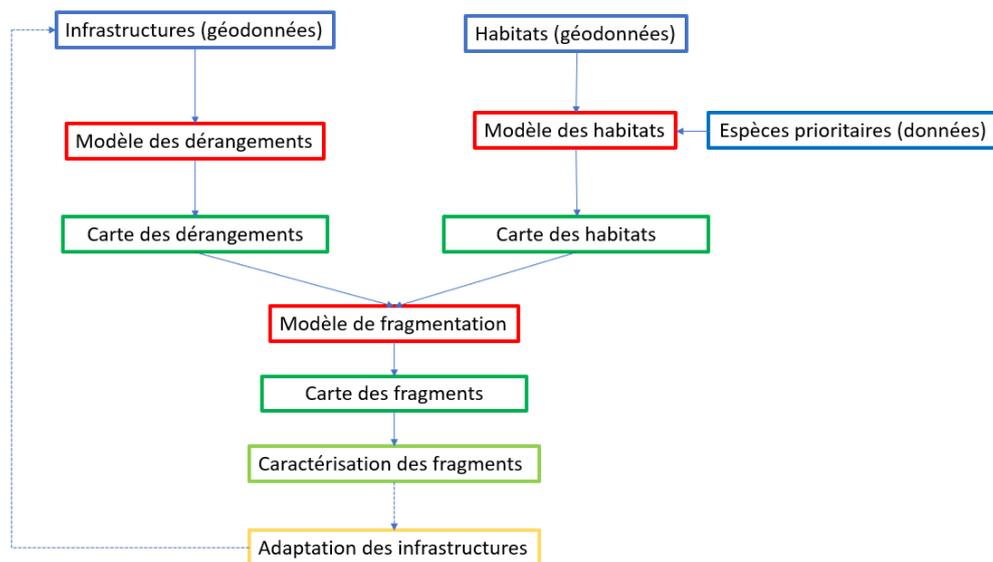


Abbildung 6 Principe du modèle développé dans ce travail et élément central de la boîte à outil proposé.

Dans la Abbildung 6, deux branches principales sont notées : une liée aux infrastructures et une autre liée aux habitats. Une liste restreinte des espèces (ou groupes d'espèces ou espèce générique) permet de déterminer l'habitat favorable, dans lequel la fragmentation par les dérangements devrait être limitée. Par défaut donc, le modèle tient compte de la fragmentation des habitats. L'adaptation des infrastructures pour mitiger l'impact des dérangements se réalise sur la base des résultats de la situation actuelle (carte) pour faire évoluer cette situation initiale vers une situation plus favorable à l'espèce cible. Plus de détails sur le modèle sont présentés dans le chapitre Concept Grande Faune.

Chaque carte (en vert foncé dans la Abbildung 6) résulte de l'application d'un modèle sur les géodonnées. L'habitat idéal est une somme d'attributs ou de paramètres avec des importances relatives variables. Les dérangements sont la somme cumulée de stimuli visuels et sonores. Les dérangements sont évidemment les plus importants sur les infrastructures et s'atténuent avec la distance aux infrastructures. Dans les deux cas, la disponibilité et la qualité des différentes géodonnées déterminent le degré de qualité des cartes obtenu.

### 3.1.3 Concept Grande faune

#### 3.1.3.1 Principes

Le voisinage immédiat et éloigné des infrastructures est sujet aux dérangements visuels et sonores. Ces dérangements sont associés à une fragmentation (des dérangements) qui est néfaste à la population de/des espèce(s) cible(s). L'effet négatif de l'utilisation d'une infrastructure particulière s'exprime avant tout par rapport à la relation spatiale qu'elle possède par rapport aux autres infrastructures et à l'habitat.

Pour les infrastructures existantes, le modèle grande faune permet de cibler des infrastructures problématiques et, de quantifier les effets (positifs) de leur « suppression » par rapport à la situation initiale. Le terme « suppression » (ci-dessus) exprime la fin ou la très forte réduction de l'utilisation pour les activités des loisirs de l'infrastructure, soit-elle réalisée par des méthodes de destruction physique, par des obstacles empêchant le cheminement (moins efficace) ou par des interdictions sous forme de panneaux (encore moins efficace).

#### 3.1.3.2 Mitigation

Un seul cas est distingué dans ce concept :

L'utilisation des infrastructures pour les activités de loisirs cause des dérangements sur la faune. Ces dérangements induisent une fragmentation (des dérangements) diminuant le « fitness » des individus.

#### Solution :

La planification des infrastructures est repensée en se basant sur notre modèle. En examinant les paramètres mesurant le degré de fragmentation des dérangements, la situation peut être améliorée en diminuant cette fragmentation. C'est le processus de défragmentation.

Pour rappel, toutes les activités humaines d'utilisation des infrastructures sont considérées comme dérangements (y compris motorisées sur les infrastructures dédiées à cet effet). Il s'agit de dérangements potentiels à cause de la présence des infrastructures. Les dérangements ne sont donc réalisés que si les infrastructures sont utilisées.

#### 3.1.3.3 Description du modèle

Pour l'utilisation de la boîte à outil, 5 étapes successives d'application sont distinguées :

- 1) Une quantification spatiale des dérangements sur la base des infrastructures existantes et du modèle des dérangements
- 2) Une quantification des surfaces favorables à l'espèce cible, qui est basé sur l'habitat de cette espèce. Un modèle des habitats permet de combiner les sources de données.
- 3) Une quantification de l'état actuel du secteur d'étude par rapport aux conflits entre la conservation des espèces et les activités récréatives. Il s'agit de la fragmentation par les dérangements.
- 4) Une adaptation des infrastructures qui est validée par un/des nouveau(x) calcul(s) du modèle.
- 5) Une validation de l'efficacité des mesures de mitigation par des observations de haute qualité et à faibles coûts sur le terrain.

Les principaux résultats sont une carte des dérangements et une carte des habitats pour une espèce cible, qui sont fusionnées dans une carte de fragmentation par les dérangements, c'est-à-dire qui présente les zones sans dérangements notables et un habitat favorable. Ces zones sont les noyaux de confort.

#### Noyaux ?

Ces noyaux ne doivent pas être interprétés ni comme des territoires, ni une aire (fragmentée) de distribution, ni l'habitat (optimal). Ces noyaux, servant de base à l'évaluation du périmètre, sont liés au concept de zone de confort optimal par rapport aux perturbations ET l'habitat. Une espèce n'est pas forcément uniformément distribuée dans son habitat optimal si la compétition, c'est-à-dire la pression y est trop forte. A l'opposé, elle peut aussi fréquenter un habitat suboptimal si les conditions globales s'y prêtent, par exemple s'il y a peu de perturbations ou de pression (Orme et al., 2019 pour un exemple parmi d'autres ; règle de Ellenberg). Un équivalent théorique des noyaux peut être une niche écologique réalisée (versus la niche écologique fondamentale) par rapport à l'effet négatif des dérangements. Voir glossaire.

En théorie, une carte par espèce pourrait être calculée. En pratique, une carte s'applique pour un groupe d'espèces pour autant que ces espèces partagent le même habitat et la même sensibilité aux dérangements. Les mesures de mitigation profitent de toute manière à plusieurs espèces.

Dans l'exemple d'illustration du chapitre suivant, la zone d'étude est définie par les coordonnées d'un rectangle. Ce choix est motivé par la considération des zones bâties (pression des activités de loisirs), les chemins et routes d'accès aux forêts, les parkings mais aussi pour identifier la fragmentation de l'habitat par l'aménagement du territoire. De plus, la limite zone forêt/zone agricole dans les secteurs de pâturages boisés est très arbitraire.

#### 3.1.3.4 Source des données

Dans ce travail, nous avons utilisé les données présentées dans le tableau 1. Chaque set de données permet de construire une ou plusieurs cartes. Toutes ces données couvrent l'entier du territoire suisse.

Table 2: sources de données utilisées dans ce modèle. Elles sont présentées dans un ordre selon leur utilisation dans le modèle : pour la carte des dérangements, la carte des habitats, le choix des espèces prioritaires ou la visualisation. Chaque type d'utilisation est indiquée par une couleur propre (première colonne).

Utilisation	Objets	Ressources	Sources	Format	Résolution
Dérangement	Chemins	TLM3D	Swisstopo	gdb -> gpkg	1-3m
Dérangement	Sentiers	TLM3D	Swisstopo	gdb -> gpkg	1-3m
Dérangement	Routes	TLM3D	Swisstopo	gdb -> gpkg	1-3m
Dérangement	Routes	Swiss Habitat Map V1	EnviDat ; WSL	gdb -> gpkg	---
Dérangement	Places de pique-nique, points de vue..	OpenStreetMap	OpenStreetMap Foundation	wms	(GPS ?)
Habitat	Habitats	Swiss Habitat Map V1	EnviDat ; WSL	gdb -> gpkg	---
Habitat	Type de forêt	ForestType NFI	WSL	geotiff	10 m

Habitat	Hauteur de végétation	Vegetation Model	WSL	wms	1 m
Habitat	Altitude	SwissAlti3D	Swisstopo	geotif	0.5 m
Espèces	Présence théorique	divers	divers	txt, json, kml	---
Carte	Carte de fond	Swiss Map Raster 10	Swisstopo	geotiff	1:10 000

### 3.1.3.5 Carte des dérangements

Le nombre de sources de données n'est pas limité mais une normalisation par rapport à ce nombre est requise. Actuellement, nous avons 8 sources de données qui correspondent aux différents types de routes en fonction de la couverture (asphaltée ou non) et de leur largeur (de l'autoroute aux chemins pédestres) (Abb. 7). De plus, les places de loisirs, comme les places de grillades et de piquenique et les points de vue sont inclus.

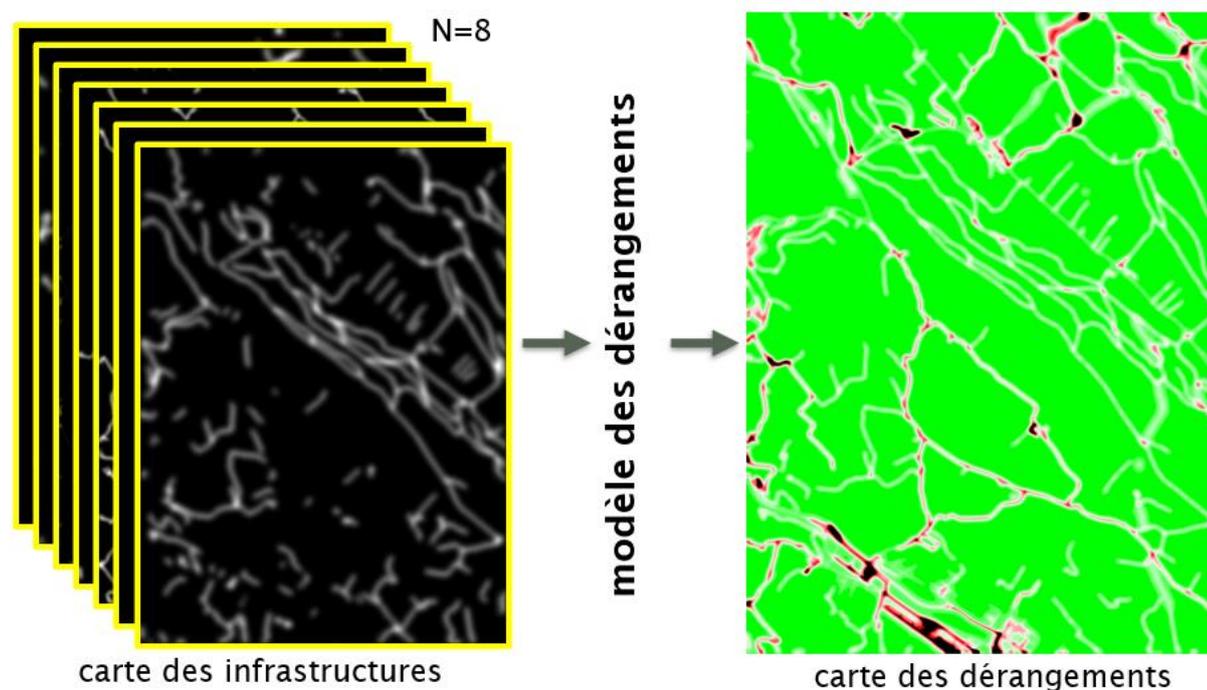


Abbildung 7 Principe du calcul des dérangements. Des cartes des infrastructures sont extraites pour le secteur d'étude. Un modèle est appliqué sur ces cartes, puis les dérangements pour chaque type d'infrastructure sont cumulés pour obtenir une carte des dérangements (colorées en fonction du niveau de dérangement, à gauche ; noir fort dérangements -> rouge -> blanc faibles dérangements ; le vert est la couleur de fond).

La carte des dérangements tient compte du type et de la portée des dérangements dans le voisinage proche et éloigné des infrastructures.

### 3.1.3.6 Carte des habitats

Le nombre de sources de données n'est pas limité mais une normalisation par rapport à ce nombre est requise. Le nombre de cartes varie en fonction de la diversité des associations végétales, de la topographie et des espèces (Abb. 8). Plus l'habitat est bien qualifié, plus le modèle est précis.

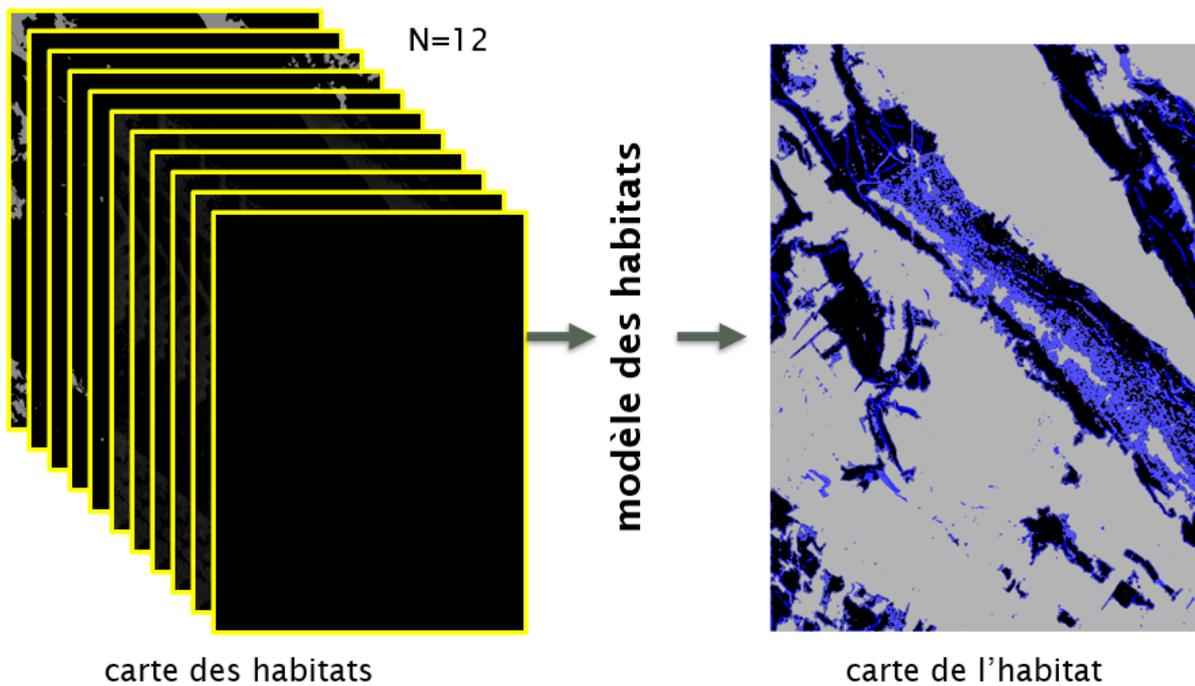


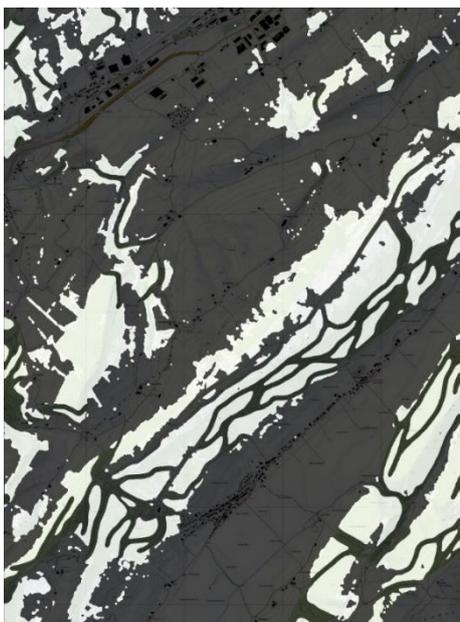
Abbildung 8 Principe du calcul de l'habitat d'une espèce. Des cartes des habitats sont extraites ou calculées pour le secteur d'étude. Un modèle est appliqué sur ces cartes, afin de calculer la qualité de l'habitat sur l'ensemble de la surface d'étude. La zone grise n'est pas un habitat approprié (couleur de fond). Le niveau de qualité de l'habitat varie du bleu clair (faible) au noir (fort).

Les habitats considérés sont divisés en trois catégories :

- 1) Les typologies végétales
- 2) La structure forestière
- 3) La topographie.

L'importance de chacun de ces paramètres est ajustée en fonction de la biologie des espèces et de la zone étudiée.

### 3.1.3.7 Carte de la fragmentation par les dérangements



Cette carte est obtenue par la fusion des deux cartes précédentes et d'un modèle des dérangements (Abb. 9). Des zones noyaux de confort sont ainsi définies (voir ci-dessus).

Abbildung 9 Carte de la fragmentation causée par les dérangements.

Chaque noyau (en blanc) est une zone de confort, à comprendre comme des zones à haut « fitness » pour l'espèce cible. La forêt étudiée (au centre) est fortement fragmentée par les dérangements. Cette zone d'étude mesure 3.6kmx7.3km (carte de fond ©Swisstopo).

### 3.1.3.8 Domaine d'utilisation du modèle

Le choix des paramètres est empirique et affiné sur la base des retours d'expérience. L'utilisation du modèle doit cependant être robuste par rapport à ces valeurs, ainsi :

- 1) Le modèle permet d'identifier les améliorations à apporter aux infrastructures de manière robuste (défragmentation des dérangements).
- 2) Les noyaux sont définis de manière robuste sur la base de paramètres raisonnables (les valeurs des surfaces des noyaux peuvent varier).
- 3) Le modèle permet de comparer des zones d'étude différentes sur la base d'un même set de paramètres.
- 4) Le modèle permet de quantifier l'effet des améliorations (nombre de fragments par exemple) de manière robuste.
- 5) Le modèle permet de tester des hypothèses de travail, par rapport aux dérangements et à la sensibilité des espèces. La validation des mesures de mitigation se fait par monitoring des populations (sur le moyen terme) après la réalisation des mesures.
- 6) Le modèle peut être validé par des observations précises à haute résolution spatiale.
- 7) Le modèle permet de sélectionner des secteurs d'observation pour les suivis mais aussi d'identifier les secteurs favorables abandonnés pour donner suite aux dérangements.
- 8) Le modèle permet d'identifier des zones de transit entre les noyaux (surfaces présentant de bons habitats et de faibles dérangements).

Ce modèle ne permet pas de calculer des surfaces occupées par l'espèce cible mais il tient compte des surfaces abandonnées à cause de trop fortes pressions de dérangements (recolonisation).

### 3.1.3.9 Caractérisation de la fragmentation par les dérangements

Différents paramètres sont utilisés pour évaluer quantitativement la qualité actuelle de la zone d'étude (état initial de référence) et l'effet des améliorations apportées pour mitiger l'impact des dérangements (état futur). En modifiant les infrastructures (canalisation ou suppression des flux), ces valeurs évoluent par rapport à la situation initiale. Notons que la situation idéale pour notre objectif est l'absence complète d'infrastructures.

Les habitats ne sont pas considérés comme une variable d'ajustement pour la mitigation. Dans les faits, l'effet de la modification de la structure forestière (habitat) ou de l'utilisation du territoire pourrait aussi être évalué. Ces derniers scénarios sont au-delà du cadre fixé pour ce travail.

Les valeurs servant de base décisionnelle lors de l'utilisation du modèle sont expliquées sur la base d'un exemple ci-dessous.

Une première information obtenue est une potentielle perte de surface utile par la fragmentation des dérangements. Cette information est indicative car elle peut varier en fonction des paramètres utilisés. Si les espèces sont très sensibles aux dérangements, des paramètres conservateurs seront employés. Si au contraire, les espèces cibles sont peu sensibles des paramètres plus souples seront utilisés. Pour ce cas d'illustration avec la Gélinoite (espèce sensible), ces valeurs sont :

Surface forestière avec un bon habitat	37% (281 ha)
Surface des zones de confort	26% (195 ha)
<b>Perte :</b>	<b>30 % (86 ha)</b>

Ces 30% représentent une perte de surface utile dans le sens que dans ces zones perdues, le « fitness » des individus est fortement diminué à cause des activités récréatives (augmentation du stress ; limitation temporelle dans la recherche de nourriture, augmentation de la vigilance, etc...). L'observation de l'espèce cible dans ces surfaces n'est évidemment pas exclue.. En utilisant les mêmes paramètres sur une autre zone d'étude, des comparaisons deviennent possibles.

Un deuxième critère est la fragmentation par les dérangements (Abb. 10). Sur la figure 10b, la fragmentation de l'habitat résulte de l'aménagement du territoire (typiquement zone agricole, forestière et urbaine). On relève que les grandes surfaces d'un seul tenant sont perdues à cause des infrastructures de loisirs (Abb. 10a versus 10b). Dans cet exemple, la plus grande surface passe de 52 ha à 24 ha, soit 50% de réduction.

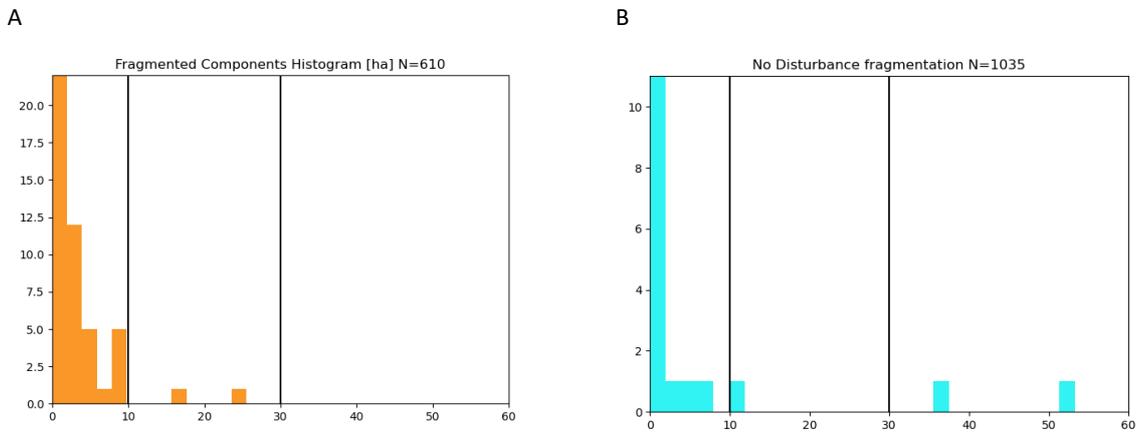


Abbildung 10 Ces histogrammes montrent la taille des noyaux de confort sur la zone d'étude. A) la zone d'études fragmentées par les infrastructures B) la même zone d'étude sans la fragmentation des dérangements liés aux infrastructures. Seuls les fragments de au moins 1 ha sont considérés pour ce graphique. L'échelle de l'axe vertical est limitée pour des questions de lisibilité.

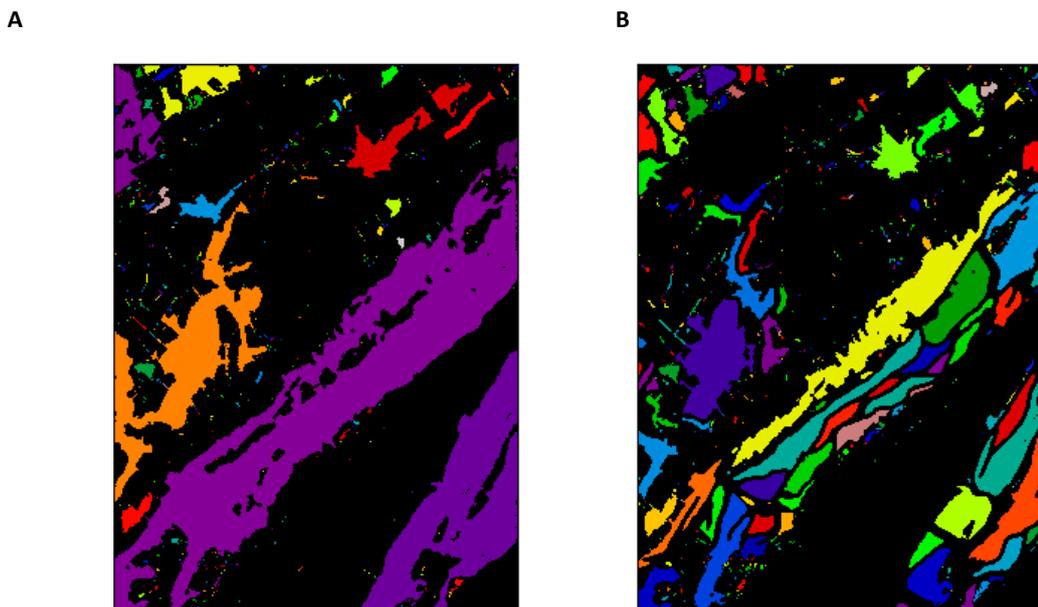


Abbildung 11 Les infrastructures de loisirs fragmentent le massif forestier en noyaux. A) les forêts fragmentées uniquement par l'aménagement du territoire. La forêt centrale est l'objet de l'étude. Chaque couleur représente un noyau propre ; la couleur de fond est le noir B) Fragmentation par les infrastructures de loisir. Cette fragmentation est particulièrement visible pour les deux grands massifs violets (A) et le massif orange (A). Chaque couleur représente un noyau. La couleur de fond est le noir.

Cette fragmentation par les dérangements est bien visible en calculant les composantes connectées formant les noyaux (Abbildung 11). Il s'agit d'identifier les surfaces d'un seul tenant appartenant à chaque noyau

Les distances minimales entre les noyaux sont montrées dans la Abbildung 12. Le nombre de distances faibles devrait être le plus élevé possible. Cette information présente des limitations dans son utilisation pratique car trop simple.

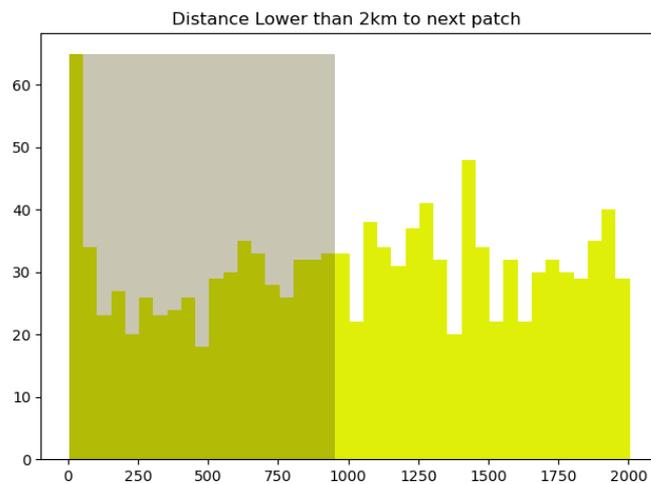
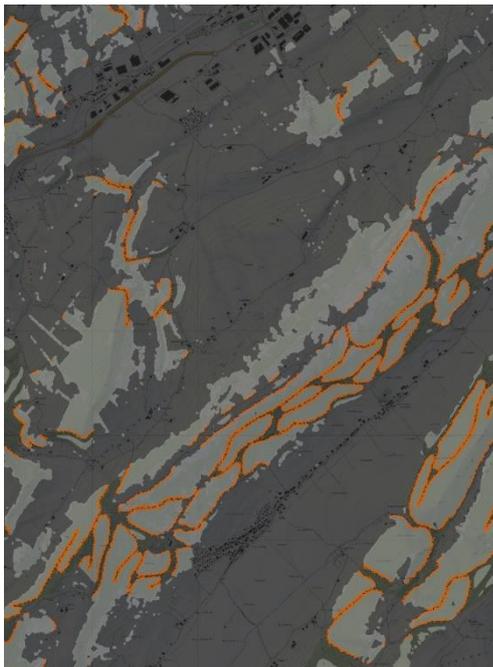


Abbildung 12 Distance de moins de 2km entre les noyaux. Plus la distance est faible plus la population de l'espèce cible est connectée spatialement. Certaines grandes distances résultent de l'aménagement du territoire. La zone ombragée est une limite idéale, qui varie selon la faculté des espèces à se mouvoir.

Les lignes de connexion avec les distances minimales entre les noyaux indiquent les endroits où la connectivité peut être à priori priorisée pour mitiger l'impact des activités de loisirs. Ces mesures de mitigation peuvent prendre différentes formes, comme l'amélioration de l'habitat, la réduction ou la suppression des activités de loisirs, la réduction de l'effet des activités de loisirs. Dans la Abbildung 12, ces secteurs d'amélioration sont déterminés uniquement sur la base de la distance géométrique sans tenir compte de la qualité actuelle de l'habitat et du niveau de dérangement.

Pour tenir compte de la qualité actuelle de l'habitat, un modèle dynamique de diffusion probabiliste (Abb. 13) montre l'affinité des individus à occuper l'espace entre les périphéries des noyaux. Cette diffusion ou dispersion définit la proximité des noyaux en termes de la composante mixte distance, qualité de l'habitat et intensité des dérangements. Dans cette approche, les noyaux sont des zones d'exclusion afin d'accélérer l'exploration en dehors de ces noyaux. Ce modèle de diffusion n'est pas un modèle comportemental ou écologique de l'espèce.

A



B

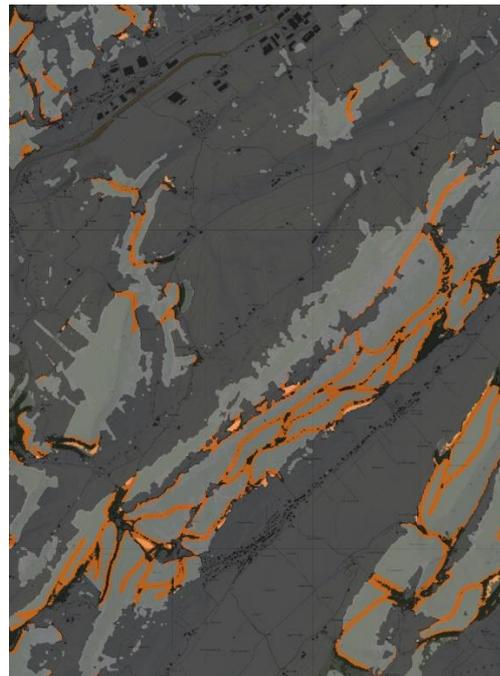


Abbildung 13 Ces cartes de diffusion montrent la connexion des noyau (zones grisées uniformes) en fonction de la distance, de l'habitat et du dérangement. La couleur orange montre une affinité élevée, tandis que les zones noires diffuses montrent les secteurs défavorables pour la dispersion de l'espèce. A) temps zéro de la simulation B) temps final de la simulation. La périphérie des noyaux sont des secteurs à haute affinité (point de départ de la simulation) (carte de fond ©Swisstopo).

Sur la Abbildung 13, les zones en orange connectant deux noyaux indiquent des lieux ou les activités de loisirs pourraient être retraits ou réglementés afin de mieux connecter les noyaux. Les zones en noir indiquent soit des habitats de moindre qualité, soit des zones à dérangements importants ou une combinaison des deux. Naturellement, les petits sentiers et petits chemins connectent plus facilement les noyaux que des routes larges.

#### 3.1.3.10 Méthodes d'observation des espèces cibles pour la validation des mesures de mitigation

Le deuxième élément de notre boîte à outil est une méthode de validation pratique et bon marché, sans les limitations citées dans le chapitre sur les données (ci-dessus). La validation doit démontrer si les mesures de mitigation sont suffisantes et efficaces. Cette validation doit se faire dans le moyen terme et, avec des secteurs témoins (variation des populations).

Des relevés sur le terrain doivent être réalisés selon un protocole précis. Un protocole bien établi permet de garantir la reproductibilité, la durabilité, la précision des observations et une pression d'observation uniforme. Les coûts de la donnée doivent aussi être faibles afin que ce protocole puisse être appliqué dans le plus grand nombre de cas. Au besoin, la méthode s'applique aussi pour déterminer les priorités pour les mesures de mitigation.

Des **IP** (*Indice de présence*) des espèces par des observations humaines systématiques, avec une résolution spatiale pertinente, est trop coûteux (et pas réalisables). C'est pourquoi des méthodes modernes faisant appel à la technique sont privilégiées. Elles permettent de faire des relevés à bas coûts (dans la durée) à haute résolution spatiale et temporelle résultant en une forte pression d'observation. La reproductibilité est garantie (pas de dépendance à un observateur). La pression d'observation est connue et contrôlée. Ces méthodes sont :

- 1) Pour les oiseaux et certains mammifères, la méthode bioacoustique est la plus avantageuse car couvrant un plus large espace par appareil. Un réseau d'écoute constitué de multiples appareils peut être déployé afin de couvrir

de grandes surfaces. La portée des appareils peut être estimée par espèce et, la reproductibilité est assurée entre les appareils et sur le long terme. Ainsi peu de biais sont présents dans les données. Les absences sont documentées de manière plus fiable.

- 2) Les pièges photographiques peuvent être appliqués pour les grands mammifères et dans une certaine mesure pour les oiseaux. La couverture de surveillance est plus faible qu'avec la bioacoustique. La résolution temporelle est ainsi fortement augmentée sans faire exploser les coûts.

La collecte de ces données requiert peu de formation et est donc accessible à un grand nombre. L'analyse des données requiert une connaissance systématique des espèces. Si un spécialiste peut être requis, sa contribution se limitera au contrôle de certaines données.

### 3.1.3.11 Discussion sur le concept Grande Faune

#### *Généralités*

Un modèle spatial est proposé comme aide à la gestion des dérangements dus à l'utilisation des infrastructures pour les activités de loisirs en forêt.

La fragmentation de l'habitat définit la discontinuité de l'habitat favorable à une espèce entraînant le morcellement d'une population, en plusieurs populations déconnectées. Les causes de la fragmentation de l'habitat sont liées à l'aménagement du territoire. Cette fragmentation est une source importante de perte de biodiversité et à différentes échelles spatiales à l'extinction des espèces.

Notre modèle introduit un autre type de fragmentation par l'utilisation des infrastructures pour les activités de loisirs : la fragmentation par les dérangements. En l'absence d'utilisation des infrastructures, cette forme de fragmentation n'existe pas. Ce concept se réfère à une notion de niche réalisée d'un point de vue théorique, c'est-à-dire si les dérangements devaient être permanents.

Notre modèle se base uniquement sur des données géospatiales. Cette approche permet une application sur l'ensemble du pays à des coûts modérés. Il n'inclut ainsi pas de connaissances « grises », qui sont forcément coûteuses à acquérir, à formater et, subjectives.

Ce modèle permet de tester des scénarios de canalisation des activités de loisirs, soit par la suppression d'infrastructures, soit par une interdiction effective d'utilisation de ces infrastructures en fonction d'espèces cibles prioritaires. Il permet en premier de dresser un état initial des lieux puis de le comparer à une situation idéale sans fragmentation par les dérangements (mais avec la fragmentation de l'habitat) et une nouvelle situation avec mesures de mitigation. La défragmentation des activités de loisirs permet d'augmenter le « fitness » des individus.

Notre modèle s'accompagne en outre de méthodes de validation automatisées (à coûts réduits) permettant de collecter des données de qualité (sans biais des observateurs par exemple) et proprement géolocalisées, surtout par rapport aux infrastructures. Il est ainsi possible de vérifier les effets positifs de la défragmentation. Ces deux composantes forment une boîte à outil pour gérer l'utilisation des forêts pour les activités de loisirs.

#### *Limitations, défis et extension de la solution proposée*

Le modèle repose sur certaines géodonnées qui doivent être mises à jour de manière régulière. Entre ces mises à jour, ils seraient possibles d'utiliser des données des satellites qui ont, elles, une haute résolution temporelle (par exemple Sentinel-2). Ces images doivent cependant être préparées et travaillées à l'aide d'algorithmes spécifiques.

La résolution spatiale des données diffère. Le degré de précision final est largement déterminé par le set de données avec la résolution la plus basse. Une résolution très élevée n'est cependant pas pertinente par rapport à l'incertitude existante sur le calcul spatial de l'habitat. De plus, une telle résolution crée une hyper-fragmentation de l'habitat favorable.

Le modèle s'applique aux activités hivernales dans la mesure où celles-ci se déroulent sur les infrastructures estivales, par exemple un tracé de piste de ski de fond. En plus de cartes estivales, des cartes hivernales spécifiques pourraient être produites, tenant compte d'un risque de mortalité par dérangements accru pour les espèces sédentaires durant l'hiver.

Le modèle utilise les infrastructures comme proxy des activités de loisirs. Le degré et le type d'activité peuvent être mesurés par différentes méthodes et, pourraient être intégrés. Cette source d'information additionnelle permettrait d'affiner le modèle des dérangements, de produire des modèles saisonniers et d'inclure des chemins non-officiels.

Une connaissance spatiale du sous-bois serait aussi un avantage car un sous-bois dense permet de réduire les dérangements, surtout visuels. Une possible source de données pourraient être les relevés Lidar. A ce stade, l'effort pour intégrer ces données doit encore être évalué.

Les données sur les sols seraient intéressantes pour préciser les habitats. Les paramètres météorologiques combinés avec les cycles biologiques pourraient permettre une approche dynamique de la canalisation des activités de loisirs.

La lumière artificielle comme source de dérangement n'a pas été incluse dans cette version du modèle. Différentes approches peuvent être utilisés pour générer cette carte des lumières (données satellitaires, densité des habitations comme proxy, ...). Pour un secteur forestier très urbanisé, ce facteur joue un rôle important afin d'optimiser les infrastructures dans les endroits les plus sombres.



Abbildung 14 Desserte forestière neutre par rapport aux dérangements (Neuchâtel avril 2022, V. Martin). La qualité médiocre de cette infrastructure pour la circulation induit peu de dérangements car son utilisation est difficile pour les promeneurs et cyclistes. En outre, les gouilles d'eau sont favorables à la faune. Ce type de desserte n'est pas considéré dans ce travail par faute de géodonnées (voir Erhart 2022 pour un exemple considérant les layons).

Les tracés sauvages illégaux, non répertoriés sur les cartes officielles, ne sont évidemment pas inclus. Ces tracés peuvent diminuer l'effet positif attendu des mesures de mitigation. L'utilisation inappropriée des infrastructures amenant à un dérangement fort n'est pas non plus considéré. Les layons et autres tracés de machine facilitent parfois les déplacements

en forêt et ainsi canalisent certaines activités, comme la chasse, la collecte de champignons, les activités naturalistes (Abb. 14). Des cartes des layons n'existent pas à l'échelle nationale, mais de telles cartes existent à des échelles locales et peuvent être intégrées dans le modèle (Erhart, 2022).

La taille et le nombre de noyaux dépendent de la quantité d'infrastructures et de la sensibilité de l'espèce cible. Si les surfaces absolues des noyaux dépendent des paramètres exacts du modèle, l'utilisation du modèle, telle que proposée, est robuste à des valeurs variables (raisonnables) de ces paramètres. Une comparaison quantitative entre la situation initiale et la situation après mitigation est un indicateur valable de l'amélioration apportée par la mitigation. Des paramètres identiques permettent également des comparaisons entre des secteurs d'études différents.

Les seuils critiques de dérangements pour les espèces cibles sont difficiles à définir précisément dans ce type de modèle. Ces valeurs dépendent logiquement de multiples facteurs pertinents à l'espèce, la fréquence des activités de loisirs, leur type et de l'habitat (qualité, structure). Un savoir-faire empirique et semi-quantitatif par l'application de la boîte à outil de ce travail (modèle + méthode de contrôle) et des compléments expérimentaux peut être développé et validé par l'application de scénarios de mitigation. Les zones avec des mesures de mitigation devraient démontrer une dynamique des populations positive par rapport à des zones témoins, au-delà des fluctuations naturelles de ces populations.

### 3.1.4 Concept Flore

#### 3.1.4.1 Principes

Le voisinage des chemins est sujet au piétinement. La flore est sujette à la cueillette dans l'environnement immédiat du visiteur.

#### 3.1.4.2 Mitigation

Les mesures de mitigation consistent à prévenir le piétinement des secteurs sensibles d'un point de vue floristique.

Quatre cas sont distingués :

L'accès en dehors des chemins, pour les personnes et les animaux de compagnie, est difficile pour des raisons topographiques ou d'occupation du sol (bois mort, ronce, végétation arbustive, zones d'eau ou humides). => Solution : Une zone tampon entre les infrastructures et les secteurs sensibles d'un point de vue biodiversité floristique de 10 m de largeur est mise en place.

L'accès en dehors des chemins est facile (pas d'obstacles au sol). => Solution : Une zone tampon entre les infrastructures et les secteurs sensibles de 20m de largeur est mise en place dans les zones à haute valeur de biodiversité floristique. Des obstacles naturelles, telles que les arbres morts ou les canalisations, sont construits.

L'infrastructure traverse une zone sensible. Une zone tampon ne peut pas être mise en place. => Solution : Les infrastructures sont déplacées ou déviées.

Les mesures ci-dessus ne s'appliquent pas et l'infrastructure ne peut pas être déplacée. => Solution : Des informations sous forme de panneaux invitent les visiteurs à ne pas quitter les chemins dans les zones à haute valeur de biodiversité floristique. Cette méthode est moins efficace. Des adaptations des infrastructures en amont et en aval peuvent être entreprises pour canaliser les visiteurs en dehors du secteur de conflit.

Sur la base des géodonnées, certaines zones de conflits peuvent être identifiées grossièrement mais en général, les géodonnées ne sont pas assez précises pour tenir compte des particularités floristiques locales (c'est-à-dire dans le voisinage

immédiat des infrastructures). Des relevés floristiques sont alors nécessaires et effectués dans une zone tampon autour des chemins pour détecter d'éventuels conflits. Le botaniste pourra parcourir les infrastructures afin d'identifier les zones de conflits importantes. Les priorités peuvent être fixées en fonction de la fréquentation des infrastructures.

Le modèle du Concept Grande Faune est adapté pour calculer une carte des zones tampons autour des infrastructures. Un impact d'une portée fixe est considéré quel que soit les espèces. La zone potentielle de conflits est ainsi mise en évidence (Abb. 15).



Abbildung 15 Exemple de zones tampon (avec les chemins en blanc) à considérer autour des infrastructures et dans lequel le Concept Flore doit être appliqué. La largeur de la zone tampon est fixe. Toutes les infrastructures de la zone d'étude sont montrées. Cette zone mesure 3.6kmx7.3km (carte de fond ©Swisstopo).

La méthode de collecte de données par drone, pour économiser les ressources, est à évaluer (Gröschler et Oppelt, 2022 ; Reckling et al., 2021). A ce jour, elle semble encore limitée au domaine de la recherche.

La principale limitation du concept flore est d'identifier les endroits abritant des espèces végétales rares et de les cartographier précisément.

### **3.1.5 Concept Petite faune**

#### **3.1.5.1 Principes**

Le voisinage proche des chemins est sujet au dérangement visuel et sonore (voir mécanique par vibration).

#### **3.1.5.2 Mitigation**

Les mesures de mitigation consistent à prévenir la fréquentation des secteurs sensibles d'un point de vue de la Petite Faune (dérangements de proximité).

Quatre cas sont distingués :

L'accès en dehors des chemins est difficile pour des raisons topographiques ou d'occupation du sol (bois mort, ronce, végétation arbustive, zones d'eau ou humides) => Solution : Une zone tampon entre les infrastructures et les secteurs sensibles de 10 m est mise en place sur la base du modèle de dérangement.

L'accès en dehors des chemins est facile (pas d'obstacles au sol) => Solution : Une zone tampon entre les infrastructures et les secteurs sensibles de 20m est mise en place sur la base du modèle de dérangement.

Une zone tampon entre les infrastructures et les secteurs sensibles ne peut pas être mise en place de manière efficace. => Solution : Les infrastructures sont déplacées ou déviées.

Les mesures ci-dessus ne s'appliquent pas et l'infrastructure ne peut pas être déplacée. => Solution : Des informations sous forme de panneaux invitent les visiteurs à ne pas quitter les chemins dans les zones à haute valeur de biodiversité floristique. Cette méthode est moins efficace. Des adaptations des infrastructures en amont et en aval peuvent être entreprises pour canaliser les visiteurs en dehors du secteur de conflit.

Le modèle du concept Grande Faune permet de calculer une carte des zones tampons de largeur fixe autour des infrastructures. Les géodonnées sur les espèces sont trop imprécises spatialement pour poser des priorités à l'échelle des infrastructures. Contrairement au concept Flore, la détection de la petite faune peut se révéler complexe. Pour identifier les secteurs prioritaires, on pourra utiliser l'IBP et dans certain cas un IP :

- L'**IBP** (*Indice de Biodiversité Potentiel*) (Larrieu et Gonin, 2010) est un concept de mesure grossière et indirecte de la biodiversité et, qui ne cible pas des espèces prioritaires mais plutôt une forêt proche de l'état naturel. L'IBP peut être utilisé comme indice de la qualité biologique de la forêt afin de déterminer des peuplements resp. des secteurs forestiers diversifiés. L'IBP est peu adapté cependant à la grande faune et à la conservation d'espèces cibles. Il permet cependant de qualifier des forêts, proche des chemins de manière relativement efficace. Dans ce sens, il peut être utilisé dans notre concept Petite Faune, en complément ou à la place d'observations directes.
- L'**IP** (*Indice de présence*) des espèces de la Petite Faune par des observations directs de présence est souvent très coûteux en temps, peut exiger du matériel de capture spécialisés, du matériel d'écoute spécifique (chauve-souris) et des connaissances de systématiques pointues. Il ne s'applique donc que dans certains cas particuliers.

La principale limitation du concept petite faune est d'identifier les endroits abritant des espèces méritant protection et de les cartographier précisément. La qualité de l'habitat (IBP) peut servir de proxy à des observations (IP).

### 3.1.5.3 Discussion sur les concepts Flore et Petite Faune

#### *Généralités*

Le modèle met en évidence des zones tampons autour de l'ensemble des infrastructures. Au vu du nombre d'infrastructures, cette information doit être complétée pour cibler des secteurs prioritaires par des données collectées sur le terrain. La difficulté est en effet d'identifier les secteurs prioritaires pour les mesures de mitigation. Les géodonnées sont souvent trop grossières pour travailler à une échelle visant à améliorer les infrastructures localement. Seule des relevés ciblés ou l'utilisation d'indices indirects permettent de poser ces priorités.

Les mesures de mitigation dans un système multifonctionnel exigent des données de haute-qualité, autant au niveau de la géolocalisation que de la prospection. Ce type de données est généralement difficile à obtenir avec des ressources limitées. L'IBP, un indice indirect, est plus facile et moins coûteux. Il se combine bien avec des relevés botaniques. Cet indice exige cependant des connaissances préalables.

Comme grands principes, notons que plus les infrastructures sont réduites, plus les impacts sont faibles et que plus les infrastructures des activités de loisirs sont éloignées des infrastructures écologiques plus l'impact est faible.

#### 3.1.5.4 Limitations des Concept Flore et Petite Faune

Le modèle pourrait être affiné si des géodonnées plus fines (sur les espèces et les milieux) sont disponibles. La technologie des drones, avec différents types de capteurs, offre une opportunité de générer des cartes d'indices potentiels, permettant d'identifier les secteurs de conflits ou cibler les secteurs avec des conflits potentiels appelant à être évalué plus précisément du point de vue de la Flore et de la Petite Faune.

La valeur des zones tampon est donné à titre indicatif. Des adaptations pourront être apporté au cas par cas, selon la situation et, des espèces ciblées.

Comme pour le modèle Grande Faune, les infrastructures non officielles et les layons ne sont pas inclus dans l'analyse faite de données. L'inclusion de cartes de lumière et de sol pourraient aussi permettre de mieux cibler des secteurs prioritaires.

### 3.1.6 Etudes de cas

#### 3.1.6.1 Communal de la Sagne (NE)

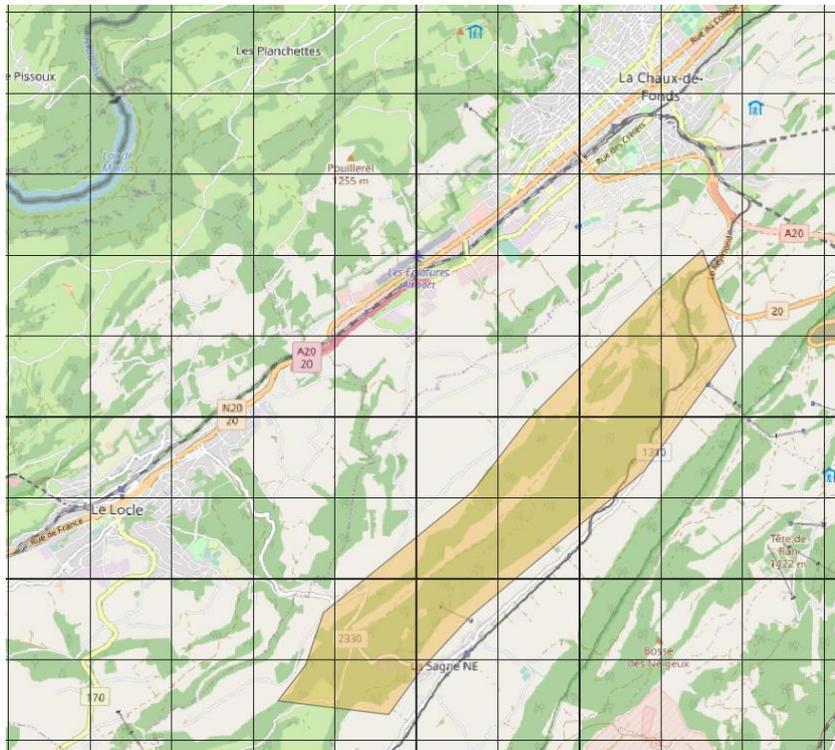
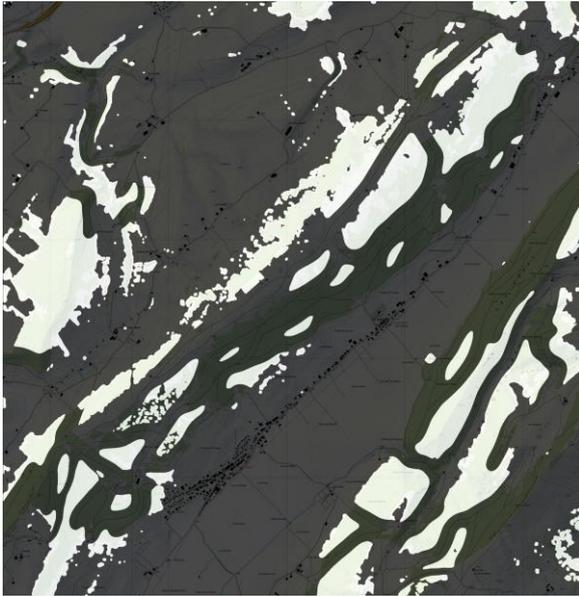


Abbildung 16 Zone d'étude du Communal de la Sagne (en orange). L'échelle de la grille est de 1kmX1km (carte de fond ©OpenStreetMap).

Pour ce site (Abb. 16), l'espèce emblématique est la Gélinoite des bois (*Bonasia bonasia*). Cette population est bien connue et en diminution. Le communal de la Sagne est très prisé par les habitants voisins et ceux de la Chaux-de-Fonds et du Locle. Les activités de loisirs y sont diverses, sportives et de détente, comme les torrées.

Après examen de la situation initiale, nous proposons une modification des infrastructures pour défragmenter la zone. Il s'agit d'offrir à la Gélinoite une zone de tranquillité plus grande afin de minimiser l'impact des dérangements. Cette modification est bien visible dans les figures suivantes (Abb. 17 et 18).

Situation initiale



Situation modifiée

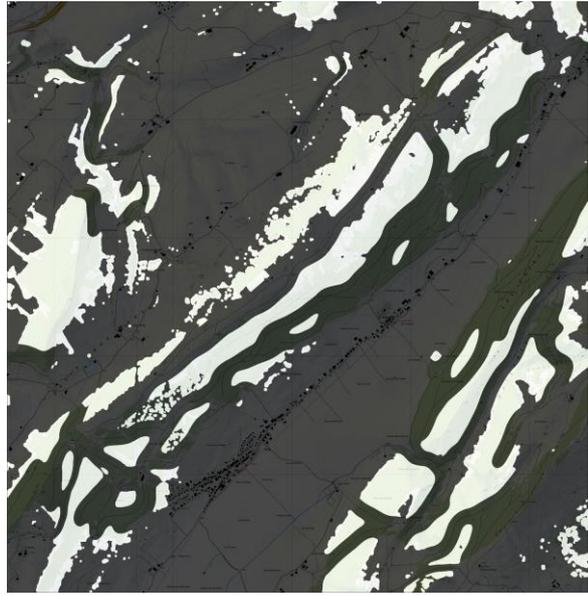


Abbildung 17 A gauche, les noyaux (en blanc) sont montrés dans la situation actuelle ; dans la situation de droite, une modification des infrastructures a permis de recréer une grande zone de confort (au centre) pour la gélinotte, en défragmentant le massif. Ce secteur d'étude mesure 5km X 6km (carte de fond ©Swisstopo).

Sur les figures 17 et 18, un nouveau noyau connecté de grande taille est créé au centre du massif. Dans le modèle, quelques infrastructures ont été simplement supprimées. En pratique, il s'agit de l'option de mitigation la plus efficace. D'autres options consistant en la suppression de places de parcs, des obstacles physiques ou de simples panneaux d'interdiction sont bien moins efficaces.

Situation initiale

Situation modifiée

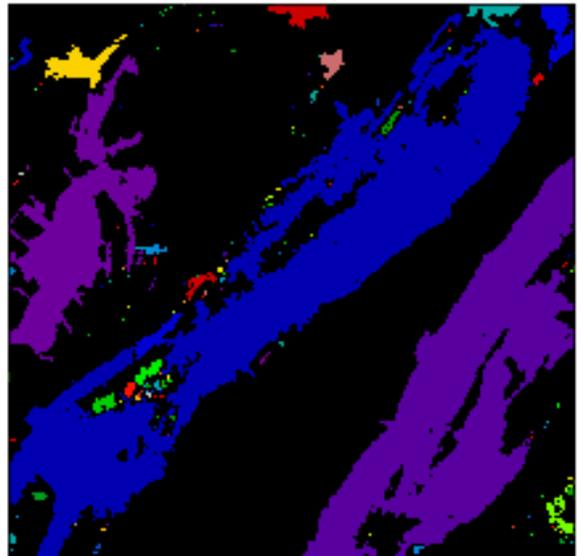
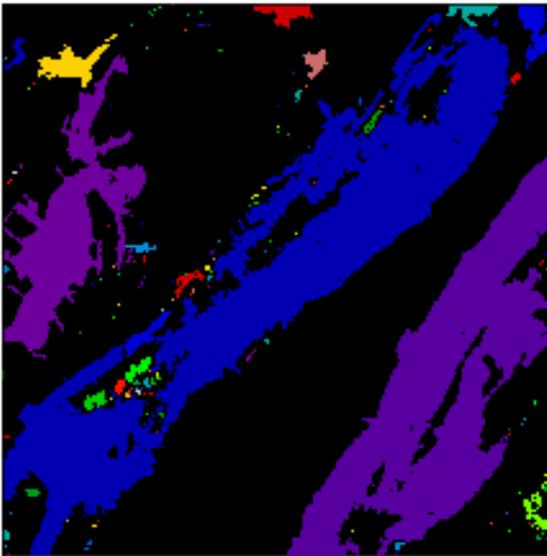
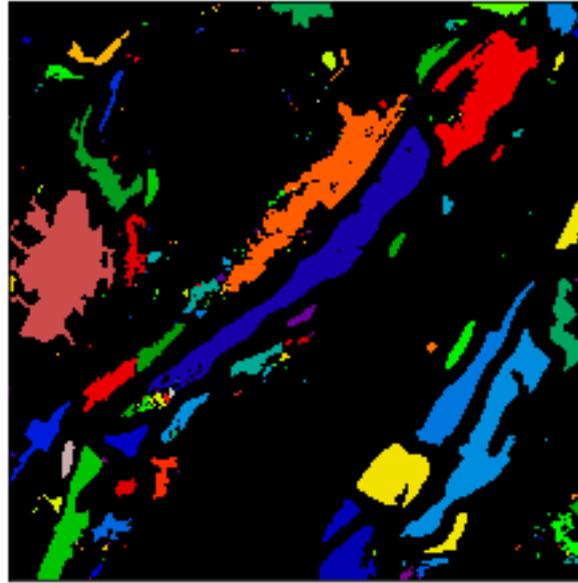
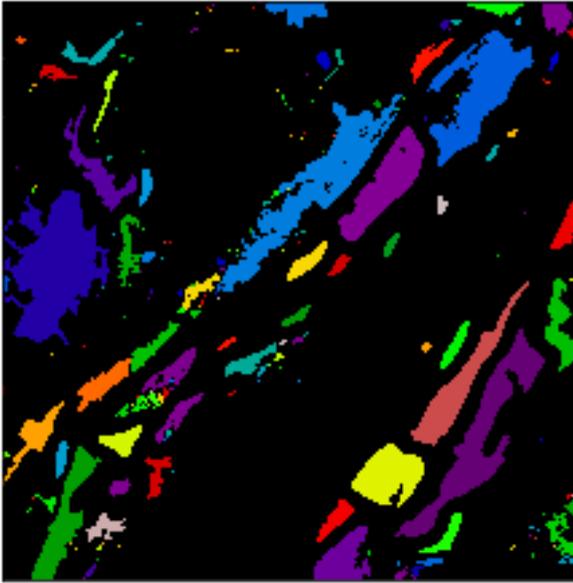


Abbildung 18 Cette figure illustre la fragmentation par les dérangements (en haut) et la fragmentation de l'habitat (en bas), avant et après l'application de la mesure de mitigation. En haut, à gauche, la situation initiale ; à droite, la nouvelle situation créée en modifiant les infrastructures ; en bas, la fragmentation de l'habitat par l'aménagement du territoire sans la fragmentation des dérangements. La mitigation des activités de loisirs ne modifie pas la fragmentation de l'habitat. Le gros fragment créé par défragmentation possède une surface de 18 ha. Chaque noyau est montré dans des couleurs différentes. (le fond est en noir).

En plus de la défragmentation, les sites favorables à un échange de population entre les noyaux peuvent être identifiés en tenant compte aussi bien de la proximité géographique que de l'état de l'habitat et, des dérangement (fig. 19). Sur ces sites, une attention doit être portée à la qualité de l'habitat, comme à une présence minimale des visiteurs.

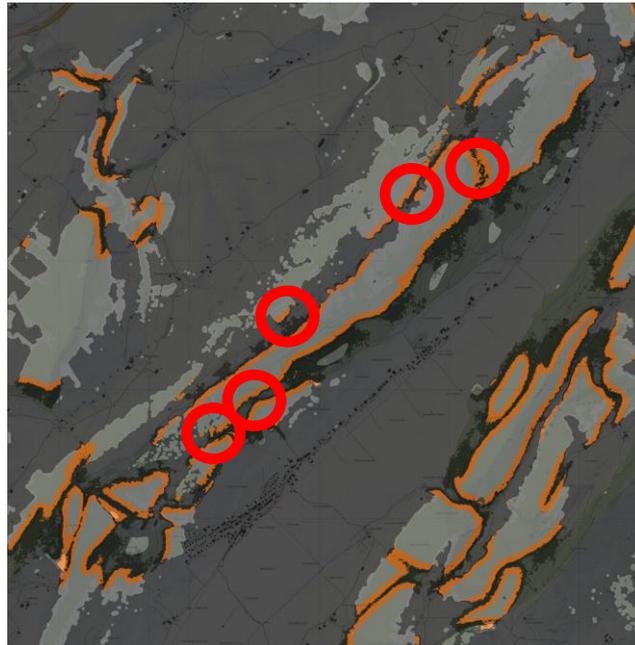


Abbildung 19 Le modèle de diffusion permet d'identifier les points de connexion les plus favorables entre le nouveau noyau et les noyaux voisins (cercles rouges). Dans ces secteurs, l'habitat devrait être amélioré et l'impact des infrastructures mitigé. Les zones grises sont les noyaux. Les zones orange sont les secteurs favorables tandis que les zones noircies sont des secteurs défavorables.

Ces points de connexion peuvent aussi être multipliés en améliorant l'habitat à d'autres endroits périphériques dans lesquels l'habitat n'est actuellement pas favorable (carte de fond ©Swisstopo).

Pour comparaison, nous avons aussi examiné le groupe « grands rapaces » qui cherchent les arbres hauts pour la nidification. Plusieurs espèces aux exigences proches sont ainsi groupées dans une seule analyse (Milan royal, Milan noir, Buse variable, Autour des Palombes). Les secteurs favorables diffèrent de ceux préférés par la Gélinoite (fig. 20 versus fig. 17 et 18).

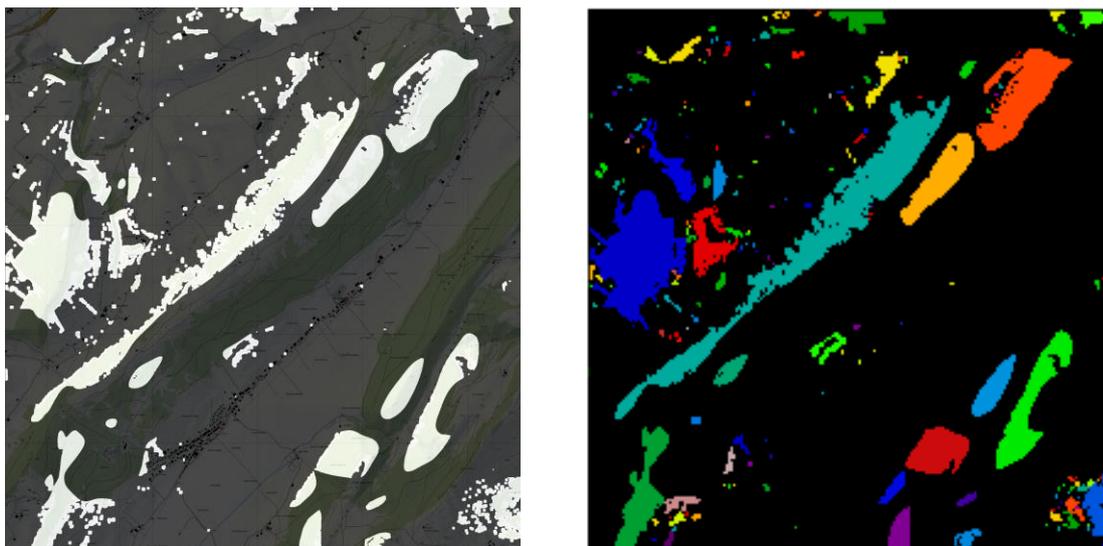


Abbildung 20 Le modèle est appliqué avec des paramètres pour les grands rapaces. Le secteur central est moins favorable à cause de la structure forestière mais aussi de l'abondance d'infrastructures de loisirs. A gauche, les noyaux sont montrés en blanc sur un fond de carte. A droite, les noyaux sont identifiés individuellement par un code couleur (20 à gauche : carte de fond ©Swisstopo).

De quelle manière bénéficierait ces grands rapaces de la défragmentation pour la gélinotte ? Nous pouvons appliquer notre modèle avec les paramètres grands rapaces pour le projet de mitigation de la Gélinotte (fig. 21).

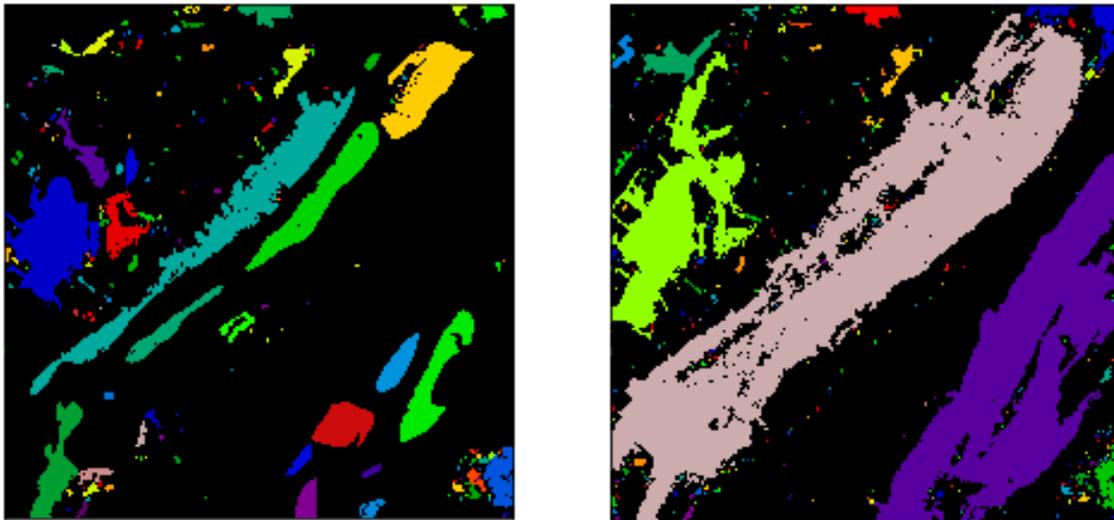


Abbildung 21 La figure de gauche peut être comparée à la figure 20 (à droite). Une augmentation des surfaces favorables est visible. La défragmentation pour la Gélinotte bénéficie au groupe « Grands rapaces ». Cette figure peut aussi être comparée à la figure 18 : la gélinotte bénéficie plus fortement de la défragmentation qui la cible que le groupe grands rapaces.

Dans cette étude de cas, il a été montré comment l'état initial peut être amélioré par défragmentation, en modifiant les infrastructures. De plus, il a été montré comme cette modification peut profiter à d'autres espèces dans ce cas les grands rapaces. La connectivité des noyaux est aussi prise en compte en maintenant des conditions favorables (habitats, activités de loisirs) dans les zones de jonction les plus pertinentes (fig.19).

### 3.1.6.2 Bois du Jorat (VD)

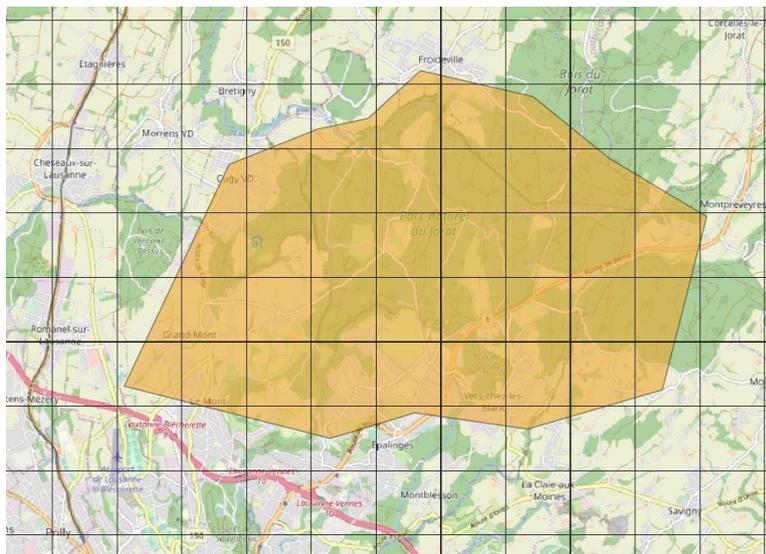


Abbildung 22 zone d'étude du Jorat (en orange). L'échelle de la grille est de 1kmX1km (carte de fond ©OpenStreetMap).

Le secteur d'étude est montré dans la figure 22. La liste d'espèce d'oiseaux sensibles ne comprend que des espèces nichant ponctuellement (Cherix et al. 2018). Parmi les recommandations de ce document figure la canalisation des activités de loisirs. Notons que le Bécasse des bois a disparu du Bois du Jorat à la fin de années 1990. Melanie Annen, cheffe de projet

secteur Nature et Monitoring, mentionne parmi les mammifères le lynx (comm. pers., 2022). Le lynx possède cependant un territoire entre 40 et 400 km<sup>2</sup> (source : kora) qui va donc bien au-delà de la surface du Bois du Jorat.

Pour ce cas d'étude, nous allons utiliser des paramètres génériques afin d'identifier les possibilités de défragmenter le bois sur l'ensemble de sa surface, c'est-à-dire sans préférences particulières pour des habitats. Les cartes géographiques montrent que le défi est grand parce que la densité de chemin est très élevée. Cette forte densité a certainement contribué à la disparition de la Bécasse des bois.

La paramétrisation du modèle implique que tous les peuplements sont équivalents (fig. 23). Comme attendu, cette région est évidemment fortement fragmentée par les dérangements (fig. 24 et 26). La surface la plus importante résultant de la fragmentation par dérangements est de 16ha et, sans dérangements, elle est de 122 ha !

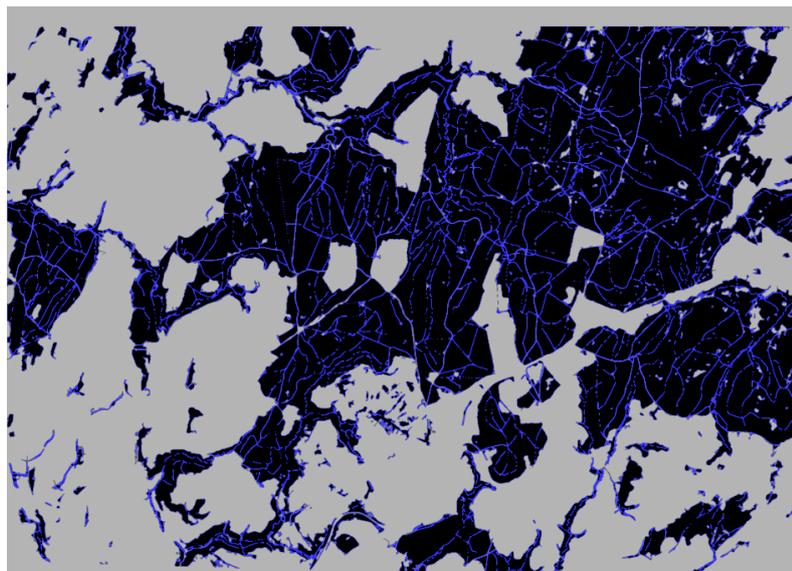


Abbildung 23 Tout le secteur forestier est considéré comme habitat favorable aux espèces cibles (génériques), à l'exception des plantations (faibles surfaces). Les surfaces noires montrent les habitats favorables. La zone grise représente les zones agricoles et urbaines. Ce secteur mesure 9km X 5km.



Abbildung 24 Cartes des infrastructures avec une zone tampon de 15m (en blanc). Le Jorat possède une densité exceptionnelle élevée de dessertes. Cette densité est défavorable pour la biodiversité (fragmentations ; perte de terrain ; perte d'habitat). La zone mesure 9km X 5km (carte de fond ©Swisstopo).

Cette densité des chemins questionne sur la possibilité d'abriter durablement des espèces de la grande faune. Seule des espèces tolérantes aux dérangements semblent les plus à même de prospérer, comme les espèces de pics (LC sur la liste rouge suisse). Une comparaison visuelle avec le Sihlwald (ZH) montre la différence structurelle existante, par rapport aux infrastructures (fig. 25). Si la possibilité de réduire la densité des chemins (ou de leur utilisation) n'existe pas, les possibilités d'abriter durablement la grande faune apparaît minime.

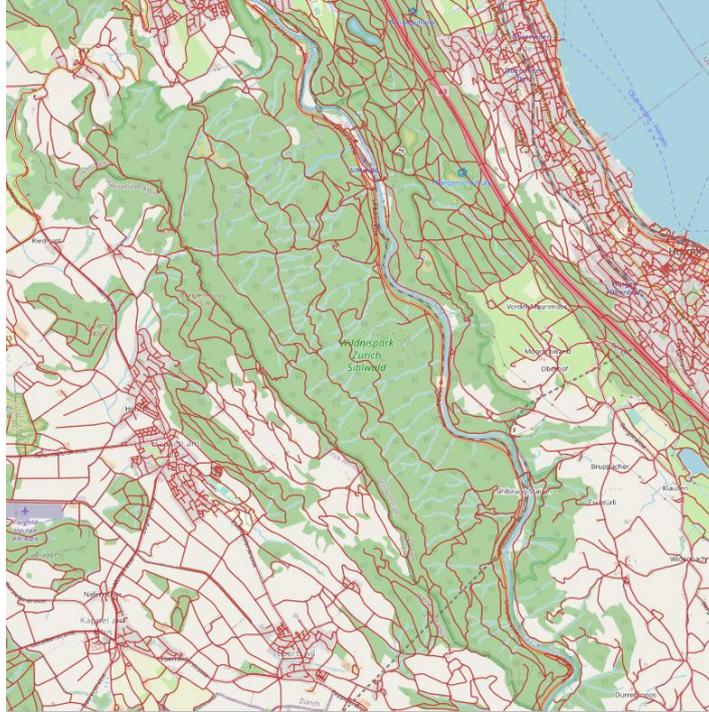
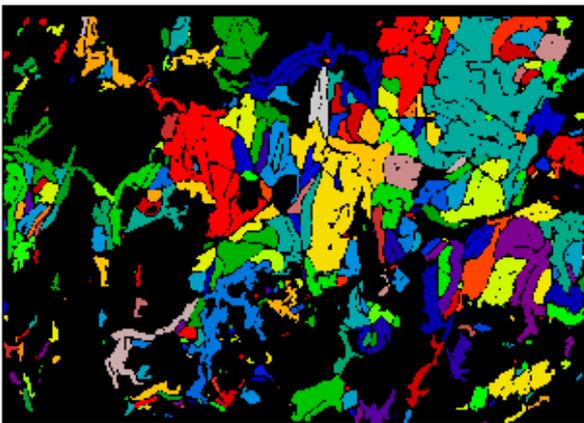


Abbildung 25 à titre de comparaison, cette figure montre la carte de la forêt du Sihlwald ZH (au centre). La zone montrée est de 6.7km X 6.9km. Comparé à la figure 24, on note qualitativement dans la zone boisée une densité de chemin bien plus faible (carte de fond ©OpenStreetMap).

#### Fragmentation par dérangements



#### Fragmentation de l'habitat

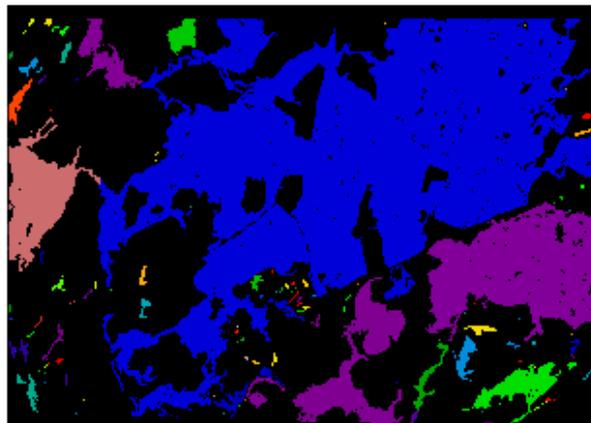


Abbildung 26 Cette figure montre la fragmentation des dérangements des bois du Jorat (gauche), due aux infrastructures de loisirs. L'image de droite montre la fragmentation de l'habitat. Chaque fragment possède une couleur propre. Le fond est en noir.

Si la densité de chemins peut être réduite, de multiples possibilités de défragmentation se présentent. L'exercice se révèle plus délicat que dans la situation précédente. Cette défragmentation ne peut se faire sans tenir comptes des fonctions prioritaires. Les secteurs les plus au nord, éloignés du centre urbain lausannois, sont à priori les plus appropriés pour cette

défragmentation. Les points d'accès motorisé aux infrastructures revêtent aussi une grande importance. A titre d'illustration, nous avons réalisé une défragmentation « partielle » longeant le Talent (fig. 27 et 28). Le but est de relier la partie ouest avec l'est en créant un corridor péri-urbain. La défragmentation est partielle parce que les routes ne sont pas modifiées. Une telle modification ne peut se faire facilement. Cet exemple illustre bien la nécessité d'actions transectorielles, par exemple en incluant les infrastructures routières (passage à faune ?), pour accompagner les mesures de mitigation purement forestières, en particulier dans les secteurs fortement urbanisés

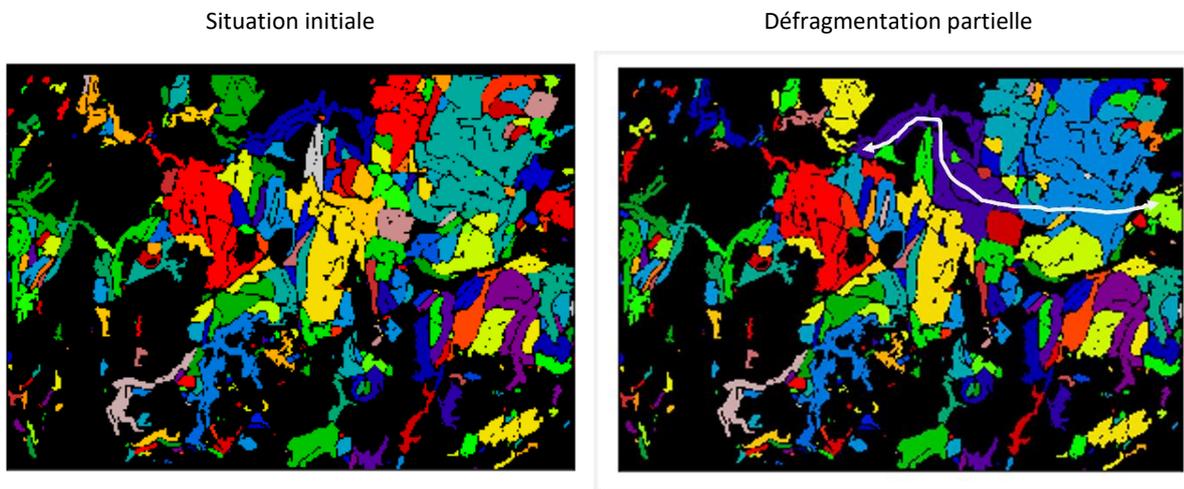


Abbildung 27 Démonstration de défragmentation partielle des dérangements le long du Talent. A gauche, la situation initiale (chaque fragment à une couleur différente) ; à droite, la situation après défragmentation partielle. Cette défragmentation est partielle car elle ne considère que les chemins et sentiers. Elle a pour but de créer un couloir boisé est-ouest (flèche blanche).

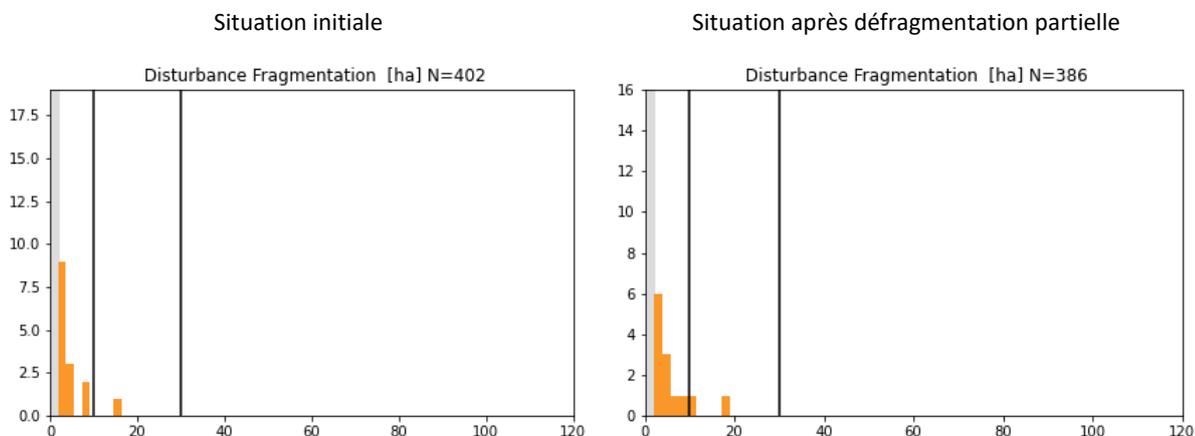


Abbildung 28 Résultat de la défragmentation des dérangements en termes de nombre et de taille de fragments. A gauche la situation initiale ; à droite la situation après défragmentation partielle.

Les figures 27 et 28 montrent la situation après défragmentation partielle dans le but de créer un couloir de transit ouest-est. On note l'amélioration pour la faune se déplaçant par le nord du bois du Jorat.

Si la réduction de la densité de chemin ne se révèle pas possible, la priorité devrait être refocalisée sur la petite faune et la flore. La densité des chemins rend le travail d'identification des conflits fastidieux. Une possibilité serait alors de travailler différemment en considérant les centres de masse de chaque fragment pour y créer des habitats favorables à la petite faune et, à la flore (clairières, grands arbres, îlots de sénescence, zones d'eau, etc. ...) pour former une mosaïque destinée à la petite faune.

### 3.1.6.3 Allschwil (BL)

La forêt d'Allschwil est une forêt urbaine assez similaire au bois du Jorat (fig. 29 et 30).

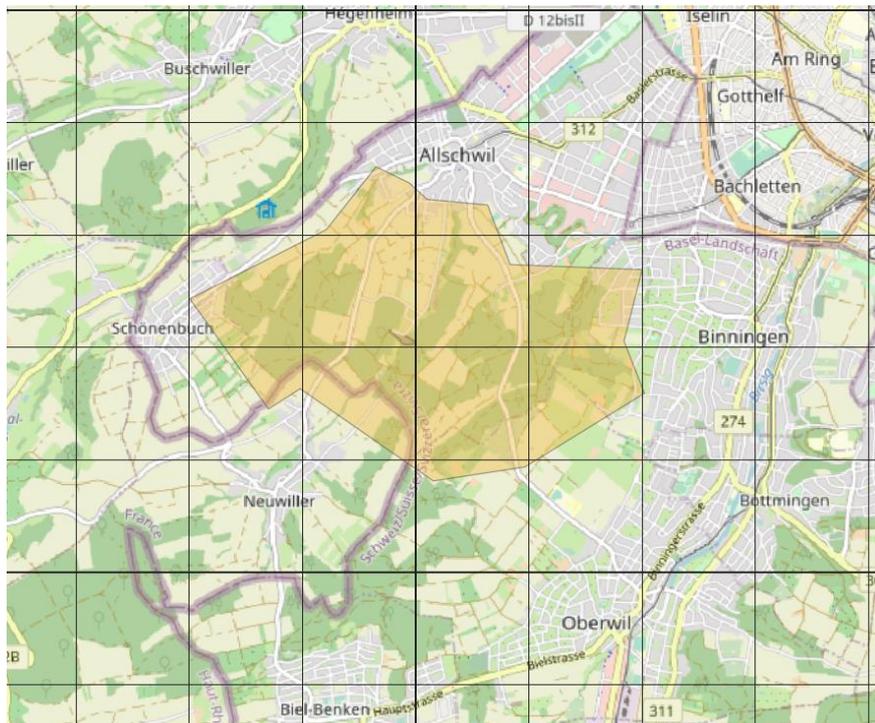


Abbildung 29 Zone d'étude de Allschwil BL (en orange). L'échelle de la grille est de 1kmX1km (carte de fond ©OpenStreetMap).

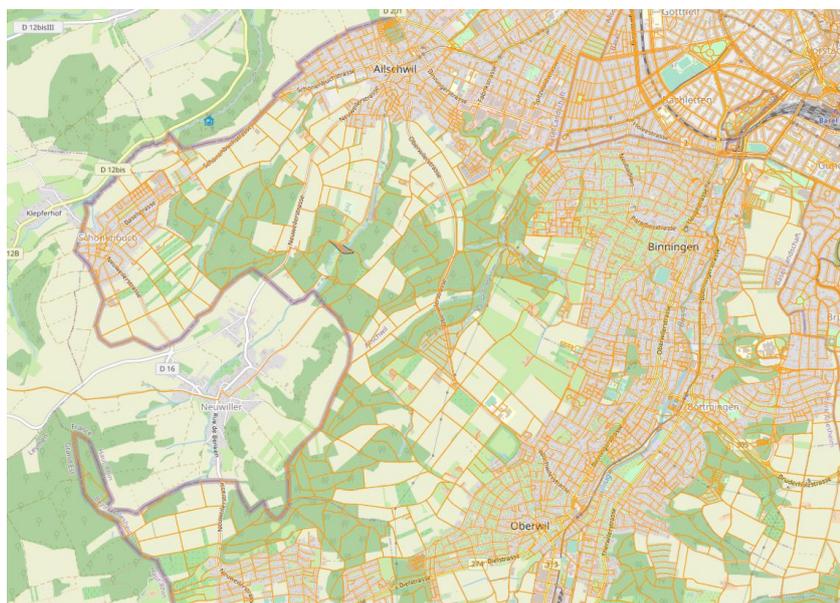


Abbildung 30 La forêt de Allschwil est une enclave en milieu urbain. La pollution lumineuse y est probablement importante. La forêt présente des surfaces déchirées par la zone agricole. La connexion avec la zone agricole est donc forte (carte de fond ©OpenStreetMap).

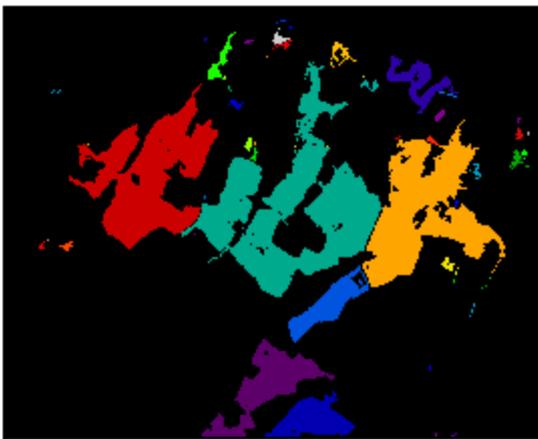
La forte fragmentation de l'habitat dans cette forêt (fig. 30) interroge sur son rôle dans la préservation de la grande faune. L'inclusion du milieu agricole dans une réflexion de défragmentation est d'autant plus pertinente. Une autre difficulté pratique de cette étude est les géodonnées qui s'arrêtent exactement à la frontière franco-suisse. C'est clairement un non-sens du point de vue de la grande faune.

Nous avons appliqué un modèle générique considérant toutes les forêts comme habitat et, des espèces tolérantes aux dérangements (fig. 31 et 32), c'est-à-dire des espèces vivant proches du sol mais tolérante face aux humains ou des espèces vivants dans la couronne des arbres.



Abbildung 31 Une approche générique pour les habitats (en blanc) montre une forêt très découpée. Au nord-ouest, entre les deux zones urbaines, aucun corridor boisé n'est visible, tandis qu'au sud-ouest, les zones agricoles connectent les morceaux de forêts (carte de fond ©Swisstopo).

Fragmentation de l'habitat



Fragmentation par dérangements

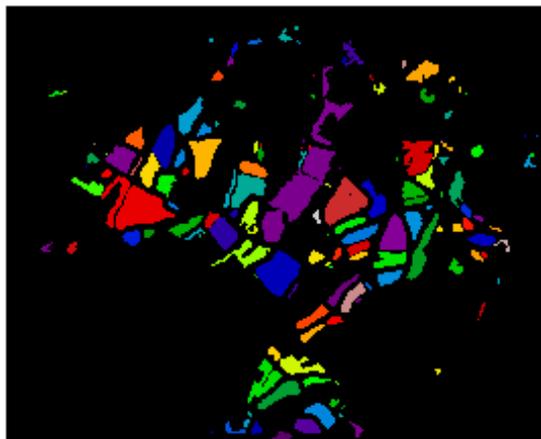


Abbildung 32 Sans les dérangements, la forêt est constituée de 3 grands fragments coupés par des routes (à gauche). A droite, la forêt est fortement fragmentée par les infrastructures. Chaque couleur est un fragment.

La figure 32 montre une fragmentation importante due aux loisirs. Les effets négatifs de l'urbanisation, comme les lumières et le bruit des centres urbains, ne sont pas inclus dans l'analyse. On peut relever qu'aucune zone de grande taille est préservée à l'image du bois du Jorat et à l'opposé de la forêt du Sihlwald.

La forêt d'Allschwil possède un concept nature élaboré (<https://allschwiler-wald.ch>) où le chêne joue un rôle central. Les espèces animales mises en avant sont soit peu sensibles aux dérangements et communes, soit vivent en hauteur dans les

arbres et sont ainsi aussi peu sensibles aux dérangements. Comme elle est située dans une enclave urbaine, l'approche suivie pour le Jorat s'applique mal. Favoriser les espèces peu sensibles aux dérangements, vivant en hauteur, en travaillant sur l'habitat paraît approprié. Créer les habitats favorables au centre des noyaux est aussi une bonne stratégie. Une autre possibilité de mitigation est de travailler sur le sous-bois pour masquer les visiteurs aux espèces (communes) vivant dans la strate inférieure (Dumollard et al. 2020).

Une défragmentation pourrait toutefois amener des noyaux de confort pour des animaux en transit (artiodactyle). Cette défragmentation ne peut se faire sans considérer un concept de visite pour des visiteurs probablement nombreux et l'intensité d'utilisation des infrastructures par les autres secteurs d'activités (approche transectorielle).

### 3.1.7 Conclusions Phase 1

Dans ce travail, nous avons développé et testé un modèle de fragmentation par les dérangements permettant de réaliser une défragmentation des dérangements à titre de mesure de mitigation de l'impact des activités de loisirs. L'application du modèle a permis d'étudier différents cas sur des sites géographiques différents et des espèces cibles variées. Les résultats montrent des améliorations pour mitiger l'effet des infrastructures et, identifient les points de passage requérant une attention particulière au niveau de l'habitat forestier et des infrastructures.

Le modèle permet en outre de tester des hypothèses multiples aisément. Son utilisation à ce stade de développement requière cependant une expertise autant en biologie qu'en informatique. De multiples compléments sont proposés pour affiner les résultats et favoriser son utilisation. La solution actuelle bénéficierait aussi d'améliorations structurelles.

Les mesures de mitigations proposées demandent d'être validées par le suivi des espèces cibles. Cette validation n'est pas aisée à cause de la dynamique propre des populations concernées. Seul un monitoring sur plusieurs années permettrait de vérifier la pertinence des mesures prises. Des méthodes de validation sont proposées formant avec le modèle une boîte à outil pour gérer les infrastructures pour les activités de loisirs dans la pratique.

Dans les situations très fragmentées et riches en infrastructures, les solutions de défragmentation sont complexes et exigeantes, impliquant des réflexions transectorielles. Dans ces cas, une stratégie possible consiste à prioriser uniquement la petite faune, la flore et les espèces peu sensibles (ou/et vivant en hauteur), y compris par des mesures sur l'habitat. Des remaniements parcellaires pourraient aussi être envisagés.

Les forêts très multifonctionnelles présentent un défi particulièrement élevé pour qu'elles puissent garantir leur rôle comme garant d'une biodiversité incluant aussi des espèces rares et sensibles.

### 3.1.8 Glossaire Phase 1

**Habit versus niche :** Un habitat est l'endroit où vit un organisme tandis qu'une niche est le rôle de cet organisme dans cet environnement. L'habitat se concentre sur l'impact de l'environnement sur l'organisme tandis que la niche se concentre sur l'impact de l'organisme sur l'environnement. L'habitat et la niche sont des concepts importants pour comprendre l'équilibre d'un écosystème et la biodiversité qui s'y trouve.

**Niche fondamentale :** La niche fondamentale décrit l'ensemble des conditions et des ressources dans lesquelles une espèce peut survivre et se reproduire. Dans une niche fondamentale, un organisme peut tirer parti de tous les facteurs biotiques et abiotiques d'un écosystème sans concurrence d'autres espèces ni pression des prédateurs.

**Niche réalisée :** La niche fondamentale se rétrécit lorsque d'autres organismes arrivent et qu'il y a compétition pour la nourriture et les partenaires de reproduction ou lorsque des prédateurs commencent à chasser dans la région.

## 3.2 Phase 2 – Erfassung der verschiedene Monitoringsysteme der Freizeit- und Erholungsaktivitäten (G. Dumollard)

### 3.2.1 Résumé des principales recommandations pour la pratique

Pour bien s'informer en tant que praticien sur les activités récréatives dans le cadre de l'aménagement forestier et de la planification forestière à l'échelle d'un périmètre, il faut tout d'abord avoir connaissance des résultats de l'enquête WaMos qui fournit une bonne culture générale en la matière. Par ex. on y apprend des choses sur les préférences esthétiques de la population suisse en matière de forêt ou encore sur la manière dont elle perçoit les interventions sylvicoles. Cela peut permettre de mieux l'informer et de mieux répondre à ses besoins.

Ensuite et en sus des connaissances empiriques des forestiers, il est possible de se baser sur les données Strava pour acquérir une bonne vue d'ensemble sur les activités récréatives et leurs motifs spatiaux à l'échelle du périmètre. Les données Strava permettent également dans une certaine mesure de comparer les niveaux de fréquentation d'un périmètre forestier à un autre.

Puis, dans les cas où une information plus précise et en continu sur la fréquentation est nécessaire (par ex. les forêts très fréquentées, les parcs naturels, etc.) et qu'un budget suffisant est disponible, il est possible d'envisager l'installation de compteurs de visiteurs.

Enfin, pour répondre ponctuellement à des questions spécifiques (ex. perception d'un parc naturel par la population voisine), le recours à des sondages in situ (ou à distance mais ciblant un territoire en particulier) peut être envisagé. Les sondages sur le terrain permettent de déterminer la fréquentation en un point donné ou dans une petite zone donnée. Les sondages à portée locale, sur le terrain ou à distance, permettent aussi et surtout de répondre à des questions concernant l'avis, la perception ou les pratiques des visiteurs par rapport à une thématique donnée et dans un lieu donné (ex. connaître le lieu de résidence des visiteurs, connaître les habitudes et les besoins des visiteurs quant à la pratique de certaines activités sportives). Ces informations peuvent aider à la planification des activités récréatives et à la planification forestière dans les zones particulières (ex. réserve naturelle).

Une dimension participative peut être ajoutée à cette dernière approche s'il y a aussi un objectif de communiquer auprès de la population. Les campagnes participatives sont également utiles pour la collecte d'information sur une zone précise mais trop vaste pour la réalisation d'un sondage sur le terrain et dont les usagers sont trop nombreux ou trop mal identifiés pour l'envoi d'un sondage par courrier. Dans la situation actuelle, nous ne recommandons pas cette approche pour estimer la fréquentation (les taux de participation sont trop faibles) ni pour estimer les motifs spatiaux de la fréquentation (la plus-value par rapport aux données Strava n'apparaît pas clairement).

Le prix des données Swisscom est pour le moment rédhibitoire pour un usage systématique par une entreprise forestière, sauf utilisation très spécifique (mesure de la fréquentation globale au niveau d'un périmètre ou sous-périmètre et pour un intervalle de temps très limité). L'ajout potentiel de nouvelles fonctionnalités au service Swisscom Mobility Insight et surtout leur tarif doivent néanmoins être surveillés avec intérêt.

Les données sur la fréquentation en forêt sont également complémentaires au modèle de dérangement proposé dans le cadre de ce projet. Ces données permettent en effet :

- Une pondération du modèle des dérangements par une information sur l'utilisation effective des infrastructures,
- Une meilleure considération des effets saisonniers dans le calcul de l'impact (par comparaison avec le cycle annuel des espèces),
- Une détection des infrastructures non-officielles (ex. les sentiers de fait),

- Une priorisation des mesures d'atténuation à travers leur échelonnement dans le temps,
- Une validation des mesures d'atténuation mises en place (avant – après).

La phase 3 de ce lot de travaux 2 précisera concrètement la manière dont les données de fréquentation (telles qu'elles sont recueillies selon le procédé décrit ci-dessus) peuvent être utilisées dans le processus de planification forestière et plus spécifiquement la manière dont elles peuvent être utilisées en lien avec le modèle de dérangement développé dans le cadre de ce projet.

### 3.2.2 Introduction

Ce rapport offre une vue d'ensemble des principaux types de sources de données et méthodes existantes pour le monitoring des activités récréatives à l'échelle du périmètre forestier (typiquement une surface forestière de plusieurs centaines d'hectares). Cette vue d'ensemble s'adresse aux entreprises forestières et aux services forestiers cantonaux intéressés par ce type de monitoring dans le cadre de l'aménagement des forêts pour les activités récréatives et plus largement dans le cadre de la planification forestière. Ce monitoring s'entend en plus de l'expertise et de l'expérience des forestiers.

Cette vue d'ensemble prend la forme d'un catalogue présentant pour chaque source de données : le principe de leur collecte, leur nature, la possibilité d'accéder aux données existantes ou de mettre en œuvre leur collecte, une analyse critique (avantages et limites), les usages possibles en lien avec la planification forestière, ainsi que des exemples et illustrations d'usages concrets. Afin de construire ce catalogue, les différentes méthodes de monitoring connues par les participants au projet (les collaborateurs de deux différents groupes de recherche) ont été listées. Chaque méthode a ensuite été analysée sur la base d'une revue de littérature (la littérature scientifique lorsque cela s'est avéré pertinent mais surtout la littérature grise et nationale) et par une prise de contact avec des personnes de référence (celles-ci sont nommées dans le rapport aux endroits opportuns).

En plus de cette vue d'ensemble, une analyse détaillée du potentiel des données de l'application Strava pour obtenir une information spécifique et pertinente à l'échelle du périmètre forestier et la comparaison de ces données avec les données issues de l'Inventaire Forestier National et de compteurs automatiques de visiteurs a été réalisée. Cette analyse détaillée a permis de développer une procédure d'analyse des données Strava (sous la forme de notebooks Jupyter, c'est-à-dire de fichiers mêlant scripts Python, illustrations et commentaires) et de l'appliquer à trois études de cas : un périmètre forestier au sud de La Chaux-de-Fonds (NE), un périmètre dans les Monts-du-Jorat au nord de Lausanne (VD) et un périmètre au sud d'Allschwil (BL). Cet effort particulier pour l'analyse des données Strava est justifié par leur potentiel informatif pour la planification forestière, leur gratuité et leur relative facilité d'utilisation. Les résultats de cette analyse sont présentés dans un rapport en annexe.

### 3.2.3 Données de géolocalisation des appareils connectés

#### 3.2.3.1 Applications de sport à l'exemple de Strava

Il existe de nombreuses applications permettant à leurs utilisateurs de suivre, documenter et partager leurs activités sportives. Strava est la plus connue et la plus utilisée d'entre elles.

<b>Principe</b>	Strava est une application web et mobile revendiquant 95 millions d'utilisateurs à travers le monde. Strava permet à ses utilisateurs d' <i>uploader</i> des données sur les activités sportives réalisées (traces GPS et grandeurs associées, type d'activité) sur l'application pour aider au suivi des
-----------------	---

---

performances et partager ces activités. Le partage des activités s'effectue auprès d'un réseau d'« amis » faisant de Strava un réseau social.

---

**Les données** Les données brutes sont les traces GPS individuelles et les grandeurs associées (distance parcourue, vitesses instantanées et moyennes, dénivelé), les données sur l'utilisateur (suivi de la fréquence cardiaque, métadonnées).

---

**Accès aux données** Les données brutes ne sont pas accessibles dans leur globalité mais seulement sur la base d'un partage individuel décidé par chacun des utilisateurs, pour ce faire, il s'agit de :

- Créer une « app » sur Strava proposant aux utilisateurs qui le souhaitent de partager leurs données complètes : une web app simple doit être créée (développée) et répertoriée parmi les apps Strava, puis un utilisateur peut choisir de partager ses informations avec ce service. La web app permet ainsi de collecter les tokens individuels (i.e. les identifiants digitaux) de certains usagers et d'accéder à leurs données individuelles à travers l'API (Application Programming Interface) de Strava. Nous ne recommandons toutefois pas cette solution (voir la section avantages). Cette approche est en fait une approche participative.

En revanche, certaines données agrégées sont accessibles dans leur globalité sans nécessité d'accord individuel. Pour une autorité de planification, il existe deux moyens d'accéder aux données Strava :

- Consultation en ligne de la carte de chaleur (*Heatmap*) Strava qui propose une visualisation des itinéraires empruntés par les usagers de Strava lors de l'année écoulée (mise-à-jour mensuelle) et de leur fréquentation relative. Les activités marquées comme privées par les usagers de Strava ainsi que les itinéraires trop peu empruntés ne sont pas montrés. La carte de chaleur différencie les grands types d'activités (pédestres, cyclistes, d'hiver et aquatiques). La version la plus détaillée de la carte (déblocage de tous les niveaux de zoom) est accessible en créant un simple compte utilisateur gratuit.
- Accès au service Strava Metro : les organisations en lien avec la planification urbaine et du territoire (ex. les communes, les cantons, les offices fédéraux) peuvent créer un compte gratuit mais qui doit être validé (ce qui prend environ un mois) sur le service Strava Metro (metro.strava.com). Strava Metro est une application web qui propose plusieurs types de visualisation des activités (la carte de chaleur, la cartographie des points de départ et d'arrivée des parcours individuels par zone) et qui propose surtout un export des données correspondant à une zone sélectionnée à l'écran par l'utilisateur. Les données exportées consistent en un shapefile des chemins (officiels et cartographiés donc aucun hors sentier) de la zone, associé à une table indiquant la fréquentation de chaque segment de chemin. La fréquentation est différenciée par grand type d'activités (pédestres ou cyclistes), par attribut des usagers (sexe, classe d'âge, etc.), par type de trajet (loisir ou liaison pendulaire), etc. mais aucune donnée sur les traces individuelles n'est fournie. En revanche, la période de temps et l'agrégation temporelle des données exportées est personnalisable (par ex. données par heure ou données agrégées sur un an, entre autres).

---

**Avantages** Les données Strava ont un potentiel intéressant pour le monitoring des activités récréative, en particulier à l'échelle du périmètre forestier (mais à plus grande échelle également). Ce sont des données couvrantes et accessibles gratuitement. La combinaison de l'accès visuel à des données spatialement désagrégées mais temporellement agrégées et à des données quantitatives spatialement agrégées mais temporellement désagrégées peut apporter une plus-value certaine à l'aménagement forestier pour les activités récréatives et à la planification forestière. Les données complètement désagrégées avec les traces GPS individuelles ne semblent pas devoir apporter une plus-value décisive pour la planification forestière au point de vouloir développer une app et de rechercher le partage des données par les utilisateurs. Toutefois, c'est une possibilité. Le rapport en annexe présente une analyse détaillée du potentiel des données Strava pour le suivi des activités récréatives, à l'exemple de trois études de cas

---

**Limites** Les données Strava présentent un biais en faveur des activités sportives au détriment des activités plus douces (ex. promenades) dont les motifs spatiaux d'utilisation des forêts sont différents. Les activités plus douces, surtout piétonnes, se concentrent à proximité des points d'accès aux

---

périmètres. Par ailleurs, les données Strava ne concernent qu'une petite fraction des usagers en forêt, par ex. de l'ordre de 1 à 2% des usagers au niveau du Chalet-à-Gobet au-dessus de Lausanne sur l'année 2021. Néanmoins, les bons résultats obtenus et présentés dans le rapport en annexe suggèrent une certaine représentativité de ces données. Le traitement des données téléchargées (redécoupage spatial et agrégation dans le temps) requiert en outre des connaissances en traitement des données SIG.

<b>Usages possibles</b>	Nous recommandons l'usage des données Strava (carte de chaleur + autres possibilités sur Strava Metro) comme données de base ou en complément des autres sources de données (et de l'observation et de l'expertise des forestiers) pour le monitoring des activités récréatives en forêt. Ce monitoring peut ensuite servir de base pour l'aménagement des forêts et pour la planification forestière.
<b>Références bibliographiques</b>	Hochreutener et al. (2020), Venter et al. (2021)

**Exemples et illustrations :** Le potentiel des données Strava pour mesurer le nombre d'usagers passant en un point précis a également été testé par Hochreutener et al. (2020) sur la base d'une comparaison avec des compteurs de visiteurs et avec les données Swisscom.

Les possibilités d'utilisation des données Strava sont expliquées en détail dans le rapport en annexe mais la Abbildung 33 montre comment la carte de chaleur peut être utilisée simplement pour comprendre les motifs spatiaux des activités récréatives au sein d'un périmètre forestier et la fig. 34 montre comment les données quantitatives téléchargées depuis Strava permettent un suivi de la fréquentation mensuelle au sein d'un périmètre.



Abbildung 33 Carte des activités pédestres dans le périmètre du Jorat (NE) sur l'année écoulée (Source : Screenshot de la Heatmap Strava) ; en rouge : la sous-zone à l'Est (proche du Chalet-à-Gobet) extrêmement fréquentée avec aussi beaucoup de hors sentier ou hors des axes principaux ; en bleu : une sous-zone au sud un peu moins fréquentée avec beaucoup de hors sentier ; en noir et pointillés : une sous-zone relativement moins fréquentée avec relativement peu de hors sentier.

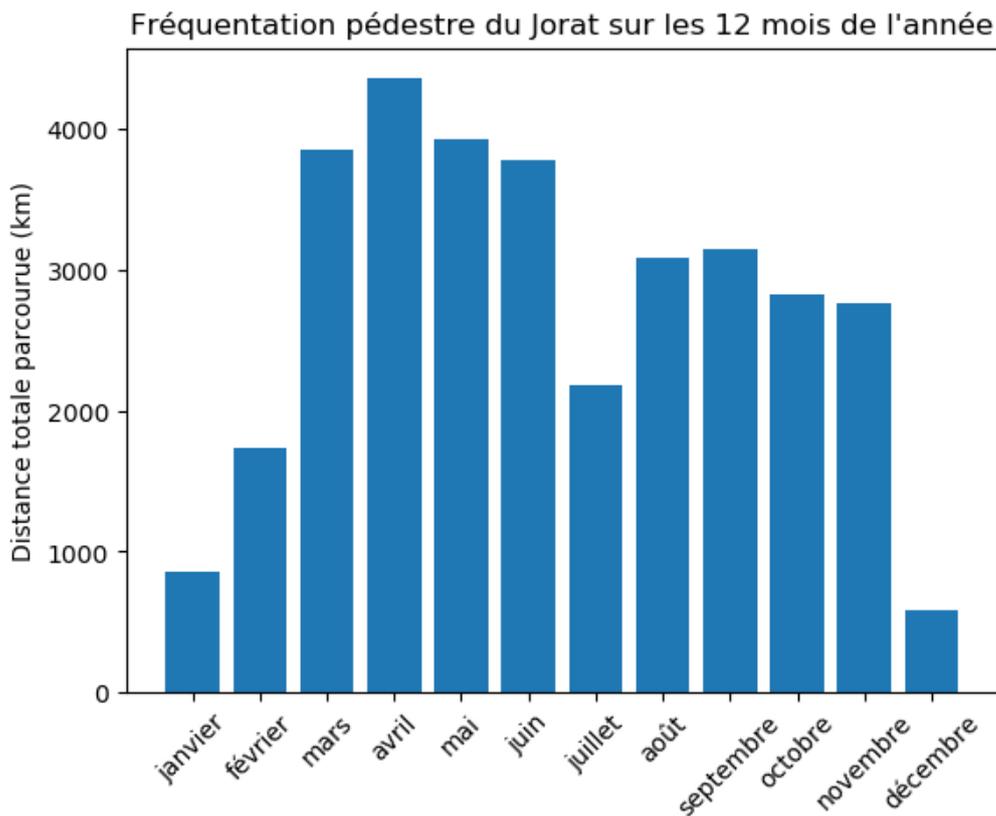


Abbildung 34 Fréquentation mensuelle du périmètre du Jorat pour les activités pédestres lors de l'année 2021 (Source : illustration personnelle).

### 3.2.3.2 Opérateurs téléphoniques à l'exemple de Swisscom

<b>Principe</b>	Les opérateurs de téléphonie mobile tels que Swisscom collectent des données GPS sur la position des téléphones portables en continu.
<b>Les données</b>	Les données brutes consistent donc en des traces GPS individuelles ainsi qu'en des métadonnées sur les utilisateurs.
<b>Accès aux données</b>	Les données brutes ne sont pas accessibles à des tiers pour des raisons de protection et de droit à la vie privée. En revanche, Swisscom vend des données agrégées. Il existe ainsi un service appelé Swisscom Mobility Insight <sup>2</sup> sur lequel n'importe qui peut se créer un compte gratuitement. L'utilisateur peut ensuite définir un périmètre au sein de la Suisse (de n'importe quelle surface) en dessinant un polygone ainsi qu'un intervalle de temps (grâce à deux dates). L'utilisateur peut ensuite visualiser et télécharger le nombre de trajets total passant par ce polygone pour chaque journée dans l'intervalle de temps. Le nombre de trajets peut être différencié par type de déplacement (route/autoroute/voie ferrée, liaison pendulaire/autre, trajet en partance/provenance/passant par la zone), selon le lieu de provenance et d'arrivée des trajets enregistrés (municipalité et canton), ainsi que selon certaines caractéristiques des usagers (genre, classe d'âge, nationalité de la carte SIM). Aucune donnée géographique n'est fournie directement au-delà de la possibilité de définir son propre périmètre. Quelle que soit la surface du périmètre défini, les données coûtent 1'500 CHF pour un intervalle de temps d'une semaine. Pour obtenir les données globales d'un périmètre donné sur une année complète, il faudrait donc déboursier 79'500 CHF.
<b>Avantages</b>	Il est par ailleurs annoncé sur la page d'accueil du Swisscom Mobility Insight <sup>3</sup> que : « Nous sommes en train de mettre en place une étude de faisabilité pour le suivi des installations de loisirs et des espaces verts. En utilisant des données anonymes et agrégées sur les téléphones portables, des

<sup>2</sup> <https://www.swisscom.ch/fr/business/entreprise/offre/entreprise-mobile/mobility-insights.html>

<sup>3</sup> <https://www.swisscom.ch/fr/business/entreprise/offre/entreprise-mobile/mobility-insights.html>

---

cartes thermiques sont créées pour aider le client à comprendre comment et quand les installations sont utilisées par la population. Ces chiffres de fréquentation peuvent être utilisés pour prendre des décisions concernant l'expansion, l'élimination ou la construction de nouvelles infrastructures de loisirs et pour mieux planifier les besoins d'entretien. » Swisscom pourrait donc proposer prochainement un service proche de celui de Strava Metro avec la possibilité de visualiser des cartes de chaleur des trajets enregistrés. L'offre tarifaire concernant ce potentiel service n'est pas précisée.

---

**Limites** Le prix rédhitoire des données et l'interface du service Swisscom Mobility Insight qui n'est pour le moment pas penser pour visualiser ou télécharger des données de manière spatialement désagrégée. Le traitement des données téléchargées (redécoupage spatial et agrégation dans le temps) requiert en outre des connaissances en traitement des données SIG.

---

**Usages possibles** Le prix des données Swisscom est pour le moment rédhitoire pour un usage systématique par une entreprise forestière, sauf utilisation très spécifique (mesure de la fréquentation au niveau d'un seul polygone et pour un intervalle de temps très limité). L'ajout potentiel de nouvelles fonctionnalités au Swisscom Mobility Insight et surtout leur tarif doivent néanmoins être surveillés avec intérêt.

---

**Références bibliographiques** Voir Hochreutener et al. (2020)

---

**Exemples et illustrations :** Voir Hochreutener et al. (2020)

### 3.2.4 Inventaire forestier national

---

**Principe** L'Inventaire Forestier National IFN (Brändli et al. 2020) réalise une évaluation de l'intensité, de la saisonnalité et du type d'activité en forêt au niveau de chaque placette d'échantillonnage IFN sur la base de l'entretien avec le garde forestier.

---

**Les données** L'évaluation se fait sur une surface de 100m de rayon autour du centre de chaque placette. Cette évaluation est basée sur une appréciation des gardes forestiers lors des entretiens menés lors des campagnes IFN. Les gardes doivent juger de la fréquentation selon l'échelle suivante :

- Aucune : (< 10 personnes par an)
  - Très faible : < 1 personnes par jour
  - Faible : 1-10 personnes par jour
  - Moyenne : 11-100 personnes par jour
  - Forte : 101-500 personnes par jour
  - Très forte : > 500 personnes par jour
- 

**Accès aux données** La synthèse de l'analyse des données est fournie gratuitement au sein de la publication des résultats de l'Inventaire Forestier National (voir Brändli et al. 2020 pour les résultats du 4<sup>e</sup> Inventaire Forestier National). L'accès aux données par placette se fait sur demande et sur contrat avec l'Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL, pour un usage cohérent avec les missions du WSL (recherche appliquée, utilisation pour la gestion forestière). Les données sont disponibles gratuitement. Dans le cadre de cette étude, les données ont été fournies par Tessa Hegetschweiler (Brändli et al. 2020).

---

**Avantages** Données disponibles pour toute la Suisse, qui donnent une bonne vue d'ensemble des pratiques récréatives en Suisse au moins à l'échelle régionale. Données gratuites.

---

**Limites** Données non-couvrantes sur un nombre de placettes très restreint à l'échelle d'un périmètre forestier (environ 200 hectares par placette). Les placettes de 100m de rayon sont relativement petites donc elles ne sont pas forcément représentatives du périmètre alentour. Enfin, la méthode

---

d'évaluation d'entretien avec les forestiers contient nécessairement une part d'approximation et de subjectivité.

**Usages possibles** Les données de l'IFN donnent une vue d'ensemble des activités récréatives à l'échelle nationale et régionale mais elles ne sont pas adaptées et elles ne sont pas prévues pour soutenir le processus de planification forestière à l'échelle d'un périmètre forestier. Le rapport en annexe comprend une section présentant les résultats d'une comparaison entre les données de l'IFN et les données Strava dans le cadre de nos études de cas qui montrent ces limites.

**Références bibliographiques** Brändli et al. (2020), WSL (2022)

**Exemples et illustrations :** Voici ci-dessous quelques extraits de la synthèse des données sur les activités récréatives recueillies dans le cadre du 4<sup>e</sup> IFN.

240 Proportion de placettes selon le type d'activités de loisirs												
en % par région de production ensemble analysé: forêt												
Type d'activités de loisirs <sup>1</sup>	Jura		Plateau		Préalpes		Alpes		Sud des Alpes		Suisse	
	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±	%	±
aucune <sup>2</sup>	15,8	1,2	6,7	0,7	29,0	1,3	44,5	1,0	41,3	1,6	30,3	0,5
promenade	57,1	1,5	81,8	1,1	29,9	1,3	19,2	0,8	12,3	1,0	36,8	0,5
randonnée	65,8	1,5	59,1	1,4	56,4	1,5	44,7	1,0	42,5	1,6	52,2	0,6
jogging	29,9	1,4	60,2	1,4	15,5	1,1	9,6	0,6	3,5	0,6	21,7	0,5
cyclisme	14,1	1,1	30,2	1,3	8,3	0,8	4,4	0,4	4,0	0,6	11,0	0,4
VTT	56,4	1,6	68,8	1,4	38,1	1,4	26,1	0,9	14,3	1,1	38,6	0,6
ski et snowboard	2,6	0,5	0,3	0,2	7,3	0,8	8,6	0,6	0,8	0,3	4,8	0,3
ski de fond	6,4	0,8	1,9	0,4	0,8	0,3	1,3	0,2	0,1	0,1	1,9	0,2
raquettes	16,4	1,1	4,2	0,6	19,0	1,1	11,2	0,7	2,2	0,5	10,8	0,4
équitation	33,8	1,5	60,8	1,4	10,2	0,9	3,7	0,4	2,1	0,5	19,2	0,4
camping, pique-nique	5,1	0,7	11,8	0,9	3,1	0,5	1,8	0,3	2,9	0,5	4,5	0,2
autres activités de loisirs <sup>3</sup>	56,6	1,6	67,8	1,4	47,8	1,5	34,8	1,0	51,9	1,6	48,7	0,6

<sup>1</sup> plusieurs types d'activités de loisirs peuvent s'exercer sur la même placette  
<sup>2</sup> moins de 10 personnes par an  
<sup>3</sup> par exemple cueillette de champignons ou courses d'orientation

Abbildung 35 Proportion de placettes selon le type d'activités de loisirs (Source : Brändli et al. 2020).

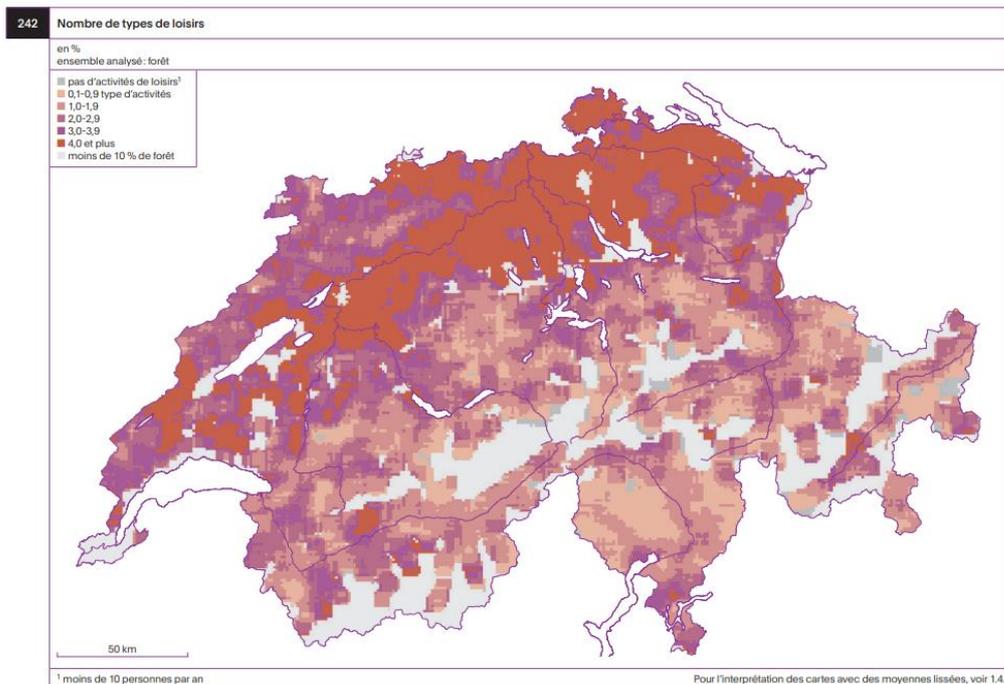


Abbildung 36 Nombre de types de loisirs pratiqués (Source : Brändli et al. 2020).

### 3.2.5 Compteurs automatiques de visiteurs

Concernant la thématique des compteurs automatiques de visiteurs, le recueil de l'information s'est surtout fait auprès de personnes ayant une connaissance ou une expérience pratique de leur utilisation en Suisse. Lea Reusser (Cheffe de projet recherche sur les parcs Académie suisse des sciences naturelles SCNAT), l'équipe du Parc Naturel Périurbain du Jorat (Sophie Chanel et Louise Meister) ainsi que Ronald Schmidt, chef de projet recherche, monitoring et SIG pour la Fondation Wildnispark Zürich nous ont fourni une information pertinente (ainsi que des données dans le cas du Jorat) quant à la thématique des compteurs de visiteurs.

<b>Principe</b>	Des compteurs peuvent être installés en forêt pour compter le nombre de visiteurs passant à un endroit donné. Les compteurs sont en général basés sur un système optique mais il y en a d'autres types, par ex. des systèmes de dalles sensibles au passage des usagers. Il en existe de différents types, fixes ou mobiles, certains comptant tous les visiteurs de la même manière ou différenciant les types de visiteurs (piétons, cyclistes, chevaux et cavaliers), ou encore différenciant le sens de passage.
<b>Les données</b>	Les données brutes correspondent à l'heure de chaque passage à un endroit précis avec éventuellement des précisions sur le passage (ex. type de passager) qu'il est possible ensuite d'agréger sur les plages de temps voulues.
<b>Accès aux données</b>	Une entreprise forestière ou une institution (ex. de gestion d'un parc naturel) ayant installé des compteurs dans les forêts dont elle est responsable devient ensuite propriétaire des données récoltées. Les données ne sont disponibles qu'aux endroits où des compteurs ont été installés et la précision des données dépend des compteurs installés.
<b>Avantages</b>	Les compteurs dénombrent le nombre de passages à un endroit donné de manière exhaustive ou presque. Ils permettent donc de mesurer la fréquentation réelle, et non un proxy comme les autres méthodes. Un dispositif constitué de plusieurs compteurs placés en des points stratégiques à l'entrée et au sein d'un périmètre forestier permet d'obtenir une bonne vue d'ensemble de la fréquentation et du type de fréquentation dans le périmètre (avec un suivi temporel). Si le nombre de compteurs est suffisant, il est également possible de déterminer certains motifs spatiaux des activités récréatives même si les données ne sont pas couvrantes comme les données Strava. Certains compteurs sont mobiles et peuvent être déplacés au cours du temps pour acquérir une information spatialement plus complète sans démultiplier le nombre de compteurs.
<b>Limites</b>	La principale limite est que le décompte des visiteurs ne se fait qu'à des endroits précis, les données ne sont pas couvrantes. Le coût d'un tel dispositif de compteurs (investissement et fonctionnement) est très important (voir ci-dessous dans les exemples).
<b>Usages possibles</b>	Les compteurs peuvent être utilisés pour assurer un suivi de la fréquentation au niveau d'un périmètre forestier en termes de niveau de fréquentation réel et de motifs spatiaux et temporels des activités récréatives, ce qui apporte une plus-value pour la planification forestière. Cet usage devrait être réservé aux forêts très fréquentées pour la récréation.
<b>Références bibliographiques</b>	Hochreutener et al. (2020)

#### 3.2.5.1 Exemples et illustrations

##### *Vue d'ensemble de l'usage des compteurs en Suisse*

Un recensement des compteurs mené en 2019 par le Réseau monitoring mobilité douce<sup>4</sup> montre que l'usage des compteurs de visiteurs en Suisse en 2019 restait certes restreint à un nombre très limité de périmètres forestiers mais constituait déjà

<sup>4</sup> <https://www.monitoring-fussvelo.ch/index.php/fr/aperçu-des-compteurs/enquete-2019>

l'une des options de monitoring utilisée en pratique. On comptait ainsi 383 compteurs en service en Suisse, dont 245 compteurs vélos, 101 compteurs piétons et 37 compteurs piétons/vélos. Une grande partie des compteurs se trouve à l'intérieur des villes ou des agglomérations (72%), les compteurs restants étant situés en milieu rural (13%) et dans les parcs d'importance nationale (15%). Les villes équipées étaient Bâle, Berne, Bienne, Genève, Lausanne, Lucerne, Pully, Schaffhouse, Saint-Gall, Zurich, Will SG et Winterthur. Nous invitons le lecteur à consulter la page web ci-dessus pour davantage de détails. Selon Lea Reusser, la situation a beaucoup évolué depuis 2019 avec un développement du nombre de compteurs et de sites équipés.

Pour donner une illustration concrète de l'usage des compteurs au niveau d'un périmètre, citons deux exemples : le Parc Naturel Périurbain du Jorat et le Wildnispark Zürich.

#### *Usage de compteurs automatiques dans le Parc naturel périurbain du Jorat*

Dans le parc du Jorat, un concept pour le monitoring par éco-compteurs a été conceptualisé par un bureau d'ingénieur (CITEC, <https://www.citec.ch/>), qui a proposé plusieurs points de comptage aux entrées principales du Parc naturel du Jorat après une étude réalisée en 2020. Le fournisseur des compteurs est la société « eco-compteur <sup>5</sup> ». Le nombre de compteurs finalement posés a été déterminé sur la base du budget disponible. Il y a en tout 9 compteurs fixes (distinguant les passages de piéton-cavalier-vélo et le sens de passage), ainsi que 4 compteurs mobiles (distinguant uniquement le sens de passage) qui sont en place sur le terrain depuis 2021. Le modèle des capteurs fixes est nommé MULTI piéton/vélo avec option additionnelle capteur cavalier PYRO, tandis que le modèle des capteurs mobiles se nomme PYRO-Box. Une analyse rapide et partielle des données issues des compteurs du Jorat et situés dans notre périmètre d'étude a été réalisée et est présentée dans le rapport en annexe. Une comparaison avec les données Strava est également proposée. L'équipe du Parc Naturel périurbain du Jorat travaille également actuellement à une synthèse exhaustive des données récoltées.

#### *Usage de compteurs automatiques dans le Wildnispark Zürich*

Le Wildnispark Zürich est équipé de compteurs de visiteurs depuis 2009. Il y a à l'heure actuelle 27 points de comptage au total dans le Wildnispark dont 11 dans le Parc animalier de Langenberg (Tierpark Langenberg), 14 dans le Sihlwald et 2 sur le site du Centre des visiteurs dans le Sihlwald (Besucherzentrum Sihlwald). La plupart des compteurs ne comptent que les piétons mais il y en a aussi qui comptent et différencient piétons/cyclistes ou piétons/cyclistes/cavaliers. D'autres encore ne comptent que les cyclistes. Le fournisseur des compteurs est comme dans le Jorat la société « eco-compteur ». Le prix d'achat des compteurs varie entre 2'700 et 5'000 CHF selon le modèle et ses fonctionnalités. Le réseau de 27 compteurs entraîne des coûts d'exploitation annuels de 7'500 CHF en moyenne (hors frais de personnel). La majeure partie de ces coûts provient de la transmission des données par le réseau GSM, soit 300 euros par compteur et par an (quelques compteurs ne sont pas encore équipés de dispositif de transmission). A cela s'ajoutent les coûts des piles, qui doivent être changées chaque année ou tous les deux ans, selon l'appareil. En outre, il y a encore des coûts pour les réparations ou pour le remplacement d'appareils défectueux ou détruits par vandalisme (ce qui n'arrive heureusement que rarement dans le Wildnispark Zürich). D'après l'expérience du Wildnispark, la durée de vie des appareils est de dix ans maximum. La charge de travail ne doit pas être négligée non plus. L'exploitation d'un système de monitoring des visiteurs avec des compteurs

<sup>5</sup> <https://www.eco-compteur.com/>

automatiques ne se fait pas toute seule, il ne suffit pas d'installer les appareils à l'extérieur et de les laisser fonctionner, le système doit être entretenu et géré en permanence. Ce poste budgétaire est souvent sous-estimé par les utilisateurs de compteurs et cela peut conduire à ce que le système ne fonctionne plus correctement et que les résultats soient inutilisables. Pour le Wildnispark Zürich, les frais de personnel s'élèvent à 400 ou 500 heures par an. Cela comprend : l'installation des appareils, les contrôles réguliers et l'entretien, le remplacement des batteries, le débroussaillage de la végétation, les réparations et le remplacement des appareils défectueux, les comptages de contrôle et d'étalonnage, l'analyse des données, la rédaction de rapports et, très important, une bonne documentation de tout cela.

Le choix des sites de comptage répond à une réflexion d'ensemble. Dans le parc animalier de Langenberg, toutes les entrées ont simplement été équipées d'un compteur, d'une part pour voir comment les différentes entrées sont fréquentées et d'autre part pour calculer le nombre total d'entrées. Le problème est que le Langenberg est composé de deux parties et qu'il y a certainement des doublons dans le comptage, ce que le parc essaie de prendre en compte dans le calcul.

Sur le site du centre d'accueil, il y a deux entrées, toutes deux équipées de compteurs.

Dans le Sihlwald, la situation est plus complexe. Les principaux chemins de la zone centrale ont été équipés de compteurs, ainsi que différents hotspots, comme l'accès à la tour d'observation Albis-Hochwacht, la tour elle-même et le chemin de la rive le long de la Sihl, où passe également un itinéraire cyclable régional. Il y a aussi différentes entrées de forêt et le sentier de découverte de la forêt qui sont équipés. Ce dispositif dans le Sihlwald donne une bonne vue d'ensemble de l'utilisation de la forêt et de la fréquentation des différents chemins et de la fréquentation de la zone centrale par rapport à la zone de transition. Cependant, la surface ne peut pas être couverte dans son ensemble et des "zones aveugles" demeurent. Il est également difficile de calculer le nombre total de visiteurs pour l'ensemble de la forêt. Une estimation peut être faite mais seulement sur la base de certaines hypothèses qui n'ont pu être qu'approximativement vérifiées jusqu'à présent. Un projet est en cours de préparation afin d'en apprendre davantage sur les flux de visiteurs dans le Sihlwald.

Avec son réseau de compteurs, le Wildnispark Zürich poursuit les objectifs et recommandations présentés dans Sauter et Frauenfelder (2022) (chapitre 3.1). Ce rapport présente également les différents paramètres à prendre en compte pour la mise en place d'un dispositif de comptage qui soit le plus fiable possible (voir chapitre 1.2 de Sauter et Frauenfelder).

### 3.2.6 Sondages

#### 3.2.6.1 Sondages à distance à l'exemple de WaMos (3)

Les sondages peuvent être pratiqués à distance. Il s'agit par exemple des sondages par téléphone ou de manière plus actuelle des sondages en ligne. Le meilleur exemple pour ce type de sondage est la troisième campagne de Monitoring socioculturel de la forêt WaMos 3<sup>6</sup>, qui a été mise en œuvre par l'OFEV en 2020 (Les campagnes WaMos ont pour le moment été conduites environ tous les 10 ans).

---

<b>Principe</b>	WaMos 3 consiste en un grand sondage en ligne à l'échelle de la Suisse. Un échantillon représentatif de la population suisse de 3116 adultes (+ un échantillon complémentaire de 156 adolescents âgés entre 15 et 18 ans) est utilisé. L'objectif du sondage est d'analyser les relations que la population suisse entretient avec la forêt. Chaque campagne WaMos propose son lot d'innovations (voir la section « données » ci-dessous) mais les campagnes successives sont
-----------------	---

---

<sup>6</sup> <https://www.wsl.ch/de/projekte/wamos3.html>

---

également conçues de sorte à assurer la comparabilité avec les campagnes précédentes, ce qui permet un suivi des tendances socioculturelles.

---

**Les données** Réponses des personnes interrogées à des questions à choix multiples visant à quantifier les opinions, comportements et connaissances de la population suisse vis-à-vis de différentes thématiques liées à la forêt. Les questions sont du type : à quel point êtes-vous satisfaits de la gestion de la forêt que vous visitez le plus fréquemment ? Dans cette 3<sup>e</sup> campagne WaMos, les préférences des sondés en termes d'esthétique de la forêt ont également été analysées sur la base de photos qui leur ont été montrées. Les personnes sondées ont également pu indiquer en dessinant sur une interface SIG la zone forestière qu'ils fréquentaient le plus.

---

**Accès aux données** une synthèse très concise de l'enquête WaMos 3 est publiée en ligne par l'OFEV<sup>7</sup>. Le rapport complet (Hegetschweiler et al. 2022) est publié par le WSL.

---

**Avantages** L'enquête s'adresse directement aux usagers et permet donc d'analyser leur perception de la forêt et les ressorts des activités récréatives en forêt sans avoir à les déduire à partir des comportements observés. Les enquêtes WaMos permettent une bonne compréhension des tendances socioculturelles en lien avec les activités socio-récréatives en forêt. Il est également possible d'obtenir une information ciblée sur des questions spécifiques.

---

**Limites** Les données fournissent une vue d'ensemble nationale et par strate de l'échantillonnage (canton de résidence, sexe, classe d'âge, niveau d'éducation, etc.) mais ne fournissent pas d'information spécifique au niveau d'un périmètre forestier (on connaît en principe la forêt la plus fréquentée pour chaque personne interrogée mais l'échantillon est bien trop petit pour en tirer une information pertinente).

---

**Usages possibles** Les résultats des enquêtes WaMos fournissent une vue d'ensemble socioculturelle des rapports entre la population suisse et la forêt et sa gestion. Cette vue d'ensemble représente une plus-value pour la planification forestière car elle apporte une information utile pour définir une stratégie liée à la récréation en forêt (ex. mieux connaître les préférences esthétiques) et définir une stratégie de communication à l'endroit de la population (ex. importance de communiquer davantage sur l'importance du bois mort). Il s'agit d'une information de base qui n'est pas spécifique à un périmètre donné.

---

**Références bibliographiques** Hegetschweiler et al. (2022)

---

**Exemples et illustrations :** voir la synthèse des résultats de l'enquête WaMos 3<sup>8</sup>.

### 3.2.6.2 Sondages sur le terrain

**Principe** Des sondages peuvent être menés directement en forêt en comptant et en interrogeant les usagers rencontrés. Une variante peut être d'envoyer des questionnaires aux ménages vivant dans une zone donnée proche d'un périmètre forestier donné.

---

**Les données** Décompte des usagers croisés, éventuellement différenciés par catégorie. La thématique traitée par les questionnaires varie d'un sondage à l'autre en fonction de son objectif. L'objet du sondage est en général lié au périmètre dans lequel le sondage a lieu. Les usagers peuvent être sondés quant à leur avis sur une thématique forestière en particulier.

---

**Accès aux données** Les sondages sur le terrain sont en général commandités par une entreprise forestière directement ou réalisés en collaboration avec celle-ci donc les résultats lui sont en général accessibles.

---

<sup>7</sup> <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/forets/info-specialistes/etat-et-fonctions-des-forets/observation-des-forets/bevoelkerungsumfrage-wamos.html>).

<sup>8</sup> <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/forets/info-specialistes/etat-et-fonctions-des-forets/observation-des-forets/bevoelkerungsumfrage-wamos.html>

<b>Avantages</b>	Les sondages réalisés dans une forêt permettent d’obtenir l’avis des usagers sur cette forêt en particulier et sur une thématique en particulier qui peut être importante pour l’entreprise forestière.
<b>Limites</b>	La portée des résultats est locale (valable pour le périmètre) et restreinte dans le temps (la mesure de la fréquentation n’est réalisée qu’à une ou quelques dates précises). Les sondages ne peuvent pas vraiment non plus être réalisés de manière uniforme sur le périmètre donc il peut y avoir un biais dans l’échantillon des personnes sondées. Ce type de sondages peut s’avérer coûteux en main d’œuvre.
<b>Usages possibles</b>	Compter les visiteurs croisés à certains endroits (déterminer la fréquentation). Répondre à une question concernant l’avis, la perception ou les pratiques des visiteurs par rapport à une thématique donnée et dans un lieu donné (ex. connaître le lieu de résidence des visiteurs, connaître les habitudes et les besoins des visiteurs quant à la pratique de certaines activités sportives). Ces informations peuvent aider à la planification des activités récréatives et à la planification forestière dans les zones particulières (ex. réserve naturelle).
<b>Références bibliographiques</b>	Bolliger et Carnier (2004), Helbling (2009), Reutz (2020)

**Exemples et illustrations :** Dans le cadre du Forum Paysage, Alpes, Parcs (FoLAP), le site de l’Académie des sciences naturelles suisse propose un moteur de recherche permettant de trouver un bon nombre de publications de la littérature grise (rapports de projet, thèses de diplôme)<sup>9</sup>. On y trouve entre autres des publications basées sur des sondages en forêt, par ex. grâce au mot clé « Besucher ». En voici quelques exemples.

Le travail de diplôme de Bolliger et Carnier (2004) pour la Hochschule für Technik Rapperswil porte sur le développement d’un concept intégral pour le Naturerlebnispark du Sihlwald, en considérant l’intégration du Sihlwald dans le territoire alentour. L’objectif premier de ce travail est de déterminer la fréquentation respective des principaux chemins et de déterminer par quels types d’usagers ces chemins sont fréquentés. L’autre question est de savoir si les visiteurs viennent de la ville de Zürich ou des zones voisines du Sihlwald. Pour répondre à ces questions, un sondage en forêt a été mené lors de 2 dimanches d’automne et d’un jour de semaine ensoleillé entre 11h et 16h. Les sondeurs se sont mis à plusieurs points d’entrée du Sihlwald (là où il y a des places de parking et/ou des arrêts de bus). Ils ont interrogé 186 personnes au total.

Le travail de master de Helbling (2009) porte sur l’analyse des pratiques de randonnées en hiver sur le Schratzenfluh dans la zone centrale de la Biosphère UNESCO d’Entlebuch. L’objectif de cette analyse était de comprendre les éventuels antagonismes entre ces pratiques et les objectifs de la zone centrale de la Biosphère et de servir de donnée de base pour un concept de canalisation des visiteurs. Pour ce faire, des questionnaires interrogeant sur les pratiques de randonnées en hiver ont été distribués aux randonneurs rencontrés sur place. Les randonneurs pouvaient ensuite renvoyer le formulaire plus tard grâce à une enveloppe fournie et déjà affranchie. 368 questionnaires ont été distribués et 236 retournés. Les auteurs de l’étude tablaient sur un taux de retour de 50% et visaient un nombre minimal d’au moins 200 questionnaires retournés.

Dans le cadre d’un mandat, Reutz (2020) analyse l’acceptation du Parc naturel régional d’Ela (Canton des Grisons). Le parc naturel est en activité depuis 2012 et un sondage a été organisé à l’issue de cette première phase de fonctionnement afin de réviser la charte en 2020. Pour ce faire, 3660 questionnaires ont été envoyés aux personnes résidant dans la zone

<sup>9</sup> [https://landscape-alps-parks.scnat.ch/de/parks/research\\_projects/find\\_a\\_project\\_in\\_switzerland](https://landscape-alps-parks.scnat.ch/de/parks/research_projects/find_a_project_in_switzerland)

(résidence principale ou secondaire). Il était possible de répondre par écrit ou en ligne. 416 questionnaires ont été retournés.

### 3.2.7 Monitoring participatif

<b>Principe</b>	Le monitoring participatif consiste à faire appel aux usagers de la forêt afin qu'ils acceptent de partager volontairement une information en lien avec leurs activités récréatives en forêt. Il s'agit d'un principe très proche du sondage à distance sauf que la demande d'information n'intervient pas bilatéralement entre le sondeur et le sondé mais qu'elle s'effectue de manière générale en appelant à la participation de la population. En termes de méthode, cela a un impact concret car il faut promouvoir la participation à travers différents médias.
<b>Les données</b>	Les données varient beaucoup d'une campagne de monitoring à une autre. En général, la participation à ce monitoring s'effectue en ligne et les usagers répondent à des questionnaires, interagissent avec des interfaces SIG (ex. indication des zones et itinéraires fréquentés) ou encore téléversent des traces GPS de leurs activités (mesurées grâce à des appareils connectés tels que des smartphones ou des montres de sport). Le fait de pouvoir fournir une information spatiale dans le cadre d'une collecte d'information participative est souvent désigné comme une approche de Public Participation GIS (PPGIS) dans la littérature.
<b>Accès aux données</b>	Ce type de campagne est en général organisée par des autorités administratives (par ex. les municipalités) ou par des institutions de recherche qui disposent ensuite des données. A noter qu'il serait possible d'organiser un monitoring participatif de type PPGIS (voir paragraphe ci-dessus) en proposant une app sur Strava permettant aux usagers qui le souhaitent de partager leurs données et éventuellement de répondre à un questionnaire (voir la section 1.1).
<b>Avantages</b>	Les avantages sont les mêmes que pour les sondages à distance. En s'adressant directement aux usagers, il est possible d'analyser leur perception de la forêt et les ressorts des activités récréatives en forêt sans avoir à les déduire à partir des comportements observés. Il est également possible d'obtenir une information ciblée sur certaines zones et/ou certaines thématiques forestières. Les approches PPGIS permettent également de collecter une information spatiale. Enfin, l'organisation d'une campagne participative constitue également un outil de communication pour rapprocher la population des forêts et de leur gestion.
<b>Limites</b>	Une campagne de monitoring participatif peut s'avérer coûteuse car il faut le plus souvent développer une application et promouvoir la participation (ce qui est d'autant plus coûteux que le public cible est nombreux et disparate). La participation peut s'avérer décevante et les informations recueillies non représentatives de la population en générale (ex. dans les approches PPGIS, ce sont plutôt les sportifs qui téléversent leurs traces GPS).
<b>Usages possibles</b>	Collecte d'information sur une zone précise mais trop vaste pour la réalisation d'un sondage sur le terrain et dont les usagers sont trop nombreux ou trop mal identifiés pour l'envoi d'un sondage par courrier. Nous ne recommandons pas cette approche pour estimer la fréquentation (les taux de participation sont trop partiels) ni pour estimer les motifs spatiaux de la fréquentation (la plus-value par rapport aux données Strava n'apparaît pas clairement).
<b>Références bibliographiques</b>	Korpilo et al. (2018)

**Exemples et illustrations :** Korpilo et al. (2018) ont développé une application web pour collecter de l'information sur le comportement spatial des visiteurs dans le parc central d'Helsinki. La collecte des données s'est étalée sur 6 mois pendant lesquels les participants ont pu répondre à un questionnaire, dessiner leurs itinéraires sur une interface SIG en ligne ou encore téléverser la trace GPS de leurs activités sportives. La participation à cette campagne a été promue par les médias traditionnels (journaux et radios) et les réseaux sociaux. Les principaux résultats ont été d'identifier les motifs spatiaux de

l'utilisation du parc (une heatmap de ces activités a été générée) et d'identifier les facteurs sociaux favorisant la pratique d'activités hors sentiers.

D'autres études de cas se sont basées sur les méthodes de Public Participation GIS (PPGIS) et ce, à différentes échelles : Rall et al. (2009) à Berlin, Brown et Reed (2009) dans le cas de trois forêts nationales américaines (Etats-Unis), Beverly et al. (2008) dans le cas d'une zone de 2.4 millions d'hectares en Alberta (Canada).

### 3.2.8 Conclusion

Certaines sources de données présentées dans ce catalogue sont nationales et présentent une information générale d'intérêt pour les entreprises et services forestiers, c'est le cas par exemple des sondages WaMos ou de l'Inventaire forestier national.

Pour un monitoring spécifique et pertinent pour la planification forestière des activités récréatives à l'échelle du périmètre forestier, nous recommandons l'usage (éventuellement combiné) des données Strava et de compteurs automatiques selon le cas de figure. Les compteurs automatiques permettent une mesure assez fiable de la fréquentation en forêt en des points particuliers, toutefois ce sont des dispositifs assez coûteux qu'il convient de réserver aux forêts particulièrement fréquentées et pour lesquelles une mesure de la fréquentation représente une plus-value pour la planification (ex. forêts périurbaines). Les données Strava permettent des mesures relatives de la fréquentation et donnent des informations sur les motifs spatiaux et temporels de la fréquentation. Vu leur simplicité d'accès et d'utilisation (surtout pour la Heatmap) et leur gratuité, les données Strava pourraient être utilisées systématiquement comme une donnée de base. Le développement en cours de nouvelles fonctionnalités pour le service Swisscom Mobility Insight visant en particulier le monitoring des usagers dans les espaces verts, ainsi que la politique tarifaire associée, sont des éléments à surveiller. Les sondages in situ ou à distance mais ciblés sur un périmètre en particulier permettent quant à eux de fournir une information ponctuelle sur une thématique spécifique (ex. perception d'un parc naturel par la population).

En résumé, pour bien s'informer en tant que praticien sur les activités récréatives dans le cadre de l'aménagement forestier et de la planification forestière à l'échelle d'un périmètre, il faut tout d'abord avoir connaissance des résultats de l'enquête WaMos qui fournit une bonne culture générale en la matière. Par ex. on y apprend des choses sur les préférences esthétiques de la population suisse en matière de forêt ou encore sur la manière dont elle perçoit les interventions sylvicoles. Cela peut permettre de mieux l'informer et de mieux répondre à ses besoins. Ensuite et en sus des connaissances empiriques des forestiers, il est possible de se baser sur les données Strava pour acquérir une bonne vue d'ensemble sur les activités de récréation et ses motifs spatiaux à l'échelle du périmètre. Puis, dans les cas où une information plus précise et en continue sur la fréquentation est nécessaire (par ex. les forêts très fréquentées, les parcs naturels, etc.) et qu'un budget suffisant est disponible, il est possible d'envisager l'installation de compteurs de visiteurs. Enfin, pour répondre ponctuellement à des questions spécifiques, le recours à des sondages in situ (ou à distance mais ciblant un territoire en particulier) peut être envisagé. Une dimension participative peut être ajoutée à cette dernière approche s'il y a aussi un objectif de communiquer envers la population.

Les données sur la fréquentation en forêt sont également complémentaires au modèle de dérangement proposé dans le cadre de ce projet. Ces données permettent en effet :

- Une pondération du modèle des dérangements par une information sur l'utilisation effective des infrastructures,

- Une meilleure considération des effets saisonniers dans le calcul de l'impact (par comparaison avec le cycle annuel des espèces),
- Une détection des infrastructures non-officielles (ex. les sentiers de fait),
- Une priorisation des mesures d'atténuation à travers leur échelonnement dans le temps,
- Une validation des mesures d'atténuation mises en place (avant – après).

La phase 3 de ce lot de travaux 2 précisera concrètement la manière dont les données de fréquentation (telles qu'elles sont recueillies selon le procédé décrit ci-dessus) peuvent être utilisées dans le processus de planification forestière et plus spécifiquement la manière dont elles peuvent être utilisées en lien avec le modèle de dérangement développé dans le cadre de ce projet.

### 3.2.9 Perspectives

Comme cela a été démontré, les données Strava permettent de générer une information utile quant aux motifs spatiaux et temporels de la fréquentation récréative des forêts. Cette information est descriptive et correspond à une période de temps donnée mais il serait également envisageable d'utiliser les données Strava pour calibrer des modèles dynamiques de fréquentation, par ex. basés sur les agents (agent-based models). Ces modèles pourraient par exemple être utilisés pour mesurer l'attractivité de chaque segment de chemin en prenant en compte les motifs de fréquentation dans l'ensemble du périmètre. Ils pourraient également être utilisés pour modéliser la modification des motifs spatiaux de fréquentation en cas de fermeture de certains segments de chemin. Cette dernière application est particulièrement intéressante dans certains cas de figure, comme dans la zone centrale du Parc Naturel Périurbain du Jorat où l'opportunité de fermer certains segments de chemin à plus ou moins long terme est parfois évoquée. Dans ce cas, il serait intéressant de pouvoir prédire le report de la fréquentation sur d'autres chemins.

### **3.3 Phase 3 – Synthese und Integration im Waldplanungsprozess (C. Rosset und J. Wilkes-Allemann)**

Um die Integration des Modells im Waldplanungsprozess zu testen, wurden zwei Fallbeispiele ausgewählt. Diese sind Allschwil (Kt. Basel Land) und Parc du Jorat (Kt. Waadt). Beide stellen interessante Beispiele dar, da beide in einer stark urbanisierten Umgebung zu finden sind und sowohl für die Biodiversität wie auch für die Freizeit- und Erholung eine wesentliche Rolle spielen. Das Waldgesetz und die Waldverordnung geben in allen Kantonen die gesetzlichen Rahmenbedingungen vor. Laut den Experteninterviews ist in Allschwil und im Parc du Jorat zudem der kantonale Waldentwicklungsplan (WEPs) von Relevanz. Dabei ist es wichtig zu erwähnen, dass in den kantonalen WEPs Freizeit und Erholung im Wald oftmals als «Störung» erwähnt wird, aber es wird nirgends konkretisiert. Im Fallbeispiel Parc du Jorat spielt die Parkverordnung auch eine relevante Rolle und in Allschwil stellen kommunale Konzepte im Bereich Erholung ein weiteres wichtiges Arbeitsinstrument dar.

Die definierten Waldleistungen in Allschwil sind Habitat für Fauna und Flora, Freizeit- und Erholung sowie Holzproduktion. Im Parc du Jorat hingegen steht der Schutz der Biodiversität im Vordergrund. In diesem Zusammenhang wurde eine Kernzone von ca. 4 km<sup>2</sup> definiert. Freizeit und Erholung wird somit überwiegend nur in der Übergangszone toleriert.

In Kapitel 3.3.1 und 3.3.2 wird die Waldplanung beider Fallbeispiele aus Perspektive der Biodiversität oder Freizeit und Erholung basierend auf die durchgeführten Interviews und Workshops erläutert. In Kapitel 3.3.3 wird die Integration des Modells im Waldplanungsprozess dargestellt.

#### **3.3.1 Waldplanung aus Perspektive Biodiversität basierend auf die Interviews**

##### **3.3.1.1 Allschwil**

In Allschwil wird die Waldfläche mit Fokus auf Biodiversität nach den Kriterien Sonderwaldreservat (z.B. zur Förderung der Eiche) oder zur gezielten Artenförderung durch z.B. die künstliche Erstellung von Biotopen und Feuchtgebieten für Amphibien und Reptilien oder vorgefundene Hotspots definiert. Die wichtigsten Entscheidungsträger in diesem Zusammenhang sind die Waldeigentümerinnen und Waldeigentümer, der Forstdienst, der Forstbetrieb, die Gemeinde und der Kanton. Als stärksten Störfaktoren für die Biodiversität sind im Allgemeinen die Erholungsnutzenden. Jedoch sind zurzeit keine konkreten Störungen verzeichnet. Massnahmen, die in letzter Zeit getroffen wurden, um die Biodiversität zu fördern, sind die Instandsetzung eines Waldzauns bzw. Rand (künstlich oder natürlich), um einer Besucherlenkung von Erholungssuchenden zu erzeugen. Zudem wurden punktuelle Massnahmen, wie z.B. die Bereitstellung von Holz neben Feuerstellen, getroffen, um die Besucherinnen und Besucher von bestimmten Waldflächen fernzuhalten. Grundsätzlich besteht jedoch zurzeit kein Handlungsbedarf bzgl. Biodiversität.

##### **3.3.1.2 Parc du Jorat**

Im Parc du Jorat wird die Waldfläche mit Vorrang Biodiversität definiert basierend auf den lokal vorkommenden Waldfunktionen, der Besucherinnen- und Besucheranzahl, der Anzahl an Hauptarten und Zielarten und der Möglichkeit die Holznutzung zu reduzieren. Daraus lässt sich schliessen, dass die Ausscheidung der Flächen mit Vorrang Biodiversität basierend auf unterschiedlichen Perspektiven stattgefunden hat und unter Berücksichtigung des WEPs. Bei der Gründung des Parc du Jorat konnte auf die Vernetzung dieser Fläche mit anderen Flächen keine Rücksicht genommen werden, da für andere Gemeinden die Gründung eines Parcs keine Rolle spielte bzw. kein Interesse von diesen Gemeinden dazu bestand.

Die Entscheidungsträger für die Auswahl der Flächen mit Vorrang Biodiversität waren u.a. die Waldeigentümerinnen und -eigentümer, der Kanton und der Bund. Zudem wurde eine Expertinnen- und Expertenkommission oder wissenschaftliche Kommission des Parcs beauftragt, im Entscheidungsprozess als Fachpersonen vertreten zu sein.

Die Hauptstörfaktoren aus Perspektive der Biodiversität sind zurzeit die freilaufenden Hunde, Pilzsammlerinnen und -sammler, Mountainbikerinnen und Mountainbiker sowie die Totholzsammlerinnen und -sammler. Diese Erholungsnutzergruppen stören vor allem die Wildtiere und die Umsetzung ausgewählter Massnahmen (z.B. Schaffung schattiger Lebensräume). Um diese Störungen zu reduzieren, wurden verschiedene Massnahmen getroffen. Unter anderem wurde ein Ranger beauftragt Öffentlichkeitsarbeit zu leisten. In diesem Kontext wurde eine Kommunikationskampagne («Ambassadeur de nature») gestartet. Die grösste Herausforderung in diesem Belangen ist, dass die Rangerin oder der Ranger nur informieren und keine Bussen verteilen darf. Aufgrund der fehlenden Bussgelder werden von den Erholungssuchenden noch nicht alle Regeln, wie erwünscht eingehalten, wie zum Beispiel das Verbot von Biken ausserhalb der Waldwege.

### **3.3.2 Waldplanung aus Perspektive Freizeit und Erholung basierend auf die Interviews**

#### **3.3.2.1 Allschwil**

In Allschwil wird die Fläche mit Vorrang Freizeit und Erholung basierend auf den lokalen Erholungskonzepten für stark frequentierte Wälder im Rahmen des Waldentwicklungsplans definiert. Zudem dienen diese Erholungskonzepte als Grundlage für die Einrichtung von Freizeitgebieten. Das Grundprinzip ist, dass die bestehenden Anlagen primär genutzt werden und je nach Bedarf erst punktuell weitere ergänzt werden. Die Hauptentscheidungsträgerinnen und -träger in diesem Zusammenhang sind der Kanton, die Gemeinde, die Waldeigentümerinnen und -eigentümer, zum Teil auch einzelne Interessensgruppen und all jene die beim Waldentwicklungsplan involviert sind. Stellenweise existiert im Allschwiler Wald ein Monitoringsystem, um die einzelnen Formen der Erholungsnutzung zu dokumentieren. Vereinzelt Massnahmen wurden in den letzten Jahren getroffen, um die Biodiversität sowie Freizeit und Erholung zu vereinbaren. Eine wichtige Massnahme in diesem Zusammenhang war die Erstellung eines Zauns zur Förderung der Verjüngung im Wald. Dadurch konnten vordefinierten Waldflächen geschützt werden und sich von der Übernutzung regenerieren. Zudem wurden die Ränder entlang von Waldstrassen als Lenkungsmassnahme mit Brombeeren bepflanzt, um Erholungssuchende davon abzuhalten, die Wege zu verlassen. Zuletzt wurde Holz in der Nähe von Feuerstellen platziert, sodass Besucherinnen und Besucher nicht selbstständig Holz für die Feuerstellen im Wald suchen. Akut besteht im Allschwiler Wald kein Bedarf die Erholungssuchenden, wie es im Parc du Jorat oder anhand anderen Konzepten an die definierten Massnahmen und den Umgang mit der Natur zu erinnern. Eventuell besteht Bedarf die vor vielen Jahren erstellte Waldkarte mit vordefinierten Bereichen bzw. Funktionen an die heutigen lokalen Gegebenheiten anzupassen und zu aktualisieren (z.B. mittels QR-Code).

#### **3.3.2.2 Parc du Jorat**

Ähnlich wie bei der Biodiversität wird die Fläche mit Vorrang Freizeit- und Erholung zum Teil basierend auf der Besucherinnen- und Besucheranzahl und mittels eines partizipativen Prozesses auf der regionalen Ebene und für die Übergangszone des Parcs definiert. Die wichtigsten Entscheidungsträgerinnen und -träger sind die Waldeigentümerinnen und Waldeigentümer, der Kanton, Vertreterinnen und Vertreter des Parcs und Vertreterinnen und Vertreter der verschiedenen Erholungsaktivitäten. Um die Erholung mit anderen Aktivitäten abzustimmen, wurde ein eigenes Monitoring eingeführt. Dabei werden die Anzahl der Nutzerinnen und Nutzer (u.a. Velofahrerinnen und -fahrer sowie Fussgängerinnen

und Fussgänger) mittels eigenen Monitoringtools (z.B. Sensoren) erfasst. Zudem wird regelmässig die vorhandene Erholungsinfrastruktur erfasst.

Einige Massnahmen, die getroffen wurden, um die Erholung mit den anderen Funktionen zu vereinbaren, sind klar definierte Regeln. Einerseits bestimmen diese, welche Flächen für Erholungsnutzung betreten werden dürfen, andererseits wurden auch klare Verbote definiert, wie das Verbot markierte Wege zu verlassen. Darüber hinaus wurde die Einführung von einem Ranger zur Übermittlung von wichtigen Informationen und eine Kampagne zur Sensibilisierung gegenüber der Natur und zum Schutz der Natur umgesetzt. Zudem werden keine Aktivitäten in der Kernzone gefördert. Zurzeit besteht Bedarf beim Monitoring von Mountainbike-Aktivitäten und bei der Untersuchung des Einflusses von Mountainbikerinnen und -bikern auf den Wald. Dazu gibt es noch keine konkreten Lösungsvorschläge.

### **3.3.3 Validierung des Modells und Integration in der Waldplanung – Erkenntnisse aus den Expertenworkshops**

In beiden Workshops wurde erwähnt, dass das Modell eine Toolbox darstellt, um Konflikte zwischen der Naherholung im Wald und der Waldbiodiversität aufzuzeigen. Zudem stellt dieses Modell eine gute Basis dar, um die Nachhaltigkeit im Wald zu kontrollieren, z.B. durch die Anwendung von Basisindikatoren. Zudem kann es für die Interessensabwägung im Wald relevant sein, z.B. bei der Ausscheidung von grossen Schutzgebieten. Jedoch gibt es auch Grenzen: erstens, das Modell kann nur zum Teil zur Steuerung der Erholung im Wald herangezogen werden da auch andere Aspekte im Modell (u.a. geographische Informationen zu Erholungshäufigkeit) berücksichtigt werden müssen; zweitens, für die Definition von Schutzziele und räumlichen Massnahmen zur Artenförderung sind zusätzliche Informationen nötig. Bei einer Weiterentwicklung des Modells können diese Aspekte berücksichtigt werden.

Das Modell kann sehr gut in der Waldplanung integriert werden. Dazu wurden vier Hauptbereiche identifiziert, in welchen das Modell unterstützend wirken kann. Diese sind wie folgt: 1) Ergänzung der bestehenden Grundlagen für die Bewilligung von Veranstaltungen im Wald und für die Priorisierung in der Planung (u.a. für die Identifizierung und Reduzierung von Konflikten im Wald), 2) Unterstützung bei der Konzipierung des Waldentwicklungsplans (WEP), unter anderem bei der Ausscheidung von Wildruhezonen, die Entwicklung von Konzepten (z.B. für die Erholung) und für die Umsetzung des WEPs auf der Betriebsebene, 3) als ein wichtiges Instrument (z.B. in der Form eines Monitoringtool) für die Erfassung von zusätzlichen Informationen, z.B. um andere Nutzungsformen zu identifizieren und in der Planung zu berücksichtigen, und um weitere Grundlagen nicht zu vergessen, 4) als eine wichtige Grundlage, um Massnahmen zu definieren und somit die Nutzung des Waldes zu steuern.

### **3.3.4 Intégration dans la planification**

Ce chapitre répond aux trois questions suivantes sur la thématique de la biodiversité, du délassement et des dérangements qu'occasionnent le délassement sur la biodiversité en lien avec la planification forestière :

- En quoi les résultats de cette étude sont-ils pertinents pour la planification forestière ?
- Comment intégrer ces résultats dans le système de planification forestière ?
- De façon plus générale, comment intégrer la thématique de cette étude dans le système de planification forestière ?

Ce chapitre s'appuie en grande partie sur l'article de Rosset et al. (2023) pour répondre à ces questions de façon systématique. Les passages mis en évidence avec un fond gris sont issus de cet article.

En particulier, ce chapitre s'articule au-travers des deux notions fondamentales suivantes : information et décision. L'information est la base de toute planification et permet de mettre en évidence ce que l'on connaît de pertinent sur la situation actuelle, passée et future du ou des massifs forestiers du périmètre de planification considéré. Ne pas disposer d'information, c'est en quelque sorte être aveugle par rapport à une situation donnée. Quant aux décisions, elles permettent de clarifier et de concrétiser la gestion forestière à entreprendre et représentent le cœur de la planification.

#### 3.3.4.1 Informations pour mieux appréhender la situation d'un périmètre donné

Zehnder (1998) définit l'information comme étant une réponse utile à une question concrète. L'information présuppose ainsi un questionnement sur ce qu'il est pertinent de connaître (utilité) et la capacité d'y répondre concrètement.

Les questions concrètes sur un périmètre forestier sont multiples et variées vu la complexité des écosystèmes forestiers et les attentes sociétales dont ils font l'objet. Les questions concrètes en rapport avec la thématique de l'étude sont en particulier :

- la vue d'ensemble spatio-temporelle et multi-activités du délaçement en forêt (quoi, où, quand, combien/fréquentation ?) comme base pour caractériser et quantifier dans la mesure du possible l'utilisation de la forêt faite par la population et mettre en évidence les zones à forte fréquentation (et à conflit potentiel entre usagers),
- la vue d'ensemble spatio-temporelle de la fragmentation de l'habitat d'espèces cibles dû aux dérangements comme base pour mettre en évidence les infrastructures susceptibles d'engendrer de tels dérangements par leur fréquentation.

La capacité à répondre à ces questions dépend avant tout des ressources à disposition, en particulier des données, modèles, méthodes, documents et instruments relatifs au périmètre considéré. Concrètement, cette étude a permis de mettre en évidence des ressources déjà disponibles et d'en développer de nouvelles, en particulier :

- les données issues de l'application Strava (à travers la Heatmap globale et le service Strava Metro <https://metro.strava.com>; cf. ch. 3.2.3.1) qui permettent d'obtenir facilement et gratuitement une vue d'ensemble spatio-temporelle sur les activités sportives en forêt potentiellement dans tous les massifs forestiers en Suisse ; il s'agit avant tout d'indications qui permettent d'appréhender de façon approximative la situation d'un périmètre forestier et dont la représentativité est à relativiser (le taux d'utilisation de Strava au sein la population est très faible, de l'ordre de 1 à 2% en ce qui concerne les activités en forêt et Strava présente un biais très important en faveur des activités sportives par rapport aux activités douces, et en faveur des activités cyclistes par rapport aux activités pédestres),
- les données anonymisées des opérateurs télécoms comme Swisscom (à travers son service Swisscom Mobility Insights<sup>10</sup> ; cf. ch. 3.2.3.2) dont les coûts encore trop élevés n'ont pas permis une utilisation dans le cadre de cette étude,
- les capteurs utilisés dans des massifs forestiers particuliers (p.ex. parcs régionaux, grandes villes) qui permettent de connaître la fréquentation en des lieux donnés (points de passage), mais dont les coûts ne permettent pas pour l'instant un déploiement de manière systématique (cf. ch. 3.2.5),

<sup>10</sup> <https://www.swisscom.ch/fr/business/entreprise/offre/platforms-applications/data-driven-business/mobility-insights-data.html>

- les données collectées au moyen d'approches participatives ; pour l'instant, ce sont des approches intéressantes dans certains cas, mais les taux de participation sont en général très faibles, les résultats biaisés (biais de réponse) et les coûts sont importants (cf. ch. 3.2.7),
- l'outil développé dans le cadre de cette étude pour analyser la fragmentation des habitats d'espèces cibles dû aux dérangements en se basant sur un grand nombre de géodonnées de différentes sources disponibles pour toute la Suisse, en particulier les infrastructures en forêt de Swisstopo et d'OpenStreetMap et les biotopes du WSL (cf. ch. 3.1) ; cet outil est un prototype sans interface utilisateur-riche graphique qui ne peut être utilisé que par des spécialistes formés à son emploi (pour l'instant, il ne peut être utilisé que par des personnes de la HAFL) en collaboration avec des biologistes de la faune avec des connaissances du terrain; l'outil se prête à des utilisations avant tout au niveau local, voire régional.

Sur cette base, il est possible de mettre en évidence les infrastructures et zones de délasserment susceptibles de représenter des dérangements problématiques par espèce cible et, le cas échéant, de proposer des mesures de mitigation sous forme d'adaptation des infrastructures et de leur utilisation. Les résultats de cette étude permettent ainsi d'augmenter l'offre en information pour faire face à des besoins croissants au vu de l'augmentation du nombre de visiteur-se-s en forêt (cf. fig. 37).



Abbildung 37 Représentation schématique des besoins, de l'offre et de la demande en informations (adapté de Berthel 1993, cité par Fegghi 1998).

### 3.3.4.2 Décisions pour clarifier et concrétiser la gestion forestière à entreprendre

Selon le Petit Robert, la décision est une « qualité qui consiste à ne pas s'attarder inutilement dans la délibération et à ne pas changer sans motif ce qu'on a décidé ». En d'autres termes, la délibération est nécessaire, mais elle doit aboutir à un résultat fondé sur lequel on peut s'appuyer par la suite. Il est également important de se focaliser sur l'essentiel et de ne pas se perdre dans des détails inutiles.

Dans cette perspective, le cycle de résolution des problèmes proposé p.ex. par Haberfellner et al. (2018) est très utile. Il permet de structurer et d'organiser la prise de décisions, mais aussi de développer une compréhension toujours plus fine d'une situation donnée et de son évolution. La prise de décisions se fait par étape successive selon une approche orientée tout d'abord problème, puis solution : analyse de la situation, formulation des objectifs, recherche de solutions et sélection de la solution la plus pertinente.

L'analyse de la situation représente l'occasion d'organiser et de synthétiser les informations disponibles (cf. section précédente) et de déterminer en quoi la situation est satisfaisante ou ne l'est pas, actuellement et dans le futur, et les

raisons qui mènent à ce constat (diagnostic). Ce constat sert de base pour l'étape suivante, à savoir la détermination des objectifs qu'il s'agit de formuler de façon opérationnelle (cf. p.ex. SMART<sup>11</sup>), en clarifiant les effets recherchés concrètement (base pour le contrôle de l'efficacité). Ces objectifs permettent d'orienter clairement la recherche de solutions et de moyens pour les atteindre. Cette recherche constitue l'étape suivante. Le principe « penser en termes de variantes » est ici essentiel et implique de toujours se poser la question de savoir si les solutions élaborées sont pertinentes et s'il n'est pas possible de faire encore mieux (garantir l'efficacité et l'efficience). Sauter une ou plusieurs étapes n'est pas conseillé. Il n'y a pas de mesures justifiées sans objectifs clairs, pas d'objectifs clairs et pertinents sans constat clair de la situation et pas de constat clair sans être suffisamment bien informé.

Par exemple, la vue d'ensemble spatio-temporelle des activités de déassement et de la fragmentation des habitats dû aux dérangements permet de déterminer pour chaque espèce cible si la situation est satisfaisante ou pas dans le périmètre considéré en recoupant ces données et en mettant en évidence les zones où l'habitat est trop fragmenté respectivement perturbé par les dérangements, que ce soit en termes de surfaces et de mise en réseau, pour laisser suffisamment d'espace à l'espèce en question. En différenciant les résultats selon l'intensité de la fréquentation et le type d'infrastructure, il est possible d'affiner encore plus le constat et de mettre en évidence les besoins d'action. Sur cette base, les objectifs peuvent être définis ainsi que l'effort concret à consentir, p.ex. les périmètres cibles pour chaque espèce cible comprenant les zones à connecter entre-elles de façon prioritaire et les mesures à prendre en conséquence pour réduire les dérangements problématiques à un niveau satisfaisant, p.ex. en travaillant sur la régulation de la fréquentation, que ce soit au moyen de règles de comportement et/ou d'un redimensionnement approprié des infrastructures en présence.

Il est possible de rester général dans la formulation des objectifs, en particulier si la situation n'est pas claire par manque d'information et/ou que de nombreuses incertitudes persistent. Dans ce cas, il est possible de donner une impulsion avec une formulation générale sous forme de principe (p.ex. favoriser les essences adaptées aux changements climatiques). Cela permet de mettre en évidence une thématique importante qu'il s'agit de ne pas perdre de vue. Cependant, l'effort de clarification est laissé aux utilisateur-riche-s du plan concerné et il est difficile de contrôler la pertinence et l'efficacité du plan lors de sa réalisation. Il est cependant important que cette formulation ne représente pas l'expression d'un manque d'intérêt, de volonté et d'ambition.

Les outils présentés dans cette étude permettent de contribuer à clarifier la situation dans un périmètre donné de façon indicative par rapport au déassement et à la fragmentation des habitats d'espèces cibles dû à ses dérangements. Les données et modèles disponibles permettent d'obtenir une vue d'ensemble de la situation de façon approximative (données de fréquentation, données sur l'habitat) qui doivent être validée / complétée par les professionnel-les du terrain avant de pouvoir formuler des objectifs opérationnels, déterminer des mesures concrètes et la manière de contrôler leur efficacité (présence des espèces cibles, fréquentation réelle) et leur efficience (moyens engagés, restrictions imposées aux visiteur-se-s).

La pratique du cycle de résolution des problèmes permet [...] de toujours mieux comprendre les systèmes étudiés, sans perdre la vue d'ensemble et en restant focalisé sur l'essentiel (trouver une solution à un problème posé), condition de base pour se remettre en question si cela s'avère pertinent et pour faire face aux évolutions et perturbations.

La mise en place d'un contrôle périodique doit aussi contribuer à toujours mieux comprendre un système passablement complexe (fréquentation – dérangement – étendue, qualité et mise en réseau de l'habitat) et de faire évoluer les outils à

<sup>11</sup> Cf. p.ex. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Objectifs\\_et\\_indicateurs\\_SMART](https://fr.wikipedia.org/wiki/Objectifs_et_indicateurs_SMART)

disposition. Il doit aussi permettre de communiquer sur les progrès obtenus et de justifier les mesures engagées auprès du grand public.

#### 3.3.4.3 Intégration des résultats de l'étude dans le système de planification

Les résultats obtenus dans cette étude permettent d'améliorer les bases de la planification sur la thématique du délassement, des dérangements et de la fragmentation de l'habitat d'espèces cibles.

D'un point de vue sectoriel, ces résultats doivent permettre d'élaborer des stratégies, concepts et plans spécifiques pour un périmètre forestier donné, avant tout au niveau local et régional, voire cantonal. Le périmètre forestier doit être suffisamment grand pour pouvoir coordonner les mesures de délassement et disposer d'une vue d'ensemble pertinente de l'habitat des espèces cibles et de l'état de leur fragmentation. Il ne doit cependant pas être trop grand non plus pour garder le lien avec les réalités du terrain.

Les plans directeurs forestiers (PDF) et les plans de gestion (PG) ont pour vocation d'intégrer et de synthétiser toutes les thématiques pertinentes de la gestion forestière. Les PDF ont pour objectifs d'assurer les intérêts publics envers la forêt et font office d'instrument de pilotage pour la très grande majorité des services forestiers cantonaux. Les PG sont des instruments de gestion au niveau d'un-e ou de plusieurs propriétaires forestiers (cf. Bachmann 2005 pour une présentation du système de planification Suisse et de ces deux instruments et Gollut et Rosset 2018 pour une vue d'ensemble sur l'état en 2017 de la planification forestière en Suisse). De par l'intérêt public que représente la thématique de cette étude, en particulier au travers des fonctions de délassement et d'habitat pour la faune (et la flore), son intégration devrait se faire avant tout dans les PDF, pour être ensuite reprise dans les PG en partenariat avec les propriétaires forestiers et / ou dans un instrument de planification complémentaire à l'exemple du concept de délassement de la forêt d'Allschwil (*Erholungskonzept Allschwiler Wald*).

La fig. 38 suivante propose une vue d'ensemble schématique de l'intégration des résultats de l'étude dans la planification forestière (bases pour la représentation de la partie sur la planification : Bachmann 2005, Rosset 2005, Stöckli et Rosset 2011).

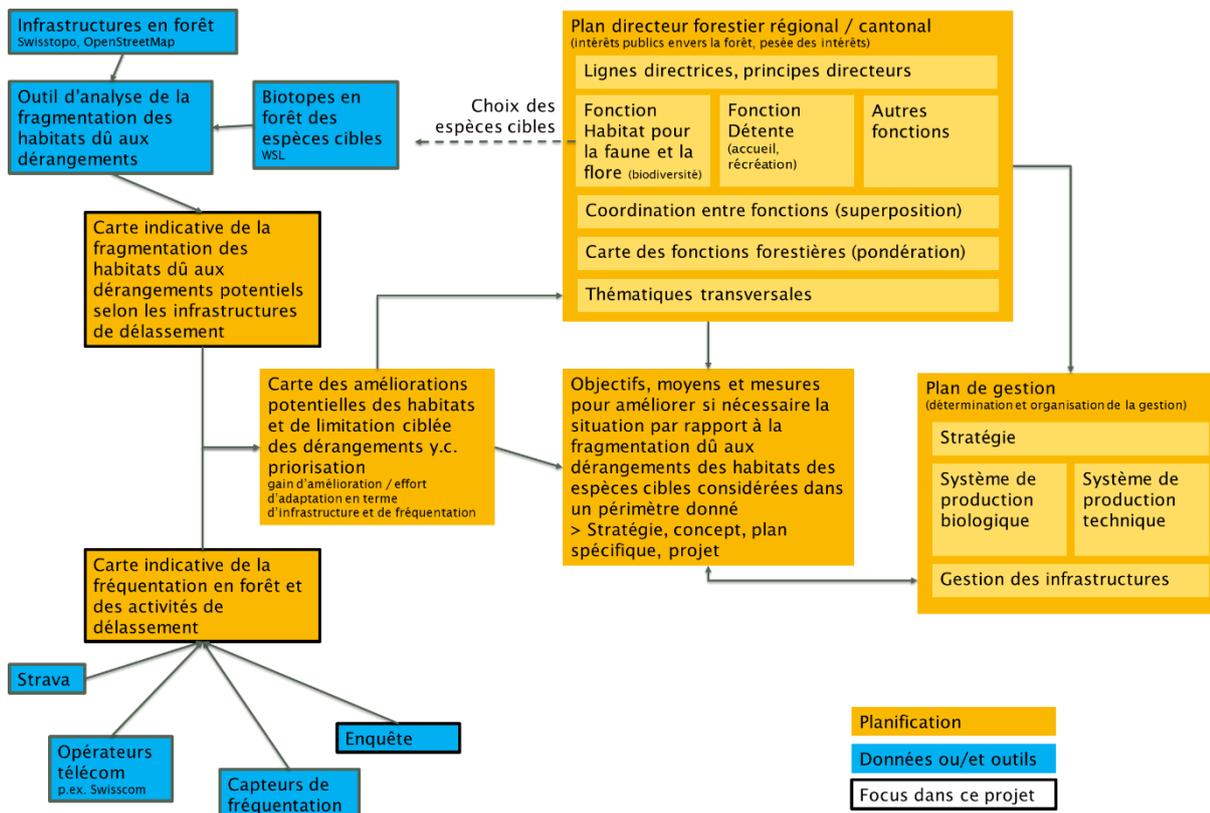


Abbildung 38 Représentation schématique de l'intégration des résultats de cette étude dans la planification forestière.

Les cantons ayant la charge de la planification forestière<sup>12</sup>, une grande diversité de systèmes de planification caractérise la Suisse. Les instruments de planification sont différents, ainsi que les termes techniques utilisés. Les fonctions forestières sont désignées par exemple de différentes manières (p.ex. détente, accueil, activités récréatives, loisirs, ...) <sup>13</sup>. Pour illustrer la partie PDF, il est intéressant p.ex. de mentionner le Plan forestier régional Seeland – Biel/Bienne (PDF-SB) approuvé en 2023 (OFDN 2023)<sup>14</sup> pour la détermination et la délimitation spatiale de la fonction « Activités récréatives » (délaçement) qui est différenciée selon les catégories suivantes (pp. 22-23) :

- Forêts intensément sollicitées : « Zones très fréquentées proposant une vaste offre d'installations sportives et de loisirs ou des attractions touristiques particulières, et éventuellement des offres de restauration. »
- Forêts fortement sollicitées : « Fréquentation supérieure à la moyenne s'expliquant par une proximité avec de grandes agglomérations, par des offres touristiques et sites attractifs ou par la présence d'infrastructures. »
- Zones d'activité restreinte : « Forêts devant être préservées et ne devant donc offrir que peu de possibilités (voire aucune) de pratiquer des activités récréatives. Il s'agit par exemple de forêts déjà calmes étant recensées dans un inventaire ou disposant d'un statut de protection (réserve naturelle, réserve forestière, zone de tranquillité pour le gibier, etc.). »

<sup>12</sup> cf. art. 20 Loi fédérale sur les forêts 921.0

<sup>13</sup> Ce document reprend la terminologie proposée dans la Notice Fonctions de la forêt et services forestiers écosystémiques forestiers de l'OFEV (OFEV 2022)

<sup>14</sup> <https://www.weu.be.ch/fr/start/themen/umwelt/wald/regionale-waldplaene/regionale-waldplaene-1.html>

Cette différenciation permet de gérer les cas de chevauchements (superposition) avec les autres fonctions forestières. Par exemple, les activités récréatives intensives (forêts fortement sollicitées) sont, par rapport à la fonction de biodiversité, en « principe possible[s], mais il convient de procéder à une évaluation au cas par cas. La pratique d'activités ayant généralement lieu sur l'ensemble de la superficie de la forêt, un chevauchement n'est souvent pas pertinent (tout dépend de l'objectif de protection) » (p. 16).

La carte des fonctions forestières est disponible en ligne (cf. fig. ci-après).

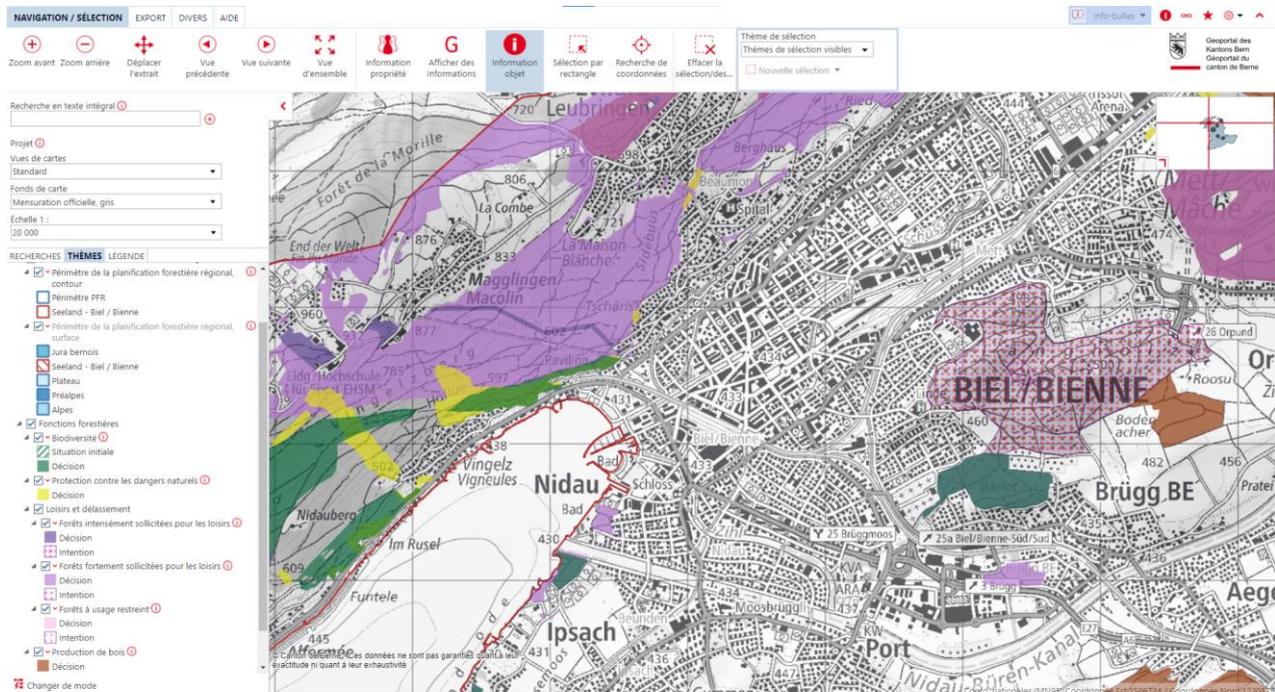


Abbildung 39 Carte des fonctions forestières à l'exemple du Plan forestier régional Seeland – Biel/Bienne (OFDN 2023)<sup>15</sup>

### 3.3.4.4 Apport de l'étude à l'exemple de deux cas concrets

Dans la perspective d'intégration des résultats de cette étude dans la planification forestière, il est intéressant d'analyser le plan directeur forestier de la Région Centre du canton de Vaud de 2019 (PDF-RC) (DGE-Forêt 2019)<sup>16</sup> et le concept de délaçement de la forêt d'Allschwil (*Erholungskonzept Allschwiler Wald*) (Hasspacher&Iseli 2007), correspondant aux deux cas d'étude de ce projet. A noter que le PDF de la Région Centre a été élaboré avant la création du Parc Naturel du Jorat et que le nouveau PDF comprenant la forêt d'Allschwil (BL) était en cours d'élaboration pendant la réalisation de ce projet et n'a pas pu être pris en compte. L'analyse des documents s'est faite avant tout au travers de mots-clés, en partant de la notion de dérangement, puis en complétant l'analyse avec des notions qui lui sont associées.

Les résultats de l'analyse du PDF-RC sont les suivants (les indications des pages ci-après se réfèrent à ce document) :

- Le PDF traite aussi bien de la biodiversité que des loisirs, que ce soit au niveau des orientations stratégiques (préserver, consolider et développer la qualité biologique et la fonctionnalité écologique des forêts (C) ; soutenir la qualité de l'accueil en forêt pour répondre aux attentes des usagers et limiter les pressions sur le milieu forestier

<sup>15</sup> Cf. [https://www.map.apps.be.ch/pub/synserver?project=a42pub\\_rwp&userprofile=geo&client=core&language=fr](https://www.map.apps.be.ch/pub/synserver?project=a42pub_rwp&userprofile=geo&client=core&language=fr)

<sup>16</sup> <https://www.vd.ch/themes/environnement/forets/gestion-de-la-foret/planification-forestiere/plan-directeur-forestier-de-la-region-centre>

(E) que des fonctions forestières (fonction biologique et fonction d'accueil du public). Une carte des objectifs d'aménagement prépondérants est disponible avec la cartographie de ces deux fonctions, y compris des zones où elles se superposent (« Biologique + Accueil ») (p. 80, cf. fig. ci-après).

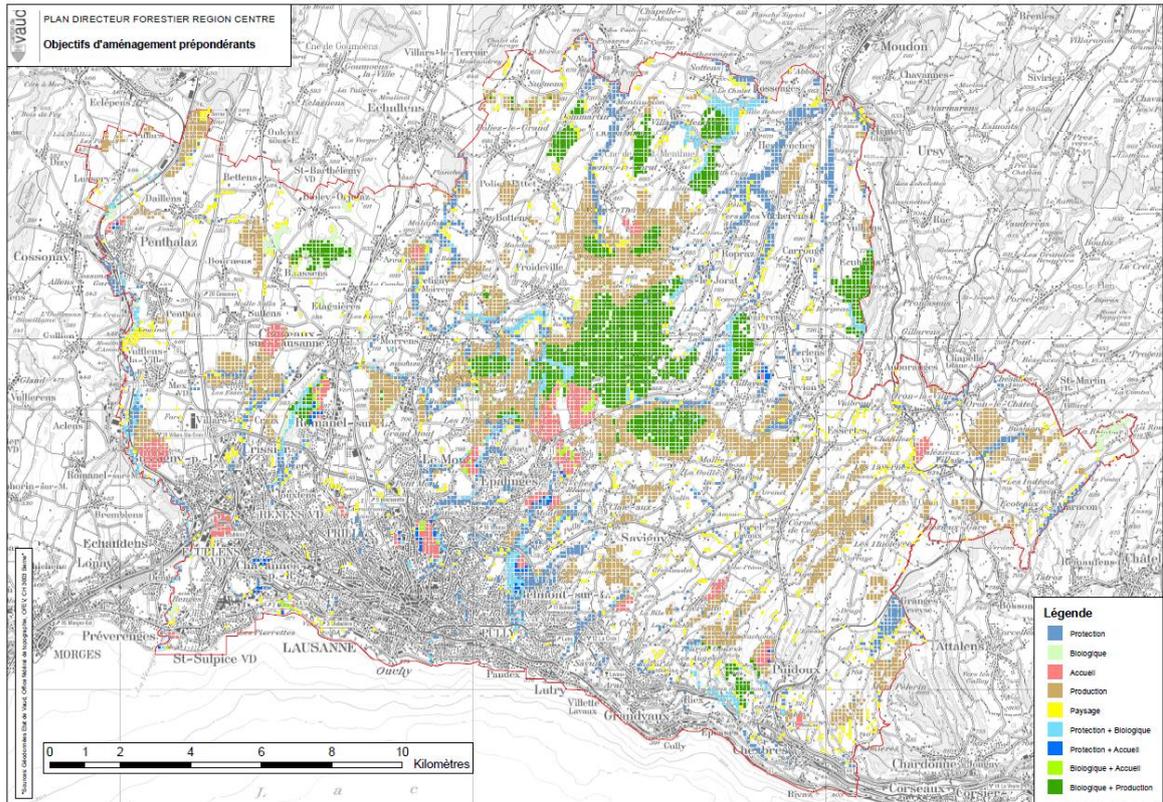


Abbildung 40 Objectifs d'aménagement prépondérants du Plan directeur forestier de la Région Centre (DGE-For'et 2019) avec les fonctions biologique et d'accueil, y compris leur combinaison.

- La fréquentation des forêts est estimée : « Bien qu'aucun comptage statistiquement représentatif n'ait été réalisé à ce jour, la fréquentation des forêts de la région lausannoise est estimée à environ 1 million d'utilisateurs par année. L'évaluation qualitative réalisée auprès des gardes forestiers en 2016 corrobore la présence croissante du public dans les forêts urbaines, sub- et périurbaines » (p. 50). A noter que le « nombre de manifestations autorisées annuellement dans les forêts de la Région Centre a presque doublé en dix ans » (p. 50).
- La notion de dérangement apparaît à 4 reprises, toujours en lien uniquement avec la thématique de la biodiversité. Cette notion apparaît avec celles de tranquillité (15 occurrences) et de refuge (11 occurrences). Ces trois notions sont avant tout en relation avec les grands massifs forestiers du périmètre offrant une certaine tranquillité pour la faune (zone de refuge) et qu'il s'agit avant tout d'identifier et de préserver (cf. fig. ci-après). A noter que ces zones en relation avec la fonction biologique dans ce PDF sont similaires dans leur finalité aux zones d'activité restreinte de la fonction activités récréatives du PDF-SB (cf. section précédente).

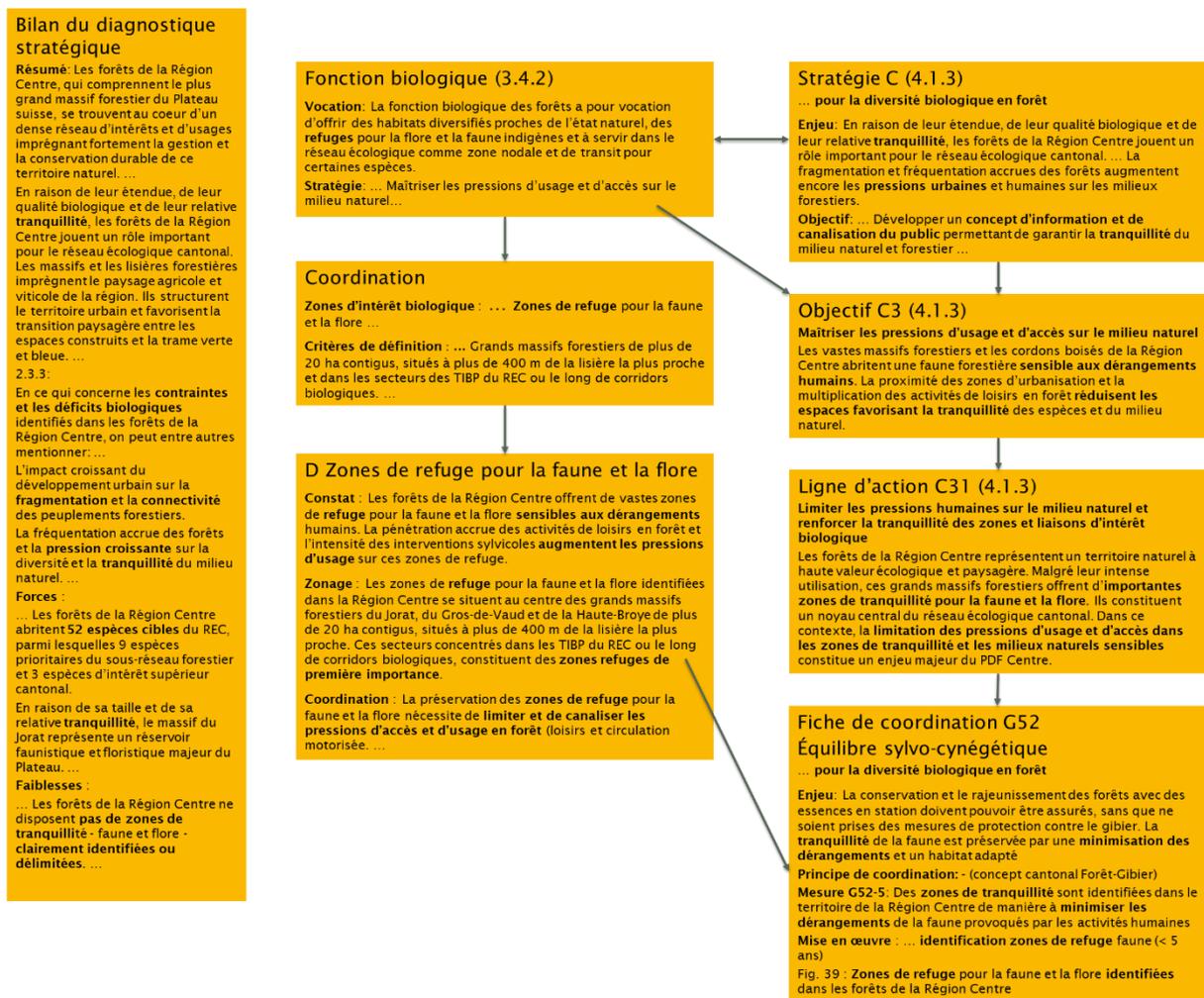


Abbildung 41 Vue d'ensemble des éléments du Plan directeur forestier de la Région Centre (DGE-Forêt 2019) en lien avec les dérangements dus aux loisirs et les zones de tranquillité respectivement de refuge pour la faune.

- Il est fait mention d'espèces cibles, prioritaires et d'intérêt supérieur, sans thématiser spécifiquement les dérangements dus au délassement. Il est cependant fait mention du fait que « les données de base pour la plupart de ces espèces sont lacunaires et nécessitent des compléments de recherches et d'études sur le terrain » (p. 70).
- La notion de pression est très présente dans le document avec un peu plus de 100 occurrences. Elle est associée à plusieurs thématiques (p.ex. changement climatique, développement urbain, gibier) dont les activités de loisir et leurs effets sur le milieu naturel, en particulier la production de bois et la diversité biologique (p. 27) avec comme constat que les « forêts sont globalement aptes à supporter la pression actuelle des activités de loisir », mais qu'elles « ne sont probablement pas aptes à supporter une augmentation de la pression due aux activités de loisir » (p. 28). La volonté est de « Limiter les pressions humaines sur le milieu naturel et renforcer la tranquillité des zones et liaisons d'intérêt biologique » (p. 90), principalement en canalisant « la pression des activités des sports et loisirs en forêt sur le milieu naturel et les autres fonctions forestières » (p. 94) sans être plus concret à ce sujet et sans mentionner les dérangements (cf. fig. ci-dessus).

Au vu de ces résultats, les apports de ce projet pourraient être les suivants :

- compléter les informations disponibles sur les activités de loisir, p.ex. en appui des évaluations des gardes forestiers,

- compléter les données sur les espèces cibles, en particulier sur la fragmentation de leur habitat en lien avec les infrastructures de loisir et mise en évidence des possibilités d'améliorer la situation,
- préciser et concrétiser la notion de tranquillité pour les zones de refuge pour la faune en analysant la situation par rapport aux dérangements en lien avec les infrastructures de loisir et mise en évidence des possibilités d'améliorer la situation.

Les résultats de l'analyse du concept de délasserement de la forêt d'Allschwil<sup>17</sup> sont les suivants (les indications des pages ci-après se réfèrent à ce document) :

- L'élaboration de ce concept représente une mesure prévue dans le PDF de Leimental (BL) de 2003 et doit permettre de concrétiser la gestion des forêts de délasserement dans la planification des unités d'exploitation forestières concernées. Il fait donc le lien entre PDF et PG. Il s'agissait d'un projet pionnier de ce type (p. 2).
- Trois types d'offre pour le délasserement sont définis et délimités spatialement (p. 7) : l'offre A en lien avec la délimitation de la fonction de délasserement dans le PDF de Leimental 2003, l'offre B en-dehors de la délimitation de cette fonction (« übriger Wald, Holzproduktion ») et l'offre C en lien avec la fonction de protection de la nature et des zones de tranquillité pour la faune. Ces zones se différencient selon l'infrastructure proposée (accessibilité avec les transports publics et place de parking, types de chemins pédestres, place de jeux et place de pique-nique) et la sylviculture pratiquée (p.ex. favoriser la strate herbacée et buissonnante le long des chemins en zone C).
- La notion de dérangement (Störung) n'apparaît qu'à deux reprises et de façon générale : « Förderung wenig gestörter Waldteil » à la p. 7 dans les objectifs d'ensemble et « Anteil wenig gestörter Waldfläche » à la p. 22 en lien avec le contrôle opérationnel. La notion de zone sensible apparaît une fois dans le document dans les objectifs d'ensemble : « Besucherlenkung in wenig sensible Waldgebiete » (p. 6)
- A noter aussi les termes de « Belastung », « Beanspruchung » et « Schäden » en lien principalement avec les dégâts subis par la végétation et dus au délasserement qui apparaissent dans un sous-chapitre (1.3.2, pp. 4-5) et dans le contrôle opérationnel (« Menge und Verteilung Schäden an Boden, Vegetation », p. 21). Il n'est pas fait mention de la faune, à l'exception de la mention des zones de tranquillité déjà existantes pour la faune (cf. ci-dessus).

Au vu de ces résultats, les apports de ce projet pourraient être les suivants :

- compléter les informations disponibles sur les activités de délasserement,
- prendre en compte explicitement l'effet des infrastructures sur la fragmentation des habitats d'espèces-cibles due aux dérangements des activités de loisir ; il reste cependant à clarifier quelles pourraient être les espèces-cibles à prendre en compte dans le périmètre forestier considéré [?].

Il y a plusieurs pistes pour faire en sorte que les résultats de cette étude puissent être utilisés dans la pratique :

- mise en place d'une formation continue pour donner une vue d'ensemble des bases disponibles (données, outils, plateformes), ainsi que les possibilités et les limites de leur utilisation pratique,
- mise à disposition des outils développés dans ce projet sous forme de service pour générer en particulier les cartes indicatives de fragmentation des habitats due aux dérangements en lien avec le délasserement et formation de spécialistes pour proposer ces services,
- poursuivre le développement du prototype pour augmenter sa pertinence pratique (p.ex. en consolider la modélisation des habitats d'un grand nombre d'espèces cibles et en étendant la base de données sur les habitats et le délasserement), voire sa facilité d'utilisation pour qu'il soit accessible à un plus grand nombre de personnes.

<sup>17</sup> Cf. <https://www.forst-revier.ch/erholungskonzept>

## 4 Fazit und Ausblick

Die Umsetzung der Massnahme 4.2 «*Der Bund erarbeitet Entscheidungsgrundlagen für eine periodische Überprüfung der Vereinbarkeit der Freizeit- und Erholungsaktivitäten mit dem Schutz des Waldökosystems und seinen verschiedenen Lebensräumen und seiner Artenvielfalt sowie das Sicherstellen der Waldökosystemleistungen (Störungsprävention und -mässigung, Versorgung von Holzressourcen)*» hat gezeigt, dass auf Forstbetriebs- und Kantonsebene ein Bedarf nach einer solchen Entscheidungsgrundlage besteht. Diese Annahme wurde durch die Interviews und Expertinnen- und Expertenworkshops bestätigt. Um jedoch lokale Aussagen treffen zu können, muss das in dieser Studie erarbeitete Entscheidungsgrundlage für die Störungsempfindlichkeit an die lokalen Gegebenheiten angepasst werden. Wichtig ist, dass dabei auch Expertinnen und Experten aus der Region bei der Interpretation der Daten miteingebunden werden.

Die Umsetzung der Massnahme 4.2 hat zudem gezeigt, dass es nicht einfach ist eine solche Entscheidungsgrundlage oder Modell zu entwickeln, da diese, zumindest für den Aspekt «Störungsempfindlichkeiten der verschiedenen Waldökosystemleistungen» von den vorhandenen Arten, der Definition der Zielarten und der Qualität, Detaillierungsgrad und Facettenreichtum der vorhandenen Daten über die Arten, ihre Habitate und die Erholungsaktivitäten inkl. Erholungsinfrastrukturen abhängen.

Durch die Umsetzung der Massnahme 4.2 konnten unterschiedliche Monitoringsysteme der Freizeit- und Erholungsaktivitäten (u.a. Strava) identifiziert werden. Hier ist es wichtig zu erwähnen, dass die Anwendung von solche Monitoringsysteme eine wichtige Grundlage stellt, um lokale und räumliche Daten der Freizeit- und Erholungsaktivitäten gezielter im Modell zu integrieren. Dabei ist es wichtig zu beachten, dass die Anwendung von solchen Monitoringsysteme mit zusätzlichen personellen und finanziellen Ressourcen verbunden ist. Demzufolge ist es wichtig bei der Auswahl der Monitoringsysteme zu definieren, welche Daten notwendig sind, um lokale Entscheidungen bzgl. die Störungsempfindlichkeit zu treffen und welches Ziel dabei verfolgt werden soll.

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass eine solche Entscheidungsgrundlage eine wichtige, weitere Grundlage im Planungsprozess darstellt, welche sehr gut an den Waldentwicklungsplan oder an die kantonalen bzw. kommunalen Grundlagen sowie Betriebspläne gekoppelt werden könnte (z.B. Kt. Waadt, Kt. Basel Land). Um das Modell jedoch auf einen spezifischen Fall (oder Kanton) anwenden zu können, müsste dieses weiter an die lokalen Voraussetzungen angepasst werden (u.a. ergänzende Datengrundlagen müssten dabei berücksichtigt werden). Wie die Ergebnisse zeigen, kann das Modell ergänzende Informationen über Freizeitaktivitäten liefern, die dem Förster oder der Försterin als wichtige Entscheidungsgrundlage zur Verfügung gestellt werden können. Zudem kann das Modell ergänzende Informationen zu den Zielarten (u.a. Informationen zur Fragmentierung ihres Lebensraums im Zusammenhang mit Freizeitinfrastrukturen) und Vorschläge für Habitatverbesserung der Zielarten liefern. Demzufolge kann das Modell dazu beitragen, geeignete Rückzugsgebiete für Wildtiere zu definieren.

Es ist wichtig, dass die Ergebnisse dieser Studie die Praxis erreichen, damit diese auch genutzt werden. Um dies zu erreichen, können Weiterbildungen (z.B. im Kontext der FOWALA) angeboten werden, in welchen die verschiedenen Grundlagen (Daten, Tools, Plattformen) sowie Möglichkeiten und Grenzen ihrer praktischen Anwendung vermittelt und diskutiert werden können. Zudem kann die vorgeschlagene Entscheidungsgrundlage bzw. Modell als Dienstleistung von der HAFL angeboten werden. Dies aus dem Grund, dass das Modell zurzeit nur ein Prototyp ohne grafische Benutzeroberfläche ist. Deshalb kann das Modell derzeit nur von geschulten Fachleuten angewandt und interpretiert werden. Zuletzt sollte der Prototyp weiterentwickelt werden, um die Praxisrelevanz zu erhöhen in dem z.B. eine grössere Zahl an Zielarten berücksichtigt werden und die Datenbank mit weiteren Daten zu Freizeit- und Erholung ergänzt werden. Zusätzlich könnte

das Modell benutzerfreundlicher gestaltet werden. Abschliessend ist es wichtig zu erwähnen, dass im Rahmen dieser Studie nur zwei Aspekte (Biodiversität und Freizeit und Erholung) in Betracht gezogen wurden. Um jedoch eine holistische Perspektive der Waldplanung und der Nachhaltigkeit im Wald noch präziser untersuchen und darzustellen zu können, müssten weitere Waldfunktionen oder -leistungen in der Analyse berücksichtigt werden. Weitere Studien in diesem Kontext wären demzufolge wünschenswert.

## 5 Referenzen

- Bachmann P (2005) Forstliche Planung - heute und morgen. Schweiz. Z. Forstwes. 156, 5: 137-141.
- Beverly, J. L., Uto, K., Wilkes, J., & Bothwell, P. (2008). Assessing spatial attributes of forest landscape values: an internet-based participatory mapping approach. *Canadian journal of forest research*, 38(2), 289-303.
- Bolliger, C., Carnier, C. (2004). Naturerlebnispark Sihlwald. Diplomarbeit. Rapperswil: Hochschule für Technik Rapperswil.
- Brändli, U.-B. ; Abegg, M. ; Allgaier Leuch, B. (éd.) 2020 : Inventaire forestier national suisse. Résultats du quatrième inventaire 2009-2017. Birmensdorf, Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL ; Berne, Office fédéral de l'environnement. 341 p
- Brown, G. G., & Reed, P. (2009). Public participation GIS: a new method for use in national forest planning. *Forest science*, 55(2), 166-182.
- Canton de Berne, Office des forêts et des dangers naturels (OFDN) (éd.) (2023) Plan forestier régional Seeland – Biel/Bienne
- Canton de Vaud, Direction générale de l'environnement, Inspection cantonale des forêts (DGE-Forêt) (éd.) (2019) : Plan directeur forestier de la Région Centre - Diagnostic, projet de territoire et stratégies d'action.
- Cherix D. & Annen M., 2018. Le Jorat et les journées de la biodiversité, Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles 97 : 61-130, 2017 Gollut C et Rosset C (2018) État de la planification forestière dans les cantons en 2017. Rapport technique OFEV. 96 p.
- Dumollard G., Martin, V. Rosset R. et Lachat T., Analyse des effets réciproques entre les activités de loisirs et de détente, l'écosystème forestier, sa diversité d'habitats et d'espèces et ses autres services écosystémiques, Rapport OFEV, 2020
- Haberfellner R, de Weck O, Fricke E, Vössner S (2018) Systems Engineering: Grundlagen und Anwendung. 14. überarbeitete Auflage. Zürich: Orell Füssli Verlag, 487 p.
- Hasspacher, B. (2007): Neue Wege im Allschwiler Wald – Erholungskonzept mit Pioniercharakter. Schweiz Z Forstwes 158: 206–215. Fegghi J (1998) Informations- und Metainformationsbedarf für die forstliche Planung im Hinblick auf ein Wald-Informationssystem. Beih. Schweiz. Z. Forstwes. Nr. 85, Zürich.
- Gerhart M., Simulation des effets des activités de loisirs sur la Bécasse des bois, Travail de Semestre, HAFL, 2022
- Gröschler K-C. et N. Oppelt N., Using Drones to Monitor Broad-Leaved Orchids (*Dactylorhiza majalis*) in High-Nature-Value Grassland, *Drones* 2022, 6, 174
- Hegetschweiler, T.; Salak, B.; Wunderlich, A.C.; Bauer, N.; Hunziker, M., 2022: Das Verhältnis der Schweizer Bevölkerung zum Wald. Waldmonitoring soziokulturell WaMos3. Ergebnisse der nationalen Umfrage. WSL Berichte, 120. 166 p. doi: 10.55419/wsl:29973
- Helbling Lesly, 2009: Freizeitaktivitäten in der Kernzone der UNESCO Biosphäre Entlebuch: Die Nutzung der Schratzenflue durch Wintertouregänger. Hinweise für eine angepasste Besucherlenkung. Departement Umweltwissenschaften der ETH Zürich.
- Hochreutener, A., Wyttenbach, M., & Sauter, D. (2020). Erholungsmonitoring Grün Stadt Zürich. «Proof of concept» für ein flächendeckendes Erholungsmonitoring im Projektperimeter Hürstwald. Kurzbericht zur Datenerfassung der Phase A. Wädenswil: ZHAW
- Korpilo, S., Virtanen, T., Saukkonen, T., & Lehvävirta, S. (2018). More than A to B: Understanding and managing visitor spatial behaviour in urban forests using public participation GIS. *Journal of environmental management*, 207, 124-133.
- Larrieu L. et Gonin P., L'indice de biodiversité potentielle ou IBP : un outil pratique au service de la biodiversité ordinaire des forêts, *Forêt - entreprise* 190, 2010

- Orme C. D. C. L., Sarah Mayor S., Luiz dos Anjos L., Develey P. L., Hatfield J. H., Morante-Filho J. C., Tylianakis J. M., Uezu A., Banks-Leite C. Distance to range edge determines sensitivity to deforestation. *Nature Ecology & Evolution*, 2019
- Pluess, A R, Augustin S, Brang P (Réd.) (2016) Forêts et changements climatiques. Éléments pour des stratégies d'adaptation. Office fédéral de l'environnement OFEV, Berne ; Institut fédéral de recherches WSL, Birmensdorf ; Haupt, Berne, Stuttgart, Vienne. 455 p.
- Reckling W., Mitasova H., Wegmann K., Kauffman G. et Reid R., Efficient Drone-Based Rare Plant Monitoring Using a Species Distribution Model and AI-Based Object Detection, *Drones* 2021, 5, 110
- Rall, E., Hansen, R., & Pauleit, S. (2019). The added value of public participation GIS (PPGIS) for urban green infrastructure planning. *Urban Forestry & Urban Greening*, 40, 264-274.
- Reutz, Birgit. 2020. Akzeptanzbefragung Parc Ela. Schlussbericht. ZHAW und Parc Ela.
- Rosset C, ... (2023) Planification forestière : revenir aux fondamentaux pour mieux se projeter dans l'avenir. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*. En cours de publication.
- Rosset C (2005) Système de gestion sylvicole intégrée et d'aide à la décision. Le WIS.2, un instrument informatique pour une gestion sylvicole efficace et ciblée, durable, multifonctionnelle et proche de la nature. Diss. Nr. 16005, EPF Zurich, Zurich.
- Sauter, D., Frauenfelder, S. (2022). Anwendungsorientierte Übersicht zu automatischen Zählungen auf Wanderwege. Eine Praxishilfe. Hrsg. Bundesamt für Strassen ASTRA und schweizer Wanderwege, Bern 2022.  
[https://www.wanderwege.schweizer-wanderwege.ch/download.php?id=51026\\_f494f00f](https://www.wanderwege.schweizer-wanderwege.ch/download.php?id=51026_f494f00f)
- Stöckli B, Rosset C (2011): Planification forestière cantonale valaisanne - Concept de planification, HAFL, rapport technique
- Venter, Z. S., Barton, D. N., Gundersen, V., Figari, H., & Nowell, M. S. (2021). Back to nature: Norwegians sustain increased recreational use of urban green space months after the COVID-19 outbreak. *Landscape and Urban Planning*, 214, 104175.
- WSL, 2022: Schweizerisches Landesforstinventar LFI. Daten der Erhebung 2009/17 (LFI4). Datenbankauszug vom 29.07.2022. Tessa Hegetschweiler-DL1409. Eidg. Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf.
- Zehnder C A (1998) Informationssysteme und Datenbanken. Stuttgart, vdf Hochschulverlag AG, Zürich.

## Anhang Teilnehmer und Teilnehmerinnen Workshops

### Workshop Parc du Jorat

Anne-Mickaëlle Golay	Kt. Waadt
Yves Kazemi	Kt. Waadt
Laurianne Guinnard	Kt. Waadt
Matthieu Détraz	Ville du Lausanne
Louise Meister	Parc du Jorat

### Workshop Allschwil

Luzius Fischer	Kt. Basel Stadt und Land
Franziska Baumgartner	Kt. Basel Stadt und Land
Markus Lack	Forstreview Allschwil
Roberto Bolgé	Bundesamt für Umwelt