

Monitoring et suivi des effets dans le domaine de la biodiversité

Vue d'ensemble des programmes nationaux et de leurs recoupements
avec les programmes cantonaux



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV

Monitoring et suivi des effets dans le domaine de la biodiversité

Vue d'ensemble des programmes nationaux et de leurs recoupements
avec les programmes cantonaux

Impressum

Éditeur

Office fédéral de l'environnement (OFEV)

L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

Auteurs

Tabea Kipfer, Adrian Zangger, Matthias Plattner

Accompagnement à l'OFEV

Glenn Litsios

Contributions

Thomas Sattler, Hans Schmid, Samuel Wechsler,

Station ornithologique suisse de Sempach

Ariel Bergamini, Steffen Boch, Martina Hobi, Lukas Wotruba,

Institut fédéral de recherches sur les forêts, la neige et le paysage WSL

Claudio De Sassi, division Espèces, écosystèmes, paysages, OFEV

Irène Künzle, InfoSpecies

Christoph Bühler, Nicolas Martinez, Tobias Roth,

Hintermann & Weber AG

Martin Weggler, Orniplan AG

Jacques Thiébaud, karch Genève

Gottlieb Dändliker, inspecteur cantonal de la faune, Genève

Référence bibliographique

OFEV (éd.) 2020 : Monitoring et suivi des effets dans le domaine de la biodiversité. Vue d'ensemble des programmes nationaux et de leurs recoupements avec les programmes cantonaux. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n° 2005 : 58 p.

Mise en page

Cavelli AG, Marken. Digital und gedruckt, Gossau

Photo de couverture

Surface d'échantillonnage du réseau du Monitoring de la biodiversité en Suisse à la Nouvelle Censière, Neuchâtel

© Alain Jotterand

Téléchargement du fichier PDF

www.bafu.admin.ch/uw-2005-f

Il n'est pas possible de commander une version imprimée.

Cette publication est également disponible en allemand.

La langue originale est l'allemand.

© OFEV 2020

Table des matières

Abstracts	5	6	Programmes se référant aux monitorings nationaux	41
Avant-propos	6	6.1	Surveillance à long terme de la diversité des espèces dans le paysage ordinaire du canton d'Argovie (LANAG)	41
1 Introduction	7	6.2	Monitoring de la biodiversité en Thurgovie (MBD Thurgau)	44
2 Monitoring et suivi des effets	8	6.3	Monitoring de la biodiversité sur les places d'armes, terrains de tirs et aérodromes militaires de la Confédération (MBD DDPS)	47
3 Programmes nationaux dans le domaine de la biodiversité	10	6.4	Suivi des sites de reproduction de batraciens d'importance nationale dans le canton de Genève	49
3.1 Monitoring de la biodiversité en Suisse (MBD)	10	6.5	Monitoring de l'avifaune dans le canton de Zurich	51
3.2 Suivi des effets de la protection des biotopes en Suisse (WBS)	14	7 Aide à la planification	53	
3.3 Monitoring des oiseaux nicheurs répandus (MONiR)	17	7.1	Façon de procéder et questions essentielles à se poser	53
3.4 Recherche et contrôle d'efficacité dans les réserves forestières naturelles suisses	20	7.2	Facteurs de réussite	54
4 Données collectées par d'autres programmes nationaux	23	8 Sources	57	
4.1 Listes rouges	24			
4.2 InfoSpecies : gestion et flux des données	25			
4.3 Programmes nationaux collectant des informations complémentaires	29			
5 Évaluations à partir de données disponibles	36			
5.1 Analyse « État et évolution de la biodiversité dans le canton de Berne »	36			
5.2 Évaluation du macrozoobenthos dans les petits cours d'eau	37			
5.3 Indice pour les papillons diurnes : combinaison de données du CSCF et du MBD	39			

Abstracts

Switzerland has a number of national programmes to monitor biological diversity, as well as various cantonal biodiversity and impact monitoring programmes. This publication presents the four main programmes run by the federal government, describes their survey design and shows how synergies can be exploited. Using several examples, it illustrates how canton- or project-specific issues can be investigated by means of combined analyses of existing data sets as well as complementary data collections that are aligned with the national programmes in terms of design and recording method.

Il existe en Suisse plusieurs programmes nationaux de surveillance de la diversité biologique, qui sont complétés au niveau cantonal par des projets de monitoring et de suivi des effets dans le domaine de la biodiversité. La présente publication fait le point sur les quatre grands programmes mis en place par la Confédération, décrit leurs stratégies de relevé respectives et explique comment en exploiter les synergies. Plusieurs exemples montrent comment il est possible d'étudier des problématiques spécifiques à un canton ou à un projet en procédant, d'une part, à des analyses combinées (basées sur différents jeux de données disponibles) et, d'autre part, à des collectes de données complémentaires (selon une stratégie et une méthode de relevé compatibles avec les programmes nationaux).

In der Schweiz bestehen mehrere nationale Programme zur Überwachung der biologischen Vielfalt. Ergänzt werden sie durch verschiedene kantonale Monitorings und Wirkungskontrollen im Bereich Biodiversität. In der vorliegenden Publikation werden die vier übergeordneten Programme des Bundes vorgestellt, ihr Erhebungsdesign beschrieben und aufgezeigt, wie sich Synergien nutzen lassen. Anhand mehrerer Beispiele wird dargestellt, wie sich kantons- oder projektspezifische Fragestellungen untersuchen lassen, einerseits mittels kombinierter Auswertungen bestehender Datensätze und andererseits mit ergänzenden Datenerhebungen, die bezüglich des Designs und der Aufnahme-methodik mit den nationalen Programmen abgestimmt sind.

In Svizzera esistono numerosi programmi nazionali per la sorveglianza della diversità biologica, i quali sono integrati da monitoraggi e controlli dei risultati cantonali nel campo della biodiversità. Questa pubblicazione presenta i quattro programmi generali della Confederazione, ne descrive la progettazione di indagine e mostra come si possono sfruttare le sinergie. Degli esempi sono utilizzati per illustrare in che modo è possibile esaminare questioni specifiche ai Cantoni o ai progetti attraverso analisi combinate di record di dati esistenti e rilevazioni complementari coordinate con i programmi nazionali per quanto concerne la progettazione e il metodo di rilevazione.

Keywords :

biodiversity, environmental indicators, monitoring, impact monitoring, survey design, population trends

Mots-clés :

biodiversité, indicateur de l'environnement, monitoring, suivi des effets, conception du relevé, tendances d'effectifs

Stichwörter :

Biodiversität, Umweltindikatoren, Monitoring, Wirkungskontrolle, Erhebungsdesign, Bestandstrends

Parole chiave :

biodiversità, indicatori ambientali, monitoraggio, controllo dei risultati, progettazione di indagine, tendenze delle popolazioni

Avant-propos

Les changements que connaît la biodiversité sont aujourd'hui manifestes. Ils sont dus à l'action souvent insidieuse de grands processus qui influencent les espèces et leurs habitats de manière décisive. Grâce à des programmes de surveillance, il est possible d'identifier à temps les tendances des évolutions et de mesurer et d'optimiser l'efficacité des mesures mises en œuvre. Dans ce contexte, les données relatives à l'évolution de la biodiversité constituent une base décisionnelle importante pour l'orientation des domaines politiques concernés, et la mission de surveillance de la biodiversité est doublement inscrite dans le droit fédéral et dans des accords internationaux.

La surveillance de la diversité biologique est déjà bien établie en Suisse, y compris en relation avec d'autres domaines de l'environnement. Parce qu'il est impossible de surveiller la biodiversité dans son intégralité, la Suisse a lancé il y a une vingtaine d'années deux programmes nationaux de monitoring conçus pour en donner un aperçu systématique à l'échelle de tout son territoire : le Monitoring de la biodiversité en Suisse et le Monitoring des oiseaux nicheurs répandus. Ces programmes ont permis de tester et d'établir des standards uniformes pour le recensement de la biodiversité. En complément, l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) a instauré un suivi des effets dans le cadre des inventaires des biotopes d'importance nationale ainsi que pour les réserves forestières naturelles. De leur côté, les listes rouges comparent l'évolution des espèces menacées sur la base de directives reconnues au plan international.

Malgré de nouvelles possibilités techniques, le relevé des espèces doit aujourd'hui encore s'appuyer sur un fastidieux travail de terrain. Grâce à l'optimisation des méthodes et à l'harmonisation des stratégies de relevé, il est possible de cibler l'effort financier. Dans ce contexte, il est essentiel d'exploiter les synergies qui existent entre les différents programmes, ce qui est justement un atout majeur des programmes fédéraux.

Les données collectées par les programmes de la Confédération sont mises à la disposition des cantons. Comme leur résolution spatiale n'est pas toujours suffisante pour répondre à des problématiques cantonales, elles peuvent être complétées au besoin par des données provenant de programmes de recensement cantonaux. Le fait que ces programmes soient compatibles avec les monitorings et les suivis en cours permet d'exploiter les synergies de manière optimale et de réduire les investissements. Dans le cadre des conventions-programmes, les relevés cantonaux harmonisés peuvent par ailleurs bénéficier du soutien de l'OFEV.

La présente publication de l'OFEV fait le point sur les programmes nationaux en cours et sur les recoupements avec les programmes cantonaux (évaluations combinées de données existantes ou relevés de données complémentaires). Elle doit contribuer à améliorer les données de base sur l'état et l'évolution de la biodiversité dans le cadre d'une collaboration efficace entre la Confédération et les cantons.

1 Introduction

La préservation de la biodiversité est un engagement de la Suisse qui découle d'accords internationaux telle la Convention des Nations-Unies sur la diversité biologique (CDB), et de prescriptions nationales inscrites dans la Constitution fédérale ainsi que dans les lois et ordonnances afférentes. Pour remplir sa mission et pouvoir protéger les espèces et les habitats, la Suisse doit impérativement disposer d'informations sur l'état et l'évolution de sa biodiversité. Seules ces informations permettent d'identifier les problèmes à un stade précoce et de fixer des objectifs pour la mise en œuvre de mesures de protection et de conservation de la biodiversité et pour le suivi des effets de ces dernières. Les deux instruments de pilotage que sont le monitoring et le suivi des effets garantissent l'emploi efficace des ressources allouées au maintien et au développement de la biodiversité.

L'art. 27a de l'ordonnance du 16 janvier 1991 sur la protection de la nature et du paysage (OPN ; RS 451.1) charge l'OFEV de surveiller la diversité biologique et d'harmoniser cette surveillance avec les autres mesures d'observation de l'environnement. En vertu de cet article, des programmes de monitoring et de suivi des effets ont été développés au niveau national ces vingt dernières années, et la réalisation de tests méthodologiques a permis de standardiser progressivement les relevés de données. Celles-ci sont préparées sous la forme d'indicateurs (p. ex. indicateurs environnementaux de l'OFEV), analysées au regard de problématiques actuelles, utilisées dans le cadre de publications scientifiques ou rassemblées périodiquement dans des rapports de synthèse sur l'état de la biodiversité (p. ex. OFEV 2017). Conformément à ses compétences, l'OFEV concentre le relevé des données sur les évolutions à grande échelle, c'est-à-dire à l'échelle de la Suisse, de ses régions biogéographiques ou des biotopes d'importance nationale.

Les cantons peuvent compléter la surveillance de l'OFEV et s'entendre avec lui pour harmoniser le relevé des données (art. 27a OPN). Les conventions-programmes « Protection de la nature » et « Biodiversité en forêt » prévoient toutes deux, parmi les objectifs de programme, des projets visant à mettre en place et à réaliser un monitoring et un suivi des effets (OFEV 2018).

L'évolution de la biodiversité ne peut être étudiée que sur la base d'une sélection représentative de groupes d'espèces, de milieux naturels ou de stations. Dans ce contexte, la mobilisation de ressources humaines et financières pour des monitorings et des suivis doit être raisonnable et proportionnée aux coûts des mesures concrètes de protection et de conservation. Il convient donc de rechercher des synergies entre les programmes, mais aussi entre la Confédération et les cantons. Comme la possibilité de procéder à des analyses communes suppose avant tout que les cantons et la Confédération emploient des méthodes comparables lorsqu'ils étudient des thématiques similaires, il est important qu'ils s'informent et s'entendent mutuellement au moment de concevoir de nouveaux programmes de monitoring ou de suivi des effets.

Cette publication présente les principaux monitorings et suivis mis en place par la Confédération et fournit des exemples sur la façon d'exploiter des synergies avec d'autres programmes. Elle ne remet pas en question le suivi des effets tel qu'il est actuellement pratiqué par les cantons pour des projets de conservation des espèces ou des mesures ciblées visant des milieux naturels. Elle rappelle au contraire qu'il existe de multiples approches méthodologiques pour le monitoring et le suivi des effets dans le domaine de la protection de la nature et qu'il convient de les distinguer soigneusement en fonction de la problématique à traiter.

Cette publication fait le point sur les programmes qui existent au niveau national et sur la possibilité d'en faire une utilisation commune (chap. 3 et 4). Se référant aux monitorings et aux suivis nationaux à long terme, elle donne des exemples pratiques sur la façon de réaliser des analyses combinées à partir de plusieurs sources de données différentes (chap. 5). D'autres exemples montrent ensuite comment la densification des monitorings et des suivis nationaux permet d'étudier des problématiques spécifiques à un canton ou à un projet (chap. 6). La publication fournit enfin des indications à prendre en considération au moment de concevoir de nouveaux programmes (chap. 7).

2 Monitoring et suivi des effets

Les termes « monitoring » et « suivi des effets » désignent différentes formes de programmes de surveillance qui se distinguent avant tout par les questions auxquelles ils doivent apporter des réponses et donc par leur stratégie de relevé. Au moment de concevoir un nouveau programme, il est important d'en définir clairement les objectifs et de choisir une méthode offrant de bonnes possibilités de recoupement avec d'autres données de référence.

Le monitoring et le suivi des effets sont des instruments diversement définis. La présente publication propose une synthèse des différentes définitions et approches existantes, en se référant, d'une part, aux recommandations de la Conférence des délégués à la protection de la nature et du paysage (CDPNP) et de l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP, Maurer et Marti 1999) et d'autre part à la littérature scientifique, en constante évolution. Dans les publications en langue anglaise, le terme « monitoring » désigne aussi bien la surveillance à long terme que le suivi des effets.

Le monitoring et le suivi des effets servent à recenser l'évolution d'une valeur cible. Dans le cas présent, il s'agit de l'évolution de la biodiversité. Les relevés doivent fournir des données fiables pouvant servir de bases décisionnelles pour des mesures de conservation existantes et/ou nouvelles. Si le monitoring et le suivi des effets ne sont pas toujours délimités avec précision dans la pratique, ils poursuivent en théorie des objectifs différents (tab. 1) :

- un monitoring est un instrument de surveillance à long terme, qui consiste en une collecte permanente de données et d'informations renseignant l'ampleur et la direction d'un changement. En général, les programmes de monitoring s'intéressent à des évolutions globales de rang supérieur. Ils n'ont pas comme point de mire un état cible prédéfini, mais l'évolution à long terme des paramètres observés. Comme les monitorings sont sans lien direct avec la réalisation de projets spécifiques, ils n'ont pas vocation à fournir des indications fiables sur les causes d'un changement. Les données collectées permettent toutefois de formuler des hypothèses sur de possibles influences, de

faire des prévisions ou de contrôler des objectifs politiques généraux ;

- le suivi des effets doit fournir des informations sur un projet ou un programme en particulier, si bien que son champ d'observation est très limité. L'objectif est d'établir dans quelle mesure l'état visé a été atteint et quelle est la responsabilité des mesures déployées dans l'obtention de ce résultat. Le suivi des effets donne également des indications sur le potentiel d'amélioration des projets considérés. Le suivi des effets et le suivi de la mise en œuvre sont souvent regroupés sous le terme « contrôle des résultats ». Le suivi de la mise en œuvre vérifie si les mesures ordonnées ont été réalisées.

Tab. 1: Éléments caractéristiques du monitoring et du suivi des effets

Monitoring	Suivi des effets
Observation de l'environnement en général	Partie d'un contrôle des résultats
Champ d'observation étendu (fou), facilement applicable à de nouvelles problématiques	Champ d'observation restreint, concentré sur une problématique définie à l'avance
Objectif : constater un état et des changements à long terme (ampleur et direction)	Objectif : établir l'efficacité de mesures ciblées
Surveillance à long terme (la pertinence augmente avec la durée d'observation)	Surveillance à court terme, généralement jusqu'aux premiers résultats intermédiaires, avec possibilité d'apporter des corrections aux mesures mises en œuvre
Les données collectées permettent de tirer des conclusions représentatives du système global	Les données collectées permettent de tester des hypothèses et de comparer l'état actuel et l'état souhaité

Le fait que le monitoring et le suivi des effets poursuivent des objectifs différents est un élément important à prendre en considération lors de la conception d'un programme. Dans le cas d'un suivi, les questions centrales sont clairement définies à l'avance (exemple : dans quelle mesure l'état souhaité est-il atteint?) si bien qu'il est possible de cibler le choix des indicateurs et des méthodes et d'opti-

miser la stratégie d'échantillonnage en fonction du volume d'échantillons. Si le suivi des effets couvre une longue période, l'échantillonnage doit présenter un certain degré de redondance afin de rester suffisamment représentatif au cas où des surfaces examinées seraient perdues.

Les objectifs d'un monitoring sont moins circonscrits. Les questions centrales sont également définies dès le début, mais elles sont formulées de façon plus générale. Le monitoring offre un large éventail de développements potentiels et il est possible d'identifier ultérieurement des tendances liées à de nouvelles problématiques. Considérant cela, il est généralement souhaitable de collecter d'autres données que celles répondant uniquement à la question première, car elles peuvent fournir des informations supplémentaires importantes. Un monitoring qui collecte en sus des données sur l'utilisation du sol (par exemple) permet de mettre en évidence des tendances entre certaines espèces et certaines utilisations. Dans tous les cas, il convient de fixer dès le début des objectifs clairs et de déterminer les principales évaluations à réaliser (p. ex. indicateurs) ainsi que les méthodes les mieux indiquées pour le programme de monitoring considéré. À défaut, le monitoring risque de collecter de très nombreuses données à partir desquelles il faudra ensuite essayer de tirer des conclusions.

Considérés séparément, les monitorings et les suivis ne permettent pas d'obtenir une vision complète de l'état de l'environnement dans un secteur géographique donné. Leur association apporte en revanche une véritable plus-value. Les suivis des effets livrent généralement des informations spécifiques, qu'il faut ensuite replacer dans un contexte plus vaste. Les monitorings peuvent alors servir de référence – en ce qu'ils dessinent une évolution générale à long terme – et aider ainsi à évaluer les réponses apportées par les suivis aux questions posées (p. ex. tendance générale observée pour un groupe d'espèces dans une région/en Suisse par rapport à l'évolution constatée dans des aires protégées). Les relations de cause à effet peuvent ensuite être étudiées de façon plus ciblée à l'aide de données émanant d'autres projets (de recherche). Grâce à de nouvelles méthodes d'évaluation statistique, l'exploitation combinée de données provenant de monitorings, de suivis des effets et de projets complémentaires gagne aujourd'hui en importance.

3 Programmes nationaux dans le domaine de la biodiversité

Au cours des deux dernières décennies, la Suisse a développé plusieurs programmes nationaux visant, d'une part, à surveiller la biodiversité et, d'autre part, à assurer le suivi des mesures mises en œuvre dans des milieux naturels choisis (biotopes d'importance nationale, réserves forestières naturelles). L'harmonisation des méthodes de relevé doit garantir que les données collectées sont comparables entre elles et avec celles d'autres programmes régionaux.

3.1 Monitoring de la biodiversité en Suisse (MBD)

3.1.1 Présentation

- Description succincte : surveillance à long terme (évolution dans le temps) de la diversité des espèces en Suisse, axée sur le paysage moyen dont il est fait une utilisation ordinaire (paysage ordinaire).
- Conception du relevé : trois réseaux réguliers couvrant toute la Suisse, avec des relevés répétés tous les cinq ans.
- Groupes taxonomiques et début des relevés : oiseaux nicheurs (2001), plantes vasculaires (2001), mousses (2001), mollusques (2001), papillons diurnes (2003), insectes aquatiques (groupe d'espèces EPT [éphémères, pléoptères, trichoptères] ; 2010).
- Publications de référence :
 - Bureau de coordination du Monitoring de la biodiversité en Suisse (2014) : Rapport méthodologique du MBD. Description des méthodes et indicateurs. Office fédéral de l'environnement, Berne. Connaissance de l'environnement n° 1410 : 107 p.
- Site Internet : www.biodiversitymonitoring.ch
- Organisme responsable/financement : OFEV
- Renseignements : OFEV, division Espèces, écosystèmes, paysages, aoel@bafu.admin.ch
Hintermann & Weber AG, reinach@hintermannweber.ch

3.1.2 Objectifs du programme

Le MBD surveille l'évolution à long terme de la diversité des espèces au sein d'une sélection de groupes d'organismes, en se concentrant sur le recensement d'espèces communes et répandues. Il doit permettre de formuler des conclusions représentatives de la diversité des espèces à l'échelle de toute la Suisse. L'évolution de la diversité des espèces étant mesurée partout, c'est-à-dire également dans des zones d'exploitation intensive, les conclusions du MBD sont applicables au «paysage ordinaire».

3.1.3 Conception du relevé

Le MBD a mis en place trois réseaux de mesure opérant à des échelles différentes :

- «Diversité des espèces dans les paysages» (Fig. 1) : réseau d'échantillonnage régulier constitué de 450 surfaces de 1 km² chacune, plus dense dans le Jura et dans le sud du pays. Inventaire des plantes vasculaires, des oiseaux nicheurs et des papillons diurnes le long d'un tracé précis cheminant à l'intérieur de la surface d'échantillonnage. Dans le cas des plantes vasculaires, seule est inventoriée leur présence ou leur absence. S'agissant des papillons diurnes et des oiseaux nicheurs, cette indication est complétée par le nombre d'individus observés. Les recensements d'oiseaux nicheurs sont coordonnés avec le programme de monitoring des oiseaux nicheurs répandus (3.3). Une partie des recensements d'oiseaux nicheurs et de papillons diurnes est exploitée dans le cadre du programme ALL-EMA (4.3.1).
- «Diversité des espèces dans leurs habitats» (Fig. 2) : réseau d'échantillonnage régulier constitué d'environ 1450 surfaces. Inventaire des plantes vasculaires avec une estimation de leur degré de recouvrement sur une surface circulaire de 10 m² (deux passages par an), prélèvement d'échantillons de mousse et de terre pour mesurer la diversité des mollusques, détermination de l'utilisation principale du sol (forêts, zones urbanisées, champs, prairies et pâturages, alpages et zones de montagne) et du type de milieux selon Delarze et al. (2008).

Fig. 1 : Réseau de mesure « Diversité des espèces dans les paysages » pour le recensement des plantes vasculaires, des oiseaux nicheurs et des papillons diurnes



Source: MBD

Fig. 2 : Réseau de mesure « Diversité des espèces dans leurs habitats » pour le recensement des plantes vasculaires, des mousses et des mollusques



Source: MBD

Fig. 3 : Réseau de mesure « Diversité des espèces dans les cours d'eau » pour le recensement des insectes aquatiques



Source: MBD

- « Diversité des espèces dans les cours d'eau » (Fig. 3) : réseau d'échantillonnage régulier constitué d'environ 500 tronçons de petits cours d'eau, d'une longueur de 5 à 100 m. Inventaire de la diversité des insectes aquatiques (plus précisément des larves du groupe d'espèces EPT) avec leur densité de peuplement (catégories de taille).

Les surfaces d'échantillonnage étant localisées avec précision, il est possible de répéter un relevé exactement au même endroit (surfaces de surveillance à long terme).

Une méthode de relevé détaillée a été élaborée et testée dans le cadre du MBD pour les différents groupes taxonomiques et les différentes échelles de la collecte de données (paysages/habitats). Des instructions méthodologiques complètes peuvent être téléchargées sur le site Internet www.biodiversitymonitoring.ch à la rubrique Méthodologie > Méthodes.

3.1.4 Restitution des résultats

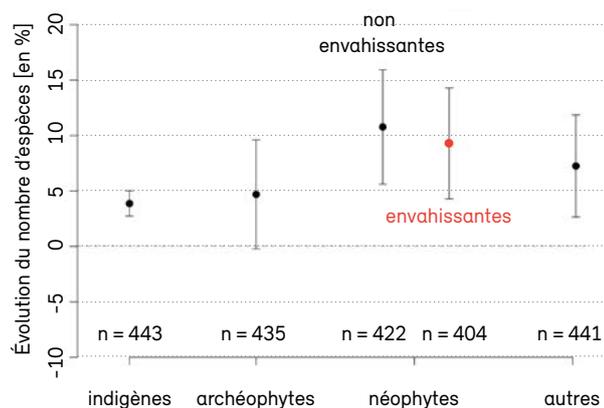
Les données collectées permettent habituellement de calculer quatre indicateurs :

- l'indicateur « Diversité des espèces dans les paysages » rend compte de la diversité de la flore et de la faune dans le paysage. Il décrit l'influence de la mosaïque des milieux naturels sur la diversité des espèces ;
- l'indicateur « Diversité des espèces dans les habitats » caractérise, sur une surface restreinte, la diversité des espèces dans un certain type de milieu (prairies, forêts, zones urbanisées, etc.) ;
- l'indicateur « Effectifs d'espèces largement répandues » documente l'évolution d'espèces communes qui façonnent leurs habitats, voire des paysages entiers ;
- l'indicateur « Diversité des biocénoses » étudie si les milieux naturels et les paysages de Suisse ont tendance à s'uniformiser. Il fournit des indications sur l'hétérogénéité ou l'homogénéité de la diversité des espèces.

Les données du MBD renseignent par exemple sur la vitesse à laquelle les néophytes se propagent sur notre territoire. Si les néophytes ne représentent qu'une part infime de la flore suisse (en moyenne 3,3 % des espèces recensées sur une surface d'échantillonnage de 1 km²), elles connaissent depuis une dizaine d'années une progression comparativement plus forte que les autres

Fig. 4 : Évolution sur dix ans du nombre d'espèces par surface d'échantillonnage de 1 km²

Sont représentés pour les plantes vasculaires indigènes, les archeophytes (espèces introduites avant l'an 1500), les neophytes (espèces introduites après l'an 1500) et les autres plantes vasculaires, la valeur moyenne et un intervalle de confiance de 95 %.



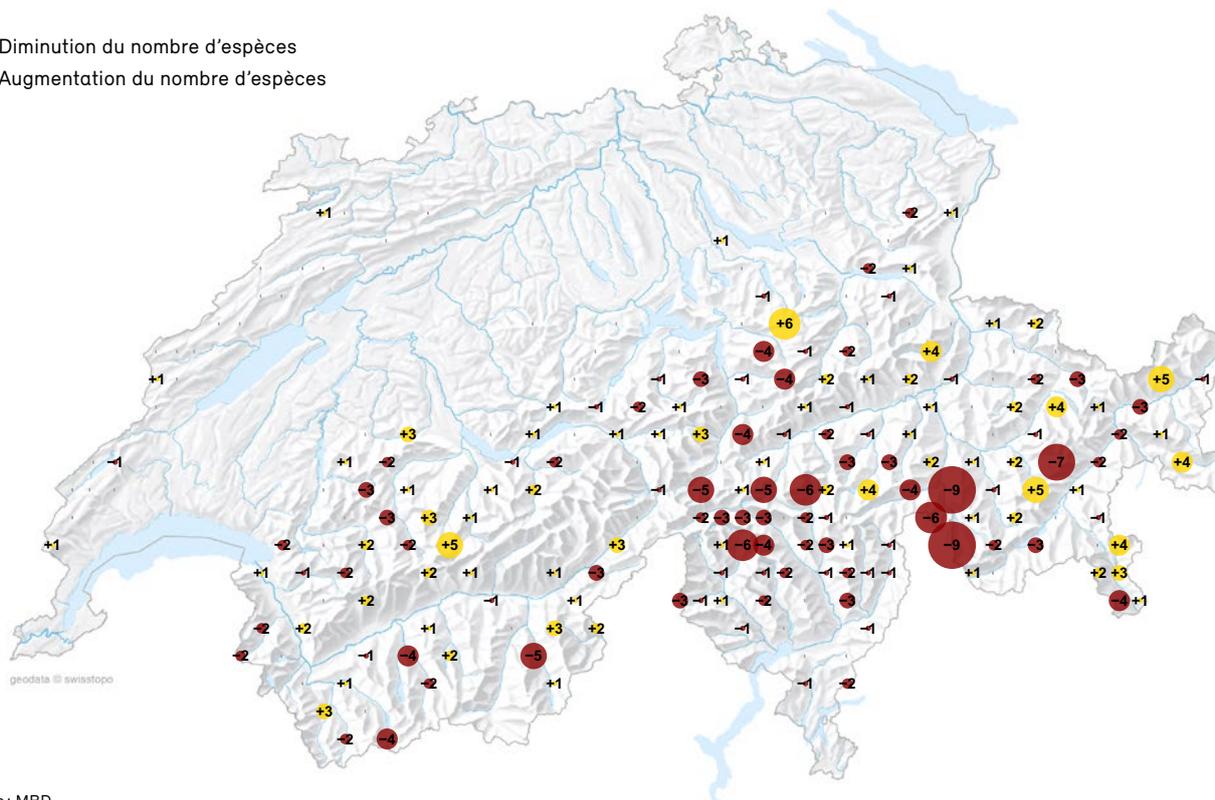
Source: MBD

espèces. L'augmentation du nombre d'espèces néophytes par surface d'échantillonnage (11 %) est ainsi presque deux fois supérieure à celle des plantes vasculaires indigènes et des archéophytes, sans distinction toutefois entre les néophytes envahissantes et les autres néophytes (Fig. 4).

Concernant les papillons diurnes, les données du MBD ont permis d'établir que les espèces spécialistes des étages alpin et subalpin ont vu leur diversité diminuer au cours de la dernière décennie (en moyenne -0,4 espèce attestée par surface d'échantillonnage de 1 km²; Fig. 5), tandis que la diversité des espèces typiques des prairies et pâturages secs (statut des espèces caractéristiques des prairies sèches selon Fauna Indicativa) a légèrement augmenté sur la même période (en moyenne +0,57 espèce). Sur le Plateau, ce groupe d'espèces a connu très peu de changements; l'infime augmentation des chiffres est imputable uniquement à quelques espèces parmi lesquelles *Cupido alcetas*, espèce méditerranéenne qui

Fig. 5 : Différences en nombre d'espèces entre la première période de recensement (2003-2007) et la troisième période de recensement (2013-2017) pour le groupe des espèces alpines/subalpines de papillons diurnes

- Diminution du nombre d'espèces
- Augmentation du nombre d'espèces



Source: MBD

se propage actuellement en Suisse. De toute évidence, la propagation de cette espèce doit être interprétée en regard du changement climatique, problématique bien plus importante aujourd'hui qu'elle ne l'était au lancement du programme de monitoring.

La mise en place d'une stratégie d'échantillonnage systématique et d'une méthode de relevé standardisée présente les avantages suivants :

- le recensement ne concerne pas exclusivement des hotspots connus ou des sites recelant des raretés, mais des endroits définis au hasard qui, autrement, auraient eu peu de chance d'être étudiés. Il s'intéresse également aux espèces communes et répandues qui, en temps normal, ne sont pas inventoriées. L'ensemble donne une vision complète de l'état de la diversité des espèces en Suisse, différencié par région biogéographique, type d'utilisation principale ou étage altitudinal ;
- les données recueillies au moyen de la grille d'échantillonnage aléatoire peuvent être utilisées après-coup pour répondre à de nouvelles questions, encore inconnues aujourd'hui (stratification ultérieure de l'échantillonnage), ce qui est essentiel pour un projet de surveillance à long terme ;
- le fait de répéter les relevés au même endroit précisément permet – avec un volume d'échantillons réduit – de formuler des conclusions précises sur l'évolution générale de la diversité des espèces ;
- le recensement permet d'établir des listes d'espèces aussi complètes que possible, si bien que l'absence d'espèces peut aussi être repérée avec une très grande probabilité.

La conception de l'échantillonnage et en particulier la densité du réseau formé par les surfaces étudiées (résolution spatiale) entraînent les limitations suivantes :

- les espèces rares dont les individus sont concentrés sur des surfaces résiduelles échappent presque entièrement à la grille d'échantillonnage ;
- le MBD formule des conclusions d'ordre général, si bien qu'elles ne permettent pas d'apprécier la réussite de projets concrets, ou seulement de façon restreinte.

3.1.5 Recoupement de données pour des évaluations et des projets cantonaux

Les données du MBD permettent d'établir des constats représentatifs du paysage ordinaire de la Suisse. Grâce elles, il est notamment possible de procéder à des évaluations générales applicables aux grands cantons (5.1). Les données du MBD peuvent également servir de valeurs comparatives pour des programmes de monitoring mis en place dans des aires délimitées à l'intérieur desquelles les relevés se font selon une stratégie d'échantillonnage similaire et avec la même méthode de relevé que le MBD, mais dans un réseau de mesure plus dense. C'est ainsi, par exemple, que le canton de Thurgovie mène actuellement un programme cantonal de monitoring de la biodiversité, dont il compare les relevés avec la base de données nationale (6.2). Pour sa part, armasuisse Immobilier collecte des données sur la diversité des espèces de plantes vasculaires et d'oiseaux nicheurs observées à l'intérieur des sites à usage militaire et les compare avec celles collectées sur des surfaces extérieures (6.3). La vaste harmonisation des méthodes de relevé permet par ailleurs la réalisation d'évaluations combinées avec d'autres programmes nationaux (p. ex. Suivi des effets de la protection des biotopes en Suisse [3.2], Monitoring des oiseaux nicheurs répandus [3.3] et Espèces et milieux agricoles ALL-EMA [4.3.1]), les données du MBD pouvant être utilisées comme des données de référence décrivant l'évolution générale à l'échelle de la Suisse. En intégrant les données du MBD dans ses propres banques de données, InfoSpecies les rend disponibles pour diverses évaluations (4.2).

3.2 Suivi des effets de la protection des biotopes en Suisse (WBS)

3.2.1 Présentation

- Description succincte : suivi des effets à long terme dans les prairies et pâturages secs, les zones alluviales, les marais (bas-marais, hauts-marais et marais de transition) et les sites de reproduction de batraciens ayant le statut de biotopes d'importance nationale. Les données requises sont fournies par des relevés floristiques et faunistiques (batraciens) et par l'analyse de photographies aériennes.
- Conception du relevé : analyse des photographies aériennes de l'ensemble des près de 7000 biotopes d'importance nationale ; collecte de données sur la végétation dans un échantillon d'environ 900 biotopes et de données sur les batraciens dans un échantillon de 260 biotopes ; relevés répétés tous les six ans.
- Groupes taxonomiques et début des relevés : batraciens dans les sites de reproduction de batraciens (2011), plantes vasculaires dans les zones alluviales, les marais et les prairies et pâturages secs (2012), mousses dans les marais (2012).
- Publications de référence :
 - Boch S., Ginzler C., Schmidt B. R., Bedolla A., Ecker K., Graf U., Kuchler H., Kuchler M., Holderegger R., Bergamini A. 2018 : Wirkt der Schutz von Biotopen? Ein Programm zum Monitoring der Biotope von nationaler Bedeutung in der Schweiz. ANLiegen Natur 40 : 39-48.
- Site Internet : biotopschutz.wsl.ch
- Organismes responsables/financement : OFEV et Institut fédéral de recherches sur les forêts, la neige et le paysage WSL
- Renseignements :
 - OFEV, division Espèces, écosystèmes, paysages aoel@bafu.admin.ch
 - WSL, wslinfo@wsl.ch

3.2.2 Objectifs du programme

L'objectif principal du programme est d'établir si les biotopes d'importance nationale (prairies et pâturages secs, zones alluviales, marais, sites de reproduction de batraciens) évoluent conformément aux objectifs de protection et si leur qualité se maintient. Toute évolution négative aux niveaux national, régional et local doit être détectée

rapidement afin que les mesures nécessaires puissent être prises à temps.

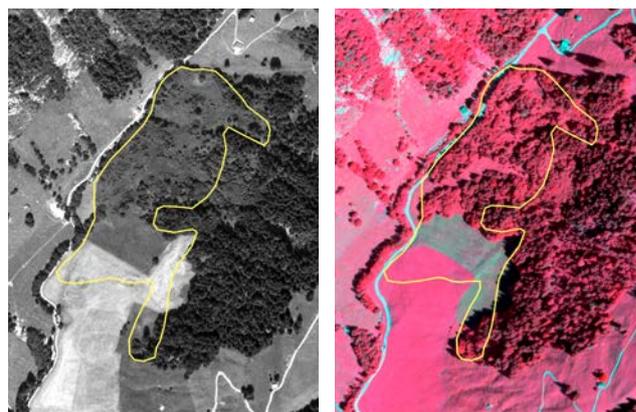
3.2.3 Conception du relevé

Le WBS est un programme composé de trois modules (télédétection, végétation, sites de reproduction de batraciens), qui ont chacun leur stratégie de relevé. Le module Télédétection analyse les changements observés dans l'ensemble des biotopes d'importance nationale, tandis que les deux autres modules collectent des données de terrain sur un échantillon de ces biotopes seulement.

- **Module Télédétection :** les biotopes d'importance nationale dans leur ensemble sont étudiés sur la base de photographies aériennes. Les clichés de référence sont les photographies aériennes numériques que l'Office fédéral de topographie (swisstopo) prend tous les six ans et qui couvrent la totalité du territoire suisse. Entre 2012 et 2017, le WBS a également comparé les photographies aériennes prises à l'époque de l'inventaire des biotopes (années 1990) et les photographies aériennes actuelles afin d'analyser les changements survenus dans les biotopes d'importance nationale au cours des dernières décennies (Fig. 6). Pour pouvoir quantifier l'ampleur des changements, le WBS pose une grille avec une maille de 50×50 m

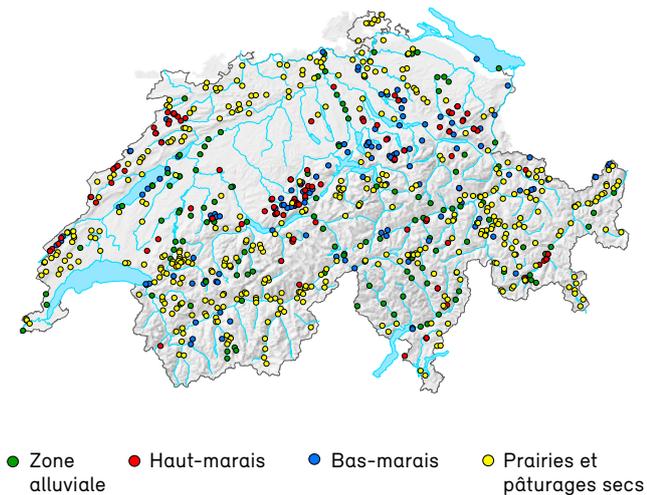
Fig. 6 : Les photos illustrent un bas-marais sur le versant nord des Alpes

La photo aérienne en noir et blanc datant de l'époque de la réalisation des inventaires est comparée à la photo aérienne infrarouge actuelle. Il est clairement visible que le recouvrement par les ligneux a fortement progressé dans la moitié supérieure du bas-marais.



Source : WBS, photographies aériennes de swisstopo

Fig. 7 : Répartition des biotopes d'importance nationale figurant dans l'échantillon du module Végétation



Source : WBS

au-dessus des photographies des marais, prairies et pâturages secs, sites de reproduction de batraciens, marges proglaciaires et plaines alluviales alpines. Il peut ainsi estimer dans chaque carré de la grille la présence de constructions et de routes ainsi que le pourcentage de recouvrement de certaines structures (tels les ligneux, les sols nus et l'eau). Dans le cas des deltas et des zones alluviales lacustres et fluviales, les formations telles que les eaux, les bancs de gravier et les différents types de forêt alluviale sont délimités directement sur les photographies aériennes puis comparés.

- **Module Végétation :** l'échantillon comprend environ 900 biotopes et couvre les six régions biogéographiques. Il inclut plusieurs types de végétation, tailles de biotope et étages altitudinaux (Fig. 7). Dans chaque biotope sont délimités 4 à 43 cercles de 10 m² chacun, ce qui correspond au total à plus de 7000 surfaces d'échantillonnage. À l'intérieur de chaque cercle, toutes les plantes vasculaires sont recensées selon la même méthode que le MBD (3.1.3) avec une estimation de leur degré de recouvrement. Dans les marais, le recensement inclut également les espèces de mousse. Dans les zones alluviales uniquement, les espèces ligneuses et leur recouvrement sont recensés à l'intérieur d'un grand cercle de 200 m² centré sur la surface d'échantillonnage de 10 m².
- **Module Sites de reproduction de batraciens :** l'échantillon comprend environ 260 objets fixes (étangs et

autres zones humides permanentes) et itinérants (gravières) choisis parmi l'ensemble des sites de reproduction de batraciens d'importance nationale en fonction de la rareté et de l'effectif des espèces de batraciens qui y sont présentes. Les sites de reproduction fixes couvrent toutes les régions biogéographiques et tous les étages altitudinaux, tandis que les objets fixes se situent principalement en plaine. Le recensement (quatre passages en plaine et deux passages en altitude) consiste à inventorier tous les stades de développement des espèces de batraciens observées, ainsi que la présence de poissons. Ce travail de terrain est complété par des méthodes d'analyse de l'ADN environnemental, qui contribuent à améliorer le recensement des espèces difficilement détectables (p. ex. espèces envahissantes de grenouille verte).

3.2.4 Restitution des résultats

Les données fournies par la télédétection complètent celles collectées par échantillonnage lors des relevés de terrain. Elles permettent d'établir des constats applicables à l'ensemble du territoire couvert par chacun des biotopes d'importance nationale. Grâce à l'analyse des photographies aériennes, il est possible de quantifier et d'apprécier les changements structurels de tous les biotopes. L'ampleur d'un changement tel qu'il est observé dans les différents biotopes (p. ex. évolution du recouvrement par les ligneux; Tab. 2 et Fig. 6) est illustrée par un système de feu tricolore (rouge, jaune, vert) et communiquée à l'OFEV et aux services cantonaux spécialisés au moyen d'un système de détection précoce accessible en ligne. Les cantons peuvent ainsi établir plus facilement leurs priorités et concentrer les mesures de restauration de la qualité des milieux naturels sur les biotopes subissant des évolutions négatives.

L'évaluation des relevés floristiques et faunistiques (batraciens) effectués sur le terrain permet de détecter les évolutions dans le temps de la composition et de la richesse en espèces et ainsi de formuler des conclusions générales sur l'évolution des milieux naturels (p. ex. grâce à l'analyse de valeurs indicatrices; Fig. 8) et sur l'évolution de la qualité biologique des biotopes d'importance nationale pour ce qui concerne la Suisse et ses régions biogéographiques. Comparativement aux ana-

lyses de photographies aériennes, les relevés de terrain permettent d'établir des constats nettement plus différenciés. En raison de la stratégie d'échantillonnage, la plus petite unité d'interprétation est toutefois la région biogéographique et non le biotope.

Tab. 2 : Indicateurs calculés dans le cadre du programme WBS état en 2019

Module	Indicateurs
Télé-détection	évolution de la proportion de ligneux (indicateur d'embroussaillage)
	évolution de la proportion de sols nus
	surface recouverte d'eau
Végétation	surface occupée par des formations typiques des zones alluviales
	présence d'infrastructures telles que des constructions et des routes
Batraciens	évolution des conditions d'habitat, exprimée à l'aide de valeurs indicatrices moyennes (relatives aux nutriments, à l'humidité, à la luminosité, à la température et à la dynamique alluviale)
	évolution du nombre d'espèces menacées, prioritaires et spécialisées et du nombre de néophytes; homogénéisation (uniformisation) des biocénoses
Batraciens	tendances relatives à la présence de batraciens; les changements sont calculés sur la base des fiches d'objets de l'inventaire des sites de reproduction de batraciens et des listes d'espèces qu'elles contiennent
	évolution du nombre d'espèces de batraciens, d'espèces liées aux plans d'eau temporaires et d'espèces fortement menacées

3.2.5 Recoupement de données pour des évaluations et des projets cantonaux

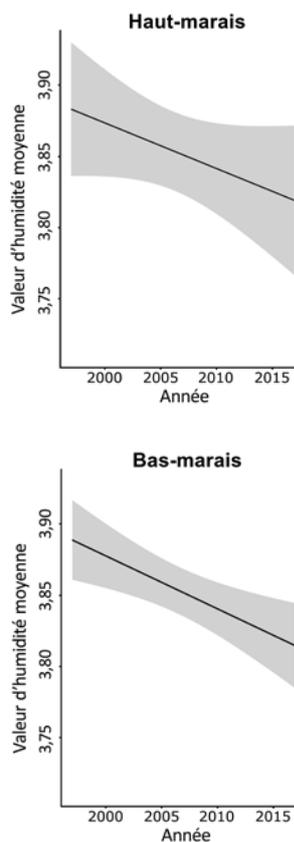
La grille utilisée pour l'interprétation des photographies aériennes permet un recoupement entre les données photographiques et les données d'autres programmes tels que l'Inventaire forestier national (IFN), la Statistique suisse de la superficie, ALL-EMA (4.3) et le MBD (3.1). Par ailleurs, le fait que les programmes WBS, MBD et ALL-EMA utilisent la même méthode de relevé de la végétation permet une évaluation commune de leurs données respectives. Cela permet notamment une comparaison

plus fournie entre les changements observés dans les aires protégées et ceux observés dans le paysage ordinaire. Notons que les méthodes du WBS peuvent aussi être utilisées pour des projets cantonaux de suivi des effets se rapportant à des aires protégées, au besoin avec un échantillonnage plus dense.

Les relevés de végétation et de batraciens effectués sur le terrain sont intégrés dans les banques de données d'InfoSpecies, qui les met ainsi à disposition pour d'autres évaluations et projets de niveau national, cantonal ou régional (4.2).

Fig. 8 : Évolution de la valeur d'humidité moyenne dans les milieux naturels

Changements de la valeur d'humidité dans les hauts-marais (à gauche) et dans les bas-marais (à droite) à l'échelle de toute la Suisse. Les tendances représentées sont significatives sur le plan statistique. Les zones grises correspondent à un intervalle de confiance de 95 %



Source: WBS

3.3 Monitoring des oiseaux nicheurs répandus (MONiR)

3.3.1 Présentation

- Description succincte : surveillance à long terme (évolution dans le temps) des effectifs et de la diversité des espèces d'oiseaux nicheurs en Suisse, axée sur le paysage ordinaire.
- Conception du relevé : réseau régulier composé de 267 carrés kilométriques répartis dans toute la Suisse, avec des relevés quantitatifs répétés chaque année.
- Groupes taxonomiques et début des relevés : oiseaux nicheurs (1999)
- Publications de référence :
 - Schmid H., Zbinden N., Keller V. (2004) : Surveillance de l'évolution des effectifs des oiseaux nicheurs répandus en Suisse. Station ornithologique suisse de Sempach.
 - Knaus P. et al. (2019) : État de l'avifaune en Suisse. Rapport 2019. Station ornithologique suisse de Sempach.
- Lien Internet : www.vogelwarte.ch > Projets > Monitoring > Monitoring des oiseaux nicheurs répandus
- Organismes responsables/financement : Station ornithologique suisse de Sempach et OFEV (pour la partie MBD)
- Renseignements : Station ornithologique suisse de Sempach, MHB@vogelwarte.ch

3.3.2 Objectifs du programme

Le MONiR a pour but d'identifier les tendances à long terme des effectifs d'oiseaux nicheurs communs et répandus et de documenter les variations et les évolutions à court terme se rapportant à la distribution, à la composition en espèces et aux effectifs. Son approche quantitative permet de livrer des conclusions sur le nombre de territoires occupés, chaque année et pour chaque surface d'échantillonnage de 1 km².

3.3.3 Conception du relevé

Le MONiR recense chaque année les effectifs d'oiseaux nicheurs présents sur 267 surfaces d'échantillonnage de 1 km² (Fig. 9). Si 207 surfaces sont identiques à celles du MBD (3.1), les autres ont été légèrement décalées afin de tenir compte d'obstacles topographiques incompatibles avec les deux réalités suivantes : a) les relevés annuels

sont effectués en très grande majorité par des bénévoles ; b) chaque surface de 1 km² doit être inventoriée de la façon la plus complète possible afin que les résultats quantitatifs soient comparables entre eux.

Les effectifs sont relevés au moyen d'une méthode simplifiée de cartographie des territoires qui est la même pour tous les recensements d'oiseaux nicheurs effectués sur une surface d'échantillonnage de 1 km² (Schmid et al. 2004), autrement dit pour l'Atlas des oiseaux nicheurs (Knaus et al. 2018), le MBD (3.1), les programmes LANAG en Argovie (depuis 2018 ; 6.1), le Monitoring de la biodiversité en Thurgovie (6.2) et le Monitoring de la biodiversité sur les places d'armes, terrains de tirs et aérodromes militaires de la Confédération (6.3).

- Les 267 surfaces sont visitées trois fois par an à partir de la mi-avril (mais seulement deux fois par an à l'étage alpin). Les équipes suivent toujours le même itinéraire, long de 4 à 6 km, et notent tous leurs contacts avec des oiseaux nicheurs. La nature de chaque contact doit être précisée (p. ex. oiseau chantant). Le temps de visite d'un carré kilométrique doit être à peu près constant d'une année sur l'autre. La prise en considération de telle ou telle espèce d'oiseau dans le recensement des effectifs dépend notamment d'une date de référence fixée spécifiquement pour chaque espèce.
- Les relevés sont évalués en ligne au moyen de l'application Internet Terrimap. Les cartes des relevés de terrain sont envoyées à la Station ornithologique, qui se charge de les scanner. Les cartographes numérisent toutes les preuves de présence et délimitent ensuite sur cette base les territoires dont l'occupation est attestée.
- La Station ornithologique procède à la vérification des résultats livrés par les cartographes et transmet à chacun d'eux un retour d'information individuel.

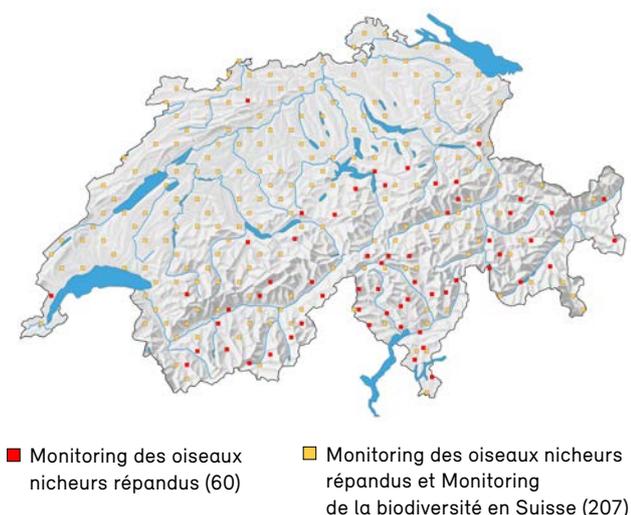
Le recensement des oiseaux nicheurs est l'occasion d'inventorier également les écureuils, afin d'établir des constats sur l'évolution des effectifs à l'échelle de la Suisse. Depuis 2019, les salamandres noires sont elles aussi inventoriées dans le cadre d'une collaboration avec info fauna – karch.

3.3.4 Restitution des résultats

Les données relevées permettent habituellement de calculer les indices suivants :

- Indices des effectifs nicheurs de 75 espèces (état en 2018) : calculés à l'aide du logiciel TRIM développé par Statistics Netherlands (Pannekoek 2001, Soldaat 2017), ces indices montrent les changements par rapport à l'année précédente (au besoin après interpolation des valeurs manquantes) et fournissent des informations sur la représentativité statistique des tendances à long terme. Ils sont accessibles sur le site Internet de la Station ornithologique sous www.vogelwarte.ch > Projets > Évolution > Indices des effectifs nicheurs.
- Swiss Bird Index SBI® : cet indice est calculé sur la base des indices des effectifs des 75 espèces nicheuses et d'autres données disponibles sur le reste des espèces nicheuses régulières (174 espèces au total ; état en 2018). Le SBI® comprend un indice global et plusieurs indices partiels (p.ex. par utilisation principale). Les indices SBI® sont utilisés en particulier dans les rapports des Offices fédéraux de la statistique, de l'environnement et de l'agriculture.
- Les indices des effectifs nicheurs émanant du programme MONiR alimentent le projet Pan-European Common Bird Monitoring Scheme (pecbms.info/) qui calcule des indices à l'échelle européenne.

Fig. 9 : Réseau de mesure MONiR composé de 267 carrés kilométriques inventoriés chaque année



Source : Station ornithologique suisse de Sempach

Autres projets de monitoring

La Station ornithologique suisse de Sempach organise d'autres projets de monitoring (www.vogelwarte.ch > Projets > Monitoring) :

- monitoring des oiseaux nicheurs en zone humide : recensement des oiseaux nicheurs dans une centaine de zones humides, lacs, cours d'eau et paysages marécageux de Suisse, en collaboration avec des organisations partenaires telles que Zürcher Vogelschutz (monitoring de l'avifaune dans le canton de Zurich ; 6.5) et Ala (société suisse d'ornithologie et de protection des oiseaux) ;
- monitoring des espèces particulières : surveillance des tendances des effectifs nicheurs pour une quarantaine d'espèces rares et de nicheurs en colonies ;
- monitoring hivernal des oiseaux d'eau : recensement des oiseaux d'eau sur tous les lacs et cours d'eau importants de Suisse, chaque année entre mi-novembre et mi-janvier (depuis 1967).

Chaque année, les indices des effectifs nicheurs et les indices SBI® sont actualisés et publiés en ligne dans le rapport sur l'état de l'avifaune (www.vogelwarte.ch/etat). Les données du MONiR permettent de calculer de manière assez simple les tendances des effectifs (différenciées par espèce) dans des régions biogéographiques déterminées ou par étage altitudinal. Ces tendances sont analysées au cas par cas pour livrer des renseignements spécifiques.

La base de données du MONiR permet d'établir des constats sur la diversité des espèces et les effectifs d'oiseaux nicheurs dans le paysage ordinaire de la Suisse. Elle révèle par exemple un net recul à long terme des effectifs de quelques espèces de migrateurs au long cours et de nicheurs au sol. Tel est le cas du pipit des arbres, qui réagit très rapidement en cas d'intensification de l'utilisation des prairies. Cette espèce a déjà presque entièrement disparu du Plateau et la tendance négative observée à l'échelle de la Suisse se poursuit. Si l'espèce parvient encore à se maintenir dans les Alpes, elle est en nette régression dans le nord des Alpes et plus particulièrement dans le Jura (Fig. 10). Les données du MONiR révèlent à l'inverse que la plupart des espèces forestières

connaissent une évolution positive de leurs effectifs, de même que la majeure partie des migrateurs à courte distance et des sédentaires. Parmi les populations établies dans les régions intra-alpines et les secteurs de haute altitude (en particulier dans le cas des oiseaux chanteurs avec une durée de vie relativement courte), les hivers rudes sont toutefois à l'origine de reculs significatifs, les effectifs perdus étant parfois compensés en l'espace de quelques années. Les espèces thermophiles connaissent pour leur part des progressions d'effectifs à long terme.

La mise en place d'une stratégie d'échantillonnage systématique et d'une méthode de relevé standardisée présente les avantages suivants (en plus de ceux mentionnés sous 3.1 pour le programme MBD):

- le MONiR ne se contente pas de relever la présence ou l'absence des différentes espèces d'oiseaux; il recense également leur densité de population sur le territoire considéré. Les changements observés concernent donc la présence, mais également l'abondance des différentes espèces;
- les données sont relevées tous les ans, si bien qu'il est possible d'identifier également des variations à court terme et de les distinguer des évolutions à long terme;
- les données du MONiR peuvent soutenir le développement de méthodes statistiques innovantes. C'est ainsi que Marc Kéry et Andy Royle ont rédigé toute une série de publications s'appuyant en tout ou partie sur les données du MONiR (Kéry et al. 2005, Kéry & Royle 2008, Kéry & Royle 2016, etc.). Leurs analyses ont permis de tirer des enseignements majeurs, par exemple sur la prise en considération de la probabilité de détection dans le calcul de la présence d'espèces.

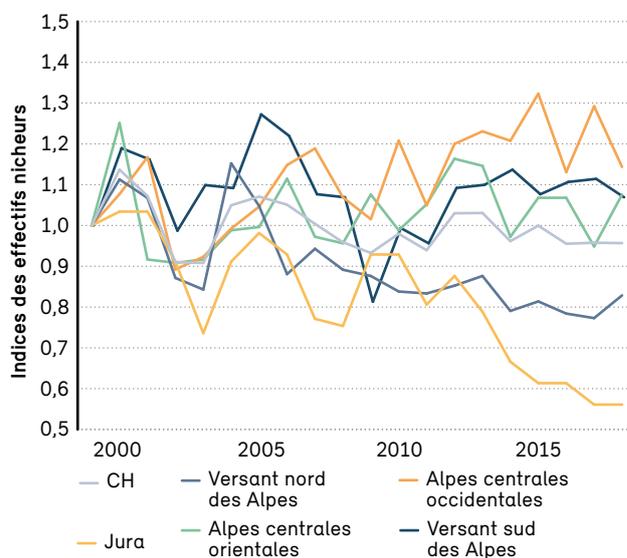
La conception de l'échantillonnage et, en particulier, la densité du réseau formé par les surfaces étudiées (résolution spatiale) entraînent les limitations suivantes:

- pour les espèces plutôt rares, c'est-à-dire présentes sur moins de 30 surfaces, il n'est pas possible de calculer des tendances d'effectifs fiables;
- en règle générale, les espèces d'oiseaux nocturnes ne sont pas prises en considération;
- pour certaines espèces telles que les rapaces (qui ont des territoires très vastes) ou les martinets (dont le relevé méthodique est compliqué), la pertinence de l'évolution des effectifs est limitée.

3.3.5 Recoupement de données pour des évaluations et des projets cantonaux

Les données du MONiR permettent de calculer des tendances pour les espèces nicheuses communes qui sont très répandues à travers le paysage ordinaire de la Suisse. À partir de ces indices, il est toutefois difficile de tirer des conclusions applicables aux grands cantons, car la taille des échantillons devient rapidement critique: à l'exception des espèces très répandues, nombreux sont les oiseaux nicheurs qu'on ne trouve que dans une petite partie des surfaces kilométriques d'échantillonnage d'un canton, qui ont pourtant des typologies différentes. La densification du réseau de mesure permet de résoudre ce problème, comme le font les programmes LANAG en Argovie (6.1) et le monitoring de la biodiversité en Thurgovie (6.2).

Fig. 10: Effectifs du pipit des arbres dans cinq régions biogéographiques de Suisse. Initialement, l'espèce était présente également sur le Plateau, mais sa présence dans cette région n'est plus attestée par le MONiR



Source: Station ornithologique suisse de Sempach

3.4 Recherche et contrôle d'efficacité dans les réserves forestières naturelles suisses

3.4.1 Présentation

- Description succincte : surveillance à long terme (évolution dans le temps) de l'évolution de la forêt dans des réserves forestières naturelles suisses. Le projet doit fournir à la Confédération des bases lui permettant de contrôler l'efficacité de sa politique dans le domaine des réserves forestières naturelles et de mieux comprendre l'évolution de la forêt sous l'influence de l'activité humaine.
- Conception du relevé : étude de 49 réserves forestières naturelles, combinant des relevés sur 95 ha de parcelles d'observation permanente (dont la taille respective varie entre 0,1 et 3,3 ha) et des inventaires par échantillonnage sur environ 1700 placettes (avec une rotation de 5 à 10 ans selon le type de forêt).
- Groupes taxonomiques et début des relevés : espèces ligneuses. Les données les plus anciennes datent des années 1956-1982. Étude relancée en 2006, puis intégrée en 2017 dans le projet d'observation de l'environnement de la Confédération.
- Publications de référence :
 - Brang P., Commarmot B., Rohrer L., Bugmann H. 2008: Monitoringkonzept für Naturwaldreservate in der Schweiz. Birmensdorf, Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL; Zurich, EPFZ, chaire d'écologie forestière. 58 p.
 - Brang P., Heiri C., Bugmann H. (Red.) 2011: Waldreservate. 50 Jahre natürliche Waldentwicklung in der Schweiz. Berne, Haupt. 272 p.
- Site Internet : www.waldreservate.ch
- Organismes responsables/financement : OFEV, WSL, EPFZ (chaire d'écologie forestière du Département des sciences des systèmes environnementaux)
- Renseignements : WSL, waldreservate@wsl.ch

3.4.2 Objectifs du programme

Les réserves forestières naturelles sont des surfaces forestières bénéficiant d'une protection à long terme garantie par contrat et d'une interdiction d'utilisation. Il leur faut des dizaines d'années pour revenir à l'état de forêts vierges. Au travers des réserves forestières naturelles, la Confédération et les cantons ont pour objectif de mettre sous protection d'ici à 2030 près de 5 % de la

surface forestière totale de la Suisse. L'efficacité de cette politique doit être attestée scientifiquement : comment la forêt se développe-t-elle dans les réserves forestières naturelles ? Existe-t-il réellement des différences avec les forêts exploitées ? Depuis 2006, le WSL étudie la question en collaboration avec l'EPFZ dans le cadre du projet « Recherche et contrôle d'efficacité dans les réserves forestières naturelles suisses ». La méthode mise en place pour le contrôle d'efficacité repose sur une stratégie qui, bien que remaniée pour cette collaboration, reste compatible avec les recueils de données antérieurs, en particulier avec les inventaires réalisés depuis 1956 dans les réserves de l'EPF.

3.4.3 Conception du relevé

Les données à traiter sont plus ou moins volumineuses selon que la réserve forestière naturelle considérée fait l'objet d'un suivi intensif ou d'un suivi extensif (Fig. 11) :

- le suivi intensif permet d'établir des constats sur l'évolution de la forêt dans un certain nombre de réserves forestières naturelles considérées comme autant d'études de cas. Les constats sont représentatifs de chacune de ces réserves ;
- le suivi extensif de réserves supplémentaires vise à généraliser les résultats des études de cas (suivi intensif) par comparaison avec des données provenant de stations similaires faisant l'objet de suivis intensif et extensif. Le petit nombre de surfaces d'échantillonnage empêche toutefois d'établir des constats représentatifs de chacune de ces réserves.

Pour chaque réserve forestière naturelle, il existe une documentation générale contenant des informations sur la station, la géologie, le climat et, s'il est disponible, l'historique de la forêt. Les événements marquants (p. ex. tempêtes ou sécheresses) sont eux aussi consignés dans une documentation. Pour les relevés, la superficie de la réserve considérée détermine la combinaison de méthodes à employer (Fig. 12) :

- Parcelles d'observation permanente : sur des parcelles dont le nombre est fonction de la superficie et de l'homogénéité de la réserve (jusqu'à 29 parcelles), tous les arbres dont le diamètre à hauteur de poitrine est supérieur au seuil d'inventaire (fixé habituellement à 4 cm) sont identifiés au moyen d'un numéro et font l'objet d'un suivi enregistrant les caractéristiques suivantes : dia-

mètre à hauteur de poitrine, essence, état (vivant ou mort sur pied), strate à laquelle appartient l'arbre, vitalité, tendance en termes de dynamique. Sont également inventoriés certains microhabitats tels que le bois mort du houppier, les cassures du tronc, les fentes, fissures et trous dans le tronc, de même que les champignons en console et les disques racinaires. Pour une partie des arbres, on mesure également la hauteur de l'arbre et la longueur du houppier. Le choix des parcelles dépend de la taille de la réserve forestière considérée, le but étant que le réseau de parcelles soit représentatif de l'ensemble des unités de végétation et des essences d'arbres qui sont communes en Suisse ou pour lesquelles la Suisse porte une responsabilité particulière.

- Inventaires par échantillonnage dans les réserves de plus de 30 ha : des inventaires par échantillonnage sont réalisés sur un certain nombre de placettes (au moins 30 par unité d'interprétation) selon une méthode qui s'inspire fortement du troisième inventaire forestier national (IFN3). Des cercles d'échantillonnage permanents, couvrant chacun une surface de 500 m², sont délimités de manière à former ensemble un quadrillage systématique. On recense la position des arbres présents à l'intérieur de chaque cercle, ainsi que le dia-

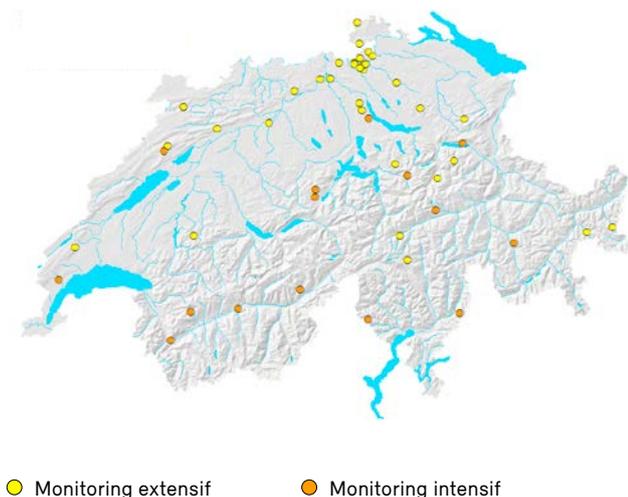
mètre à hauteur de poitrine, l'essence, la vitalité et les microhabitats. Sont également collectées des données sur le rajeunissement (dans des cercles d'échantillonnage plus petits) et sur le bois mort à terre (le long de parcours linéaires).

- Inventaires intégraux dans les réserves de moins de 30 ha : le diamètre à hauteur de poitrine, l'essence, l'état et les microhabitats de tous les arbres sont recensés sur diverses surfaces partielles. Les arbres ne sont pas inventoriés individuellement.

Des séries photographiques sont par ailleurs réalisées dans toutes les réserves forestières naturelles afin d'illustrer les états et les évolutions de la structure forestière à des fins de documentation.

Depuis 2017, le programme est complété par un programme de contrôle d'efficacité qui cible les coléoptères du bois et les champignons dans les réserves forestières naturelles. Ce programme complémentaire est mené par le WSL et la Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires (HAFL).

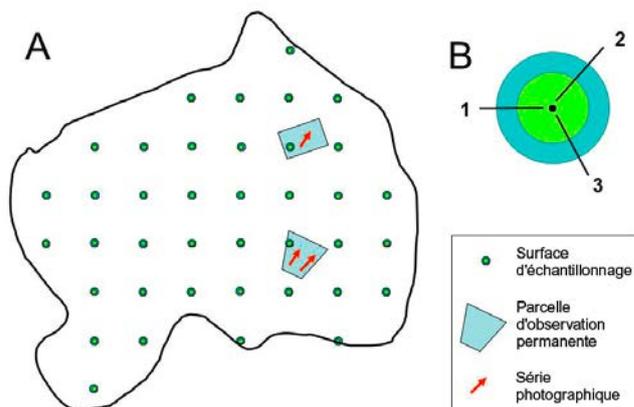
Fig. 11 : Réseau d'échantillonnage du projet « Recherche et contrôle d'efficacité dans les réserves forestières naturelles suisses »



Source: WSL

Fig. 12 : Méthodes de recensement dans les réserves forestières naturelles.

A : vue complète de la réserve (inventaires par échantillonnage sur des placettes, relevés et séries photographiques sur les parcelles d'observation permanente). B : exemple d'une placette avec deux cercles d'échantillonnage et des parcours linéaires pour l'inventaire du bois mort



Source: WSL

3.4.4 Restitution des résultats

Le recensement à long terme permet de tirer des conclusions sur l'état et l'évolution des réserves forestières naturelles en termes de structure forestière, de rajeunissement, de microhabitats et de bois mort, pour des types de forêt répandus en Suisse. Cela permet d'apprécier la proximité de leur état avec l'état naturel et leur valeur en tant qu'habitat pour les organismes, par comparaison avec les forêts exploitées. Les analyses se concentrent sur les processus majeurs du développement forestier que sont la croissance, la mortalité et le rajeunissement ainsi que la formation et la décomposition du bois mort. Le recensement fournit également des informations sur la fréquence et la répartition de microhabitats essentiels à la diversité des espèces. Les relevés périodiques de l'état permettent d'identifier les changements et d'estimer leur vitesse. Quant aux séries temporelles, dont certaines remontent aux années 1960, elles servent de base pour modéliser le développement forestier et la dynamique du bois mort et pour comprendre l'évolution des réserves forestières naturelles par rapport aux forêts exploitées et aux forêts proches de l'état vierge.

La combinaison du suivi intensif et du suivi extensif permet d'obtenir des indications représentatives à différentes échelles spatiales (p. ex. réserve individuelle, type de forêt). Grâce à d'autres méthodes compatibles, des comparaisons sont possibles avec des forêts primaires à l'étranger.

Le contrôle d'efficacité dans les réserves forestières naturelles suisses est centré sur les types de forêt les plus fréquents en Suisse. Les réserves représentatives d'autres types de forêt sont très difficiles à intégrer dans le programme du fait que les stations sont extrêmement variées et que la plupart de ces réserves sont relativement petites. À ce jour, il est encore impossible de fournir des indications sur l'évolution à long terme des microhabitats, du bois mort à terre et du rajeunissement forestier, car le recensement systématique de ces variables n'a commencé qu'en 2006.

3.4.5 Recoupement de données pour des évaluations et des projets cantonaux

Le contrôle d'efficacité dans les réserves forestières naturelles suisses fournit des valeurs de référence sur

les structures forestières, le rajeunissement, les microhabitats et le bois mort au sein de forêts suisses non exploitées. Ces valeurs peuvent servir à placer dans un contexte plus large les résultats provenant de projets cantonaux de contrôle d'efficacité dans les réserves forestières naturelles, cette possibilité étant toutefois limitée aux régions de grande superficie. Pour leur contrôle d'efficacité dans les réserves forestières naturelles, les cantons utilisent des approches diverses et aucune méthode de relevé uniforme. Le programme national présenté ici peut les aider à effectuer des inventaires supplémentaires qui, tout en étant adaptés aux besoins cantonaux, permettent de formuler des conclusions générales grâce à une méthodologie harmonisée.

4 Données collectées par d'autres programmes nationaux

Le MBD, le WBS et le MONiR ont pour objectif d'assurer le suivi systématique de l'état et de l'évolution de la biodiversité en Suisse. D'autres programmes nationaux complètent ces données de manière ciblée et fournissent d'importantes informations de base pouvant servir à diverses analyses.

En Suisse, une multitude de données et d'informations sur la distribution des espèces sont recueillies et analysées de façon décentralisée, c'est-à-dire par plusieurs centres de données spécialisés dans différents groupes taxonomiques. Ces centres de données et d'informations ainsi que les centres de coordination pour la conservation des espèces sont regroupés sous la houlette de l'organisation faïtière InfoSpecies (lire l'encadré sur InfoSpecies). Ils ont pour mission d'assurer la gestion et le flux des données, mais aussi de créer et de mettre à jour des listes rouges (4.1). Cette dernière activité est l'occasion de regrouper, de compléter et d'évaluer toutes les données disponibles sur la distribution d'espèces appartenant à un groupe taxonomique déterminé. Les données de répartition et les informations spécifiques aux espèces considérées sont disponibles à des niveaux différents et pour différentes applications (4.2) : elles profitent aux services cantonaux spécialisés et aux parcs via le centre de données virtuel (VDC), aux entreprises privées de conseil environnemental, aux parties prenantes, aux acteurs clés du monde scientifique et aux ONG via le service de consultation de données d'InfoSpecies et au grand public via les serveurs cartographiques des sites Internet des centres de données et d'informations. InfoSpecies participe à l'échange international d'informations sur la biodiversité via l'infrastructure open access « Global Biodiversity Information Facility Switzerland » (lire l'encadré sur l'infrastructure GBIF).

InfoSpecies

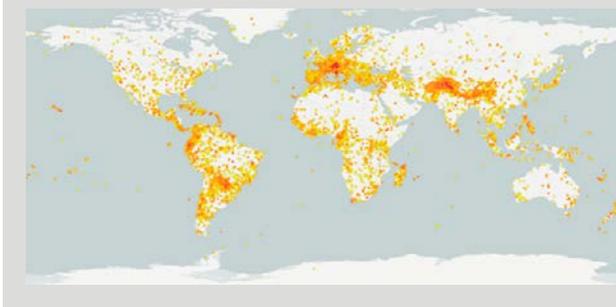
InfoSpecies (www.infospecies.ch) est l'organisation faïtière des centres nationaux de données et d'informations et des centres de coordination pour la conservation des espèces. Elle regroupe les organismes suivants :

- Info Flora – centre national de données et d'informations sur la flore de Suisse
www.infoflora.ch
- Swissbryophytes – centre national de données et d'informations sur les bryophytes de Suisse
www.swissbryophytes.ch
- SwissFungi – centre national de données et d'informations sur la flore fongique de Suisse
www.swissfungi.ch
- SwissLichens – centre national de données et d'informations sur les lichens de Suisse
www.swisslichens.ch
- Station ornithologique suisse de Sempach
www.vogelwarte.ch
- Programme de conservation des oiseaux en Suisse
www.artenfoerderung-voegel.ch et
www.birdlife.ch
- info fauna – Centre de coordination pour la protection des amphibiens et reptiles de Suisse (karch)
www.karch.ch
- info fauna – Centre suisse de cartographie de la faune (CSCF)
www.cscf.ch
- Centres suisses de coordination est et ouest pour la protection des chauves-souris
www.fledermausschutz.ch et
www.ville-ge.ch/mhng/cco/
- Centre de données Nature et Paysage
www.wsl.ch/fr/projets/centre-de-donnees-nature-et-paysage.html

GBIF – l’infrastructure multiétatique d’échange d’informations sur la biodiversité

GBIF est une infrastructure multiétatique d’échange d’informations sur la biodiversité. Son objectif principal est la diffusion libre et universelle, via Internet, d’informations relatives à la biodiversité. Actuellement, GBIF assure l’accès à plus d’un milliard de données. GBIF est membre du consortium de partenaires scientifiques de la Convention sur la diversité biologique (CDB) et contribue directement à ses objectifs stratégiques. Le nœud suisse www.gbif.ch/, opérationnel depuis 2006, répond aux engagements pris par la Suisse et assure l’intégration des données suisses au réseau international. Considérées ensemble, les 35 institutions partenaires de GBIF.ch – parmi lesquelles InfoSpecies et les principales institutions possédant des collections d’histoire naturelle (musées, jardins botaniques, universités et autres) – ont une valeur comparable à celle des plus grandes institutions muséales de la planète.

Répartition des plus de deux millions de données mises à disposition par GBIF.ch (Source : GBIF 2019).



4.1 Listes rouges

4.1.1 Objectifs et importance des listes rouges

Dans le cadre de la Convention sur la diversité biologique, la Suisse a pris l’engagement de documenter l’état des espèces menacées. À ce titre, l’OFEV a chargé les centres nationaux de données et d’informations et les centres de coordination pour la conservation des espèces de créer des listes rouges d’espèces et de les réviser si possible tous les dix ans (les listes rouges actuelles peuvent être téléchargées sous www.bafu.admin.ch > Thèmes > Biodiversité > Données, indicateurs et cartes > Programmes de surveillance > Listes rouges).

Depuis 2000, les listes rouges de l’OFEV utilisent, comme standard d’évaluation et de communication, les catégories et les critères internationaux de l’Union internationale pour la conservation de la nature (UICN). Les critères de l’UICN reposent sur une combinaison de facteurs contribuant à estimer la probabilité d’extinction des espèces tels que la taille de la population considérée, son degré d’isolement, l’étendue effective de sa zone d’occurrence et les changements constatés dans ses effectifs. Le degré de menace est donc estimé principalement sur la base de données quantitatives, contrairement aux anciennes listes rouges (antérieures à 2000), qui reposaient majoritairement sur des avis d’experts.

Les listes rouges fournissent les informations nécessaires à la publication de la « Liste des espèces et des milieux prioritaires au niveau national ». La priorité nationale est déterminée en fonction du degré de menace et de la responsabilité internationale de la Suisse dans la conservation de l’espèce considérée.

La Suisse dispose actuellement de 21 listes rouges regroupant 27 taxons et d’une liste rouge des milieux menacés. Selon les critères de l’UICN, 32 % des espèces indigènes vivant en Suisse à l’état sauvage sont menacées (VU, EN, CR), tandis que 11 % sont potentiellement menacées (NT) et 3 % sont éteintes (RE, EW, EX). Parmi les 167 types de milieux évalués en Suisse, 48 % sont menacés et 13 % sont potentiellement menacés (état en 2019).

4.1.2 Données disponibles pour la création des listes rouges

À ce jour, les listes rouges couvrent à peine un quart des espèces connues en Suisse. Elles reposent sur des données d’observation, les bases de données existantes étant complétées de manière ciblée par des campagnes de terrain. La masse de données disponibles varie très fortement en fonction du groupe taxonomique : une comparaison entre le nombre d’observations rassemblées par les centres nationaux de données et d’informations et le nombre d’espèces par taxon montre que les vertébrés et les plantes vasculaires sont très bien documentés, tandis qu’il existe un grand déficit de données pour les groupes les plus riches en espèces (invertébrés et champignons) ainsi que pour les lichens et les mousses (Fig. 13 et

Fig. 13 : Nombre d'entrées enregistrées par les centres nationaux de données et d'informations.

Près de 22 millions d'entrées en mars 2019.

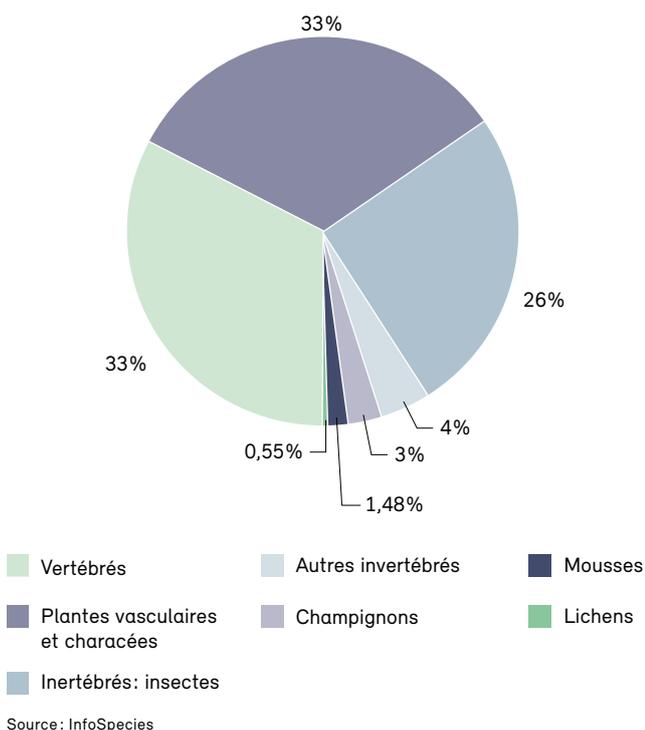


Fig. 14). Cela s'explique principalement par les grandes quantités d'espèces concernées, par le manque d'experts et par des méthodes complexes de relevé et d'identification. Pour les groupes taxonomiques délaissés par les autres programmes nationaux de monitoring et de suivi des effets (MBD, WBS et MONiR [3]; ALL-EMA [4.3.1]), les données nécessaires au lancement d'un projet de liste rouge sont insuffisantes, y compris pour des espèces largement répandues. Cela montre l'importance des relevés et des signalements de données des cantons, y compris s'agissant d'espèces communes.

4.2 InfoSpecies : gestion et flux des données

4.2.1 Données des centres nationaux de données et d'informations

Les centres nationaux de données et d'informations gèrent les signalements de données et les informations sur les espèces. Le nombre de signalements varie en fonction du groupe taxonomique et de la région géographique (Tab. 3). Les signalements de données proviennent de différentes sources : relevés de terrain effectués dans le cadre des programmes nationaux de monitoring et de suivi des effets (MBD, WBS et MONiR [3]; ALL-EMA [4.3.1]), campagnes de terrain réalisées dans le cadre des listes rouges, programmes menés par les administrations cantonales de la chasse, de la pêche, de la forêt, de la protection de la nature et de la protection des eaux (etc.), études scientifiques, signalements privés de la part de nombreux bénévoles. Ils sont complétés par des données provenant de collections de musées suisses et étrangers.

La Suisse cultive une longue tradition de bénévolat dans le domaine des projets de protection de la nature et des espèces. En moyenne, plus de la moitié de l'ensemble des observations et des signalements rassemblés par InfoSpecies proviennent de sources privées. Pour certains groupes d'organismes (champignons, certains groupes d'invertébrés, batraciens, reptiles et oiseaux nicheurs), les contributions privées peuvent même constituer plus de 70 % des données.

Les signalements de données sont vérifiés et validés par les centres nationaux de données et d'informations. L'application de standards taxonomiques assure une dénomination homogène, actuelle et unique. Pour chaque signalement, le lieu de la découverte est enregistré avec une indication relative à son degré de précision, sachant que celui-ci peut fortement varier en fonction de l'outil (GPS, carte, etc.) et de la méthode de relevé (cartographie sur une surface déterminée, observation fortuite, etc.).

4.2.2 Consultation et utilisation des données

La provenance des données détermine leur modalité de diffusion par InfoSpecies (conformément aux lignes directrices 2019 d'InfoSpecies) :

- données sans restriction de diffusion : il s'agit de données collectées sur mandat d'un service public (don-

nées publiques) ou mises à la disposition des centres de données par des particuliers ou des personnes morales (données privées) avec une autorisation de libre accès. Ces données sont disponibles par défaut avec une précision de 1 × 1 km. Pour les collaborateurs des services cantonaux de protection de la nature, les données mises à disposition sont généralement les données brutes ;

- données avec restriction ou interdiction de diffusion : il s'agit de données mises à la disposition des centres de données par des particuliers ou des personnes morales (données privées) à la condition qu'elles soient diffusées uniquement sur demande ou interdites de diffusion. Dans le premier cas, les données doivent être agrégées (1 × 1 km) avant leur transmission aux services cantonaux de protection de la nature ; la diffusion des données brutes par les centres de données requiert l'accord préalable de leurs propriétaires.

Parce que le degré de menace qui pèse sur certaines espèces rares (espèces sensibles) pourrait être augmenté par la publication de données relatives à leur distribution, ces données sont soumises à des règles de diffusion plus strictes, indépendamment de leur origine. En fonction du degré de menace auquel est exposé l'espèce sensible, les données sont agrégées dans une résolution de 1 × 1 km ou de 5 × 5 km. Tel est notamment le cas pour la vipère aspic (*Vipera aspis* s.l.), la vipère péliade (*Vipera berus*) et quelques espèces d'oiseaux nicheurs.

4.2.3 Centre de données virtuel (VDC)

Le centre de données virtuel (VDC) permet aux services spécialisés dans la protection de la nature, à d'autres services cantonaux actifs dans le domaine de la conservation des espèces et aux parcs suisses d'avoir accès aux données des centres nationaux de données et d'informations. En fonction de la restriction de diffusion mise en place (4.2.2), les données du périmètre considéré (superficie du canton ou du parc, avec une zone tampon de 5 km) sont disponibles sous leur forme brute ou dans une résolution de 1 × 1 km. L'outil en ligne, dont l'accès est protégé par un mot de passe, permet de consulter des données, des vues cartographiques et des listes d'inventaire pour les différents groupes taxonomiques. Le processus de validation est coordonné sur demande par le comité de direction d'InfoSpecies. Pour toute question relative à l'interprétation des données transmises par le VDC, les services

spécialisés et les parcs peuvent s'adresser directement au centre de données correspondant ou au secrétariat d'InfoSpecies.

En principe, toutes les données d'un groupe taxonomique rassemblées par les centres de données sont disponibles dans le VDC. Dans le cas des oiseaux nicheurs, l'immense quantité de données oblige toutefois à agréger les signalements à l'échelle d'un hectare (à l'exception des espèces sensibles ; 4.2.2) afin de faciliter le travail de l'utilisateur. Quelques groupes d'espèces dont les données ne sont pas encore préparées dans une qualité suffisante seront intégrés ultérieurement dans le VDC ; les données brutes correspondantes sont toutefois accessibles auprès des centres de données et peuvent être obtenues en cas de besoin par l'intermédiaire d'InfoSpecies.

Fig. 14 : Le mélampyre des bois (*Melampyrum nemorosum*) est une espèce prioritaire au niveau national, répertoriée dans la liste rouge des plantes vasculaires comme étant en danger



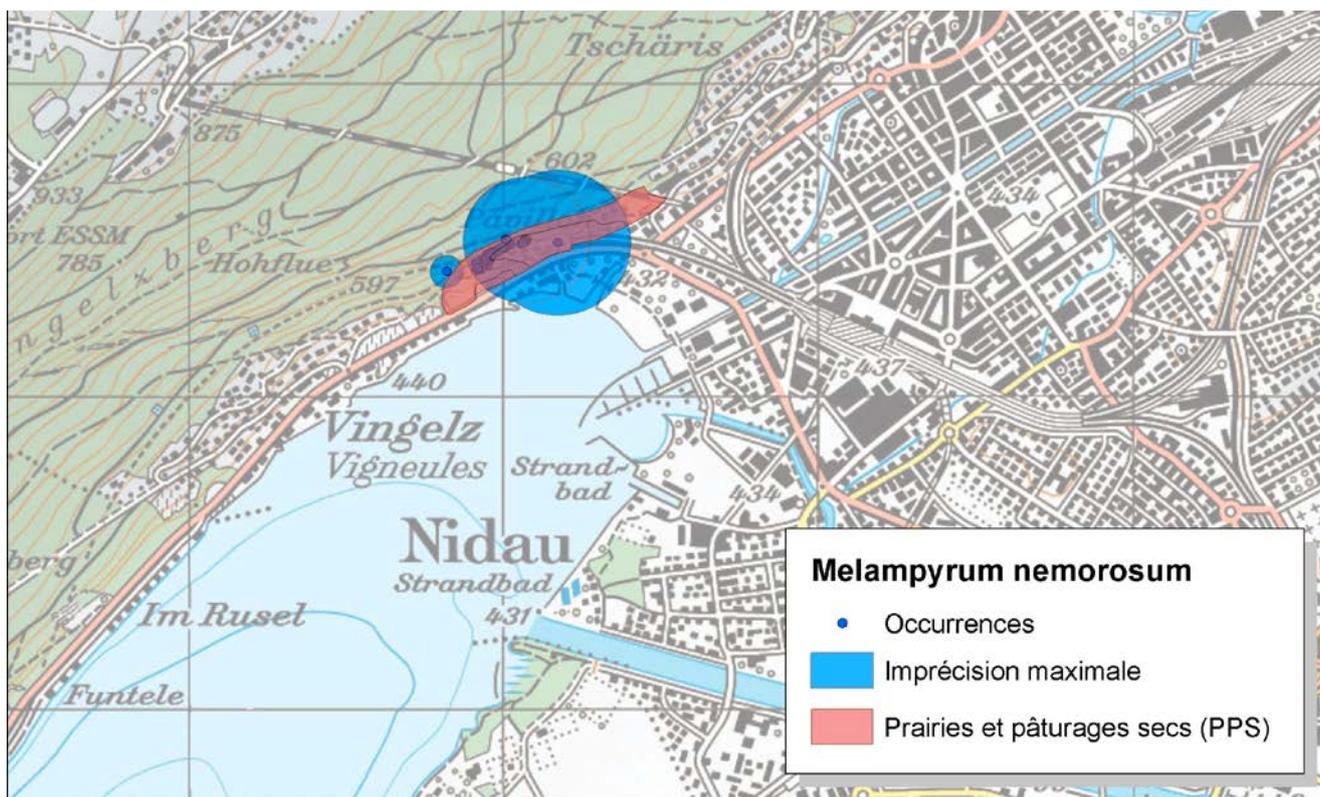
Source : Adrian Möhl, Info Flora

4.2.4 Exemple d'utilisation du VDC : projet de protection d'une espèce menacée

Cet exemple fictif montre de quelle manière l'outil en ligne du VDC peut contribuer à la réalisation d'un projet de protection. En Suisse, le mélampyre des bois (*Melampyrum nemorosum*; Fig. 14) est une espèce menacée qui survit dans deux cantons seulement. Cette espèce a été étudiée dans le cadre des «Fiches pratiques pour la conservation», si bien qu'il existe de nombreuses informations relatives à son écologie, sa distribution et sa protection. L'un des deux cantons prévoit de lancer un projet de protection du mélampyre des bois et souhaite utiliser pour cela les possibilités d'analyse du VDC. Dans un premier temps, le canton fait une recherche de données dans le VDC et obtient une vue d'ensemble des populations de mélampyre des bois présentes sur son territoire. Cette vue d'ensemble montre clairement que les populations résiduelles se concentrent sur un petit secteur (Fig. 15). Dans un second temps, le canton cherche à savoir quels sont les lieux de découverte du mélampyre des bois qui se

situent à l'intérieur d'un objet de l'inventaire des prairies et pâturages secs (PPS) d'importance nationale, ce afin que les contrats d'exploitation puissent au besoin être adaptés en fonction de ces groupes de populations. Pour cela, il suffit d'afficher dans la vue cartographique de l'outil en ligne les couches contenant les objets d'inventaire. L'analyse dans le VDC montre qu'il existe au moins un lieu de découverte situé à l'extérieur des objets de l'inventaire des PPS. Dans la fiche pratique pour la conservation du mélampyre des bois, il est indiqué que l'entretien des talus en bordure de chemin à l'aide d'une tondeuse à fil est l'une des causes expliquant le recul de l'espèce. Considérant cela, un collaborateur du service cantonal spécialisé contacte la commune concernée afin de convenir avec elle de mesures supplémentaires relatives à l'entretien des talus. Pour étayer son argumentation auprès de l'administration communale, il crée une carte et une liste regroupant tous les signalements de données enregistrés de 2000 à 2019.

Fig. 15: Recherche de signalements relatifs au mélampyre des bois (*Melampyrum nemorosum*) dans le VDC.



Tab. 3 : Nombre de signalements de données enregistrés dans les bases de données des membres d'InfoSpecies, classées par groupe taxonomique et par canton (état en mars 2019)

	Lichens	Champignons	Mousses	Plantes vasculaires et macroalgues	Escargots et bivalves	Coléoptères	Ephémères, Trichoptères, Pécipitères,	Orthoptères	Libellules	Papillons diurnes et Zyènes	Papillons nocturnes	Ecrevisses	Poissons	Amphibiens	Reptiles	Mammifères (sans chauves-souris)	Mammifères : chauves-souris	Oiseaux nicheurs	Total
AG	2246	23538	9560	191664	20624	23990	6947	14811	37954	35232	19387	461	15469	34560	5880	24061	1988	74563	542935
AI	188	918	617	5776	3144	380	503	471	73	1689	742	2	64	813	98	1024	141	5856	22499
AR	391	1292	1233	6222	1070	546	304	1259	97	5134	2994	4	25	3239	527	3335	96	8983	36751
BE	9510	106983	46191	571086	31719	41116	8819	42960	53077	164319	77020	461	8564	34692	28642	222228	9411	234153	1690951
BL	2410	27119	3814	177336	14050	30653	1735	9823	2765	52473	35490	93	221	10047	5330	17940	337	40542	432178
BS	12	1659	809	19864	3750	7075	566	2022	935	2328	4162	43	1529	549	566	1193	140	4366	51568
FR	2104	20494	3452	144303	6819	26476	3868	6704	11060	37055	7436	131	3327	14898	5634	56264	6547	104250	460822
GE	8099	11508	6002	284655	2609	12385	2856	22185	20704	52011	28484	43	1076	9089	4578	14380	12849	41531	535044
GL	1282	4073	4408	38705	1730	5099	886	1654	1551	14020	8929	6	430	1942	1655	7301	405	21651	115727
GR	9497	37226	31907	457022	20258	27375	9801	34979	15476	135652	53452	89	2125	7690	10423	59851	4633	225366	1142822
JU	1146	84243	3950	137482	6565	13769	4801	14194	19665	42439	11239	34	1437	4573	2320	37124	5434	42432	432847
LU	11122	26501	25932	105801	4621	20221	12241	18521	20748	49050	63845	69	1780	15456	6593	56054	4189	88729	531473
NE	1508	35296	4171	195489	18330	13127	3728	37788	15194	84836	11052	7	1396	5284	8423	40026	15381	52576	543612
NW	823	2259	3053	19750	1057	774	361	6030	696	11678	5277	-	84	1337	1866	4835	275	10901	71056
OW	8955	4495	16921	38266	1264	1235	1887	1195	3975	7396	8885	22	585	1521	1623	6738	372	17427	122762
SG	2030	20191	12698	101664	5376	7633	5945	36718	15704	47936	8753	200	1309	20393	8070	42726	3558	79774	420678
SH	462	3277	2254	38619	3964	4294	1108	6741	1889	70939	28082	18	217	1328	893	3001	1225	20778	189089
SO	1082	25357	5131	86725	9394	19174	1170	18210	4092	65978	17765	73	3568	3657	6296	32247	2642	47173	349734
SZ	2241	13216	9044	46627	3644	2345	2445	4537	20702	16287	29228	23	647	2200	3055	15973	1404	33036	206654
TG	907	10813	4897	67711	3758	12318	1517	2894	15680	16445	18568	379	3993	3991	2261	42488	2016	48259	258895
TI	3636	51221	18282	194839	9447	38897	12852	25648	9243	82288	221312	106	1244	7138	13858	21787	8930	103338	824066
UR	1946	3775	6632	85480	1268	2560	2513	2156	1225	18140	31183	10	381	1335	2855	7804	168	24518	193949
VD	13733	55788	11550	758029	16037	39578	21262	40787	38583	113324	59660	1150	6473	29103	11226	93706	25948	176053	1511990
VS	8769	22996	21184	449156	15334	49924	5536	43091	11727	200298	146621	125	1953	4317	10569	60105	18222	194888	1264815
ZG	309	1635	2074	51980	586	1052	363	1071	1891	2748	3211	107	1213	1612	875	1264	450	17351	89792
ZH	2603	32841	19573	452540	13580	33160	14319	51652	45543	112178	31343	487	4369	13010	10858	157644	7441	91333	1094474
Total	97011	628714	275339	4726791	219998	435156	128333	448101	370249	1441873	934120	4143	63479	233774	154974	1031099	134202	1809827	13137183

4.3 Programmes nationaux collectant des informations complémentaires

4.3.1 Arten und Lebensräume Landwirtschaft – Espèces et milieux agricoles (ALL-EMA)

Présentation

- Description succincte :

dans le cadre du monitoring agroenvironnemental de l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG) et des Objectifs environnementaux pour l'agriculture de l'OFEV et de l'OFAG, le programme ALL-EMA a pour but de surveiller les espèces et les milieux naturels dans le paysage agricole suisse et d'évaluer les surfaces de promotion de la biodiversité (SPB). Il collecte des données sur les espèces de plantes vasculaires et les milieux propres au paysage agricole et les recoupe avec les données faunistiques des programmes nationaux MBD et MONiR. Le programme de monitoring ALL-EMA inventorie principalement les espèces et les milieux modérément abondants considérés comme pertinents pour l'agriculture.

ALL-EMA comprend deux modules :

- Programme de base avec une stratégie d'échantillonnage à trois niveaux :
 - le premier niveau est constitué de 170 carrés d'échantillonnage d'une superficie de 1 km² chacun, choisis au hasard (mais avec un système de pondération)

- parmi l'ensemble des surfaces d'échantillonnage formant le réseau de mesure « Diversité des espèces dans les paysages » du programme MBD (Fig. 16) ;
- dans chaque carré, le type de milieux naturels est déterminé pour un certain nombre de surfaces de relevé. Afin de délimiter ces surfaces, un réseau systématique avec une maille de 50 × 50 m est superposé au carré d'échantillonnage : chaque point d'intersection marque le centre d'une surface de relevé. Parmi toutes les surfaces ainsi délimitées, seules sont étudiées celles qui se trouvent dans le paysage agricole (surface agricole utile et surface d'estivage), dans la limite toutefois de 391 surfaces maximum. Le type des milieux naturels de la surface de relevé est ensuite identifié à l'aide d'une clé de détermination spécialement développée pour le programme, et la qualité floristique est relevée à l'intérieur d'un cercle de 10 m² ; ce cercle est élargi à 200 m² pour les structures favorisant la biodiversité (haies, arbres, eaux, etc.) et pour les néophytes figurant sur la Liste noire et sur la Watch List (liste d'observation). Au total, ce niveau d'échantillonnage est composé d'environ 32 000 surfaces de relevé ;
- parmi les surfaces de relevé d'un carré d'échantillonnage (max. 391), 19 sont sélectionnées pour un inventaire complet de la végétation à l'intérieur d'un cercle de 10 m². Toutes les espèces végétales présentes dans ce cercle sont inventoriées selon la méthode utilisée par le MBD pour son réseau de

Fig. 16 : Les 170 carrés d'échantillonnage du programme ALL-EMA (à droite) ont été choisis parmi les surfaces du réseau de mesure « Diversité des espèces dans les paysages » du programme MBD (à gauche)



mesure « Diversité des espèces dans les habitats » (y compris l'estimation du degré de recouvrement), mais à raison d'un seul passage par an. Au total, ce niveau d'échantillonnage est composé d'environ 3230 surfaces de relevé.

Les relevés, qui sont synchronisés avec ceux du MBD, sont répétés tous les cinq ans. Le premier cycle de relevés a couvert la période 2015-2019; un deuxième cycle est prévu pour la période 2020-2024.

- Module d'évaluation des surfaces de promotion de la biodiversité (SPB):
- dans chaque carré d'échantillonnage du programme de base, le module sélectionne au maximum 14 SPB pour en déterminer le type de milieux naturels et y pratiquer un relevé complet de la végétation. La localisation des SPB se fonde sur des données géoréférencées mises à jour chaque année. L'échantillonnage est renouvelé avant chaque période de relevés, ce qui permet d'obtenir des échantillons indépendants (sans lien entre eux).

Paramètres/indicateurs :

ALL-EMA utilise une quarantaine d'indicateurs pour recenser les cinq valeurs cibles suivantes :

- diversité des espèces ;
- espèces indicatrices de la qualité (notamment présence d'espèces OEA [objectifs environnementaux pour l'agriculture]);
- diversité des milieux naturels et des structures ;
- qualité biologique des milieux naturels et des structures ;
- qualité des SPB en ce qui concerne les milieux, les structures et les espèces

Publications de référence :

- Riedel S., Meili E. (Red.) 2018: Methodenbericht ALL-EMA Arten und Lebensräume Landwirtschaft – Espèces et milieux agricoles. Agroscope, Zurich. Agroscope Science n° 57 : 31 p.

Site Internet : www.all-ema.ch

Renseignements :

OFEV, division Espèces, écosystèmes, paysages, aoel@bafu.admin.ch

Agroscope, groupe de recherche Paysage agricole et biodiversité, info@agroscope.admin.ch

OFAG, secteur Systèmes agroenvironnemental et éléments fertilisants, info@blw.admin.ch

Recoupements/référence à d'autres projets

Comme les relevés de végétation dans les cercles de 10 m² sont pratiqués selon une méthode similaire à celle du WBS (3.2) et du MBD (3.1), les données des trois programmes peuvent être dépouillées ensemble. Grâce aux 3230 surfaces de relevé d'ALL-EMA délimitées exclusivement dans la zone agricole, il est possible de faire des constats différenciés sur l'évolution de la biodiversité dans différents types de milieux naturels, ainsi que des analyses ventilées en fonction des zones de difficulté agricoles ou des principales régions des OEA. Les données collectées par ALL-EMA dans le cadre de ses relevés de végétation sont enregistrées également dans la base de données d'Info Flora, si bien qu'elles sont disponibles pour des analyses plus poussées sur la distribution des espèces de plantes vasculaires.

4.3.2 Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA)

Présentation

lancé en 2011, NAWA est un programme de monitoring de la Confédération et des cantons qui permet de documenter et d'évaluer l'état et l'évolution de la qualité des eaux de surface à l'échelle de la Suisse.

Il comprend deux modules consacrés à l'étude des cours d'eau :

- *NAWA TREND*: réseau de base dédié à la surveillance à long terme, comprenant pour l'essentiel des stations de mesure cantonales existantes; il est formé d'une centaine de stations situées sur des cours d'eau ayant un bassin versant de plus de 25 km², complétées depuis 2019 par une vingtaine de nouvelles stations situées principalement sur des petits cours d'eau; échantillonnage mensuel pour les relevés physico-chimiques, échantillons composites (de 3,5 jours à deux semaines) pour les relevés de micropolluants au niveau d'une trentaine de stations, relevés biologiques et écomorphologiques tous les quatre ans, rele-

vé annuel du macrozoobenthos au printemps et en été par les stations mesurant les micropolluants dans les petits cours d'eau, relevé continu du débit par des stations hydrométriques voisines.

- *NAWA SPE* : campagnes de mesure limitées dans le temps permettant d'étudier certains problèmes particuliers en appliquant des méthodes et des systèmes d'analyse appropriés ; *NAWA SPE 2012* : pesticides dans des cours d'eau de taille moyenne, *NAWA SPE 2015/2017* : produits phytosanitaires dans des petits cours d'eau, *NAWA SPE 2018/2019* : état biologique de petits cours d'eau.

Paramètres/indicateurs :

NAWA TREND se fonde sur les méthodes du système modulaire gradué (SMG) pour mesurer diverses grandeurs contribuant à l'évaluation de l'état écologique (Tab. 4). Parmi ces grandeurs, les paramètres biologiques ci-après sont essentiels à l'étude des problématiques liées à la biodiversité :

- macrozoobenthos : relevé des macroinvertébrés au niveau des familles, avec calcul des indices standar-

disés IBCH et $SPEAR_{\text{pesticide}}$; certains groupes d'invertébrés (larves d'éphémères, de plécoptères et de trichoptères [groupe EPT]) sont déterminés au niveau de l'espèce, ce qui permet de formuler des interprétations plus poussées ;

- diatomées : prélèvements couplés à ceux du macrozoobenthos, préparation en laboratoire avec détermination au niveau de l'espèce, calcul de l'indice standardisé DI-CH ; relevés complétés par la détermination de la tératologie des valves (taux de malformations) ;
- poissons : échantillonnage au moyen de la pêche électrique, appréciation de la composition de l'ichtyofaune et des espèces dominantes parmi les poissons pêchés, de la structure et de la densité des populations des espèces indicatrices, ainsi que des déformations et des anomalies ;
- plantes aquatiques : relevé des macrophytes (plantes vasculaires, mousses et algues macroscopiques), détermination des espèces et de leur fréquence (taux de recouvrement), catégorisation selon le type de végétation (algues filamenteuses, bryophytes, hélo-

Tab. 4 : Vue d'ensemble des données relevées selon le SMG

Module	Période/moment des relevés	Données de base	Appréciation
Analyses physico-chimiques, nutriments (Liechti 2010)	Tout au long de l'année	Concentration de substances	5 classes
Macrozoobenthos – niveau R (Stucki 2010)	Au printemps ; aux stations servant à mesurer les micropolluants ; relevés complétés durant l'été	Diversité et abondance des espèces	5 classes
Diatomées – niveau R (Hürtlimann & Niederhauser 2007)	Au printemps	Diversité et abondance des espèces	5 classes
Poissons – niveau R (Schager & Peter 2004)	Fin de l'été et automne	Variété et abondance des espèces, classes d'âge et autres caractéristiques	5 classes
Plantes aquatiques (Känel et al. 2018)	De juin à septembre	Diversité et abondance des espèces	5 classes
Aspect général (Binderheim & Göggel 2007)	Au printemps	Atteintes macroscopiques	3 classes
Écomorphologie – niveau R, aux stations de mesure (OFEFP 1998)	Au printemps	Structure du fond du lit, de la berge et de la rive	4 classes (sans la catégorie « enterré »)
Composés traces (en préparation)	En continu, dans des échantillons composites de 3,5 jours à deux semaines	Concentration de substances	5 classes

phytes, plantes à feuilles flottantes, plantes vasculaires submergées), appréciation des résultats.

Publications de référence :

- OFEV (2013): NAWA – Observation nationale de la qualité des eaux de surface. Cours d'eau. Office fédéral de l'environnement, Berne. Connaissance de l'environnement n° 1327 : 72 p.
- Kunz M., Schindler Wildhaber Y., Dietzel A., Wittmer I., Leib V. (2016): État des cours d'eau suisses. Résultats de l'Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA) 2011–2014. Office fédéral de l'environnement, Berne. État de l'environnement n° 1620 : 92 p.
- Rapports techniques NAWA TREND disponibles sous www.bafu.admin.ch > *Thèmes* > *Eaux* > *Informations pour spécialistes* > *État des eaux* > *Qualité des cours d'eau* > *Biologie des cours d'eau* > *Informations complémentaires* > *Documents*
- **Lien Internet :** www.bafu.admin.ch *Thèmes* > *Eaux* > *Données, indicateurs, cartes* > *Eaux : Réseaux d'observation* > *Observation nationale de la qualité des eaux de surface (NAWA)*
- **Renseignements :**
OFEV, division Eaux, wasser@bafu.admin.ch

Recoupements/référence à d'autres projets

Étant donné que le macrozoobenthos est inventorié selon une méthode standardisée, les relevés des programmes NAWA et MBD (réseau de mesure « Diversité des espèces dans les cours d'eau » (3.1) sont complémentaires. NAWA étudie principalement les grands cours d'eau avec des numéros d'ordre à partir de 3 (selon Strahler), tandis que le MBD analyse proportionnellement plus de petits cours d'eau (près de la moitié des lieux d'échantillonnage se situent dans des cours d'eau avec un numéro d'ordre 2).

Les données NAWA relatives au macrozoobenthos alimentent la base de données sur les macroinvertébrés MIDAT. Cette base rassemble les données cantonales et fédérales concernant le macrozoobenthos des cours d'eau, avec pour objectif de simplifier l'échange de données entre les cantons et de donner un bon aperçu de la qualité actuelle et passée du réseau hydrographique

suisse. Grâce à la concordance des méthodes utilisées pour les relevés des programmes nationaux NAWA et MBD et pour les relevés spécifiques des cantons, la Suisse dispose d'un ensemble complet de données (5.2). MIDAT est gérée par info fauna - CSCF www.cscf.ch > *Projets* > *Macrozoobenthos* > *Bases de données MIDAT*.

4.3.3 Inventaire forestier national (IFN)

Description succincte :

L'Inventaire forestier national (IFN) recense l'état et l'évolution de la forêt suisse sur la base d'une stratégie d'échantillonnage à deux niveaux :

- relevés de terrain : réseau d'échantillonnage régulier avec des mailles de 1,4 km, comprenant environ 6500 placettes de 200 m² (Fig. 17) ;
- télédétection : interprétation de photographies aériennes sur la base d'un réseau régulier d'échantillonnage avec des mailles de 1,4 km ; création de cartes nationales couvrant toute la surface du territoire (p. ex. modèle de la hauteur de la végétation ou modèle du degré de mixité des forêts).

Les quatre premiers inventaires ont été réalisés au cours des périodes suivantes : IFN1 1982-1986, IFN2 1993-1995, IFN3 2004-2006, IFN4 2009-2017. Le travail de terrain pour le cinquième inventaire est en cours depuis 2018.

Paramètres/indicateurs :

l'IFN recense une multitude de paramètres à partir desquels sont calculés 64 indicateurs, répartis en six catégories : ressources forestières, santé et vitalité, production de bois, diversité biologique, forêt protectrice, socioéconomie. Les indicateurs de la diversité biologique sont les suivants :

- diversité des espèces ligneuses (nombre d'essences dans la strate supérieure, nombre d'espèces ligneuses [arbres et buissons], présence d'essences de grande valeur écologique, diversité des espèces ligneuses dans la lisière) ;
- diversité structurelle (degré de fermeture/densité du peuplement, âge des arbres et des peuplements [part de vieux peuplements], microhabitats des arbres, longueur et qualité des lisières, etc.) ;

- régénération;
- essences introduites, néophytes envahissantes;
- bois mort (volume et qualité);
- aspect proche de l'état naturel et valeur du biotope (forêts intactes [surface forestière sans intervention depuis plus de 50 ans], aspect naturel de la part des résineux dans l'aire de feuillus, valeur du biotope et de l'écotone [considération combinée de plusieurs paramètres]);
- forêts protégées (forêts de protection de la nature).

En plus de ces indicateurs, les différents inventaires ont également permis de procéder à des relevés spéciaux pour quelques espèces choisies, par exemple pour les lichens épiphytes (IFN3) et pour la fourmi rousse des bois (IFN4). Des espèces de champignons vivant sur le bois mort sont en outre inventoriées depuis l'IFN3 et le recensement de quatre herbacées néophytes envahissantes sera introduit dans l'IFN5.

Publications de référence :

- Brändli U.-B. (Red.) (2010) : Inventaire forestier national suisse. Résultats du troisième inventaire 2004-2006. Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL (Birmensdorf) et Office fédéral de l'environnement OFEV (Berne) : 312 p.
- Brassel P., Brändli U.-B. (Red.) (1999) : Inventaire forestier national suisse. Résultats du deuxième inventaire 1993-1995. Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL (Birmensdorf) et Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage OFEFP (Berne). Haupt Verlag, Berne : 442 p.

Site Internet : www.lfi.ch

Renseignements :

OFEV, division Forêts, wald@bafu.admin.ch
WSL, wslinfo@wsl.ch

Recoupements/référence à d'autres projets

Étant donné qu'une partie du réseau de l'IFN se superpose à des surfaces d'échantillonnage du programme MBD (réseau de mesure «Diversité des espèces dans les habitats», 3.1), il est possible d'étudier l'existence éventuelle de schémas généraux dans le rapport entre la richesse en espèces et la structure forestière (p. ex. den-

sité du peuplement, degré de fermeture des houppiers, taux de recouvrement de la végétation au sol, ratio entre les feuillus et les résineux, etc.). L'analyse des données provenant de ces 381 surfaces communes montre que les paramètres relatifs aux propriétés de la station et à la structure forestière ne peuvent expliquer que partiellement la diversité des espèces de plantes vasculaires, de mousses et de mollusques qui est dominante à petite échelle (Brändli et al. 2007). Des comptages directs sur le terrain restent donc indispensables. Pour des études sur la diversité des espèces, les données sur la structure forestière peuvent toutefois fournir de précieuses informations complémentaires. À titre d'exemple, la combinaison des données de l'IFN et du MBD a montré qu'une bonne offre en lumière (exprimée par la densité de peuplement ou par le degré de fermeture des houppiers) favorise la richesse en espèces de plantes vasculaires.

Fig. 17 : Répartition des quelque 6500 placettes de l'IFN



Source : IFN

4.3.4 Observatoire national des sols (NABO)

l'Observatoire national des sols (NABO) est un programme de monitoring axé sur le long terme. Il a pour objectif le relevé et l'appréciation des contraintes chimiques, physiques et biologiques auxquelles sont exposés les sols à l'échelle du pays. Le NABO comprend deux volets :

- *monitoring direct* : le réseau de mesure NABO comprend 110 sites d'observation à long terme (Fig. 18) répartis sur tout le territoire et représentatifs des combinaisons de paramètres (exploitation du sol,

type de sol, géologie, étage altitudinal, autres propriétés de la station) qui sont caractéristiques de la Suisse. La moitié des sites environ fait l'objet d'une exploitation agricole intensive (grandes cultures, cultures maraîchères, cultures fruitières, viticulture, herbages intensifs), un cinquième se trouve sur des surfaces exploitées de façon extensive ou peu intensive (p. ex. pâturages et alpages) et un tiers environ se situe en forêt. Deux sites sont aménagés dans des parcs urbains. Les relevés sont effectués à l'intérieur de surfaces d'échantillonnage de 10 × 10 m, à une profondeur de 0-20 cm (ou parfois de 0-70 cm); ils sont répétés tous les cinq ans (depuis 1985);

- *modélisation des cycles des substances* : relevé des apports et des exports de polluants par les engrais minéraux, les engrais de ferme, les produits phytosanitaires, la pollution de l'air et les récoltes sur 48 parcelles agricoles du réseau NABO; calcul de bilans de substances.

Paramètres/indicateurs :

le monitoring direct permet de manière standard de relever les paramètres suivants : teneur totale en métaux lourds, valeur de pH, teneur en carbone organique, paramètres physiques complémentaires (teneur en eau et densité apparente de la terre fine). D'autres données sont également recueillies sur certains sites choisis du NABO : résistance à la pénétration, paramètres microbiologiques (biomasse microbienne et respiration basale), composition des communautés de champignons et de bactéries déterminée à l'aide d'analyses de génétique moléculaire (metabarcoding avec extraction et séquençage de l'ADN) et teneur en éléments nutritifs. Depuis 2019, un monitoring est en cours de développement pour les résidus de produits phytosanitaires présents dans les sols.

Publications de référence :

- Gubler A., Schwab P., Wächter D., Meuli R. G., Keller A. (2015) : Observatoire national des sols (NABO) 1985 à 2009. État et évolution des polluants inorganiques et des paramètres associés aux sols. Office fédéral de l'environnement, Berne. État de l'environnement n° 1507 : 81 p.
- Hug A. S., Gubler A., Gschwend F., Widmer F., Oberholzer H., Frey B., Meuli R. G. (2018) : NABObio –

Bodenbiologie in der Nationalen Bodenbeobachtung, Ergebnisse 2012 – 2016, Handlungsempfehlungen und Indikatoren (en allemand). Agroscope, Zurich. Agroscope Science n° 63 : 55 p.

Site Internet : www.nabo.ch

Renseignements :

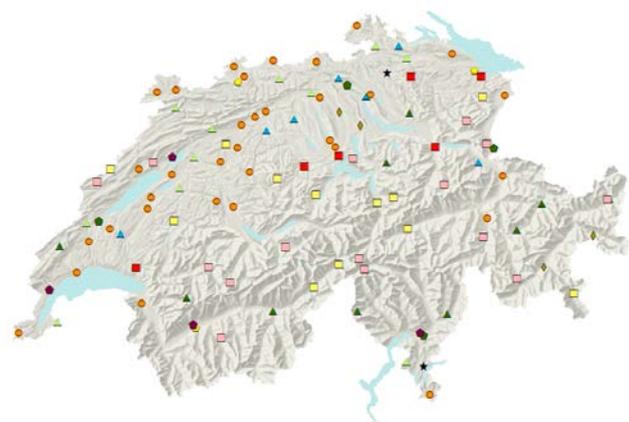
OFEV, division Sols et biotechnologie,
boden@bafu.admin.ch
 Agroscope, Observatoire national des sols,
info@agroscope.admin.ch

Recoupements/référence à d'autres projets

Dans le cadre d'une campagne de mesure réalisée de 2011 à 2015, des échantillons de sol ont été prélevés sur environ 1100 sites du réseau « Diversité des espèces dans les habitats » du programme MBD (3.1). Le NABO a d'abord étudié le pH, la teneur en carbone organique et en azote total, le rapport C/N, la capacité d'échange cationique et la texture du sol (Meuli et al. 2017). Des analyses de génétique moléculaire ont ensuite été réalisées sur 255 échantillons afin de recenser les communautés de champignons et de bactéries. D'autres analyses restent à effectuer. Grâce à l'aide du NABO, les relevés de plantes vasculaires, de mousses et de mollusques du MBD peuvent désormais être mis en relation avec des caractéristiques pédologiques.

L'Observatoire national des sols assure l'exploitation du Système national d'information pédologique NABODAT, dont le but est de regrouper et d'harmoniser des données sur la qualité du sol émanant de différentes sources et de les rendre disponibles pour d'autres besoins. Publié en décembre 2018, le Catalogue des cartographies offre pour la première fois une vue complète des projets de cartographie des sols réalisés en Suisse (www.nabodat.ch > Services > Catalogue des cartographies > Carte).

Fig. 18 : Répartition des sites du NABO par catégorie d'utilisation



Source : NABO

4.3.5 Autres données de base pour des analyses de la biodiversité

Statistique suisse de la superficie

Grâce à la statistique de la superficie, l'Office fédéral de la statistique (OFS) collecte périodiquement, depuis les années 1980, des informations sur l'utilisation et la couverture du sol en Suisse. Cette statistique est établie à partir de photographies aériennes de swisstopo auxquelles on superpose une grille de points équidistants de 100 mètres sur le terrain. Le résultat est un quadrillage composé de 4,1 millions d'échantillons ponctuels. Les relevés effectués sont préparés pour les systèmes d'information géographiques (SIG) sous la forme de géodonnées avec une résolution hectométrique. Les paramètres recensés sont les suivants :

Utilisation du sol : 46 catégories, regroupées dans quatre domaines principaux et dix classes :

- habitat et infrastructure : aires de bâtiments, surfaces de transport, surfaces d'infrastructure spéciale, espaces verts et lieux de détente ;
- agriculture : arboriculture, viticulture, horticulture, cultures fourragères et grandes cultures, alpages ;
- aires boisées : forêt ;

- aires improductives : lacs et cours d'eau, terres improductives.

Couverture du sol : 27 catégories, regroupées dans six domaines principaux :

- surfaces non naturelles ;
- végétation herbacée ;
- végétation buissonnante ;
- végétation d'arbres ;
- surfaces sans végétation ;
- plans d'eau et surfaces humides.

Lien Internet : www.bfs.admin.ch > Services > GEOSTAT > Géodonnées de la statistique fédérale > Statistique suisse de la superficie.

Modèle topographique du paysage (MTP)

Le modèle topographique du paysage (MTP) est le cœur de la production de géodonnées à l'échelle nationale. Il sert de base à l'élaboration des cartes nationales ainsi qu'à une large gamme d'applications territoriales. Le MTP comprend les objets, naturels et artificiels, marquant le paysage suisse – tels que les bâtiments, les routes, les cours d'eau, etc. Sa banque de géodonnées contient plus de quinze millions d'objets, décrits en trois dimensions avec leur forme et leur situation (vecteurs tridimensionnels de points, de lignes ou de surfaces). La saisie et la mise à jour du MTP s'effectuent sur la base de photographies aériennes actuelles. Les objets bien définis tels que les maisons et les routes ont une précision spatiale décimétrique ; pour les objets moins clairement délimités comme les lisières de forêt, la précision peut varier d'un à trois mètres. Le MTP fait l'objet de développements successifs depuis 2008.

Les données du MTP utiles à l'analyse de la biodiversité sont notamment les données sur la couverture du sol (p. ex. zones urbanisées, zones de forêts, glaciers), sur les cours d'eau et les eaux dormantes (représentés dans leur intégralité sous forme d'objets lignes), sur certains éléments de végétation (p. ex. arbres isolés, rangées d'arbres et de buissons) et sur diverses petites formes morphologiques (p. ex. bosquets).

Lien Internet : www.swisstopo.admin.ch > Connaissances et faits > Le modèle topographique du paysage MTP.

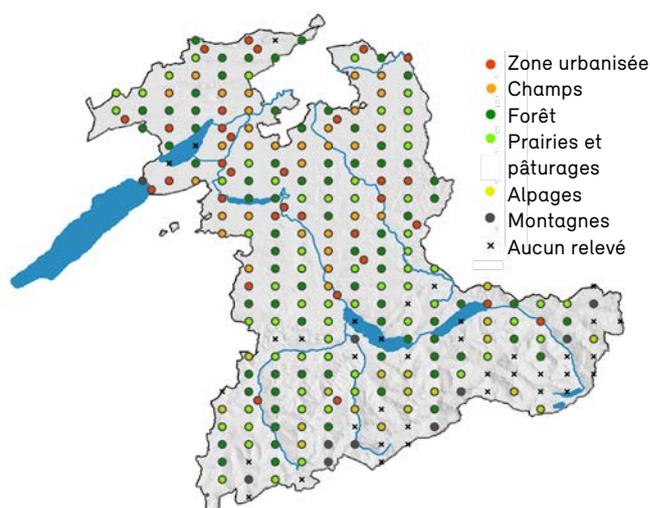
5 Évaluations à partir de données disponibles

Les données collectées par les programmes nationaux peuvent être utilisées également pour des analyses au niveau régional. Si la résolution spatiale des relevés nationaux n'est pas suffisante pour une analyse à l'échelle d'une région ou d'un canton, il est possible, selon les circonstances, de combiner des données provenant de plusieurs programmes différents. Il est alors utile que les programmes aient des méthodes de relevé compatibles entre elles. Les exemples présentés ci-après illustrent les approches possibles.

5.1 Analyse « État et évolution de la biodiversité dans le canton de Berne »

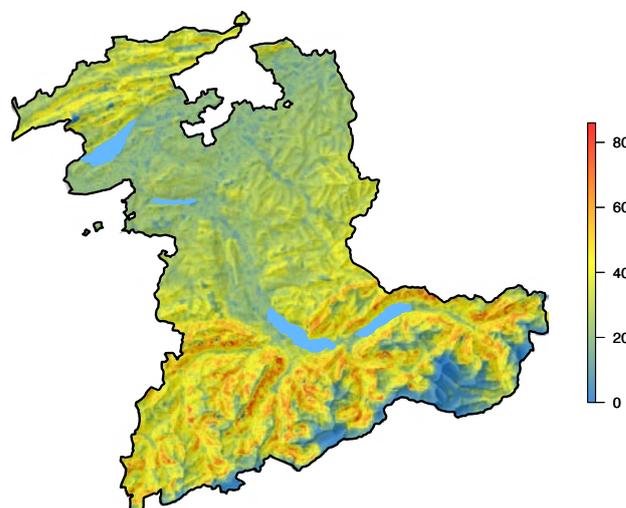
Le canton de Berne possède son propre programme cantonal de monitoring de la biodiversité. À l'heure actuelle, le suivi des effets des mesures de conservation de la nature s'appuie sur des contrôles de résultats se rapportant à des cas individuels, généralement spécifiques à un objet. Afin de pouvoir tirer des conclusions plus générales sur l'état actuel et l'évolution tendancielle de la biodiversité, le Service de la promotion de la nature du canton de Berne a commandé en 2014 une analyse des données du MBD axée spécifiquement sur le canton. Les évaluations, basées uniquement sur des données déjà disponibles, ont mis en lumière ce qu'il est possible de réaliser avec des ressources financières limitées (Plattner et al. 2014). En raison de sa taille, le canton de Berne présente l'avantage d'accueillir sur son territoire un grand nombre de surfaces d'échantillonnage du programme national MBD (3.1), en l'occurrence 56 surfaces de 1 km² appartenant au réseau de mesure « Diversité des espèces dans les paysages » et 223 surfaces d'échantillonnage appartenant au réseau de mesure « Diversité des espèces dans les habitats » (Fig. 19). Comme le canton de Berne présente une grande diversité de paysages, les évaluations doivent toutefois être différenciées par région biogéographique (Jura, Plateau, Préalpes et nord des Alpes) et par type de milieux naturels, afin qu'il soit possible de formuler des interprétations pertinentes.

Fig. 19 : Localisation des 223 surfaces d'échantillonnage du MBD (réseau de mesure « Diversité des espèces dans les habitats ») situées dans le canton de Berne, avec distribution par type de milieux naturels



Source : MBD

Fig. 20 : Modèle de la répartition spatiale actuelle (état) des quantités moyennes d'espèces de papillons diurnes par km² dans le canton de Berne



Source : MBD

C'est ainsi, par exemple, que le nombre moyen d'espèces de plantes vasculaires inventoriées sur des surfaces d'échantillonnage de 10 m² situées dans le canton de Berne a pu être comparé, pour les différents types de milieux, avec la moyenne nationale correspondante. La comparaison montre que le nombre moyen d'espèces inventoriées sur des alpages, des pelouses alpines et des surfaces d'éboulis situées dans le canton de Berne (44 espèces) est supérieur d'un tiers environ au nombre recensé dans le reste de la Suisse (30 espèces). Cette plus grande diversité d'espèces dans les Alpes bernoises s'explique probablement par la forte proportion de zones calcaires riches en espèces et par le mélange d'une flore des milieux humides et d'une flore des milieux xérophiles.

Fig. 21 : Localisation de tous les sites d'étude (n = 406) pris en compte pour la période 2005-2013, classés selon la provenance des données



Quelle : Leib (2015b)

Les quantités d'espèces permettent d'identifier des « modèles de diversité des espèces » mettant en évidence les facteurs environnementaux qui influencent notablement la diversité des espèces, par exemple l'altitude, la température annuelle moyenne et l'utilisation du sol. Ces connaissances sont utilisées pour prédire (extrapoler) les quantités d'espèces sur la surface totale et pour localiser les hotspots de la diversité des espèces en fonction de la répartition géographique des facteurs environnementaux déterminants (Fig. 20). Les cartes ainsi obtenues peuvent être exploitées par exemple pour délimiter des zones prioritaires de préservation de la biodiversité.

L'analyse montre qu'il est possible, dans le cadre d'une stratégie d'échantillonnage systématique, d'utiliser les données du MBD (et d'autres données relevées dans des réseaux d'échantillonnage réguliers) pour réaliser des évaluations spécifiques à une région donnée. Une telle procédure est toutefois déconseillée pour les cantons de petite taille, car l'interprétation d'un petit volume d'échantillons est associée à une grande imprécision statistique ; dans ce cas, il est recommandé d'inventorier des surfaces supplémentaires (densification du réseau d'échantillonnage) pour pouvoir formuler des interprétations générales, à l'instar du monitoring de la biodiversité en Thurgovie (6.2).

5.2 Évaluation du macrozoobenthos dans les petits cours d'eau

Sur mandat de l'OFEV, le service de l'environnement et de l'énergie du canton de Saint-Gall a procédé à l'évaluation de l'état biologique des petits cours d'eau (Leib 2015a et b). Bien que les cours d'eau avec un numéro d'ordre 1 ou 2 selon Strahler constituent environ trois quarts des tronçons du réseau hydrographique suisse et remplissent des fonctions écologiques fondamentales, leur étude à l'échelle de la Suisse faisait encore défaut. L'étude devait déterminer dans quelle mesure les petits cours d'eau atteignent les objectifs écologiques définis selon le SMG et s'il existe un lien avec l'exploitation des sols dans les bassins versants considérés.

L'évaluation a pris en compte toutes les données sur le macrozoobenthos recueillies entre 2005 et 2013 par les services cantonaux de la protection des eaux et par le programme national MBD. Ont été analysés au total 709 échantillons prélevés sur 406 sites d'étude (Fig. 21). Comme les cantons ont utilisé plusieurs indices différents pour apprécier l'état des eaux (p. ex. Macroindex, indice de saprobie, IBGN, IBCH), la variable binaire « objectif écologique atteint/non atteint » a été choisie comme valeur cible. L'évaluation s'est également fondée sur l'analyse de l'exploitation des sols de Strahm et al. (2013), qui donne des indications sur la possible pollution d'un bassin versant. Cette analyse s'appuie sur un jeu de données SIG complet, qui met les bassins versants des cours d'eau en rapport avec l'exploitation des sols (base : couverture du

sol selon la carte VECTOR25 de swisstopo et selon la statistique de la superficie de l'OFS) et avec l'étage altitudinal (base : modèle numérique du terrain de swisstopo).

L'étude a montré que 49 % des échantillons prélevés ne remplissent pas les objectifs et les exigences du SMG (Tab. 5). Ce chiffre total est à nuancer en fonction de la stratégie de prélèvement : 34 % des échantillons du MBD (qui sont prélevés indépendamment de l'exploitation du sol et d'une éventuelle situation de pollution) n'atteignent pas les objectifs, contre 55 % des échantillons des services cantonaux spécialisés (qui sont prélevés en grande partie dans les zones d'exploitation intensive du Plateau et, pour certains, sur des sites choisis en raison d'une présomption de pollution des eaux). Cet écart important s'explique par le fait que les investigations des services cantonaux

ont pour but d'établir ou de contrôler des pollutions présumées ou connues (dans la perspective d'une meilleure exécution), tandis que les relevés du MBD visent à fournir une image représentative de l'état des eaux. De plus, la répartition des données du MBD par classe d'altitude montre clairement que les déficits biologiques les plus importants se situent à basse altitude, particulièrement sur le Plateau : parmi les échantillons du MBD prélevés à moins de 600 mètres d'altitude, 42 % n'atteignent pas les objectifs écologiques du SMG (Tab. 5). Parce qu'elles ont été relevées sur la base d'une stratégie d'échantillonnage régulière, les données du MBD permettent des interprétations générales, par exemple par étage altitudinal, qui servent de valeurs comparatives aux services cantonaux spécialisés.

Tab. 5 : Vue d'ensemble des données relatives à la réalisation des objectifs écologiques du système modulaire gradué (SMG)

Présentation du jeu de données complet (tous les échantillons indépendamment de la méthode de relevé et d'évaluation), puis présentation différenciée par source de données : jeu de données du MBD (évaluation sur la base de l'indice IBCH, méthode de calcul de 2010) et jeu de données des services cantonaux de la protection des eaux (d'abord tous les échantillons indépendamment de la méthode de relevé et d'évaluation, puis seulement les échantillons évalués sur la base de l'indice IBCH, pour une meilleure comparabilité des données). La légère hausse de la non-réalisation des objectifs écologiques à l'étage subalpin/alpin s'explique par le fait qu'à cet étage l'indice IBCH atteint ses limites, les espèces étant généralement peu nombreuses dans les eaux froides des rivières de montagne.

État des eaux	Étage altitudinal	n	Objectifs écologiques atteints (part en %)	Objectifs écologiques non atteints (part en %)
Jeu de données complet (tous les indices)	total	709	51	49
	0-600m	479	42	58
	601-1200m	110	73	27
	1201-2600m	102	68	32
MBD (indice IBCH)	total	191	66	34
	0-600m	52	58	42
	601-1200m	57	79	21
	1201-2600m	82	63	37
Services cantonaux de la protection des eaux (tous les indices)	total	518	45	55
	0-600m	445	40	60
	601-1200m	53	66	34
	1201-2600m	20	85	15
Services cantonaux de la protection des eaux (indice IBCH)	total	45	33	67
	0-600m	40	35	65
	601-1200m	5	20	80
	1201-2600m	0	-	-

Grâce à l'analyse de l'exploitation des sols, l'étude a permis d'examiner de plus près le rapport entre l'utilisation agricole au niveau d'un bassin versant et la réalisation des objectifs écologiques au niveau des eaux. Il en ressort qu'une plus grande proportion de terres ouvertes, fruitières et viticoles a tendance à impacter négativement l'état des eaux, tandis qu'une plus grande proportion de surfaces herbagères dans le bassin versant a tendance à l'impacter positivement (meilleure appréciation). Cela démontre que le rapprochement de mesures ponctuelles et de jeux de données complets SIG recèle un réel potentiel d'analyse.

5.3 Indice pour les papillons diurnes : combinaison de données du CSCF et du MBD

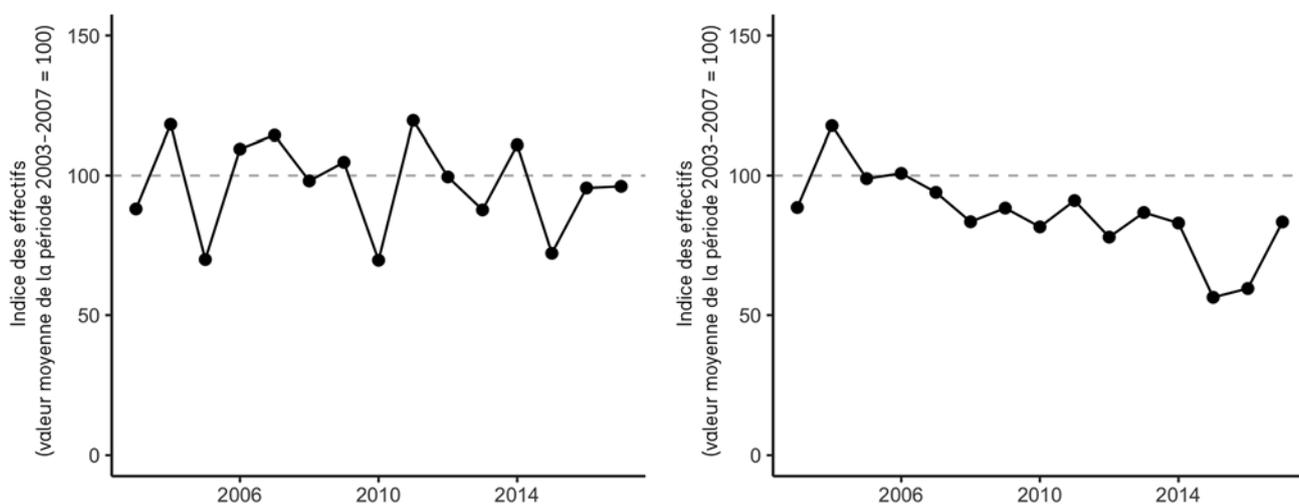
Le Swiss Bird Index SBI® de la Station ornithologique suisse (3.3.4) a démontré son efficacité en tant que baromètre de l'état de l'avifaune. Il consiste dans un premier temps à calculer les tendances d'effectifs du plus grand nombre d'espèces possible et, dans un second temps, à déterminer la tendance spécifique à un groupe d'espèces en se référant à plusieurs espèces lui appartenant. Les groupes d'espèces peuvent être représentatifs d'un habitat (p. ex. espèces forestières) ou d'objectifs politiques

(p. ex. espèces OEA). Sur mandat de l'OFEV et en collaboration avec info fauna – CSCF, un indice similaire a été créé pour les papillons diurnes.

Dans le MBD, les papillons diurnes sont inventoriés par des spécialistes au moyen de méthodes standardisées, si bien que les données collectées sont de grande qualité. Elles informent sur les sites où les espèces sont présentes, mais également sur les secteurs dont elles sont absentes. Ces données sont donc idéales pour calculer des tendances d'effectifs réalistes, différenciées par espèce. Toutefois, comme les surfaces d'échantillonnage du réseau de mesure MBD « Diversité des espèces dans les paysages » couvrent à peine 1 % de la superficie totale de la Suisse, seules les espèces relativement communes sont présentes sur un nombre suffisant de surfaces d'échantillonnage pour permettre une interprétation précise de l'évolution de leurs effectifs. Selon une estimation optimiste, les données disponibles sont suffisantes pour la moitié des espèces de papillons diurnes présentes en Suisse, tout au plus. Pour cette raison, les données du MBD doivent être exploitées conjointement avec celles d'info fauna – CSCF.

Les données du CSCF se distinguent par leur grand nombre et par leur vaste couverture géographique et tem-

Fig. 22 : Évolution des effectifs du grand collier argenté ou *Boloria euphrosyne*, calculée à partir de données du MBD (à gauche) et à partir d'une combinaison de données du CSCF et du MBD (à droite)



porielle, mais leur saisie est soumise à peu de contraintes méthodologiques. Il est donc difficile de faire la distinction entre les secteurs où une espèce n'a pas été signalée et les secteurs dont elle est effectivement absente, notamment parce que le nombre de signalements varie fortement dans l'espace et dans le temps. Il est cependant possible de calculer des tendances d'effectifs réalistes à l'aide de méthodes analytiques adaptées tenant compte de cette situation (van Strien et al. 2013), par exemple en combinant des données du CSCF et des données du MBD (Roth et al. 2014).

L'évaluation combinée de données du CSCF et du MBD a été testée avec une dizaine d'espèces servant d'exemples. Les résultats obtenus sont prometteurs, comme en témoigne le cas du grand collier argenté ou *Boloria euphrosyne* (Fig. 22). On peut donc partir du principe que l'utilisation simultanée de données du CSCF et du MBD permet de calculer des tendances d'effectifs réalistes pour une majorité d'espèces de papillons diurnes présentes en Suisse.

Si la méthode utilisée sait gérer le fait qu'une espèce n'est pas attestée partout où elle est présente, elle présume en revanche que toutes les attestations d'espèces sont des attestations exactes. Les identifications inexactes peuvent donc être dommageables. Pour cette raison, il est nécessaire de toujours vérifier avec un esprit critique les tendances d'effectifs produites par la méthode, avant de pouvoir calculer les tendances moyennes de groupes d'espèces pertinents. Au stade actuel du projet, les tendances d'effectifs sont calculées pour le plus grand nombre d'espèces possibles et leur vraisemblance est vérifiée par des experts.

6 Programmes se référant aux monitorings nationaux

L'existence de méthodes éprouvées profite également à d'autres relevés prenant modèle sur les programmes nationaux. Les données collectées sont facilement comparables entre elles et peuvent être mises en corrélation avec les résultats des programmes nationaux pour déterminer des tendances à grande échelle.

6.1 Surveillance à long terme de la diversité des espèces dans le paysage ordinaire du canton d'Argovie (LANAG)

6.1.1 Présentation

- Description succincte : surveillance à long terme (évolution dans le temps) de la diversité des espèces dans le canton d'Argovie, axée sur le paysage ordinaire.
- Conception du relevé : réseau régulier composé de 59 surfaces d'échantillonnage de 1 km² chacune (réseau de base pour le relevé des papillons diurnes et des oiseaux nicheurs, analogue au réseau de mesure «Diversité des espèces dans les paysages» du MBD) et de 512 surfaces d'échantillonnage de 10 m² chacune (réseau de relevé des végétaux et des mollusques, analogue au réseau de mesure «Diversité des espèces dans les habitats» du MBD); les relevés sont répétés tous les cinq ans.
- Groupes taxonomiques et début des relevés : oiseaux nicheurs (1995), plantes vasculaires (1996), mollusques (1996), papillons diurnes (1998).
- Publications de référence : Plattner M. (2018) : Zahlen zur LANAG 2018. Rapport de Hintermann & Weber AG sur mandat des divisions Paysage & eaux et Forêt du canton d'Argovie (en allemand)
- Lien Internet : www.ag.ch > Verwaltung > Département Bau, Verkehr und Umwelt > Umwelt, Natur und Landschaft > Natur- und Landschaftsschutz > Arten und Lebensräume > Erfolgskontrolle und Dauerbeobachtung > LANAG/Kesslerindex (site en allemand)
- Organisme responsable/financement : Département Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung Landschaft und Gewässer et Abteilung Wald, canton d'Argovie

- Renseignements : Département Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung Landschaft und Gewässer, alg@ag.ch

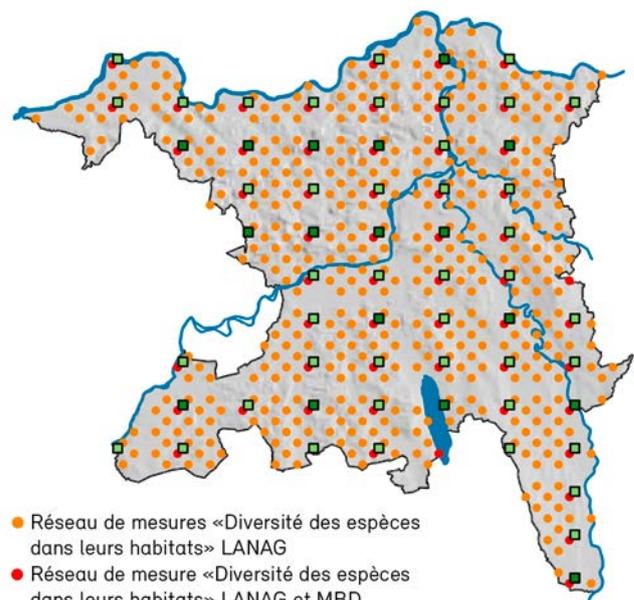
6.1.2 Description du programme

Le programme LANAG a pour but de répondre aux questions suivantes :

- dans quelle mesure le paysage du canton d'Argovie est-il riche en espèces ?

Fig. 23 : Les deux réseaux de mesure des relevés LANAG

Sont illustrés le réseau de mesure «Diversité des espèces dans les paysages» composé de 59 surfaces d'échantillonnage de 1 km² (carrés) et le réseau de mesure «Diversité des espèces dans les habitats» composé de 512 surfaces d'échantillonnage de 10 m² (points). Sur cette grille, 17 surfaces de 1 km² et 56 surfaces de 10 m² sont inventoriées également par le programme national MBD. Ne sont pas représentées les surfaces supplémentaires situées dans des réserves forestières naturelles et dans des secteurs caractérisés par une forte proportion de prairies et de pâturages secs ou de surfaces *Labiola*.



- Réseau de mesures «Diversité des espèces dans leurs habitats» LANAG
- Réseau de mesure «Diversité des espèces dans leurs habitats» LANAG et MBD
- Réseau de mesure «Diversité des espèces dans les paysages» LANAG
- Réseau de mesure «Diversité des espèces dans les paysages» LANAG et MBD

Source : LANAG

- comment évolue la diversité des espèces dans les trois types d'utilisation principale « forêt », « zone urbanisée » et « zone agricole » ?
- existe-t-il des différences régionales ?
- quel est l'impact des programmes de protection de la nature sur la diversité des espèces et où faut-il encore agir ?

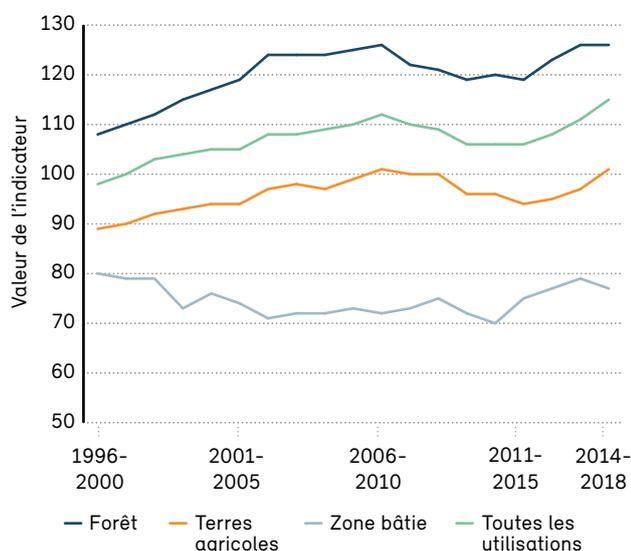
LANAG est le plus ancien programme de monitoring de la biodiversité en Suisse. Il a établi des bases méthodologiques importantes pour le programme national MBD. Depuis toujours, les relevés de plantes vasculaires et de mollusques du programme LANAG sont identiques à ceux de l'indicateur « Diversité des espèces dans les habitats » du MBD. En 2018, la méthode de relevé utilisée pour les oiseaux nicheurs et les papillons diurnes a été entièrement harmonisée avec celle de l'indicateur « Diversité des espèces dans les paysages » du MBD (3.1) dans le but d'exploiter des synergies. Une méthode de relevé uniformisée permet, d'une part, de faire une utilisation commune des bases méthodologiques et, d'autre part, de

comparer les données du canton d'Argovie avec celles de secteurs similaires dans le reste de la Suisse.

Les relevés LANAG ont lieu dans deux réseaux d'échantillonnage réguliers (Fig. 23), complétés par des surfaces délimitées dans des habitats particulièrement précieux ou visés par des mesures spéciales de conservation (densification du réseau de mesure). Depuis 2017, les oiseaux nicheurs et les mollusques sont inventoriés également dans les réserves forestières naturelles. Depuis 2018, les oiseaux nicheurs et les papillons diurnes sont relevés dans des secteurs supplémentaires caractérisés par une forte proportion de prairies et de pâturages secs ou de surfaces Labiola (surfaces de promotion de la biodiversité du programme cantonal Landwirtschaft – Biodiversität – Landschaft [agriculture – biodiversité – paysage]).

Les données recueillies par le programme LANAG permettent chaque année de calculer l'indice Kessler, formé à partir de la valeur moyenne de la richesse en espèces des quatre groupes taxonomiques inventoriés (chaque groupe ayant le même poids que les trois autres). La valeur 100

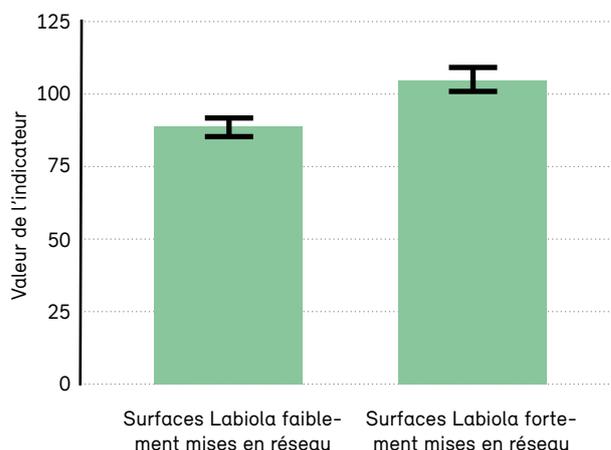
Fig. 24 : Évolution de l'indice Kessler dans le canton d'Argovie
Sont représentées les valeurs moyennes de la période 1996-2018 lissées sur cinq ans pour la forêt, les terres agricoles, les zones bâties ainsi que la somme de toutes les utilisations du sol.



Source: LANAG

Fig. 25 : Évolution de la diversité des espèces en fonction des mesures cantonales de promotion de la biodiversité dans l'agriculture

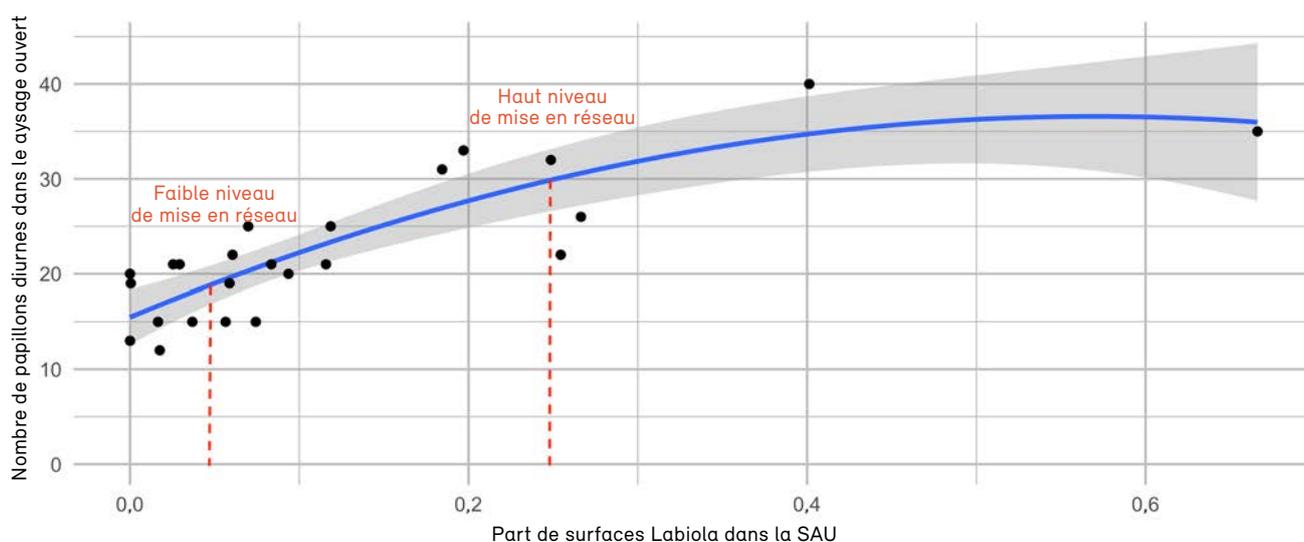
Est représenté l'indicateur Labiola avec un intervalle de confiance de 95 %, calculé à partir des données recueillies sur les surfaces MBD situées en Argovie et sur les surfaces LANAG, avec densification du réseau sur la période 2014-2018 (papillons diurnes = 142, oiseaux nicheurs = 172)



Source: LANAG

Fig. 26 : Exemple d'un modèle de régression permettant de déterminer le nombre de papillons diurnes dans la surface agricole relative aux surfaces Labiola

Bleu = modèle de régression, gris = intervalle de confiance de 95 % ; un faible degré de mise en réseau correspond à une couverture des surfaces Labiola de 5 % de la surface agricole utile, un degré élevé de mise en réseau correspond à 25 % de la surface agricole utile couverte par des surfaces Labiola.



Source : LANAG

de l'indice correspond à une diversité d'espèces équivalant à la moyenne cantonale des années 1996 et 1997. Les valeurs inférieures correspondent à une diversité plus faible, et les valeurs supérieures à une diversité plus grande. L'indice Kessler sert d'indicateur pour la qualité des milieux naturels en Argovie. Il permet de suivre l'état et l'évolution de la diversité des espèces en Argovie, à l'échelle de tout le canton, mais également par type d'utilisation principale (forêt, zone urbanisée, zone agricole) et par région (Jura, vallée fluviale, zone de collines). En ce sens, c'est un instrument important pour la politique cantonale de protection de la nature.

L'indicateur Labiola a été créé en 2018 pour apprécier les résultats des mesures cantonales de conservation de la biodiversité dans l'agriculture. Il est fondé sur le nombre moyen d'espèces de papillons diurnes et d'oiseaux nicheurs présentes au cours d'une saison sur une surface d'échantillonnage de 1 km² située en zone agricole.

6.1.3 Exemple concret d'évaluation des données

Pour le calcul de l'indice Kessler, les données font l'objet d'une interprétation différenciée par type d'utili-

sation principale (forêt, zone urbanisée, zone agricole). L'indice montre que depuis 1996 la diversité des espèces a progressé sur les surfaces forestières et agricoles, tandis qu'elle régresse dans les zones urbanisées (Fig. 24). Ces tendances ont été plus marquées pendant la première décennie de mesures que pendant la deuxième.

L'utilisation de modèles de régression permet de calculer la valeur de l'indicateur Labiola pour les terres cultivables présentant un fort degré de mise en réseau et une part élevée de surfaces cantonales de promotion de la biodiversité (la part de surfaces Labiola représente 25 % de la surface agricole utile) et pour les terres cultivables présentant un faible degré de mise en réseau (5 % de surfaces Labiola) (Fig. 25 et Fig. 26). Ces résultats peuvent être utilisés pour apprécier l'efficacité des mesures de promotion du programme Labiola.

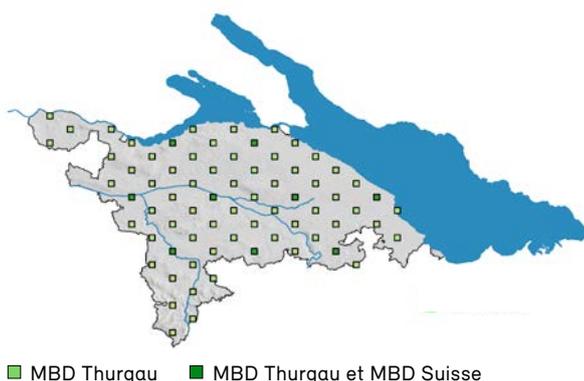
6.2 Monitoring de la biodiversité en Thurgovie (MBD Thurgau)

6.2.1 Présentation

- Description succincte : surveillance à long terme (évolution dans le temps) de la diversité des espèces dans le canton de Thurgovie, axée sur le paysage ordinaire.
- Conception du relevé : réseau régulier composé de 72 surfaces d'échantillonnage de 1 km² chacune, s'inspirant du réseau de mesure « Diversité des espèces dans les paysages » du programme national MBD ; relevés répétés tous les cinq ans. Particularité : cartographie différenciée par type d'utilisation principal (forêt, zone urbanisée, zone agricole avec ou sans fonction de mise en réseau).
- Groupes taxonomiques et début des relevés : oiseaux nicheurs (2009), plantes vasculaires (2009), papillons diurnes (2009).
- Publications de référence : Geisser H., Hipp R. 2018 (Hrsg.): Das Biodiversitätsmonitoring Thurgau – Erste Ergebnisse und Schlussfolgerungen der Erhebungen von 2009 bis 2012 und 2013 bis 2017. Tome 69 de la publication « Mitteilungen der Thurgauischen Naturforschenden Gesellschaft », 40 p. (en allemand)
- Lien Internet (site en allemand) : raumentwicklung.tg.ch > Themen > Natur > Biodiversitätsmonitoring
- Organisme responsable/financement : Amt für Raumentwicklung, canton de Thurgovie
- Renseignements : Amt für Raumentwicklung, Abteilung Natur und Landschaft, sekretariat.are@tg.ch

Fig. 27 : Le MBD TG collecte des données sur 72 surfaces d'échantillonnage de 1 km² chacune

La représentation des surfaces n'est pas à l'échelle



Source : MBD TG (carte de fond : swisstopo)

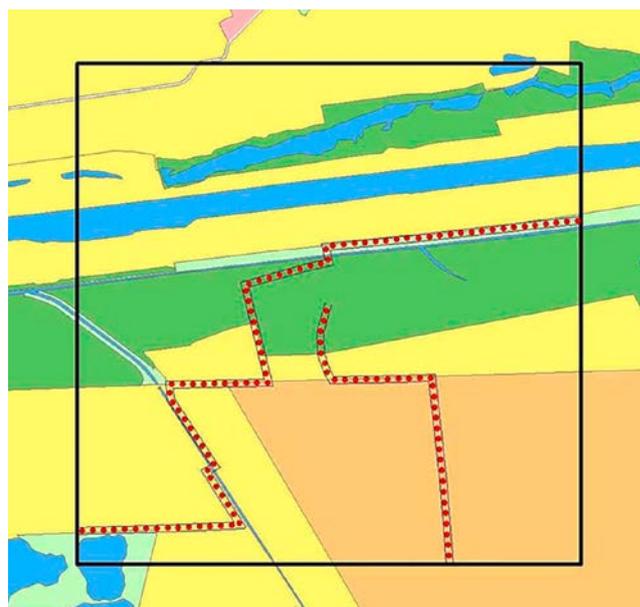
6.2.2 Description du programme

Le MBD Thurgau poursuit les objectifs suivants :

- documenter la diversité actuelle des espèces dans différents types de paysage et détecter les changements ;
- élaborer des bases permettant de contrôler l'efficacité des mesures cantonales de conservation de la biodiversité (contrôle des résultats de la politique cantonale en matière de protection de la nature et d'agriculture, en particulier les résultats du projet cantonal de mise en réseau des terres cultivées).

La stratégie d'échantillonnage du MBD Thurgau est largement inspirée de l'indicateur « Diversité des espèces dans les paysages » du MBD Suisse. Son réseau comprend, en plus des neuf surfaces du MBD national qui existent déjà en Thurgovie, 63 surfaces supplémentaires réparties sur tout le territoire cantonal (densification du réseau

Fig. 28 : Exemple de surface d'échantillonnage du MBD Thurgau
Est représenté un parcours de 2,5 km le long duquel sont relevés les plantes et les papillons diurnes (pointillés rouges) et avec l'attribution des types d'utilisation servant à différencier la cartographie des espèces.



- | | |
|---|---|
| ■ Eaux | ■ Zone agricole sans fonction de mise en réseau |
| ■ Zone agricole avec fonction de mise en réseau | ■ Forêt |
| ■ Zone de protection de la nature | ■ Zone urbanisée |

Source : MBD TG (carte de fond : plateforme ThurGIS du service d'information géographique du canton de Thurgovie)

de mesure ; Fig. 27). À la différence du programme national, le MBD Thurgau établit des listes d'espèces différenciées par type d'utilisation (Fig. 28). Comme la stratégie d'échantillonnage et la méthode de relevé du MBD Thurgau sont quasiment identiques à ceux du MBD Suisse, les données recueillies par le canton peuvent être comparées avec les valeurs caractéristiques du Plateau suisse. Dans la perspective d'analyses plus poussées, elles peuvent également être combinées avec des données provenant d'autres programmes.

Les données du MBD Thurgau permettent les interprétations suivantes :

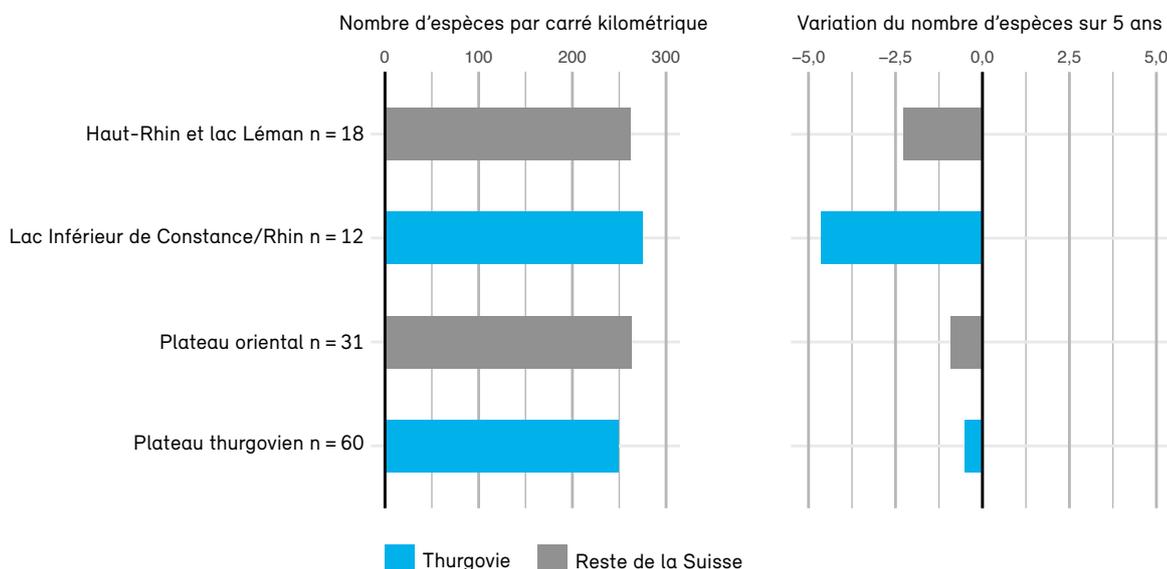
- évolution de la diversité des espèces à l'échelle du paysage et comparaison avec les tendances d'évolution à l'échelle de la Suisse ;
- évolution de la diversité des espèces dans les principaux types d'utilisation (forêt, zone urbanisée, zone agricole), la zone agricole étant subdivisée en secteurs avec fonction de mise en réseau (corridors de mise en réseau) et en secteurs sans fonction de mise en réseau, conformément à la stratégie cantonale de développement du paysage.

6.2.3 Exemples concrets d'interprétation des données

La méthode de relevé, qui a été spécialement adaptée aux besoins du canton, permet d'associer le nombre d'espèces à un type d'utilisation principale. Il est ainsi possible d'établir une comparaison entre un secteur agricole avec fonction de mise en réseau et le reste des terres cultivables. Le Tab. 6 met en relation les nombres d'espèces recensés lors du relevé initial (2009–2012) et les nombres d'espèces recensés pendant la période 2014–2018. La comparaison montre que les trois groupes d'espèces (plantes vasculaires, oiseaux nicheurs, papillons diurnes) sont plus diversifiés dans les secteurs avec fonction de mise en réseau que dans le reste des terres cultivables. Elle montre également que la diversité des espèces d'oiseaux nicheurs et de papillons diurnes a augmenté entre le premier et le deuxième inventaire.

La méthode de relevé utilisée offre la possibilité de comparer les nombres d'espèces recensés en Thurgovie et dans des paysages similaires du Plateau suisse. S'agissant des plantes vasculaires par exemple, on constate que le nombre d'espèces par surface d'échantillonnage de 1 km² est en moyenne plus élevé dans le secteur du Rhin supérieur en Thurgovie que sur le Plateau oriental, et qu'il est légèrement plus petit dans le reste de la Thurgovie que dans des régions suisses comparables (Fig. 29).

Fig. 29 : Nombres moyens d'espèces de plantes vasculaires dans les régions biogéographiques de Thurgovie et sur le Plateau suisse (à gauche) et évolution des nombres d'espèces entre les relevés de 2009-2012 et de 2013-2017 (à droite)



Tab. 6 : Variation du nombre d'espèce en Thurgovie entre la première période de relevé (2009-2012) et la deuxième (2014-2018)

Sont données les nombres moyens d'espèces (NME) différenciés par type d'utilisation principale (n = nombre de surfaces d'échantillonnage examinées). Les nombres d'espèces ont été corrigés en fonction des différentes longueurs de parcours.

Diversité d'espèces en Thurgovie	Type principal d'utilisation	n	Variation NME	NME 2009-2012	NME 2014-2018	Tendance
Plantes	Tout le canton	72	-0,9	253,9	253,0	=
	Forêt	56	-4,6	242,5	238,1	=
	Zone agricole avec fonction de mise en réseau	60	1,3	200,0	200,6	=
	Zone agricole sans fonction de mise en réseau	56	-0,8	196,5	196,0	=
	Zone d'habitation	45	1,9	262,3	264,5	=
Oiseaux nicheurs	Tout le canton	72	2,1	36,5	38,6	+
	Forêt	68	0,7	39,1	40,1	=
	Zone agricole avec fonction de mise en réseau	65	1,2	37,0	38,6	=
	Zone agricole sans fonction de mise en réseau	64	0,8	27,9	28,7	=
	Zone d'habitation	53	-1,9	29,4	27,4	=
Papillons diurnes	Tout le canton	72	2,3	20,5	22,8	+
	Forêt	56	0,1	22,3	22,8	=
	Zone agricole avec fonction de mise en réseau	60	1,7	26,0	27,8	+
	Zone agricole sans fonction de mise en réseau	56	0,7	17,5	18,6	=
	Zone d'habitation	45	0,8	16,3	17,4	=

6.3 Monitoring de la biodiversité sur les places d'armes, terrains de tirs et aérodromes militaires de la Confédération (MBD DDPS)

6.3.1 Présentation

- Description succincte : surveillance à long terme de la diversité des espèces sur les places d'armes, les places de tirs et les aérodromes militaires de la Confédération, avec pour but de décrire la biodiversité, d'établir des comparaisons avec le reste de la Suisse (« civile ») et de documenter les changements sur la durée.
- Conception du relevé : le monitoring concerne 26 places d'armes, terrains de tirs et aérodromes militaires de grande dimension (dénommés ci-après « sites du DDPS ») et comprend deux modules :
 - « Diversité des espèces dans les paysages » : inventaire des oiseaux nicheurs sur 34 surfaces d'échantillonnage de 1 km² chacune, étalé sur deux ans et réalisé selon la méthode du MONiR (3.3) ;
 - « Diversité des espèces dans les habitats » : inventaire des plantes vasculaires sur 289 surfaces d'échantillonnage de 10 m² situées sur les surfaces herbagères du DDPS exploitées par l'agriculture (y compris les bas-marais et les prairies et pâturages secs), étalé sur cinq ans et réalisé selon la méthode du programme national MBD (3.1), avec estimation du degré de recouvrement par espèce.
- Groupes taxonomiques et début des relevés : oiseaux nicheurs (2012), plantes vasculaires (2012).
- Publications de référence :
 - Bühler C., Schlup B., Huwyler S. (2011): Überwachen der Artenvielfalt auf den Schiess- und Waffenplätzen des Bundes. Erhebungskonzept, ergänzte Berichtversion. Rapport de Hintermann & Weber AG sur mandat d'armasuisse Immobilier, KOMZ Nature (en allemand)
 - Külling D. (2017) : Protection exemplaire et promotion de la biodiversité sur les sites utilisés activement par la Confédération. Édition n° 3/17 du N+P Inside de la CDPNP : p. 28-32
- Organisme responsable/financement : KOMZ Nature, armasuisse Immobilier
- Renseignements : KOMZ Nature, armasuisse Immobilier, info.immobilien@ar.admin.ch

6.3.2 Description du programme

Le monitoring de la biodiversité sur les sites du DDPS a pour but de répondre aux questions suivantes :

- les sites du DDPS dans leur ensemble sont-ils plus riches en espèces d'oiseaux nicheurs et de plantes vasculaires que la moyenne suisse ?
- comment évolue globalement la biodiversité sur les sites du DDPS par rapport au reste de la Suisse ?
- quelle est la qualité des surfaces herbagères sur les sites du DDPS par rapport à la moyenne nationale ?
- la qualité des surfaces herbagères en tant qu'habitats particulièrement précieux et dignes de protection au sens du droit fédéral (loi du 1^{er} juillet 1966 sur la protection de la nature et du paysage, RS 451) connaît-elle une évolution plus positive sur les sites du DDPS que dans le reste de la Suisse « civile » ?

Le monitoring de la biodiversité sur les sites du DDPS a été conçu en lien étroit avec le MBD Suisse afin qu'il soit possible de comparer directement les sites du DDPS avec le reste du territoire national. Si les oiseaux nicheurs ont été choisis pour le module « Diversité des espèces dans les paysages », c'est parce que ce groupe taxonomique est un bon indicateur de la diversité structurelle d'un paysage. Les relevés ont lieu sur un échantillon aléatoire de placettes réparties sur 26 sites du DDPS qui se veut représentatif de l'ensemble du territoire utilisé par le DDPS. L'échantillon de comparaison est constitué de 165 surfaces du MBD et du MONiR qui remplissent les mêmes critères de sélection.

Le module « Diversité des espèces dans les habitats » inventorie les plantes vasculaires dans le but de documenter la qualité des surfaces herbagères du DDPS exploitées par l'agriculture, y compris les bas-marais et les prairies et pâturages secs. Il comprend deux échantillons différents : un échantillon dans lequel la position des placettes est déterminée de façon aléatoire sur toute la surface herbagère des sites du DDPS ; un échantillon défini également de façon aléatoire, mais en se limitant aux herbages de grande qualité (types de biotopes herbagers dignes de protection selon l'annexe 1 de l'ordonnance du 16 janvier 1991 sur la protection de la nature et du paysage, RS 451.1). Le deuxième échantillon veille à ce que le monitoring recense aussi les biotopes herbagers du DDPS présentant le plus haut niveau de qualité. Des données du MBD Suisse sont en outre utilisées à titre comparatif.

Les aspects étudiés grâce aux données du monitoring de la biodiversité sur les sites du DDPS sont les suivants :

- richesse en espèces d'oiseaux nicheurs et de plantes vasculaires : nombre moyen d'espèces, nombre moyen d'espèces appartenant à des groupes choisis (espèces LR [espèces des Listes rouges, y compris les espèces « quasi menacées »] et espèces OEA) et nombre moyen d'espèces rares (espèces présentes sur moins de 3% de toutes les placettes du réseau de mesure correspondant du MBD Suisse) par surface d'échantillonnage ;
- qualité des surfaces herbagères : proportion d'herbages de grande qualité par rapport à l'ensemble des surfaces d'échantillonnage et proportion de biotopes particulièrement secs ou humides ;
- évolution dans le temps de la richesse en espèces et de la proportion de surfaces herbagères de valeur.

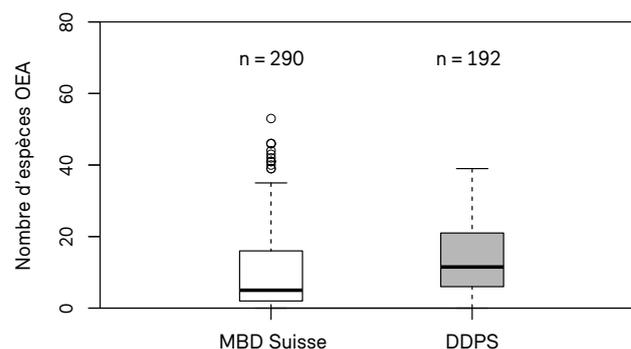
6.3.3 Exemple concret d'évaluation des données

L'analyse de la diversité des espèces de plantes vasculaires montre que le nombre moyen d'espèces par surface d'échantillonnage dans les sites du DDPS est sensiblement inférieur à celui de l'échantillon de comparaison (Tab. 7). Mais si l'on considère uniquement les groupes d'espèces choisis, le résultat est tout autre : le nombre moyen d'espèces OEA par surface d'échantillonnage est

plus élevé sur les sites du DDPS (13,7) que sur les surfaces herbagères du reste de la Suisse (10,8) ; l'écart atteint en moyenne 27 % (Fig. 30). Dans le deuxième échantillon des sites du DDPS (types de biotopes herbagers dignes de protection), plus de la moitié de la biocénose d'une surface d'échantillonnage (52 %) est composée d'espèces OEA. S'agissant des oiseaux nicheurs, le constat est identique (Tab. 7).

Fig. 30 : Nombre moyen d'espèces OEA par surface d'échantillonnage dans l'échantillon de comparaison du MBD Suisse (à gauche) et sur les sites du DDPS (à droite)

n = nombre de surfaces d'échantillonnage examinées



Source : MBD DDPS

Tab. 7 : Indicateurs de la diversité des espèces d'oiseaux nicheurs et de plantes vasculaires sur les sites du DDPS et dans le reste de la Suisse (échantillon de comparaison)

Sont indiqués les valeurs moyennes, leurs intervalles de confiance de 95 % (IC) et le volume d'échantillonnage (*n*) pour des placettes de 1 km² (oiseaux nicheurs) et de 10 m² (plantes vasculaires). La « valeur *p* pour Δ » indique si la différence entre les valeurs moyennes du DDPS et de l'échantillon de comparaison est significative. Base : MBD DDPS 2017-2018 (oiseaux nicheurs) et 2014-2018 (plantes vasculaires). Source de données pour l'échantillon de comparaison du MBD : MBD Suisse (OFEV) et MONiR (Station ornithologique suisse de Sempach).

	MBD Valeur moyenne	IC	n	DDPS Valeur moyenne	IC	n	valeur p pour Δ
Module « Diversité des espèces dans les paysages » : oiseaux nicheurs							
Nombre total d'espèces	39,5	1,0	165	40,4	4,4	34	0,681
Nombre d'espèces LR	4,4	0,3	165	6,1	1,1	34	0,003
Nombre d'espèces OEA	7,6	0,3	165	9,2	1,4	34	0,035
Nombre d'espèces rares	1,5	0,2	165	2,0	0,6	34	0,069
Part d'espèces rares (%)	3,7	0,5	165	5,0	1,5	34	0,098
Module « Diversité des espèces dans les habitats » : plantes vasculaires							
Nombre total d'espèces	36,4	1,7	290	32,8	1,9	192	0,005
Nombre d'espèces LR	0,1	0,1	290	0,4	0,1	192	<0,001
Nombre d'espèces OEA	10,8	1,4	290	13,7	1,4	192	0,004
Nombre d'espèces rares	1,6	0,3	290	2,9	0,5	192	<0,001
Part d'espèces rares (%)	3,7	0,7	290	8,6	1,4	192	<0,001

6.4 Suivi des sites de reproduction de batraciens d'importance nationale dans le canton de Genève

6.4.1 Présentation

- Description succincte : suivi des sites de reproduction de batraciens d'importance nationale dans le canton de Genève en vertu de l'ordonnance du 15 juin 2001 sur les batraciens (OBat ; RS 451.34).
- Conception de l'échantillonnage : chaque site OBat est suivi tous les cinq ans selon un protocole basé sur le standard d'info fauna – karch.
- Groupes taxonomiques et début des relevés : batraciens (2008).
- Publications de référence : rapport annuel mis à disposition sur le site Internet de l'association (depuis 2013).
- Lien Internet : www.karch-ge.ch > Projets > Suivi OBats
- Organisme responsable/financement : service de la biodiversité du canton de Genève

Renseignements :

- KARCH-GE, amphibiens@karch-ge.ch
- service de la biodiversité du canton de Genève, info-service@etat.ge.ch

6.4.2 Description du programme

Genève abrite 21 sites de reproduction de batraciens d'importance nationale au sens de l'OBat (situation depuis 2017). Le suivi à long terme des populations de batraciens de ces sites est confié depuis une dizaine d'années à une association spécialisée dans l'étude et la protection des batraciens et des reptiles du canton, KARCH-GE.

Le but de ce suivi des effets est de fournir les informations nécessaires aux gestionnaires des sites (souvent des réserves naturelles gérées par le canton ou par Pro Natura) pour assurer le maintien et le développement des populations de batraciens.

Le suivi prévoit d'étudier les populations de batraciens de chaque site tous les cinq ans, selon un protocole adapté du standard «IANB/WBS» d'info fauna – karch Suisse (3.2). L'adaptation a consisté à faire cinq visites nocturnes au lieu de quatre, à ne pas se limiter dans le temps et à poser les nasses durant toute la nuit, pour augmenter la détection des espèces à faible densité.

Si les sites sont concernés par des passages à faune particuliers (crapauduc), ces passages sont intégrés dans le

Tab. 8 : Évolution des populations de batraciens du site OBat GE19 Pointe-à-la-Bise relevées dans le cadre du suivi des effets cantonal

Calculé d'après les tailles de population Grossenbacher

Espèce	Historique	2001 *	2003	2008 *	2015
Grenouille rousse <i>Rana temporaria temporaria</i>	+	100-400	?	1-40	0
Grenouille agile <i>Rana dalmatina</i>	Dernière observation 1987	0	0	0	0
Crapaud commun <i>Bufo bufo</i>	+	6-50	~150	51-200	10
Triton alpestre <i>Ichthyosaura alpestris</i>	+	11-40	~1000	11-40	5-80
Triton palmé <i>Lissotriton helveticus</i>	Dernière observation 1987	0	0	0	0
Sonneur à ventre jaune <i>Bombina variegata variegata</i>	Dernière observation 1979	0	0	0	0
Grenouilles verdâtres <i>Pelophylax sp.</i>	+	1-5	abondante	31-100	50-100
Triton crêté <i>Triturus cristatus</i>	+	4-10	~500	> 15	30-100

Interpretation des tendances :

en augmentation
 stable
 en baisse
 disparition de l'espèce

suivi. Ce sont donc quatre à cinq sites qui sont analysés chaque année dans le cadre d'un mandat confié à l'association. Les résultats font l'objet d'un rapport annuel, qui contient une description du site et de ses aménagements favorables aux batraciens, les résultats des relevés avec une estimation de la taille des populations, une analyse de la mise en réseau, une mise en perspective de l'évolution des populations, des commentaires sur la pertinence des mesures de gestion mises en œuvre et des recommandations pour la gestion future.

Ces suivis servent de base pour la mise à jour des plans de gestion des réserves naturelles. En cas d'urgence, les recommandations sont mises en œuvre de suite, indépendamment des plannings du plan de gestion.

Grâce à l'utilisation d'une approche standardisée, les changements identifiés localement peuvent également être placés dans un contexte plus large et comparés aux tendances nationales.

6.4.3 Exemple concret de l'interprétation des données

Pour exemple, le suivi des effets en 2015a permis de mesurer des chutes de populations importantes dans les sites GE14 Moulin de Vert et GE19 Pointe-à-la-Bise, ce qui a débouché l'année suivante sur la création de petits étangs au Moulin de Vert et à des travaux de renaturation plus importants à la Pointe-à-la-Bise en 2018 (le temps de préciser les mesures et de réunir les financements). Les effets de ces mesures de renaturation ne seront pas visibles avant plusieurs années (il faut compter trois ans pour une génération de batraciens), mais seront mesurés dans le cadre du suivi des effets.

La petite réserve naturelle de Pointe-à-la-Bise, gérée par Pro Natura Genève, est un îlot de nature au bord du lac, enclavé dans une vaste zone villa et une urbanisation croissante. Le déclin constaté de toutes les espèces de batraciens indigènes peut être expliqué par le morcellement des biotopes terrestres, la présence accrue de poissons dans les étangs et la présence d'espèces envahissantes agressives, notamment la grenouille rieuse (*Pelophylax sp.*) et le triton crêté italien (*Triturus carnifex*).

Les mesures de gestion réalisées en 2018, avec notamment le remodelage et l'élimination des poissons des

étangs de reproduction, devraient permettre de redresser en partie la situation, mais ne pourront pas compenser la perte des grandes surfaces et le manque de mise en réseau des biotopes terrestres situés en dehors de la réserve.

6.5 Monitoring de l'avifaune dans le canton de Zurich

6.5.1 Présentation

- Description succincte : inventaire des oiseaux nicheurs dans le canton de Zurich, avec pour but de recenser les variations d'effectifs dans le paysage ordinaire, dans les aires protégées et sur les sites de nidification d'espèces choisies et d'acquérir des connaissances importantes pour la mise en pratique de la protection de la nature. De 1975 à 1992, le programme s'appelait « Ornithologisches Inventar Kanton Zürich » (inventaire ornithologique du canton de Zurich).
- Conception du relevé : inventaire annuel réalisé dans trois réseaux de surveillance :
 - réseau de surveillance « aires protégées » : cartographie standardisée de tous les territoires d'oiseaux nicheurs situés dans quatorze aires protégées (depuis 1975) ; les résultats alimentent le monitoring des oiseaux nicheurs en zone humide de la Station ornithologique suisse de Sempach (3.3) ;
 - réseau de surveillance « espaces paysagers » : comptage des effectifs nicheurs sur 91 placettes naturelles d'environ 50 ha, le long d'un parcours précis (depuis 1986) ;
 - réseau de surveillance « espèces significatives » : comptage des sites de nidification d'espèces significatives pour la protection de la nature (depuis 1975).
- Groupes taxonomiques et début des relevés : oiseaux nicheurs (1975 ou 1986).
- Publications de référence :
 - Müller W., Schiess H., Weber A., Hirt F. 1977 : Das Ornithologische Inventar des Kantons Zürich 1975/76, eine Bestandsaufnahme ornithologisch wertvoller Gebiete. Ornithologischer Beobachter 74 : 111 – 122 (en allemand).
 - Weggler M., Baumberger C., Widmer M., Schwarzenbach Y., Bänziger R. 2009 : Zürcher Brutvogelatlas 2008 – Aktuelle Brutvogelbestände im Kanton Zürich 2008 und Veränderungen seit 1988. ZVS/BirdLife Zürich (en allemand).
- Sites Internet : www.avimonitoring.ch et www.birdlife-zuerich.ch/vogelfinder
- Organisme responsable/financement : BirdLife Zurich, avec le soutien du service de la protection de la nature du canton de Zurich et en collaboration avec la Société

suisse d'ornithologie et de protection des oiseaux Ala (suivi des réserves) et la Station ornithologique suisse de Sempach (échange de données)

- Renseignements :
BirdLife Zurich, geschaeftsfuehrung@birdlife-zuerich.ch
Orniplan AG, info@orniplan.ch

6.5.2 Description du programme

Le monitoring de l'avifaune dans le canton de Zurich poursuit les objectifs suivants :

- surveiller les effectifs nicheurs des espèces vivant en zone humide (espèces figurant sur la liste « Monitoring des oiseaux nicheurs en zone humide » de la Station ornithologique suisse de Sempach) à l'intérieur de quatorze aires protégées du canton de Zurich particulièrement précieuses du point de vue ornithologique, pour servir de base à l'évaluation de mesures de protection et de soins ;
- surveiller les effectifs de toutes les espèces d'oiseaux nicheurs dans les trois grands types d'utilisation principale (forêt, zone urbanisée, zone agricole) afin d'évaluer l'état des habitats dans le paysage ordinaire ;
- recenser les sites de nidification d'espèces particulièrement dignes de protection (harle bièvre, vanneau huppé, petit gravelot, pigeon colombin, hirondelle de rivage, choucas des tours, bruant proyer, etc.) pour servir de base à des mesures de conservation des espèces. Les espèces sont choisies en concertation avec le service de la protection de la nature du canton de Zurich.

La méthode de relevé diffère selon le réseau de surveillance :

- réseau d'observation « aires protégées » : six opérations de cartographie des territoires d'avril à début juillet ;
- réseau de surveillance « espaces paysagers » : cinq opérations de comptage entre le 20 mars et le 30 juin, toujours le long des mêmes parcours ;
- réseau de surveillance « espèces significatives » : contrôle de l'occupation des sites de nidification traditionnels et recherche de nouveaux sites sur des aires de présence présumée et/ou selon l'appréciation de l'équipe de terrain.

Comme les méthodes n'ont pas changé depuis le début des relevés, il est possible de constituer de très lon-

gues séries temporelles, dont certaines peuvent remonter jusqu'en 1975. À ce titre, le monitoring de l'avifaune dans le canton de Zurich compte parmi les plus anciens relevés périodiques d'effectifs de la faune suisse. Le travail de terrain est effectué chaque année par quelque 120 bénévoles qualifiés, dont la plupart ont suivi les différents cours de formation de BirdLife Zurich.

Les données recueillies permettent de tirer des conclusions générales sur les effectifs nicheurs dans le paysage ordinaire, avec une différenciation par type d'utilisation principale (forêt, zone urbanisée, zone agricole), et des conclusions particulières sur les effectifs d'espèces vivant dans les zones humides des principales aires protégées du canton de Zurich. Le monitoring fournit également des informations sur certaines espèces particulièrement dignes de protection, pour lesquelles des programmes de conservation sont en cours. Les résultats sont d'importantes aides à la décision pour la mise en pratique de la protection de la nature, par exemple pour la conception de mesures de soins ou pour la planification de projets de conservation des espèces.

6.5.3 Exemple concret d'évaluation des données

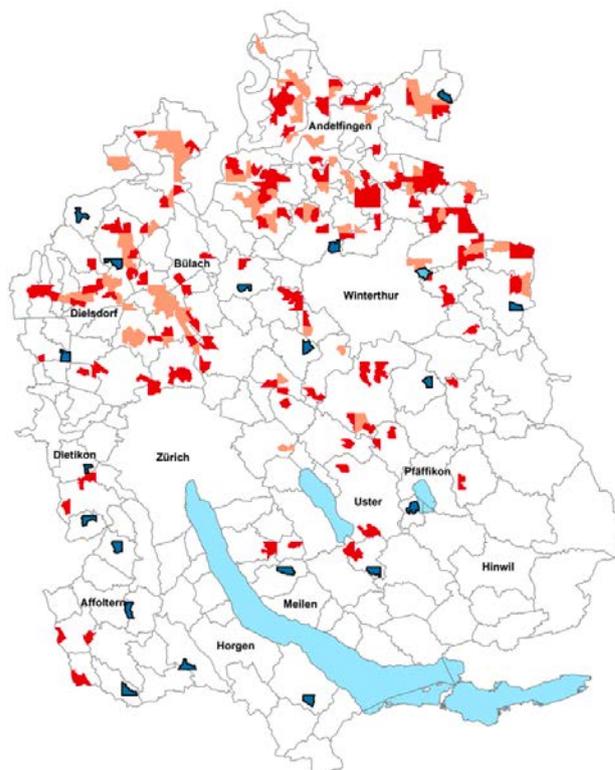
L'une des « espèces significatives » du monitoring est l'alouette des champs (*Alauda arvensis*). Dans le cadre d'une évaluation, les effectifs et la distribution de l'espèce en 2017 ont été comparés avec les données correspondantes des années 2008 et 1988 (Müller & Weggler 2018). Il en ressort que le recul des effectifs ne s'est pas atténué durant la dernière décennie et que l'espèce continue de perdre chaque année de près de 10 % de sa population. Comparativement aux relevés nationaux, le recul de l'espèce est plus marqué dans le canton de Zurich. Entre 2008 et 2017, des populations se sont éteintes en particulier dans le Knonauer Amt, la région du Greifensee, le secteur Bülach-Embrachtal et la vallée moyenne de la Töss (Fig. 31). Les variations de la distribution spatiale ont pu être établies avec précision, car le monitoring avait utilisé la même méthode en 1988 et en 2008 pour procéder à des relevés exhaustifs sur l'ensemble du territoire cantonal – contrairement à d'autres projets similaires (MONiR, recensement de l'alouette des champs dans le canton d'Argovie) qui fondent leurs estimations d'effectifs sur une sélection de surfaces tests et de surfaces de présence présumée. Les informations précises livrées par

les modèles de variation couvrant l'ensemble du canton permettent à des projets de mise en réseau ou à d'autres programmes de prendre des mesures de conservation en ciblant précisément les bons secteurs (détermination des espèces cibles, catalogue de mesures).

Fig. 31 : Présence de l'alouette des champs dans le canton de Zurich

La carte illustre l'évolution entre 2008 et 2017 et se base sur 257 espaces paysagers qui étaient occupés par l'espèce en 1998.

- Population éteinte
- Présence confirmée
- Aucune présence, aucun changement
- Nouvelle présence
- Contre-échantillon n=20



Source : monitoring de l'avifaune dans le canton de Zurich

7 Aide à la planification

Les programmes de monitoring et de suivi des effets dans le domaine de la biodiversité sont des projets complexes. Une planification minutieuse peut aider à poser les bonnes questions dès la phase initiale, à rendre possible l'exploitation des synergies et à garantir que les données collectées atteindront le niveau de pertinence souhaité, y compris pour des interprétations futures.

7.1 Façon de procéder et questions essentielles à se poser

La présente publication se réfère en premier lieu aux conventions-programmes «Protection de la nature» conclues entre l'OFEV et les cantons. Dans ce cadre, l'OFEV s'engage à soutenir pendant la période 2020-2024 des programmes cantonaux de monitoring et de suivi des effets qui se conforment aux indicateurs de qualité définis dans lesdites conventions (OFEV 2018). Les programmes soutenus doivent soit contribuer à densifier le réseau national de mesure, soit instaurer un suivi des effets dont les données concourent à donner une vue d'ensemble nationale.

Les questions essentielles à se poser dans la perspective d'un monitoring ou d'un suivi des effets sont les suivantes :

1. Quelles sont les thématiques et les questions pour lesquelles il est nécessaire de collecter des informations ? Cette question fondamentale implique de différencier ce qui est souhaitable de ce qui est réalisable. En effet, la biodiversité ne peut en aucun cas être recensée dans son intégralité et tous les cantons ne donnent pas la priorité aux mêmes thématiques. Il faut donc collecter au premier chef les données qui seront le plus utiles au futur processus de décision (politique).
2. Comment donner au programme une assise solide ? Il convient de se demander si des services spécialisés connexes (p. ex. dans les domaines de l'agriculture, de la forêt ou de l'aménagement du territoire) ont des besoins d'informations similaires et si l'examen, la planification et le financement du programme peuvent faire l'objet d'une mise en commun.
3. Des informations importantes sont-elles déjà mises à disposition par les programmes nationaux en cours ?

Il est essentiel de vérifier si les données déjà disponibles permettent de tirer des conclusions suffisamment détaillées pour une évaluation sommaire au niveau cantonal (chap. 5.1).

4. La combinaison de différentes sources de données offre-t-elle déjà des possibilités d'analyse suffisantes ? Le relevé de données est intrinsèque à diverses activités (rapport d'impact sur l'environnement, suivi environnemental de la phase de réalisation, projets de conservation ciblés, etc.), si bien que le volume d'informations actuellement disponible ne cesse d'augmenter. S'il est vrai que ces données ne sont pas toujours relevées et/ou évaluées de façon systématique et que leur qualité pose souvent question (7.2), il est parfois possible de les combiner avec des données issues de programmes nationaux pour en déduire déjà quelques réponses importantes (5.2 et 5.3).
5. Le programme permet-il de compléter les relevés de l'un des programmes nationaux ? Les données provenant des programmes de monitoring et de suivi des effets financés par la Confédération sont à la disposition des cantons. La densification ciblée des relevés nationaux, à l'aide des mêmes méthodes, permet aux cantons d'obtenir la résolution spatiale souhaitée pour un coût additionnel relativement faible (cf. exemples présentés au chap. 6).
6. Les relevés peuvent-ils être mis en lien avec des programmes nationaux ou affinés ? Même s'il n'est pas prévu de recourir à une stratégie de relevé existante, il peut être utile d'employer des méthodes de terrain ou de laboratoire très similaires à celles des programmes nationaux ou de choisir les mêmes groupes d'espèces. Il sera ainsi plus facile de comparer les données entre elles. Dans certaines circonstances et à l'aide de nouvelles méthodes statistiques, des séries temporelles issues de programmes cantonaux en cours peuvent parfois faire l'objet d'analyses conjointes, même si la procédure de relevé n'est pas parfaitement identique à celle des programmes nationaux.

7.2 Facteurs de réussite

Les programmes de monitoring et de suivi des effets sont des projets de longue durée, donc coûteux. Pour en tirer le meilleur bénéfice, il faut nécessairement les planifier avec soin. Conçu sous la forme d'une liste de contrôle, le Tab. 9 fournit des indications sur des aspects importants

de la phase de planification. D'autres indications méthodologiques sont disponibles dans les publications suivantes : Goldsmith (1991), Vittoz & Guisan (2007), Milberg et al. (2008), Ross et al. (2010), Forum Biodiversité Suisse (2013), Bureau de coordination du MBD (2014), Burg et al. (2015), Kapfer et al. (2017), Verheyen et al. (2018).

Tab. 9 : Liste de contrôle pour la planification d'un monitoring ou d'un suivi des effets

Objectifs	
Quelles sont les grandeurs de mesure pertinentes (p. ex. groupes taxonomiques comme des espèces ou des groupes d'espèces, habitats, structures, séquences génétiques) ?	Chaque fois que possible, il faut utiliser des indicateurs directs et non des grandeurs auxiliaires, ce qui signifie par exemple qu'il faut recenser les espèces au lieu de tirer des conclusions sur leur présence probable à partir de facteurs liés à la station.
S'agit-il en premier lieu d'effectuer un relevé de l'état (relevé unique) ou de s'intéresser à une évolution sur la durée ?	Pour repérer des changements, un petit volume d'échantillonnage est généralement suffisant (voir plus bas). Pour constater un état, les relevés à effectuer sont plus nombreux, si bien que la démarche est plus coûteuse.
Dans le cas d'un suivi des effets, comment la réussite est-elle définie ?	Dès la fixation des objectifs du projet, il convient de veiller à ce que l'état souhaité soit mesurable. Si la réalisation de cet état nécessite un certain temps, il est conseillé de fixer des objectifs intermédiaires ou au moins de préciser comment il est possible de suivre à long terme l'évolution s'opérant dans la direction souhaitée.
Afin qu'il soit possible d'analyser correctement les problématiques du projet, quel doit être le niveau de précision des mesures ?	Par principe, il est toujours préférable de viser un haut niveau de précision et une bonne résolution spatiale. Mais cet effort entraîne parfois des dépenses inutiles. Dans tous les cas, on veillera à ce que les mesures soient effectivement capables de faire apparaître des évolutions, de manière sûre et avec la résolution temporelle nécessaire (voir plus bas).
Cadre temporel	
Quelle est la résolution temporelle minimale (rythme des relevés) qui convient d'un point de vue purement biologique et celle requise pour la planification et la mise en œuvre de mesures de conservation ?	Dans les projets de monitoring ou de suivi des effets sur le long terme, l'intervalle entre deux relevés doit être fixé en fonction des changements biologiques à examiner. S'il est généralement inutile de recenser les mêmes sites tous les ans, le délai entre le relevé initial et les relevés suivants doit être suffisamment court pour que les données devant servir de bases décisionnelles soient disponibles en temps requis. Il s'agit donc de trouver le bon compromis. Dans la plupart des programmes de la Confédération, les relevés sont répétés tous les cinq ou six ans, ce qui permet l'instauration d'un système d'alerte précoce.
Quelle est la durée nécessaire à long terme pour recueillir des données fiables ?	La valeur d'un monitoring augmente avec le temps. L'essentiel est que la durée du projet permette de distinguer les variations fortuites (faisant suite à des événements météorologiques extrêmes p. ex.) de la tendance à long terme. Dans le cas d'un projet de suivi également, il peut être indiqué de surveiller à long terme la réalisation puis le maintien de l'état souhaité.
Méthodes	
Quelles sont les méthodes qui garantissent un niveau de sensibilité suffisant ?	Avant de démarrer un monitoring ou un suivi des effets, la méthode doit avoir été suffisamment testée. S'agissant en particulier des programmes de surveillance à long terme, il est très difficile de procéder après-coup à des adaptations notables sans compromettre la comparabilité des nouveaux relevés avec des séries de données antérieures.

Les mesures sont-elles reproductibles ?	Dans le cas de relevés périodiques, il est essentiel que les mesures soient reproductibles. Cela suppose de réduire l'influence des personnes collectant les données (voir plus bas) et, dans le cas de relevés par échantillonnage, de visiter exactement les mêmes surfaces d'une fois sur l'autre. Pour cela, il est recommandé de localiser précisément les surfaces à l'aide d'outils techniques, en complétant les données GPS par des données de terrain (p. ex. aimants enfouis dans le sol, croquis du site, etc.).
Quelles sont les standardisations à mettre en place ?	Pour garantir la comparabilité des données recueillies, les méthodes doivent être définies de la façon la plus étroite possible. Il faut par exemple donner des consignes relatives aux intervalles de temps pendant lesquels les relevés doivent être effectués, en introduisant une différenciation par étage altitudinal. De préférence, les données doivent être recueillies sur un petit nombre d'années, étalées sur une période totale suffisamment longue pour pouvoir réduire l'influence des phénomènes météorologiques extrêmes. La standardisation passe aussi par l'établissement de listes répertoriant les unités taxonomiques à considérer (voir ci-dessous les questions relatives à la qualité des données).
Les méthodes sont-elles aussi peu destructrices que possible ?	Autant que faire se peut, les relevés ne doivent pas altérer la surface étudiée (il faut éviter par exemple de prélever trop d'organismes à l'intérieur de la surface s'il est possible de le faire également à l'extérieur). Cela garantit la qualité des relevés suivants et respecte les autres mesures éventuellement réalisées à l'intérieur de la surface.
Est-il réellement possible d'utiliser à long terme les méthodes choisies ? Les experts disponibles sont-ils en nombre suffisant ?	L'application d'une méthode ne doit pas dépendre d'un tout petit nombre d'experts ou d'une technique trop complexe.
Conception du relevé et qualité des données	
Comment faire pour définir correctement l'échantillon et son volume ?	Il est essentiel que le volume d'échantillonnage soit représentatif de l'unité d'interprétation. Cela garantit la pertinence des informations collectées et leur capacité ultérieure à répondre à de nouvelles questions ou à permettre la définition de strates (groupes). Lors de la conception du relevé, certaines considérations touchant à la statistique et à la biologie sont également déterminantes. Il est donc conseillé de recourir aux services d'un expert connaissant bien ces deux domaines.
Quelles données supplémentaires pourraient être collectées à moindres frais ?	Les temps de voyage nécessaires pour les relevés sont généralement significatifs en termes de coûts. Il peut donc être intéressant que les intervenants profitent de leur présence sur le terrain pour collecter des données supplémentaires, éventuellement au profit d'un autre projet. La charge supplémentaire doit alors être raisonnable et ne pas détourner les intervenants du recensement des données prioritaires.
Comment la qualité des données est-elle vérifiée ?	Les écarts de valeur sont inévitables, y compris avec la meilleure des méthodes. Or pour pouvoir mesurer de véritables changements, il est important de maintenir les erreurs systématiques aussi constantes que possible et de quantifier les écarts. Cela suppose de contrôler d'une manière adaptée la qualité des données relevées, par exemple en doublant les relevés sur un certain nombre de surfaces.
Les méthodes résistent-elles suffisamment aux influences des équipes de terrain ?	Même avec une méthode hautement standardisée, plusieurs personnes différentes ne parviennent pas toujours aux mêmes résultats. Pour cette raison, les influences des collaborateurs de terrain doivent être contrôlées en permanence (p. ex. doublement des relevés) et maintenues aussi faibles que possible (p. ex. formation et contrôle de l'équipe à intervalle régulier). Les relevés doivent par ailleurs être soutenus par des outils adaptés, p. ex. un logiciel expert demandant des précisions en cas de saisies floues ou contradictoires. Lors des relevés, les collaborateurs de terrain doivent avoir une marge d'appréciation très limitée.
Les données brutes sont-elles collectées et enregistrées indépendamment de toute appréciation éventuelle ?	Dans les projets à long terme, il faut partir du principe que la valeur reconnue à une espèce ou à un habitat peut évoluer au fil du temps. Les possibilités de présélection lors des saisies d'espèce doivent donc être limitées autant que possible (p. ex. pas de réduction aux espèces cibles actuelles), en particulier pour un projet de monitoring. L'enregistrement des données doit également être le plus neutre possible. Les appréciations ne doivent intervenir qu'au stade de l'analyse.

Les valeurs mesurées sont-elles préservées sur les sites de relevé ?

Afin que les surfaces étudiées soient représentatives des paramètres à mesurer, il faut donc éviter que des espèces et des habitats soient entretenus ou conservés de façon ciblée au motif que les relevés ont mis en évidence des valeurs naturelles intéressantes (effet de monitoring). Le cas échéant, la surface concernée doit être remplacée dans l'échantillon. Si cela n'est pas nécessaire, il est recommandé de ne pas communiquer à des tiers l'emplacement exact des surfaces d'échantillonnage.

Les écarts et les ajustements méthodologiques sont-ils documentés ?

Malgré les nombreux tests réalisés avant le lancement du projet de monitoring ou de suivi des effets, de petites adaptations méthodologiques sont inévitables pendant la réalisation des mesures. Celles-ci doivent être bien documentées et liées à des commentaires dans des banques de données.

Les formats de données sont-ils conçus de manière à ce que l'échange de données s'opère sans difficulté ?

Les données collectées seront ultérieurement transmises par les centres de données (4.2) à un cercle élargi d'utilisateurs. Il faut donc clarifier au plus tôt les modalités d'enregistrement et d'échange des données.

8 Sources

- Office fédéral de l'environnement OFEV (éd.) 2017 : Biodiversité en Suisse : état et évolution. Synthèse des résultats de la surveillance de la biodiversité. État : 2016. Office fédéral de l'environnement, Berne. État de l'environnement n° 1630, 60 p.
- Office fédéral de l'environnement OFEV (éd.) 2018 : Manuel sur les conventions-programmes 2020-2024 dans le domaine de l'environnement. Communication de l'OFEV en tant qu'autorité d'exécution. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n° 1817 : 304 p.
- Binderheim E., Göggel W. (2007) : Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Aspect général. L'environnement pratique n° 0701. Office fédéral de l'environnement, Berne. 43 p.
- Brändli U.-B., Bühler C., Zangger A. (2007) : Waldindikatoren zur Artenvielfalt – Erkenntnisse aus LFI und BDM Schweiz. *Journal forestier suisse* 8 : 243-254.
- Burg S., Rixen C., Stöckli V., Wipf S. (2015) : Observation bias and its causes in botanical surveys on high-alpine summits. *Journal of Vegetation Science* 26 : 191-200.
- Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage OFEFP (éd.) 1998 : Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse. Écomorphologie – niveau R (région). Informations concernant la protection des eaux n° 27.
- Delarze R., Gonseth Y. (2008) : Guide des milieux naturels de Suisse. Ott Verlag, Berne. 424 p.
- Forum Biodiversité Suisse (2013) : La mesure de la biodiversité. HOTSPOT 28 : 28 p.
- Goldsmith F. B. (éd.) 1991 : *Monitoring for Conservation and Ecology*. Chapman and Hall. 275 p.
- Grossenbacher K. 1988 : Populationsgrößen-Kategorien nach dem «Verbreitungsatlas der Amphibien der Schweiz», *Documenta Faunistica Helvetiae* 7.
- Hürlimann J., Niederhauser P. (2007) : Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Diatomées Niveau R (région). État de l'environnement n° 0740. Office fédéral de l'environnement, Berne. 132 p.
- InfoSpecies 2019 : Lignes directrices concernant la propriété, la diffusion et l'utilisation des données. Document disponible sous www.infospecies.ch/fr/assets/content/documents/2019_Deontologie_InfoSpecies_F.pdf
- Känel B., Michel C., Reichert P. (2017) : Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Macrophytes – niveau R (région) et niveau C (cours d'eau). Projet. Office fédéral de l'environnement, Berne. 118 p.
- Kapfer J., Hédl R., Jurasinski G., Kopecky M., Schei F. H., Grytnes J.-A. (2017) : Resurveying historical vegetation data – opportunities and challenges. *Applied Vegetation Science* 20 : 164-171.
- Kéry M., Royle J. A., Schmid H. (2005) : Modeling avian abundance from replicated counts using binomial mixture models. *Ecological Applications* 15 : 1450-1461.
- Kéry M., Royle J. A. (2008) : Hierarchical Bayes estimation of species richness and occupancy in spatially replicated surveys. *Journal of Applied Ecology* 45 : 589-598.
- Kéry, M., Royle, J. A. (2016) : *Applied hierarchical modeling in ecology – Modeling distribution, abundance and species richness using R and BUGS. Volume 1 : Prelude and Static Models*. Elsevier/Academic Press.
- Knaus P., Antoniazza S., Wechsler S., Guélat J., Kéry M., Strebel N., Sattler T. (2018) : Atlas des oiseaux nicheurs de Suisse 2013-2016. Distribution et évolution des effectifs des oiseaux en Suisse et au Liechtenstein. Station ornithologique suisse, Sempach.
- Bureau de coordination du Monitoring de la biodiversité en Suisse (2014) : Rapport méthodologique du MBD. Description des méthodes et indicateurs. Office fédéral de l'environnement, Berne. *Connaissance de l'environnement* n° 1410 : 107 p.

- Leib V. (2015a): Makrozoobenthos in kleinen Fließgewässern – Schweizweite Auswertung. Étude du service de l'environnement et de l'énergie du canton de Saint-Gall sur mandat de l'OFEV.
- Leib V. (2015b): Biologischer Zustand kleiner Fließgewässer. AQUA & GAS 4: 66–75.
- Liechti Paul (2010): Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau. Analyses physico-chimiques, nutriments. L'environnement pratique n° 1005. Office fédéral de l'environnement, Berne. 44 p.
- Maurer R., Marti F. (1999): Terminologie pour le suivi des mesures de protection de la nature et du paysage. Recommandations. Série l'environnement pratique. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne, 32 p.
- Meuli R. G., Wächter D., Schwab P., Kohli L., Zimmermann R. (2017): Connecting biodiversity monitoring with soil inventory information – A Swiss case study. BGS Bulletin 38: 65-69.
- Milberg P., Bergstedt J., Fridman J., Odell G., Westerberg L. (2008): Observer bias and random variation in vegetation monitoring data. *Journal of Vegetation Science* 19: 633-644.
- Müller M., Weggler M. (2018): Bestandsentwicklung der Feldlerche *Alauda arvensis* 2008-2017 im Kanton Zürich. *Ornithol. Beob.* 115: 49-58.
- Pannekoek J. (2001): Trends & indices for monitoring data. TRIM 3 Manual, www.ebcc.info/trim/
- Plattner M. (2014): Zustand und Entwicklung der Biodiversität im Kanton Bern. Überwachen der Artenvielfalt im Kanton Bern anhand bestehender Datengrundlagen. Étude conceptuelle de Hintermann & Weber AG sur mandat de l'Office de l'agriculture et de la nature, division Promotion de la nature, du canton de Berne.
- Ross L. C., Woodin S. J., Hester A., Thompson D. B., Birks H. J. B. (2010): How important is plot relocation accuracy when interpreting re-visitation studies of vegetation change? *Plant Ecology & Diversity* 3: 1-8.
- Roth T., Plattner M., Strebel N. (2014): Kombination von Monitoringdaten. Technischer Bericht des BDM. 24 p.
- Schager E., Peter A. (2004): Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse. Poissons – niveau R. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage OFEFP, Berne. Informations concernant la protection des eaux n° 44: 63 p.
- Schmid H., Zbinden N., Keller V. (2004): Surveillance de l'évolution des effectifs des oiseaux nicheurs répandus en Suisse. Station ornithologique suisse, Sempach: 24 p.
- Soldaat L. L., Pannekoek J., Verweij R. J. T., van Turnhout C. A. M., van Strien A. J. (2017): A Monte Carlo method to account for sampling error in multi-species indicators. In: *Ecological Indicators* 81, 340–347. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X17302881>
- Strahm I., Munz N., Leu C., Wittmer I., Stamm C. (2013): Landnutzung entlang des Gewässernetzes – Quellen für Mikroverunreinigungen. AQUA & GAS 5: 36–44.
- Stucki P. (2010): Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse. Macrozoobenthos – niveau R. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n° 1026: 61 p.
- van Strien, A. J., van Swaay, C. A. M., Termaat, T. (2013): Opportunistic citizen science data of animal species produce reliable estimates of distribution trends if analysed with occupancy models. *Journal of Applied Ecology* 50: 1450-1458.
- Verheyen K., Bazany M., Checko E. et al. (2018): Observer and relocation errors matter in resurveys of historical vegetation plots. *Journal of Vegetation Science* 29: 812-823.
- Vittoz P., Guisan A. (2007): How reliable is the monitoring of permanent vegetation plots? A test with multiple observers. *Journal of Vegetation Science* 18: 413-422.